

ISBN: 978-623-7963-44-8



PROSIDING CEMTECS #2

CIVIL ENGINEERING & MATERIAL TECHNOLOGY SEMINAR 2021

**MEMBANGUN INFRASTRUKTUR YANG KOKOH,
RAMAH LINGKUNGAN DAN TANGGAP BENCANA**

7 Juli 2021, Universitas Hindu Indonesia, Denpasar - Bali



Penerbit: UNHI PRESS

Denpasar, 2021



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL**
Civil Engineering and Material Technology Seminar (CEMTECS #2) 2021

Membangun Infrastruktur Yang Kokoh, Ramah Lingkungan dan Tanggap Bencana

Penanggungjawab : Dr. I Komang Gede Santhyasa, ST, MT. (Dekan Fakultas Teknik)

Pengarah : IB. Wirahaji, ST., SAg., MSi., MT.
Dr. Ir. I Wayan Muka, ST, MT.

Komite Pelaksana

Ketua : Dr. Made Novia Indriani, ST., MT.

Sekretaris : I Made Harta Wijaya, ST., MT.

Bendahara : Ida Ayu Putu Sri Mahapatni, ST., MT.

IT dan Website : I Dewa Made Agung Pradnyana Putra, ST.

Divisi Publikasi : I Nyoman Suta Widnyana, ST, MT.
I Komang Widanta Ruma, SS, M.Si.

Divisi Humas : A.A.A. Made Cahaya Wardani, ST, MT.
Ir. I Ketut Agus Karmadi, ST, MBA, MT.

Divisi Sekretariat : I Putu Laintarawan, ST, MT.
I Made Putra Dwityagana, ST, MT.

Divisi Acara : Ir. Wayan Artana, ST, MT
Cokorda Putra, St, M.Si.
Anak Agung Istri Ryandewi, SS.
Gusti Agung Ayu Ratih Ningrat Sari, S.Ag.

Editor : I Putu Laintarawan, ST., MT.

Setting Layout : I Dewa Made Agung Pradnyana Putra, ST.

Penerbit :

UNHI Press

Alamat Redaksi

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Hindu Indonesia

Jl. Sangalangit, Tembau, Penatih, Denpasar Timur,

Telp. (0361) 464700 / 464800

Email : CEMTECS.2021@gmail.com

SAMBUTAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HINDU INDONESIA

Om Swastyastu,

Atas berkat dan karunia Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa, akhirnya Prosiding Seminar Nasional CEMTECS #2 dengan tema utama “Membangun Infrastruktur Yang Kokoh, Ramah Lingkungan dan Tanggap Bencana” berhasil disusun dan diterbitkan. Prosiding ini merupakan output dari gagasan, ide dan pemikiran hasil-hasil penelitian yang telah dipaparkan dalam Seminar Nasional CEMTECS #2 yang diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia.

Penyelenggaraan sebuah seminar dalam skala nasional merupakan salah satu media pembelajaran di dunia kampus sebagai upaya membangun atmosfer akademik yang bermutu dan berdaya saing. Pemikiran inilah yang menjadi pijakan awal Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia selalu mendukung kegiatan-kegiatan akademik seperti seminar nasional sehingga pemikiran-pemikiran bernas dari unsur akademisi, praktisi (profesional), birokrat, dan masyarakat luas bertemu memperkaya wawasan dan memperluas cakrawala keilmuan yang dikembangkan, khususnya dibidang infrastruktur.

Pada kesempatan ini, saya menyampaikan penghargaan yang tinggi kepada narasumber, pemakalah, dan peserta seminar atas partisipasinya dalam kegiatan seminar ini. Begitu pula, apresiasi yang luar biasa diberikan kepada panitia dan semua pihak yang telah membantu sehingga prosiding ini bisa terwujud. Semoga hadirnya prosiding ini bisa menjadi bahan diskusi yang lebih serius ke depannya mengenai isu-isu infrastruktur di Indonesia dalam memperkaya pengembangan keilmuan dibidang teknik sipil. Terima kasih.

Om Shanti, Shanti, Shanti, Om

Denpasar, Agustus 2021

Dekan FT UNHI

Dr. I Komang Gede Santhyasa, S.T., M.T.

KATA PENGANTAR

Sebagai salah satu faktor pendorong laju kesejahteraan masyarakat, keberadaan infrastruktur yang baik adalah syarat mutlak. Pemerintah telah melakukan pembangunan infrastruktur dengan kebijakannya, tetapi kenyataannya di beberapa daerah masih memerlukan perhatian khusus. Masih banyak pertanyaan yang perlu dijawab mengingat Indonesia memiliki kondisi geografi yang kompleks. Bagaimana pilihan kebijakan pengembangannya, bagaimana daya dukung kawasan dan masyarakatnya, bagaimana ketahanannya terhadap bencana dan banyak lagi pertanyaan teknis yang perlu dicari jawabannya.

Dalam konteks tersebut, Seminar Nasional CEMTECS #2 dengan tema utama **“Membangun Infrastruktur Yang Kokoh, Ramah Lingkungan dan Tanggap Bencana”** berupaya mengakomodasikan pemikiran berbagai baik akademis, praktisi dan birokrat meliputi bidang-bidang : struktur, transportasi, manajemen konstruksi dan juga geoteknik. Seminar ini bertujuan sebagai media komunikasi ilmiah dalam ranah keilmuan, khususnya bidang Teknik Sipil. Seminar ini diharapkan menjadi wadah dialog untuk membangun pengembangan infrastruktur di Indonesia. Dengan demikian, seminar ini bisa menjadi katalisator bagi munculnya pemikiran secara terpadu dan komprehensif dalam pengembangan infrastruktur di Indonesia.

Produk akhir dari kegiatan seminar nasional ini akan dipublikasikan dalam bentuk buku prosiding ber ISBN. Pemakalah yang hadir dalam Seminar Nasional CEMTECS #2 berasal dari berbagai institusi perguruan tinggi meliputi: Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang, Universitas Mahasaraswati Denpasar (UNMAS), Universitas Warmadewa (UNWAR), Universitas Mataram, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Universitas Ngurah Rai (UNR), Politeknik Negeri Bali (PNB), Universitas Dharma Andalas Padang, Universitas Udayana, Universitas Hindu Indonesia (UNHI). Ucapan terimakasih disampaikan sebesar-besarnya kepada *keynote speaker*, pemakalah, dan peserta Seminar Nasional CEMTECS #2 atas kerjasama dan partisipasinya sehingga kegiatan seminar nasional ini dapat berlangsung dengan baik dan lancar. Seminar ini ke depannya diharapkan terus berlangsung sebagai agenda tetap untuk menjembatani komunikasi ilmiah antar praktisi, akademis dan pemerhati masalah Infrastruktur di Indonesia.

Ketua Panitia

Dr. Made Novia Indriani, ST.,MT.

LIST OF CONTENT

Preface Content	Pages
BAB. I STRUKTUR	
Pengaruh Penentuan Kelas Situs Terhadap Perilaku Struktur dalam Menahan Beban Gempa 1 (I Ketut Diartama Kubon Tubuh, I Gede Gegiranang Wiryadi, I Putu Agus Putra Wirawan)	1
Perencanaan Struktur Beton Bertulang pada Gedung Pengadilan Tinggi Negeri Badung 8 (Alfeus Eky Wahyudi, I Gusti Nyoman Putra Wijaya, Ir. I Ketut Yasa Bagiarta, M.T)	8
Waktu Ikat Pasta Geopolimer pada Variasi Campuran Abu Sabut Kelapa dengan Aktivator 17 (I Nyoman Suta Widnyana)	17
Analisis Perkuatan Portal Beton Bertulang Pasca Kebakaran (Studi Kasus: Ruko Tegallalang, Gianyar – Bali) 21 (I Putu Laintarawan)	21
Evaluasi Struktur Gedung Dengan Perkuatan Jacket Beton Menggunakan Pendekatan Desain Berbasis Kinerja (Studi Kasus Struktur Gedung Villa Da, Pererenan)..... 28 (I Wayan Artana)	28
Treatment Air Semen Mengembalikan Kuat Tekan Rencana Pada Beton Setelah Bencana Kebakaran 35 (I Made Sastra Wibawa, Shinta Enggar Maharani, I Putu Agus Putra Wirawan)	35
BAB. II TRANSPORTASI	
Pengaruh Variasi Cbr Tanah Dasar Terhadap Pola Retak Pada Perkerasan Kaku Dengan Penambahan Tulangan Melintang Menggunakan Program Software Atena V5 3d 47 (Arif Afrianto, Ir. Ary Setyawan M.Sc (Eng).,Phd, Dr. Bambang Setyawan M.T)	47
Fasilitas Penyeberangan Yang Sesuai Untuk Kota Denpasar 55 (Cokorda Putra, Wirasutama)	55
Perencanaan Kebutuhan Ruang Parkir Di Rumah Sakit Umum Daerah (Rsud) Tabanan 64 (Ni Luh Sonia Emydiawati, Dewa Ayu Nyoman Sriastuti, A.A Rai Asmani)	64
Analisis Peningkatan Penggunaan Kendaraan Pribadi di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung (Studi Kasus: Trayek Terminal Wangaya – Sangeh – Plaga) 71 (Ida Bagus Wirahaji)	71
Perbedaan Kesadaran Situasi Pengendara Sepeda Motor Berdasarkan Pengalaman Mengemudi dan Tingkat Pendidikan 81 (I Wayan Suteja, Herfina Gusmayanti, D. M. Priyantha Wedagama, P Alit Suthanaya)	81
BAB. III MANAJEMEN KONSTRUKSI	
Analisis Risiko Pada Proyek Pemugaran Bangunan Kuno dan Bersejarah (Studi Kasus Pemugaran Kori Agung Di Pura Agung Desa Adat Legian) 90 (A.A.A. Made Cahaya Wardani)	90
Kajian Resiko Proyek Pembangunan Jalan Baru <i>Shortcut</i> Batas Kota Singaraja-Mengwitani..... 98 (I Gusti Agung Ayu Istri Lestari, Tjokorda Istri Praganingrum, Komang Gede Mertada)	98

Implementasi K3 Berbasis Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 pada Proyek Proyek Revitalisasi Pasar Rakyat Banyuasri Kecamatan Buleleng, Kabupaten Buleleng, Singaraja-Bali.....	104
(I Ketut Sutapa, I Nyoman Sutapa, I Wayan Darya Suparta)	
Peran <i>Safety Morning Talk</i> dalam Mewujudkan Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Di Masa Pandemi.....	110
(Ida Ayu Putu Sri Mahapatni)	
Penilaian dan Pengendalian Risiko K3 Pekerjaan Galian Tanah pada Proyek Pembangunan Gedung D Rsd Mangusada	117
(Gustu Chandra Pradipa, Ni Komang Armaeni, A.A. Sagung Dewi Rahadiani)	
Analisis Faktor Konfirmatori Kinerja Tim Proyek <i>Design And Build</i> Di Indonesia.....	124
(Made Novia Indriani)	
Identifikasi dan Pengendalian Risiko K3 pada Proyek Konstruksi Gedung Studi Kasus : Pembangunan Ruang Makan Proyek Di Kampus Politeknik Transportasi Darat Bali – Tabanan Bali.....	136
(Ni Kadek Astariani, I Komang Alit Astrawan Putra, I Gusti Made Sudika, Nyoman Sukarna)	
Penerapan Manajemen Risiko Padapengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Di Kelurahan Ubung, Kecamatan Denpasar Utara Kota Denpasar.....	145
(I Wayan Muka, AAA Cahaya Wardani, I Putu Nova Adi Setyadi)	
Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan Kerja (SMK3) Pada Fasilitas Proyek Kontruksi Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman	154
(Wendi Boy, Teguh Muhammad Ickrar, Utami Dewi Arman)	
BAB. IV GEOTEKNIK	
Pemodelan Air Tanah di Cekungan Air Tanah (CAT) Singaraja dengan <i>Visual Modflow</i>	167
(Ketut Agus Karmadi)	
Analisis Settlement/Penurunan Dari Jalan Beton Di Ruas Kuta - Br. Taman, Badung, Bali Dengan Teori Poulos Dan Finite Element Method (FEM)	177
(I Made Putra Dwityagana)	
Analisis Perbaikan Tanah Lempung Lunak (<i>Soft Clay</i>) dengan Pemberian Beban Awal (<i>Preloading</i>) Bertahap yang Dikombinasikan dengan Pemasangan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	184
(I Made Sudarma, Ida Bagus Indramanik)	
Desain dan Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Geotekstil Design and Analysis Stability of Geotextile Soil Retaining Wall.....	197
(I Made Pande Krisna Aditayana)	

PENGARUH PENENTUAN KELAS SITUS TERHADAP PERILAKU STRUKTUR DALAM MENAHAN BEBAN GEMPA

Effect of Site Class Determination on Structure Behaviour in Resisting Earthquake Loads

I Ketut Diartama Kubon Tubuh¹, I Gede Gegiranang Wiryadi², I Putu Agus Putra Wirawan³

^{1,2,3}Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar

Surel: diartamakubon@unmas.ac.id

ABSTRAK

Koefisien situs, F_a dan F_v , menurut SNI 1726:2012 menunjukkan kecenderungan membesar mulai dari kelas situs batuan keras (SA), batuan (B), sampai tanah lunak (SE). Bahkan, faktor-faktor tersebut beberapa mengalami peningkatan nilai pada SNI 1726:2019. Hal ini dapat memberikan nilai gempa rencana yang kurang tepat terhadap struktur yang didesain dengan kelas situs yang tidak tepat dan dengan peraturan yang lama. Untuk mengetahui peningkatan pengaruh perubahan tersebut, maka perlu dilakukan studi ini. Studi pengaruh penentuan kelas situs ini dilakukan dengan mengerjakan gaya gempa pada model struktur gedung beton bertulang berlokasi di Denpasar-Bali dengan kelas situs yang berbeda-beda menurut SNI 1726:2012. Studi dilanjutkan dengan membandingkan perilaku struktur tersebut untuk faktor amplifikasi berdasarkan SNI 1726:2019. Hasil analisis menunjukkan gaya geser dasar untuk kelas situs SA sampai SE menurut SNI lama dan baru dengan perbandingan, berturut-turut, 1,0:1,3:1,5:1,7:1,4 dan 1,0:1,0:1,8:1,7:1,7 dengan model kelas situs SA sebagai acuan. Peningkatan gaya gempa akibat perubahan SNI lama menjadi SNI baru hanya terjadi pada kelas situs SC dan SE sebesar 231 kN. Hanya pada kelas situs SB yang mengalami penurunan sebesar 207 kN. Hasil studi juga ditampilkan berupa persentase tulangan kolom masing-masing tingkat dan simpangan tingkat yang dialami akibat beban gempa tersebut. Perbandingan dari hasil-hasil tersebut mengikuti perbandingan dari gaya geser dasar. Oleh karenanya, kelas situs menjadi penting untuk ditentukan dengan tepat dari berdasarkan penyelidikan tanah yang cermat.

Kata Kunci: gaya geser dasar, jenis tanah, kelas situs, koefisien situs

ABSTRACT

Site coefficients, F_a and F_v , according to SNI 1726:2012 are tend to increase starting from site class of hard rock (SA), rock (SB), until soft soil (SE). Even those few factors' values are increased in SNI 1726:2019. This matter can give less precise earthquake loads to structures which are designed with inappropriate site class and older code. To find out how much increment caused by site class determination and code amendment, this research is carried out. Study on effect of site class determination is done by applying earthquake loads to reinforced concrete building structure models which is located at Denpasar, Bali with different site classes according to SNI 1726:2012. Research is continued with comparing those structure's behaviour using amplification factors of site classes based on SNI 1726:2019. Analysis results that base shear for site class SA until SE according to older and newest code in comparison, respectively, 1,0:1,3:1,5:1,7:1,4 and 1,0:1,0:1,8:1,7:1,7 with model with site class SA as reference. Earthquake forces increment caused by code amendment occurred at site class SC and SE climbing about 231 kN. Only at site class SB reduction occurred as much as 207 kN. Study results show column rebar percentage and drifts at every storeys against earthquake loads. Comparison for those results following base shears comparison. Therefore, site class being important to be accurately determined based on thorough soil investigation.

Keywords: base shear, soil type, site class, site coefficient

PENDAHULUAN

Langkah awal dalam menganalisis besarnya beban gempa rencana adalah dari penentuan Kelas Situs dan parameter Percepatan Terpetakan. Kelas situs adalah parameter yang berkaitan dengan jenis tanah di lokasi struktur dibangun. Jenis tanah tersebut kemudian akan menentukan besaran Koefisien Situs. Penentuan

jenis tanah dilakukan melalui proses penyelidikan tanah, sehingga ketidakakuratan dalam menentukan parameter koefisien situs dapat memengaruhi besarnya gaya gempa. Sedangkan parameter percepatan terpetakan adalah berupa parameter percepatan gempa di batuan dasar yang dapat ditentukan secara visual dari Peta Gempa 2017 atau dengan aplikasi

Spektrum Respons Desain Indonesia 2021 yang merupakan hasil pengembangan oleh Pusat Studi Gempa Nasional Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum Perumahan Rakyat (PuSGeN 2021). Selanjutnya, jenis tanah di atas batuan dasar akan memengaruhi parameter percepatan terpetakan menjadi Respons Spektral Percepatan Desain di permukaan tanah.

Perencanaan beban gempa terhadap struktur gedung dilakukan mengikuti pedoman SNI 1726:2012 (BSN 2012) yang merujuk pada dokumen ASCE 7-10. Adanya pembaruan pada dokumen rujukan menjadi ASCE 7-16 mengevaluasi standar lama menjadi SNI 1726:2019 (BSN 2019). Prosedur analisis beban gempa secara umum yang diatur pada SNI terbaru tidak mengalami perubahan. Hanya saja terdapat penyesuaian besaran nilai parameter-parameter, salah satunya koefisien situs.

KELAS SITUS

Kelas Situs ditentukan berdasarkan jenis tanah yang berada di atas batuan dasar. Jenis tanah akan mengakibatkan penguatan (amplifikasi) atau pelemahan (deamplifikasi) gelombang gempa dari batuan dasar ke permukaan tanah. Jenis-jenis tanah tersebut berupa batuan keras (kelas situs SA), batuan (SB), tanah keras (SC), tanah sedang (SD), tanah lunak (SE), dan tanah khusus (SF). Penentuan jenis tanah dilakukan melalui penyelidikan pada profil tanah dengan kedalaman 30 meter teratas dari suatu situs. Parameter yang diselidiki adalah kecepatan rata-rata gelombang geser (\bar{v}_s), tahanan penetrasi standar lapangan rata-rata (\bar{N}) dan tahanan penetrasi standar rata-rata untuk lapisan tanah non kohesif (\bar{N}_{Ch}), serta kuat geser niralir rata-rata (\bar{s}_u). Khusus untuk kelas situs SF memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs.

Koefisien situs atau dikenal juga dengan faktor amplifikasi percepatan gempa, F_a dan F_v , ditentukan berdasarkan kelas situs. Parameter F_a adalah faktor amplifikasi terkait percepatan gempa pada periode 0,2 detik (S_s) dan parameter F_v adalah faktor amplifikasi terkait percepatan gempa pada periode satu detik (S_1). Besarnya nilai F_a dan F_v menurut SNI 1726:2012 ditampilkan berturut-turut pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Koefisien Situs F_a pada SNI 1726:2012

Kelas Situs	Koefisien Situs F_a untuk nilai S_s Sebesar:				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0

SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9

Sumber: BSN (2012)

Tabel 2. Koefisien Situs F_v pada SNI 1726:2012

Kelas Situs	Koefisien Situs F_v untuk nilai S_1 Sebesar:				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4

Sumber: BSN (2012)

Penentuan koefisien situs F_a dan F_v untuk nilai S_s dan S_1 yang tidak tercantum di tabel dilakukan dengan interpolasi linier. Sedangkan nilai-nilai untuk kelas situs SF tidak tersedia karena memerlukan investigasi khusus.

Nilai faktor amplifikasi F_v semakin meningkat seiring dengan semakin lunaknya jenis tanah untuk semua besaran S_1 . Kondisi yang demikian juga terjadi pada nilai faktor amplifikasi F_a namun hanya untuk besaran S_s kurang dari 0,75.

RESPONS SPEKTRAL PERCEPATAN

Parameter percepatan gempa pada batuan dasar, S_s dan S_1 , ditentukan dari peta gerak tanah seismik dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCE_R 2% dalam 50 tahun). Parameter S_s merupakan Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek. Sedangkan parameter S_1 adalah Percepatan Batuan Dasar pada Periode Satu Detik. Kedua parameter ditetapkan dari respons spektral percepatan gempa pada 0,2 detik untuk periode pendek, dan 1 detik untuk periode satu detik.

Gelombang gempa merambat dari batuan dasar ke permukaan tanah mengalami penguatan atau pelemahan, tergantung dari jenis tanah yang dilaluinya. Penyesuaian percepatan gempa pada permukaan tanah tersebut akan menghasilkan parameter yang disebut Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum. Sehingga, penentuan parameter respons spektral percepatan gempa maksimum tersebut didapat dengan mengalikan faktor amplifikasi percepatan gempa dengan parameter percepatan gempa pada batuan dasar, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (1) dan (2).

$$S_{MS} = F_a S_s \dots\dots\dots (1)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \dots\dots\dots (2)$$

Kemudian, kedua parameter tersebut diambil nilai sebesar dua per tiganya sebagai nilai Percepatan Spektral Desain sebagaimana ditunjukkan oleh Persamaan (3) dan (4).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots (3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots (4)$$

PERUBAHAN KELAS SITUS PADA SNI 1726:2019

Peraturan ASCE 7-10 yang menjadi acuan SNI 1726:2012 mengalami perubahan menjadi ASCE 7-16. Sehingga, SNI 1726:2012 juga dilakukan penyesuaian. Pengembangan yang dilakukan pada SNI 1726:2019 salah satunya adalah Kelas Situs. Koefisien situs F_a dan F_v untuk kelas situs SE yang memiliki nilai $S_s \geq 1,0$ dan $S_1 \geq 0,2$ harus dihitung menggunakan metode pendekatan respons spesifik-situs (Partono, et al. 2019).

Nilai koefisien situs F_a dan F_v pada SNI 1726:2019 dapat dilihat berturut-turut pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Koefisien Situs F_a pada SNI 1726:2019

Kelas Situs	Koefisien Situs F_a untuk nilai S_s Sebesar:					
	S_s					
	$\leq 0,25$	$= 0,5$	$= 0,75$	$= 1,0$	$= 1,25$	$\geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8

Sumber: BSN (2019)

Tabel 4. Koefisien Situs F_v pada SNI 1726:2019

Kelas Situs	Koefisien Situs F_v untuk nilai S_1 Sebesar:					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0

Sumber: BSN (2019)

Pada SNI 1726:2019, terdapat penambahan nilai acuan F_a untuk $S_s \geq 1,5$ dan penambahan nilai acuan F_v untuk $S_1 \geq 0,6$. Kecenderungan peningkatan nilai kedua faktor amplifikasi terhadap tingkat kelunakan tanah pada tabel masih sama seperti pada SNI lama.

Nilai dari koefisien-koefisien situs pada SNI 1726:2019 tersebut merupakan adopsi dari penelitian yang dilakukan oleh Stewart dan Seyhan (2013).

GAYA LATERAL EKIVALEN

Metode gaya lateral ekuivalen adalah salah satu prosedur analisis gaya gempa dengan mengerjakan gaya geser tingkat secara

proporsional pada setiap lantai. Gaya Geser Tingkat tersebut merupakan sebaran dari Gaya Geser Dasar. Besarnya Gaya Geser Dasar ditampilkan pada Persamaan (5). Koefisien Respons Seismik dihitung dengan Persamaan (6) dengan nilai yang tidak boleh lebih atau kurang dari nilai batasannya.

$$V = C_s W \dots\dots\dots (5)$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{(R/I_e)} \dots\dots\dots (6)$$

$$C_{s \min} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \dots\dots\dots (7)$$

$$C_{s \max} = \frac{S_{D1}}{T(R/I_e)} \dots\dots\dots (8)$$

Berat seismik efektif (W) merupakan berat sendiri struktur dengan menyertakan semua beban mati tambahan. Faktor Modifikasi Respons (R) dan Faktor Keutamaan Gempa (I_e) berkaitan dengan sistem struktur dan fungsi bangunan. Periode fundamental struktur ditentukan melalui analisis Eigen-*value*. Namun dapat diambil nilai pendekatan sebesar sepersepuluh jumlah lantai.

Gaya Geser Tingkat disebar dengan Faktor Distribusi Vertikal seperti yang ditunjukkan oleh Persamaan (9) dan (10).

$$F_x = C_{vx} V \dots\dots\dots (9)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_i^n w_i h_i^k} \dots\dots\dots (10)$$

Faktor Distribusi Vertikal dihitung dengan memperhitungkan Berat Seismik Efektif di Lantai yang Ditinjau (w_i) dan Ketinggian Lantai (h_i) tersebut. Faktor k merupakan eksponen yang nilainya ditentukan berdasarkan periode fundamental struktur.

SIMPANGAN ANTAR TINGKAT

Simpangan Antar Tingkat ditentukan dari selisih Simpangan Hasil Analisis Elastis (δ_{xe}) yang diperbesar dari suatu tingkat dengan tingkat di bawahnya. Simpangan Diperbesar dan simpangan antar tingkat dihitung dengan Persamaan (11) dan (12).

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots (11)$$

$$\Delta_x = \delta_x - \delta_{x-1} \leq \Delta_a \dots\dots\dots (12)$$

Faktor Amplifikasi Defleksi (C_d) ditentukan menurut sistem struktur yang digunakan. simpangan antar tingkat dibatasi oleh Simpangan Antar Tingkat Izin (Δ_a) yang besarnya diambil 0,7% sampai dengan 2,5% dari Tinggi Lantai yang Ditinjau (h_{sx}), bergantung dari tipe struktur dan faktor keutamaan gempa yang digunakan.

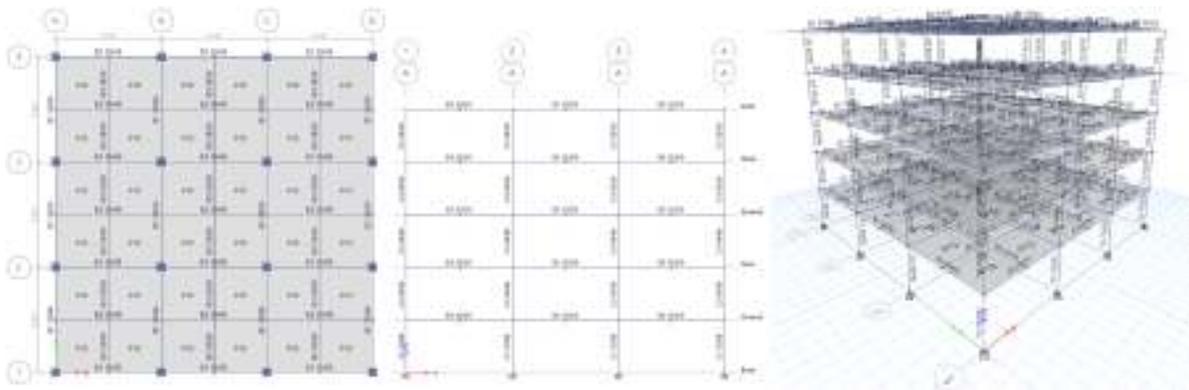
DESAIN STRUKTUR BETON BERTULANG

Struktur beton bertulang didesain menurut SNI 2847:2019 (BSN 2019). Luas tulangan longitudinal pada kolom dibatasi sekurang-kurangnya 1% dan tidak melebihi 8% dari luas penampang bruto. Luas tulangan lentur minimum pada balok disediakan pada penampang yang mengalami tarik.

METODE

Studi analisis mengenai pengaruh penentuan kelas situs terhadap beban gempa rencana

dilakukan dengan membuat model gedung lima lantai yang berlokasi di Denpasar, Bali. Gedung memiliki fungsi sebagai kantor dengan sistem struktur rangka beton bertulang penahan momen khusus. Denah struktur dibuat simetris dengan tiga buah bentang ke arah X maupun Y berjarak masing-masing 6 meter. Ketinggian struktur dibatasi sebesar 15 meter dengan tinggi tiap lantai 3 meter. Adapun denah, portal, dan tampilan tiga dimensi struktur ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Denah Struktur Tipikal (Kiri), Portal Struktur As A (Tengah), dan Tampilan Struktur Tiga Dimensi (Kanan)

Pemodelan, analisis, dan desain dilakukan dengan ETABS®. Pada model struktur, kolom lantai dasar berukuran 50 cm×50 cm. Ukuran kolom dari lantai ke lantai dibuat mengecil 5 cm pada tiap sisinya. Balok induk berukuran 25 cm×50 cm dan tebal pelat 12 cm. Luasan pelat dibagi oleh balok-balok anak dengan dimensi 20 cm×40 cm dan 20 cm×30 cm. Keberadaan tangga pada model ini diabaikan.

Beban gravitasi terdiri dari berat sendiri struktur, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban hidup atap. Berat sendiri struktur dihitung berdasarkan berat per volume beton bertulang sebesar 2,4 kN/m³. Pada pelat, beban mati tambahan diambil sebesar 1,28 kN/m² yang merupakan kontribusi dari berat finishing, plafon, dan instalasi. Dinding bata dimodelkan sebagai beban merata bekerja pada semua balok induk lantai dengan seberat 2,5 kN/m². Pada lantai atap, dinding ditinjau hanya sebagai beban railing yang bekerja di sekeliling gedung.

Beban hidup dan beban hidup atap mengacu pada SNI 1727:2020 yaitu sebesar 2,4 kN/m² dan 0,96 kN/m² (BSN 2020). Berat seismik efektif, selain dari kontribusi beban mati, juga diperhitungkan sebesar 30% dari beban hidup.

Beban gempa dianalisis menggunakan metode Gaya Lateral Ekuivalen dengan penerapan lima

Kelas Situs yang berbeda menurut SNI Gempa 2012 dan 2019. Parameter Percepatan Terpetakan S_s dan S_1 untuk lokasi di Denpasar, Bali ditentukan berdasarkan Peta Gempa 2017 melalui Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021 yaitu sebesar 0,9604 g dan 0,3958 g.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kurva Spektrum Respons Desain

Nilai percepatan spektral desain yang ditentukan menurut SNI 2012 dan 2019 ditampilkan pada Tabel 5.

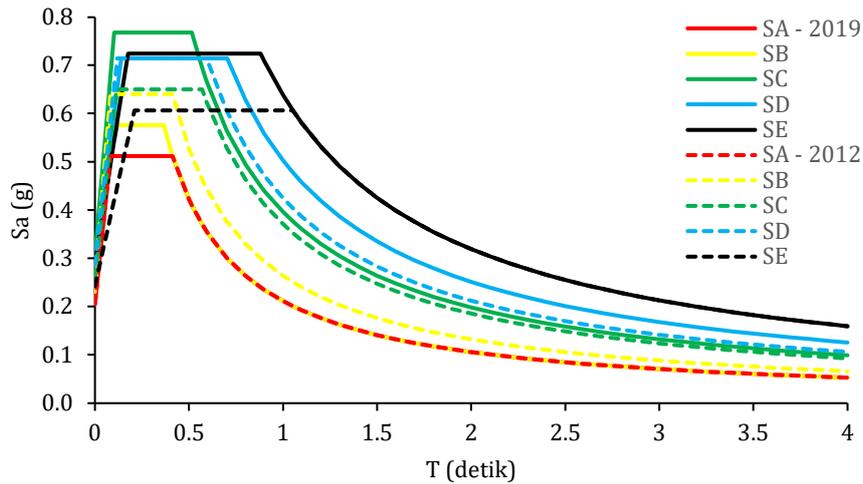
Tabel 5. Perbandingan Nilai S_{DS} dan S_{D1} SNI Lama dan Baru

Kelas Situs	S_{DS}		S_{D1}	
	2012	2019	2012	2019
SA	0,5122	0,5122	0,2111	0,2111
SB	0,6403	0,5762 (-0,0640)	0,2639	0,2111 (-0,0528)
SC	0,6504	0,7683 (+0,1179)	0,3705	0,3958 (+0,0253)
SD	0,7144	0,7144	0,4244	0,5025 (+0,0781)
SE	0,6067	0,7246 (+0,1179)	0,6377	0,6377

Dari tabel di atas, dapat diamati adanya peningkatan maupun penurunan akibat penyesuaian SNI. Penurunan nilai S_{DS} dan S_{D1} hanya terjadi pada kelas situs SB. Sedangkan

pada kelas situs SC mengalami peningkatan. Untuk kelas situs SD, hanya nilai S_{D1} yang meningkat sedangkan nilai S_{DS} tetap. Akan tetapi, pada kelas situs SE nilai S_{D1} yang tetap dan S_{DS} yang meningkat. Faktor amplifikasi F_a dan F_v untuk kelas situs SA tidak mengalami perubahan sehingga nilai S_{DS} dan S_{D1} juga tetap sama antar kedua SNI.

Parameter percepatan spektral desain digunakan untuk menyusun kurva spektrum respons desain. Perbandingan nilai S_{DS} dan S_{D1} dari kedua SNI di atas juga dapat dilihat dari kurva spektrum respons desain yang disajikan pada Gambar 2. Kurva spektrum respons desain untuk kedua SNI ditampilkan dalam satu dengan grafik. SNI 2019 diwakili oleh garis solid, sedangkan SNI 2012 ditunjukkan oleh garis terputus. Warna yang sama digunakan untuk kelas situs yang sama.



Gambar 2. Kurva Spektrum Respons Desain ($S_S = 0,9604 \text{ g}$ & $S_1 = 0,3958 \text{ g}$)

Rentang nilai periode kurva spektrum respons dibuat sama, yaitu hanya sampai dengan 4 detik. Kurva spektrum respons untuk kelas situs SA, baik untuk SNI 2012 dan SNI 2019, dalam posisi berimpit mengingat nilai F_a dan F_v tidak mengalami perubahan. Nilai puncak dari kurva kelas situs SA ini juga yang terkecil. Sedangkan puncak kurva dengan nilai Spektral Percepatan (S_a) yang paling tinggi dimiliki oleh kurva kelas situs SC SNI 2019.

Kurva kelas situs SD SNI 2019 lebih rendah dari kurva kelas situs SC SNI 2019 dikarenakan adanya penurunan nilai F_a mulai dari kelas situs SD yang memiliki nilai $S_S \geq 1,0$. Kurva kelas situs SB SNI 2019 lebih kecil dari SNI 2012 akibat serentak berkurangnya nilai F_a dari 1,0 menjadi 0,9 dan nilai F_v dari 1,0 menjadi 0,8 pada SNI baru.

Kurva kelas situs SA pada bagian $T \geq T_S$, kelengkungannya terlihat berimpit dengan bagian lengkung dari kurva kelas situs SB SNI 2019. Hanya saja nilai puncak kurva kelas situs SB tersebut lebih tinggi sehingga garis lengkung terproyeksi ke atas hingga mencapai nilai S_{DS} . Hal demikian juga terjadi pada kurva kelas situs SE antara SNI 2012 dengan SNI 2019.

Perbandingan Gaya Geser Dasar

Perbedaan nilai S_{DS} dan S_{D1} antar sesama kelas situs dan perubahan yang terjadi pada SNI 2019 tentu memengaruhi besarnya beban gempa. Dengan nilai periode pendekatan fundamental struktur sebesar 0,5 detik, besarnya gaya geser dasar semua kelas situs dari kedua SNI dapat dilihat pada Tabel 6. Perhitungan gaya geser dasar didasarkan pada berat seismik efektif struktur sebesar 15654,4427 kN.

Tabel 6. Perbandingan Gaya Geser Dasar SNI Lama dan Baru

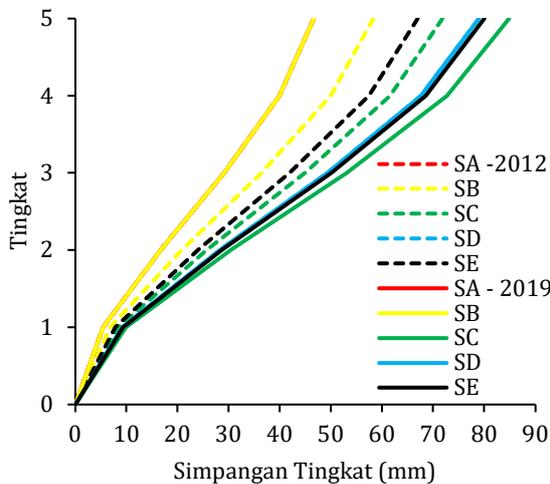
Kelas Situs	Gaya Geser Dasar (kN)		
	2012	2019	Selisih
SA	826,1371	826,1371	0
SB	1032,6714	826,1371	-206,5343
SC	1272,7228	1503,4527	+230,7299
SD	1398,0105	1398,0105	0
SE	1187,1262	1417,8561	+230,7299

Dari tabel di atas, dapat diamati gaya geser dasar kelas situs SA tidak ada perbedaan antara SNI lama dengan baru karena tidak adanya perubahan nilai dari kedua faktor amplifikasi. Begitu juga untuk kelas situs SD, gaya geser dasar didapat sama besar meskipun nilai F_v pada SNI baru mengalami perubahan. Hal ini disebabkan besaran nilai F_v hanya menentukan S_{D1} dan $C_{S maks}$. Sedangkan nilai koefisien respons

seismik (C_s) tidak melampaui batas maksimumnya.

Gaya geser dasar untuk kelas situs SA SNI 2012 dan SA serta SB SNI 2019 memiliki nilai yang sama besar. Gaya geser dasar ketiga kelas situs tersebut merupakan hasil dari penggunaan $C_{S maks}$ yaitu sebesar 0,052775 karena C_s hitung didapat lebih besar dari $C_{S maks}$.

Peningkatan gaya geser dasar untuk SNI 2019 terjadi pada kelas situs SC dan SE. Gaya geser dasar meningkat kurang lebih sebesar 230 kN. Sedangkan untuk kelas situs SB, gaya geser dasar didapat menurun sebesar 206,5343 kN dari SNI lama. Adanya dinamika besarnya gaya geser dasar antar kelas situs pada SNI yang sama menyebabkan perlu kecermatan dalam melaksanakan prosedur penyelidikan tanah yang



Gambar 3. Simpangan Tingkat dan Simpangan Antar Tingkat

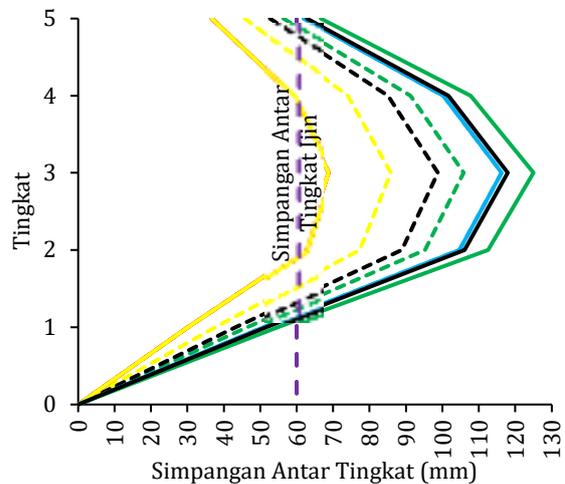
Dapat diamati, grafik simpangan tingkat untuk kelas situs SA dan SB SNI 2019 serta SA SNI 2012 dalam posisi berimpit karena gaya geser dasar yang diterima sama besar. Simpangan tingkat ketiga kelas situs tersebut juga adalah yang terkecil. Simpangan tingkat terbesar dialami oleh model dengan kelas situs SC SNI 2019 sebesar 1,8 kali dari simpangan tingkat yang terkecil.

Simpangan antar tingkat semua model melampaui dari simpangan antar tingkat ijin sebesar 60 mm, terutama pada tingkat ke-3. Seperti yang terjadi pada grafik simpangan tingkat, simpangan antar tingkat model dengan kelas situs SA dan SB SNI 2019 serta SA SNI 2012 dalam posisi berimpit dengan nilai terendah dari model lainnya. Begitu juga untuk model kelas situs SC SNI 2019 yang juga nilai pada grafik simpangan antar tingkatnya yang paling besar.

kemudian akan menjadi dasar dalam menentukan koefisien situs. Pembulatan angka diambil minimum sebanyak empat angka di belakang koma mengikuti data input S_5 dan S_1 untuk kepentingan presisi perhitungan. Pembulatan dengan angka yang lebih sedikit akan menyebabkan perubahan yang cukup signifikan.

Simpangan Antar Tingkat

Simpangan tingkat dan simpangan antar tingkat juga dievaluasi terhadap gaya gempa yang diterima struktur dengan kelas situs yang berbeda-beda dan juga terkait dengan adanya perubahan nilai koefisien situs pada SNI 1726:2019. Grafik simpangan tingkat dan simpangan antar tingkat dapat dilihat pada Gambar 3.



Perbandingan Luas Tulangan Kolom

Besarnya gaya gempa tentu memengaruhi hasil desain elemen struktur, terutama kolom. Perbandingan persentase tulangan terbesar kolom-kolom dari semua model ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan Persentase Tulangan Kolom Antar Kelas Situs Kedua SNI

Kolom (cm)	% Tulangan Terbesar untuk Kelas Situs:				
	SA	SB	SC	SD	SE
30×30	2,33 (2,33)	2,72 (2,33)	3,22 (3,80)	3,55 (3,55)	2,99 (3,60)
35×35	1,95 (1,95)	2,62 (1,95)	3,37 (4,11)	3,79 (3,79)	3,05 (3,85)
40×40	1,04 (1,04)	1,69 (1,04)	2,46 (3,14)	2,82 (2,82)	2,18 (2,88)
45×45	1,00 (1,00)	1,43 (1,00)	2,16 (2,86)	2,57 (2,57)	1,86 (2,63)
50×50	1,00 (1,00)	1,46 (1,00)	2,47 (3,41)	2,94 (2,94)	2,09 (3,01)

Keterangan:

Angka di Dalam Kurung untuk SNI 1726:2019

Dengan dimensi kolom yang sama untuk semua model, didapat persentase tulangan kolom cenderung meningkat dari model dengan kelas situs SA sampai SD SNI 2012, kemudian mengecil pada kelas situs SE dengan nilai di antara kelas situs SB dan SC.

Untuk SNI 2019, kecenderungan peningkatannya mulai dari kelas situs SA hanya sampai SC dan menurun pada kelas situs SD. Namun, persentase tulangan kolom kelas situs SE sedikit mengalami peningkatan dari SD. Pada kelas situs SD SNI 2019, persentase tulangan kolom didapat nilai yang sama persis dengan kelas situs SD SNI 2012. Hal ini disebabkan oleh besaran nilai S_{DS} yang sama.

Pada model dengan kelas situs SA untuk kedua SNI tidak mengalami perubahan seperti halnya gaya geser dasar. Model dengan kelas situs SB SNI 2019 juga tentu sama besar persentase tulangan kolomnya dengan kelas situs SA karena gaya geser dasar kedua kelas situs sama besar.

KESIMPULAN

Telah dilakukan studi mengenai pengaruh penentuan kelas situs, baik menurut SNI 1726:2012 maupun perubahan menurut SNI 1726:2019, terhadap perilaku struktur beton bertulang lima lantai yang berlokasi di Denpasar, Bali dalam menahan beban gempa. Dari hasil studi didapat hal-hal sebagai berikut.

Pada SNI 2012, nilai S_{D1} cenderung meningkat dari kelas situs SA sampai dengan SE. Sedangkan nilai S_{DS} kecenderungan peningkatannya hanya sampai dengan SD, namun menurun di kelas situs SE. Besarnya gaya geser dasar untuk kelas situs SA sampai SE didapat perbandingan, berturut-turut, 1,0:1,3:1,5:1,7:1,4 dengan model kelas situs SA sebagai acuan.

Pada SNI 2019, kecenderungan peningkatan nilai S_{D1} sama seperti yang terjadi pada SNI lama. Namun, untuk nilai S_{D1} hanya meningkat dari kelas situs SA sampai SC, menurun pada kelas situs SD kemudian sedikit meningkat pada kelas situs SE. Gaya geser dasar didapat perbandingan 1,0:1,0:1,8:1,7:1,7 dengan model kelas situs SA sebagai acuan.

Terkait perubahan SNI 2012 menjadi 2019, tidak terdapat peningkatan gaya geser dasar pada kelas situs SA dan SD. Hanya pada kelas situs SB mengalami penurunan gaya geser dasar sebesar 207 kN, sisanya meningkat sama-sama sebesar 231 kN. Hasil lainnya, simpangan tingkat dan persentase tulangan kolom, didapat perbandingan yang mengikuti dinamika dari

besarnya gaya geser dasar. Melihat kondisi demikian, kelas situs menjadi penting untuk ditentukan dengan tepat dari berdasarkan penyelidikan tanah yang cermat.

DAFTAR PUSTAKA

- BSN. 2020. *Beban Disain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2019. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- . 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Partono, Windu, Masyur Irsyam, I Wayan Sengara, and Muhammad Asrufifak. 2019. "Kajian Pemilihan Koefisien Situs pada Perhitungan Spektra Percepatan Gerakan Tanah di Permukaan." *Media Komunikasi Teknik Sipil* 98-106.
- PuSGeN. 2021. *Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021*. Accessed June 27, 2021. <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/ind ex.php?>
- Stewart, Jonathan Paul, and Emel Seyhan. 2013. *Semi-Empirical Nonlinear Site Amplification and Its Application in NEHRP Site Factors*. Berkeley: University of California.

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG PADA GEDUNG PENGADILAN TINGGI NEGERI BADUNG

Alfeus Eky Wahyudi⁽¹⁾ , I Gusti Nyoman Putra Wijaya⁽²⁾

Ir. I Ketut Yasa Bagiarta, M. T.⁽³⁾

- 1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Warmadewa, Denpasar Bali.
- 2) Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Warmadewa, Denpasar Bali.
- 3) Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Perencanaan Universitas Warmadewa, Denpasar Bali.

Email : alfeuseky@gmail.com

ABSTRACT

Concrete is a mixture of sand, gravel or crushed stone, cement and water. Other materials (admixtures) can be added to the concrete mixture to increase workability, durability and hardening time. Concrete has high compressive strength and low tensile strength. Concrete can crack due to tensile stress due to loads, retained shrinkage, or changes in temperature. Reinforced concrete is a combination of concrete and steel, where reinforcing steel provides tensile strength that concrete does not have. Reinforcing steel can also provide additional compressive strength to concrete structures. Structural planning has the aim of producing a structure that is good, sturdy, stable, able to survive within a specified period and efficient in cost, time and ease of implementation. A stable structure that is not easily shifted or tilted over the life of the planned building. The building structure generally consists of a lower structure (sub structure), an upper structure and a super structure.

Keywords: Reinforced Concrete Structures, Earthquake, Cross-sectional Dimensions

ABSTRAK

Beton adalah campuran pasir, kerikil atau batu pecah, semen, dan air. Bahan lain (admixtures) dapat ditambahkan pada campuran beton untuk meningkatkan workability, durability, dan waktu pengerasan. Beton mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan kekuatan tarik yang rendah. Beton dapat retak karena adanya tegangan tarik akibat beban, susut yang tertahan, atau perubahan temperatur. Beton bertulang adalah kombinasi dari beton dan baja, dimana baja tulangan memberikan kekuatan tarik yang tidak dimiliki beton. Baja tulangan juga dapat memberikan tambahan kekuatan tekan pada struktur beton. Perencanaan struktur memiliki tujuan yaitu menghasilkan suatu struktur yang baik, kokoh, stabil, mampu bertahan dalam jangka waktu ditentukan dan efisien dalam biaya, waktu dan kemudahan dalam pelaksanaannya. Struktur yang stabil yaitu tidak mudah bergeser atau miring selama umur bangunan yang direncanakan. Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*sub structure*), struktur tengah (*upper structure*) dan struktur atas (*super structure*).

Kata Kunci : Struktur Beton Bertulang, Gempa, Dimensi Penampang Struktur

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan struktur memiliki tujuan yaitu menghasilkan suatu struktur yang baik, kokoh, stabil, mampu bertahan dalam jangka waktu ditentukan dan efisien dalam biaya, waktu dan kemudahan dalam pelaksanaannya. Struktur yang stabil yaitu tidak mudah bergeser atau miring selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur bisa dikatakan kuat atau dapat bertahan lama jika struktur tersebut mampu menahan kehausan dan kerusakan selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan. Untuk mencapai tujuan perencana tersebut perencanaan struktur harus mengikuti peraturan perencanaan yang ditetapkan oleh pemerintah berupa Standar Nasional Indonesia (SNI).

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*sub structure*), struktur tengah (*upper structure*) dan struktur atas (*super structure*).

2. Struktur bawah (*sub structure*) yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah.
3. Struktur tengah (*upper structure*) adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat, tangga. Setiap komponen

tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda di dalam sebuah struktur.

4. Struktur atas (*super structure*) adalah bagian-bagian bangunan memanjang ke atas untuk menopang atap. Struktur atas yaitu antara lain rangka dan kuda-kuda. (Zahir, 2016)

1.2 Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan perencanaan dari Gedung Kantor Pengadilan Negeri Badung yaitu :

Merencanakan struktur bangunan pada Gedung Kantor Pengadilan Negeri Badung dan menjadikan hasil analisis dan desain yang telah dikerjakan sebagai pedoman bagi orang atau mahasiswa atau masyarakat yang ingin tahu mengenai struktur bangunan.

1.3 Manfaat Perencanaan

Adapun manfaat dari perencanaan ini yaitu memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai struktur beton bertulang dan dapat mengaplikasikan ilmu yang telah didapat di bangku perkuliahan.

1.4 Data Perencanaan

Adapun data yang diperlukan dalam perencanaan :

1. Gambar Arsitektur
2. Data Tanah
3. Data Struktur

1.5 Batasan Perencanaan

Adapun batasan dalam perencanaan struktur ini yaitu tidak memperhitungkan perencanaan biaya (RAB).

1.6 Dasar Perencanaan

Dasar perencanaan dalam perencanaan ini mengacu pada peraturan dan ketentuan yang berlaku di Indonesia yaitu :

1. SNI 2847 : 2013 “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung”
2. SNI 1727 : 2013. “Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lainnya”
3. SNI 1726 : 2012. “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung”

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembebanan Pada Struktur

Beban-beban yang bekerja pada suatu struktur dapat diklasifikasikan kedalam beberapa kategori, yaitu Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, Beban hidup ialah beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, Beban angin ialah Beban yang ditentukan dengan Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) untuk gedung tertutup pada (SNI 1727, 2013), Beban hujan didapatkan dari SNI 1727:2013, dan Beban gempa mengacu pada peraturan SNI 1726:2019 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.

2.2 Balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Perencanaan balok diperlukan tulangan longitudinal untuk menahan beban lentur dan tulangan geser untuk menahan beban torsi. Langkah-langkah perencanaan balok yaitu :

1. Menentukan Luas dan Rasio Tulangan
2. Nilai α Baja Tulangan
3. Distribusi Regangan dan Tegangan Balok
4. Perhitungan Gaya Dalam
5. Momen Nominal dan Momen Rencana Balok
6. Tulangan Geser Balok
7. Pemasangan Tulangan Geser Balok
8. Perencanaan Tulangan Geser atau Sengkang Balok

2.3 Kolom

kolom berfungsi sebagai pendukung beban-beban dari balok dan pelat, untuk diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi. Beban dari balok dan pelat bagi kolom adalah beban aksial tekan serta momen lentur (akibat eksentrisitas pembebanan). Oleh karena itu dapat didefinisikan, kolom ialah suatu komponen struktur yang mendukung beban aksial dengan/tanpa momen lentur (Asroni, Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang, 2010). Dalam perencanaan kolom perlu diperhatikan jenis-jenis kolom yaitu Jenis kolom berdasarkan bentuk dan susunan tulanga, Jenis kolom berdasarkan letak atau posisi beban aksial, Jenis berdasarkan panjang kolom, dimana tata cara perencanaan kolom yaitu perencanaan dimensi tulangan, mempertimbangkan beban yang bekerja pada suatu kolom, memperhatikan kekuatan lentur kolom, dan merencanakan tulangan geser dan tulangan sengkang kolom.

2.4 Pelat

Pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal (Ali Asroni: 2010: 191). Pelat pada perencanaan ini ditumpu oleh balok-balok secara monolit, yaitu pelat dan balok dicor bersama-sama sehingga menjadi satu-kesatuan (monolit). Adapun langkah-langkah perencanaan struktur pelat yaitu perencanaan ketebalan plat, perencanaan penulangan pelat, dan yang terakhir melakukan kontrol lendutan pada plat yang sudah direncanakan tersebut.

2.5 Pondasi

Pondasi dari suatu bangunan khususnya pada bangunan gedung adalah suatu konstruksi dari bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah atas bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah. Pondasi berfungsi meneruskan beban atau gaya di atasnya dan termasuk berat pondasi ke tanah di bawahnya.

Pondasi diharapkan bisa menghindari terjadinya:

1. Keruntuhan geser
2. Keruntuhan yang berlebihan

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapamacam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

1. Fungsi bangunan atas (super structure) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut.
2. Besarnya beban dan beratnya bangunan atas

Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan

2.6 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan direncanakan sesuai SNI 1727:2013

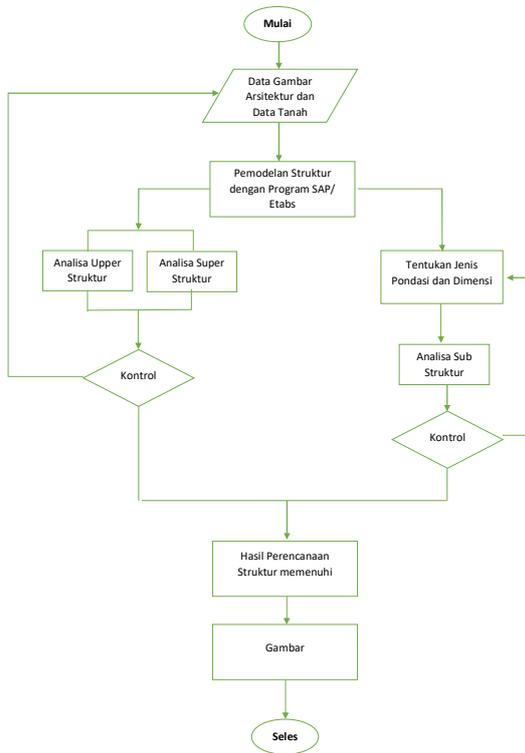
1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9W + 1,0E$

2.7 Perencanaan Struktur

Perencanaan batang tekan, perencanaan batang lentur, perencanaan sambungan. Perencanaan itu direncanakan berdasarkan SNI 7973:2013. "Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu". Dimana disitu dibagi menjadi :

1. Perencanaan kuda-kuda
2. Perencanaan usuk
3. Perencanaan gording
4. Perencanaan klorom
5. Perencanaan balok
6. Perencanaan plat
7. Perencanaan pondasi

3 METODE PERENCANAAN



Lantai	Tinggi Lantai(m)	Beban (kN/m ²)
basement	3.80	1.693
Lantai 1	4.00	1.693
Lantai 2	4.00	1.693
Lantai 3	4.00	1.693

Sumber: Hasil Analisis

B. Beban mati dinding pada balok
Tabel 4. 2 Beban mati dinding pada balok

Lantai	Tinggi Lantai(m)	Beban (kN/m)
basement	3.80	2.128
Lantai 1	4.00	2.24
Lantai 2	4.00	2.24
Lantai 3	4.00	2.24

Sumber: Hasil analisis

C. Beban mati dinding pada pelat
Tabel 4.3 Beban mati dinding pada pelat basement

No	Type	Beban Merata (kN/m)	Panjang Dinding (m)	Luas Pelat (m ²)	Beban Dinding (kN/m ²)
A	B	C	D	E	F = (C*D)/E
1	L14	3.91	2.15	30	0.28
1	L21	3.91	2.15	24	0.35
2	L28	3.91	2.15	24	0.35
3	L32	3.91	4.6	24	0.75
4	L76	3.91	7	30	0.91
5	L89	3.91	6	24	0.98

4 ANALISIS PERENCANAAN

4.1 Perencanaan Pembebanan

Beban-beban yang diinput pada program aplikasi ETABS pada permodelan struktur ini yaitu :

4.1.1 Perencanaan Beban Mati

Beban mati pada plat dimasukkan pada perencanaan ini yaitu termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

A. Beban Mati Pada Plat

Tabel 4. 1 Beban mati pada pelat lantai

Tabel 4. 3 Beban mati dinding pada pelat LT1

No	Type	Beban Merata (kN/m)	Panjang Dinding (m)	Luas Pelat (m ²)	Beban Dinding (kN/m ²)
A	B	C	D	E	F = (C*D)/E
1	L1	4.12	4	24	0.69
2	L4	4.12	1	36	0.11
3	L7	4.12	6.3	36	0.72
4	L8	4.12	9.12	20	1.88
5	L11	4.12	2	30	0.27
6	L13	4.12	4	20	0.82
7	L15	4.12	5.1	24	0.88
8	L17	4.12	6	30	0.82
9	L20	4.12	4	20	0.82
10	L24	4.12	3	24	0.52
11	L25	4.12	5	24	0.86
12	L27	4.12	7.85	16	2.02
13	L31	4.12	3	24	0.52
14	L32	4.12	3	24	0.52
15	L38	4.12	4.5	24	0.77
16	L52	4.12	4.5	24	0.77
17	L65	4.12	3	24	0.52
18	L66	4.12	4	24	0.69
19	L67	4.12	6	24	1.03
20	L68	4.12	4	16	1.03
21	L69	4.12	1.07	24	0.18
22	L78	4.12	6.7	16	1.73
23	L79	4.12	1.1	48	0.09
24	L84	4.12	1.12	36	0.13
25	L85	4.12	1.7	36	0.19

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 4 Beban mati dinding pada pelat LT2

No	Type	Beban Merata (kN/m)	Panjang Dinding (m)	Luas Pelat (m ²)	Beban Dinding (kN/m ²)
A	B	C	D	E	F = (C*D)/E
1	L12	4.12	1.15	30	0.16
2	L15	4.12	4.12	20	0.85
3	L21	4.12	9.12	30	1.25
4	L22	4.12	3	16	0.77
5	L25	4.12	4	24	0.69
6	L27	4.12	4	16	1.03
7	L32	4.12	1.6	24	0.27
8	L35	4.12	6.62	24	1.14
9	L39	4.12	1.77	24	0.30
10	L45	4.12	4	24	0.69
11	L52	4.12	1.7	24	0.29
12	L61	4.12	12	24	2.06
13	L79	4.12	11	36	1.26

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 5 Beban mati dinding pada pelat LT3

No	Type	Beban Merata (kN/m)	Panjang Dinding (m)	Luas Pelat (m ²)	Beban Dinding (kN/m ²)
A	B	C	D	E	F = (C*D)/E
1	L11	4.12	5.25	30	0.72
2	L12	4.12	5.25	30	0.72
3	L17	4.12	6	30	0.82
4	L21	4.12	5.95	30	0.82
5	L25	4.12	4	24	0.69
6	L28	4.12	5.95	24	1.02
7	L32	4.12	3.6	24	0.62
8	L61	4.12	10.6	24	1.82
9	L71	4.12	5	40	0.52
10	L73	4.12	5	30	0.69
11	L79	4.12	5	30	0.69
12	L75	4.12	6	36	0.69

D. Beban mati lift
 Beban R1 = 41,2 kN
 Beban R2 = 26,5kN
 Total = 67,7 kN

4.1.2 Perencanaan Beban Hidup

Beban hidup pada perencanaan gedung FEB :

1. Beban hidup terpusat = 1,33 kN
2. Bebah Hidup pada Plat Lantai tabel 4.5 – 4.8

Tabel 4. 5 Beban hidup pelat basement

No	Jenis Beban Hidup	Beban (kN/m ²)	Beban (kN)	Diasumsikan Sebagai
1	Parkir	1.92		Parkir
2	Ruang tahanan wanita	4.79		Pertemuan
2	Ruang tahanan pria	4.79		Pertemuan
3	ruang jaga	1.92		R. Pribadi
4	Toilet	1.92		R. Pribadi
5	Gudang	7.18		R. Penyimpanan
6	R.Jenset	7.18		R. Penyimpanan
7	R. Pompa	7.18		R. Penyimpanan
8	R. panel	7.18		R. Penyimpanan

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 6 Beban hidup pelat LT 1

No	Jenis Beban Hidup	Beban (kN/m ²)	Beban (kN)	Diasumsikan Sebagai
1	Toilet	1.92		R. Pribadi
2	R. Tunggu	4.79		R. Pertemuan
3	R.Menytusasi	1.92		R. Pribadi
4	Poiklinik	1.92		R. Pribadi
5	R. Tunggu Jaksa	4.79		R. Pribadi
6	R. Pengacara	1.92		R. Pribadi
7	R. Mediasi	1.92		R. Pribadi
8	R. Sialang Biasa	4.79		R. Pertemuan
9	R. Sialang Anak	4.79		R. Pertemuan
10	R. Tunggu Bapak	4.79		R. Pertemuan
11	R. Dnersi	4.79		R. Pertemuan
12	R. Inzage	1.92		R. Pribadi
13	R. Posbakum	1.92		R. Pribadi
14	Recovery Room	4.79		R. Pertemuan
15	R. Tunggu Anak	4.79		R. Pertemuan
16	R. Tunggu Anak wanita	4.79		R. Pertemuan
17	R. Tunggu Anak pria	4.79		R. Pertemuan
18	R. Kasir Perkara PDT	4.79		R. Pribadi
19	Lobby	4.79		R. Pertemuan
20	PTSP	4.79		R. Pertemuan
21	Bank Kas	1.92		R. Pribadi
22	Shaff Listrik	1.92		R. Penyimpanan
23	Shaff Sampah	1.92		R. Penyimpanan
24	Kepanterman	4.79		R. Pertemuan
25	R. Peraltan	7.18		R. Penyimpanan
26	R. Tatu	4.79		R. Pertemuan
27	R. Sialang Utama	4.79		R. Pertemuan

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 7 Beban hidup pelat LT 2

No	Jenis Beban Hidup	Beban (kN/m ²)	Beban (kN)	Diasumsikan Sebagai
1	R. Ketua	1.92		R. Pribadi
2	R. Wakil Ketua	1.92		R. Pribadi
3	R. Istarat	1.92		R. Pribadi
4	R. Tunggu Wakil Ketua	4.79		R. Pertemuan
5	R. Pertemuan	4.79		R. Pertemuan
6	Pentry	1.92		R. Pribadi
7	R. Tunggu Tamu Ketua	4.79		R. Pertemuan
8	Shaff Listrik	1.92		R. Penyimpanan
9	Shaff Sampah	1.92		R. Penyimpanan
10	R. Perpustakaan	7.18		R. Penyimpanan
11	R. Teleconference	4.79		R. Pertemuan
12	R. Sekretaris	1.92		R. Pribadi
13	Panitera	4.79		R. Pertemuan
14	R. Kesekretariatian	4.79		R. Pertemuan
15	R. Difabel	1.92		R. Pribadi
16	R. Server	1.92		R. Pribadi
17	R. Brankas	1.92		R. Pribadi

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4. 8 Beban mati pelat LT 3

No	Jenis Beban Hidup	Beban (kN/m ²)	Beban (kN)	Diasumsikan Sebagai
1	R. Panitra Pengganti	4.79		R. Pertemuan
2	R. Juru Sita	1.92		R. Pribadi
3	Teras	4.79		R. Pertemuan
4	R. Hakim	4.79		R. Pertemuan
5	R. Ganti	1.92		R. Pribadi
6	Toilet	1.92		R. Pribadi
7	Shaff Listrik	1.92		R. Penyimpanan
8	Shaff Sampah	1.92		R. Penyimpanan
9	R. Berkas Eksekusi	4.79		R. Pertemuan
10	Back Office	4.79		R. Pertemuan
11	R. Arsif	4.79		R. Pertemuan
12	R. Pertemuan	4.79		R. Pertemuan

Sumber: Hasil analisis

4.1.3 Beban Hujan

Tabel hujan pada plat atap yaitu tabel 4.9

Tabel 4.9 Beban hujan pada atap 1

No. gording	Jarak (m)	Beban (kN/m')
1	0.98197	0.192466
2	0.85238	0.167066
3	0.85238	0.167066
4	0.85238	0.167066
2	0.85238	0.167066
3	0.85238	0.167066
4	0.85238	0.167066
5	0.85238	0.167066

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.10 Beban hujan pada atap 2

No. gording	Jarak (m)	Beban (kN/m')
1	1.0191	0.199744
2	0.9739	0.190884
3	0.9739	0.190884
4	0.9739	0.190884
5	0.9739	0.190884
6	0.9739	0.190884
7	0.9739	0.190884
8	0.9739	0.190884

Sumber: Hasil analisis

Tabel 4.11 Beban hujan pada atap 3

No. gording	Jarak (m)	Beban (kN/m')
1	1.0035	0.196686
2	1.2205	0.239218
3	1.2205	0.239218
4	1.2205	0.239218
5	1.2205	0.239218
6	1.2205	0.239218
7	1.2205	0.239218
8	1.2205	0.239218

Sumber : Hasil Analisis

4.1.4 Beban Gempa

Bangunan gedung FEB yang sebagai gedung sekolah berada pada tingkat resiko II dengan faktor keutamaan gempa kategori risiko II adalah $I_e = 1$.

Total beban mati dan beban hidup dapat dihitung sebagai berikut:

Total beban mati = total beban mati pada pelat + total beban mati pada batang + total beban mati terpusat

$$= 5372.606 + 2494,7 + 2771,917 = 55438,35 \text{ kN}$$

Total beban hidup = total beban hidup pada pelat + total beban hidup terpusat

$$= 33260,4 + 2,4 = 33263 \text{ kN}$$

Sesuai SNI 1726:2019 pada pasal 7.7.2 beban hidup direduksi sebesar 25 % maka, Total beban hidup = $133052 \text{ kN} \times 25\%$

$$= 33263 \text{ kN}$$

Berat sendiri bangunan (W_t) = 22948,5739 kN

Jadi berat seismik efektif struktur (W) dapat dihitung seperti perhitungan berikut:

$W = \text{Total beban mati} + \text{Total beban hidup} + \text{Berat sendiri bangunan}$

$W = \text{Total beban mati} + \text{Total beban hidup} + \text{Berat sendiri bangunan}$

$$W = 55438,35 + 33263 + 22175,33$$

$$W = 110876,7 \text{ kn}$$

Gaya geser dasar seismik (V)

$$V = C_s \cdot W$$

$$V = 0,0312107 \cdot 110876,7 \text{ kn}$$

$$V = 12485.905 \text{ kN}$$

4.3 Perencanaan Kombinasi

Pembebanan

Perencanaan kombinasi pembebanan yang terjadi ditentukan sesuai dengan SNI 1727:2013. Kombinasi tersebut

1. Kombinasi Beban Ultimate yang terdapat 7 kombinasi pembebanan.
2. Kombinasi Beban Elastis yang terdapat 8 kombinasi pembebanan

4.4 Input Beban Pada Model

Penginputan beban dilakukan pada program aplikasi Etabs V.16 dimana dilakukan penginputan beban mati, beban hidup, beban angin, beban hujan, beban gempa, beban angin,

4.5 Analisis Model

Setelah input beban selesai, maka hasil output gaya dalam terbesar yaitu :

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Gaya pada Balok

Tipe Balok	Momen Desain	Frame	Momen Mu (kNm)	Geser Vu (kN)
B1 350x650	Tumpuan	191	270.263	81.77
	Lapangan		213.791	173.072
B2 350x500	Tumpuan	191	283.263	63.362
	Lapangan		215.706	179.192
B3 300x400	Tumpuan	57	87.909	31.355
	Lapangan		72.047	69.336
BA 200x400	Tumpuan	751	84.735	28.496
	Lapangan		80.143	38.897
RB 200x400	Tumpuan	890	76.199	8.479
	Lapangan		43.66	0.87
SL 250x400	Tumpuan	525	6.197	13.461
	Lapangan		0.0715	0.0317

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4. 13 Rekapitulasi gaya dalam kolom

Tipe Kolom	Lantai	Frame	Momen Mu (kNm)	Aksial Pu (kN)	Geser Vu (kN)
K1 400x400	1	C103	1.6576	1683.2714	0.844
K2 500x500	3	C102	3.0256	792.1333	0.9418
K3 200x200	atap	C284	2.4357	13.1419	4.4337
K4 250 x250	atap	C191	4.3869	54.7523	9.9299

Sumber : Hasil analisis

4.6 Perencanaan Super Struktur

Hasil perencanaan super struktur didapatkan dimensi-dimensi sebagai berikut :

1. Plat lantai

Tabel 4. 4 Rekapitulasi perhitungan tulangan PLat lantai

Story	Desain Momen	Dimensi b (mm) h (mm)	Tulangan Terpasang	Luas tulangan (mm ²)	Mn	Mu	Rasio
Lantai 1	Tumpuan	6000 6000	D 10 - 200	3927	46.97375	37.579	0.800
	Lapangan		D 10 - 200	2618	46.341250	37.073	0.800
Lantai 2	Tumpuan	4000 6000	D 10 - 200	2618	37.53500	30.028	0.800
	Lapangan		D 10 - 200	2618	1.54500	1.236	0.800
Lantai 3	Tumpuan	4000 4000	D 10 - 200	393	41.61625	33.293	0.800
	Lapangan		D 10 - 200	873	11.673750	9.339	0.800

Sumber: Hasil Analisis

2. Balok

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Tulangan Geser pada Balok

Tipe Balok	Desain Momen	Dimensi b (mm) h (mm)	Parjanj g balok L (mm)	Jarak Sengkang Terpasang (mm)	Jarak Sengkang Perlu (mm)	Kontrol Jarak sengkang S _{sik} < S _{perlu}	Luas Tul. Terpasang (mm ²)	Luas Tul. Perlu (mm ²)	Kontrol Luas Tul. A _{sik} ≥ A _{sperlu}
B1	Tumpuan	350 650	8000	Ø10 - 100	Ø10 - 286	OK	1570.80	437.30	OK
	Lapangan			Ø10 - 100	Ø10 - 286	OK	1047.20	667.23	OK
B2	Tumpuan	300 500	8000	Ø10 - 100	Ø10 - 211	OK	4712.39	921.99	OK
	Lapangan			Ø10 - 150	Ø10 - 211	OK	5235.99	4788.55	OK
B3	Tumpuan	300 400	4000	Ø10 - 100	Ø10 - 164	OK	4712.39	4712.39	OK
	Lapangan			Ø10 - 100	Ø10 - 164	OK	5235.99	1799.78	OK
BA	Tumpuan	200 400	6000	Ø10 - 100	Ø10 - 175	OK	1570.80	291.67	OK
	Lapangan			Ø10 - 150	Ø10 - 175	OK	1047.20	291.67	OK
BR	Tumpuan	200 400	6000	Ø10 - 100	Ø10 - 175	OK	1570.80	291.67	OK
	Lapangan			Ø10 - 150	Ø10 - 175	OK	1047.20	291.67	OK
SL	Tumpuan	250 400	2000	Ø10 - 100	Ø10 - 163	OK	1570.80	1050.65	OK
	Lapangan			Ø10 - 150	Ø10 - 163	OK	1047.20	787.88	OK

Sumber: Hasil Analisis

3. Kolom

Tabel 4. 15 Rekapitulasi penulangan sengkang kolom

Tipe Balok	Desain Momen	Dimensi b (mm) h (mm)	Parjanj Kolom L (mm)	Jarak Sengkang Terpasang (mm)	Jarak Sengkang Perlu (mm)	Kontrol Jarak S _{sik} < S _{perlu}	Luas Tul. Terpasang (mm ²)	Luas Tul. Perlu (mm ²)	Kontrol Luas Tul. A _{sik} ≥ A _{sperlu}
K1	Tumpuan	700 700	3420	Ø 10 - 100	Ø 10 - 320	OK!	2356.19	1020.83	OK!
	Lapangan			Ø 10 - 150	Ø 10 - 320	OK!	1047.20	1020.83	OK!
K2	Tumpuan	550 550	3420	Ø 10 - 100	Ø 10 - 180	OK!	1570.80	875.00	OK!
	Lapangan			Ø 10 - 150	Ø 10 - 180	OK!	1047.20	875.00	OK!
K3	Tumpuan	400 400	3420	Ø 10 - 100	Ø 10 - 269	OK!	1570.80	583.33	OK!
	Lapangan			Ø 10 - 150	Ø 10 - 269	OK!	1570.80	583.33	OK!
K4	Tumpuan	400 400	3420	Ø 10 - 100	Ø 10 - 269	OK!	1570.80	583.33	OK!
	Lapangan			Ø 10 - 150	Ø 10 - 269	OK!	1047.20	583.33	OK!
K5	Tumpuan	300 300	3420	Ø 10 - 100	Ø 10 - 359	OK!	1570.80	437.50	OK!
	Lapangan			Ø 10 - 150	Ø 10 - 359	OK!	1047.20	437.50	OK!
K6	Tumpuan	250 500	3420	Ø 10 - 100	Ø 10 - 431	OK!	1570.80	364.58	OK!
	Lapangan			Ø 10 - 150	Ø 10 - 431	OK!	1047.20	364.58	OK!

Sumber: Hasil Analisis

4.7 Perencanaan Upper Struktur

1. Perencanaan Pondasi

Struktur pondasi menggunakan pondasi *Raffooting* dengan desain pondasi rakit direncanakan pada kedalaman 6 meter dengan dimensi 63x53 meter dengan tebal plat 60 cm

2. Perencanaan Gording

Gording menggunakan Baja Profil Chanel 200 x 75 mm dengan menggunakan mutu baja 40, dengan $f_y = 240$ Mpa dan $f_u = 370$ Mpa (SNI-03-1729-2002).

3. Perencanaan Kuda-Kuda

Untuk rangka atap gedung menggunakan baja IWF 200.100 mm dengan menggunakan mutu baja 40, dengan $f_y = 240$ Mpa dan $f_u = 370$ Mpa (SNI-03-1729-2002).

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. (2010). *Balok Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Asroni, A. (2010). *Kolom Fondasi & Balok T Beton Bertulang*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- SNI . (1726-2012). *Tata cara Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung*.
- SNI. (1727.2013). *beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain*.
- SNI 2847 . (2013). *Persyaratan beton bertulang untuk bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Soelarso. (2017). Analisis Struktur Gedung Bertingkat di Lima Wilayah di Indonesia Terhadap Beban Gempa dan Beban Angin Berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1727-2013. *Jurnal Fondasi, Volume 6 No 1* , 92-94.
- ufi, B. N. (2010). *Tabel Profil Baja*.

WAKTU IKAT PASTA GEOPOLIMER PADA VARIASI CAMPURAN ABU SABUT KELAPA DENGAN AKTIVATOR

I Nyoman Suta Widnyana

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Hindu Indonesia
Email : gussuta@yahoo.co.id

ABSTRAK

Abu sabut kelapa pada umum digunakan sebagai substitusi sebagian semen yang telah digunakan pada beton geopolimer. Penelitian ini melaporkan waktu ikat dari pasta geopolimer abu sabut kelapa dengan 3 variasi campuran yaitu: 80:20, 75:25 dan 70:30. Aktivator yang digunakan yaitu: sodium silikat dan sodium hidroksida, dengan perbandingan sodium silikat terhadap sodium hidroksida 1:1 dan 1:2. Molaritas dalam penelitian ini yaitu: 12M. Pengujian bertujuan untuk mendapatkan nilai waktu ikat pasta geopolimer. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa waktu ikat awal dan akhir tercepat terjadi pada campuran 80:20 dengan rasio aktivator 1:2.

Kata Kunci: Beton geopolimer, Waktu Ikat, Molaritas, Aktivator

ABSTRACT

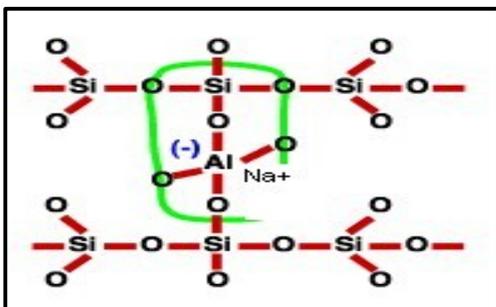
Coconut fiber ash is generally used as a partial substitution of cement which has been used in geopolymer concrete. This study reported the binding time of coconut fiber geopolymer paste with 3 variations of mixtures, namely: 80:20, 75:25 and 70:30. The activators used are: sodium silicate and sodium hydroxide, with a ratio of sodium silicate to sodium hydroxide 1:1 and 1:2. The molarity in this study is: 12M. The test aims to obtain the value of the geopolymer paste setting time. The measurement results show that the fastest initial and final setting time occurs at a mixture of 80:20 with activator ratio 1:2.

Keywords: Geopolymer concrete, Setting time, Molarity, Activator

PENDAHULUAN

Pemanfaatan bahan limbah industri seperti: limbah industri batu bara, limbah hasil pertanian, seperti: abu sekam padi, abu ampas tebu, abu jerami maupun pemanfaatan abu terbang (*fly ash*). Pemanfaatan abu sabut kelapa baik sebagai bahan pengganti semen secara parsial maupun menggantikan semen secara menyeluruh diawali oleh penelitian Davidovits (1976) yang mengacu pada rantai 3D polisialat yang dihasilkan dari hidrosilasi dan polikondensasi pada temperatur di bawah 160^o C dari mineral alam seperti: kaolin dan abu terbang.

Beton geopolimer adalah beton polimer berbahan dasar dari limbah seperti: limbah industri batu bara, limbah hasil pertanian maupun abu terbang. Beton polimer adalah beton dengan menggunakan bahan mineral aluminosilikat (SiO₂ dan Al₂O₃) untuk menggantikan rantai C. Beton polimer disebut juga beton geopolimer. Istilah geopolimer diperkenalkan oleh Davidovits pada tahun 1976 yang mengacu pada rantai 3D polisialat yang dihasilkan dari hidrosilasi dan polikondensasi pada temperatur di bawah 160^o C dari mineral alam seperti: kaolin dan abu terbang.



Gambar 1. Ikatan yang terjadi dalam geopolimer (Davidovits, 2008)

Beton geopolimer berbeda dengan beton portland baik dari sifat-sifat fisik maupun sifat-sifat kimia. Adapun perbedaan tersebut adalah dalam hal:

a) Proses pengerasan

Semen yang dicampur air akan terhidrolisa menjadi kalsium hidroksida (CaOH)₂ dan kalsium silikat hidrat (3CaO.2SiO₂.3H₂O) yang terjadi pada suhu ruang. $2(3CaO.2SiO_2) + 6H_2O \rightarrow (3CaO.2SiO_2.3H_2O) + 3Ca(OH)_2$. Adapun pengerasan pada beton geopolimer adalah proses pengerasan yang disebabkan oleh reaksi polikondensasi material aluminosilikat (SiO₂ dan Al₂O₃).

b) Penyusutan (*creep*)

Penyusutan pada beton geopolimer mempunyai nilai *creep* yang rendah dibandingkan dengan beton *portland*. Beton geopolimer mampu mencapai 70 % kekuatannya pada 4 jam pertama (Khale dan Chaundhary, 2007), sedangkan untuk nilai Modulus Young, *Poisson's ratio*, dan *tensile strength* relatif sama.

c) Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) beton geopolimer berkisar antara 11,5 - 12,5, sedangkan pH beton *portland* berkisar antara 12 - 13. Derajat keasaman yang relatif sama dengan beton semen *portland* memungkinkan beton geopolimer aman dan tidak merusak baja tulangan (Davidovits, 2008).

d) Karbonisasi di sekeliling baja

Semen *portland* memiliki ion hidroksil bebas yang mengalami karbonasi dari (Ca OH)₂ menjadi CaCO₃. Karbonasi semen *portland* dapat menghilangkan ion hidroksil dan menurunkan pH. Hal ini dapat mengakibatkan korosi di sekeliling baja. Adapapun karbonasi pada beton geopolimer menghasilkan kalium karbonat atau natrium karbonat dengan pH 10 -10,5 (Davidovits, 2008). Hal ini sebaliknya dapat melindungi tulangan dari resiko korosi. Kandungan alkali pada beton polimer, tidak menyebabkan reaksi alkali agregat, sedangkan alkalin pada beton semen *portland* dapat menyebabkan reaksi alkali-agregat yang merusak. Reaksi alkali-agregat adalah serangkaian kimia yang melibatkan alkali hidroksida dari semen dengan silikat reaktif yang ada pada agregat. Pada tahapan ini membutuhkan air dalam pembentukan gel alkali-silikat, jika berada dalam kondisi lembab maka akan mengembang sehingga menimbulkan *swelling pressure* yang menyebabkan kerusakan pada beton berupa retak sampai terkelupas. Sedangkan pada beton geopolimer kandungan alkali tidak menyebabkan reaksi alkali agregat (Davidovits, 2008).

e) Reaksi alkali yang terjadi pada beton polimer, proses reaksi terjadi empat tahapan yaitu; (1) Reaksi disolusi permukaan Al dan Si dalam larutan alkali. (2) Terjadi diffuse material yang terlarut. (3) terjadi polikondensasi senyawa Al dan Si dengan adanya larutan silikat dan membentuk gel, serta (4) terjadi proses pengerasan gel sebagai akibat produk finalisasi.

f) Ion klorida tidak mempengaruhi korosi pada beton. Ion klorida dapat menyebabkan korosi dan pengeroposan pada beton semen *portland* karena ion klorida dapat menyerang sistem pengikat kalsium silikat hidrat. Oleh karena itu dalam pelaksanaan beton semen *portland* tidak dibenarkan menggunakan air

yang mengandung klorida. Adapun beton geopolimer memiliki ketahanan terhadap ion klorida (Davidovits, 2008).

Material aktivator alkalin (*Alkaline Activated*) adalah material yang dibentuk dengan melakukan aktivasi alkali (menggunakan aktivator alkali) terhadap material dasar yang kaya silikat-alumina (sebagai *precursor*).

Aktivator alkali yang biasa digunakan adalah senyawa sodium ataupun senyawa potassium. Sementara material yang disebut kaya silikat alumina dihasilkan oleh dua sumber yaitu: yang berasal dari alam (*Origin source*) seperti abu gunung, *clay*, kaolin, dan metakaolin. Sedangkan yang berasal dari hasil sampingan produksi (*by produk*) seperti *fly ash*, *slugh*, *silica fume*, abu sekam padi (*rice husk ash*), *red mud*, dan sebagainya.

Aktivator alkali yang digunakan adalah campuran larutan Sodium Hidroksida (NaOH) dengan larutan natrium silikat (Na_2SiO_3). Larutan NaOH diperoleh dengan mencampurkan NaOH solid dengan sejumlah aquades, dan untuk larutan Na_2SiO_3 yang digunakan adalah dengan komposisi SiO_2 sebanyak 37,23 % dan Na_2O sebanyak 15,98 % dengan spesifik *gravity* $1,65 \text{ gr/cm}^3$.

Abu sabut kelapa (coconut fiber ash) yang diperoleh dari limbah hasil industri pembakaran genteng. Proses pembakaran dilakukan pada suhu di atas 1000°C . Partikel silikat hasil pembakaran yang berbentuk amorphous setelah proses pembakaran akan menghasilkan *silicon* murni, karbid *silicon*, dan tepung nitrid *silicon* (Katsuki et al, 2005). Selanjutnya setelah selesai proses pembakaran dilanjutkan dengan penghalusan dengan menggunakan mesin *Los Angelos* guna mendapatkan ukuran partikel yang lebih kecil kristabolik (R. Zerbino, 2012), sehingga proses reaksi alkali-silikat dalam mortal beton lebih baik. Pengembangan lebih lanjut terhadap beton geopolimer terus berkembang.

Dari tahapan substitusi sebagian dari semen dengan material yang bersifat sementitious sampai kepada tidak menggunakan semen sama sekali, akan tetapi digantikan dengan material aktivator yang mengaktifkan material silikat dan alumina sehingga berfungsi sebagai larutan pengikat. Penelitian lebih lanjut mengenai beton geopolimer diantaranya oleh C.Y.Heah, dkk (2012) hasil penelitiannya membuktikan adanya pengaruh rasio perbandingan aktivator Sodium Silikat terhadap Sodium

Hidroksida terhadap kekuatan beton geopolimer serta adanya pengaruh tingkat konsentrasi larutan (molar) terhadap sifat reaktif beton geopolimer.

METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian yang telah dilaksanakan di laboratorium Bahan Teknik Sipil Universitas Udayana dilaksanakan dalam 3 tahap sebagai berikut: Tahap I berupa persiapan precursor geopolimer yaitu pengambilan abu sabut kelapa yang sudah dibakar dari industri pembuatan genteng. Selanjutnya material ini dihaluskan dengan menggunakan mesin giling dan diayak. Selanjutnya material abu sabut kelapa yang telah lolos saringan tersebut digunakan sebagai campuran pasta geopolimer.

Tahap II dari penelitian ini adalah membuat benda uji (sampel) pasta geopolimer sesuai dengan rancangan campuran beton geopolimernya yaitu:

- Untuk pasta geopolimer dengan perbandingan 80:20 dengan rasio aktivator 1:1 dan 1:2.
- Untuk pasta geopolimer dengan perbandingan 75:25 dengan rasio aktivator 1:1 dan 1:2.
- Untuk pasta geopolimer dengan perbandingan 70:30 dengan rasio aktivator 1:1 dan 1:2.

Tahap III Pengujian benda uji yang meliputi pengukuran waktu ikat awal dan akhir pasta geopolimer.

Material activator adalah larutan *water glass* (Sodium Silicate Na_2SiO_3) dan Sodium Hidroksida (NaOH). Senyawa Sodium Hidroksida dalam bentuk padat (solid), selanjutnya dilarutkan dengan cairan aquades dengan konsentrasi larutan larutan *Water Glass*. Larutan aktivator yang telah ditimbang sesuai perbandingan Na_2SiO_3 : NaOH = 1 dan 2. Dan menyiapkan molaritas NaOH yaitu: 12M. Kedua larutan aktivator dicampurkan dan diaduk sehingga tercampur merata. Larutan aktivator yang telah tercampur merata ini disebut "*precursor*".

Tahapan pelaksanaan

Setelah material disediakan, kegiatan selanjutnya adalah membuat benda uji (sampel) sesuai dengan tujuan pengujian yang akan dilaksanakan. Benda uji dibuat untuk pasta geopolimer menggunakan cetakan mold waktu ikat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh berupa data lamanya waktu ikat awal dan akhir dari pasta geopolimer berbahan abu sabut kelapa.

No.	Waktu Pengukuran (Menit) Campuran 80:20		Waktu Pengukuran (Menit) Campuran 75:25		Waktu Pengukuran (Menit) Campuran 70:30		Rasio Aktivator NaOH:Na ₂ SiO ₃
	Awal	Akhir	Akhir	Akhir	Akhir	Akhir	
1.	120	240	150	300	210	480	1 : 1
2.	105	210	135	270	180	450	1 : 2

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap waktu ikat pasta geopolimer dengan aktivator Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida dapat disimpulkan sebagai berikut: Waktu ikat awal dan akhir tercepat diperoleh pada persentase campuran dengan perbandingan 80:20 pada rasio aktivator 1:2.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri. 2008. **Komponen Kimia dan Fisik Abu Sekam Padi sebagai SCM untuk Pembuatan Komposit Semen**, Jurnal Perennial. 5(1):9-14.
- Bui, et.al. 2005. **Particle size Effect on the Strength of Rice Husk Ash Blended Gap-Grade Portland Cement Concrete, Cement and Concrete Composite**. 27:357-366.
- Chindraprasit, P, and Rukzon, S. 2007. **Strength Porosity and Corrossion of Rsistance of Ternarry Blend Portland Cement, Rice Ash and Fly Ash Mortar, Construction and Building Material**. 20:1601-1606.
- C.Y Heah, etc. 2012. **Study on Solid to Liquid and Alkaline Activator Ratios on Kaoline Based Geopolimer, Construction and Building Material Journal**. 35(2012):912-922.
- Daviddovits. 2008. **Analize of Geopolymer Conctere Properties, Construction and Building Material**. 20:1568-1576.
- Katsuki, H, Furuta, S, Watari ,T, and Kommens. 2005. **Zeolite porous carbon composite conventional and Microwave-Hydrothermal Synthetic from Carbonized Rice Husk Microporeous and Mesoporeous Material**. 86:145-151.
- Saraswati, V, and Song Ha-Wan. 2007. **Corrossion Performance of Rice Husk Ash Blended Concrete, Construction and Building Material**. 21: 1779-1784.
- Singh, N.B, Rai, S, and Chaturreli, S. 2002. **Hydration of Composite Cement, Proggress in Christall Growth andCharacterization of Material**. 171-179.

Analisis Perkuatan Portal Beton Bertulang Pasca Kebakaran (Studi Kasus: Ruko Tegallalang, Gianyar – Bali)

I Putu Laintarawan¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia
[surel: Ltrwnn@gmail.com](mailto:Ltrwnn@gmail.com)

ABSTRAK

Material beton bertulang sangat populer digunakan dalam dunia konstruksi, karena material ini memiliki beberapa keunggulan seperti material mudah didapat, mudah dibentuk, kuat tekan tinggi dan memiliki ketahanan tinggi terhadap api dan air. Kebakaran pada struktur bangunan sering terjadi dan menyebabkan dampak negatif yaitu kehilangan harta benda dan trauma yang mendalam serta pengaruh berkurangnya kekuatan komponen struktur. Struktur Gedung pasca kebakaran sering kali dibongkar total akibat kekuatan strukturnya tidak mampu menahan beban mati dan beban hidup sesuai fungsi dari Gedung tersebut. Apabila struktur Gedung pasca kebakaran masih berdiri, maka perlu dilakukan investigasi dan evaluasi terhadap komponen struktur seperti pelat, balok dan kolom serta komponen struktur lainnya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui posisi geometri portal baja yang optimal sebagai perkuatan portal beton bertulang terhadap kekakuan dan kekuatan komponen struktur balok, kolom dan pelat lantai existing. Asumsi dalam analisis ini adalah gesekan antara beton lama dengan baja profil diabaikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa posisi geometri portal baja ditempatkan sebagai portal baja diagonal; simpangan lateral rata-rata akibat beban gempa model struktur dengan perkuatan 17.34% lebih kecil dibandingkan dengan model tanpa perkuatan; momen, gaya geser dan gaya aksial rata-rata maksimum kolom model dengan perkuatan berturut-turut sebesar 5.35%, 3.00% dan 0.50% meningkat dibandingkan model tanpa perkuatan serta momen dan gaya geser rata-rata maksimum balok model dengan perkuatan berturut-turut sebesar 9.97% dan 4.36% meningkat dibandingkan model tanpa perkuatan.

Kata kunci: Perkuatan, Beton Bertulang, Kebakaran

Analysis of Strengthening Reinforced Concrete Frame Post Fire (Case Study: Ruko Tegallalang, Gianyar – Bali)

ABSTRACT

Reinforced concrete material is very popular in the construction world, because this material has advantages such as easy to obtain material, easy to form, high compressive strength and high resistance to fire and water. Fires in building structures often occur and cause negative impacts, namely loss of property and trauma as well as the effect of reduced strength of structural components. Post-fire building structures are often completely dismantled due to the strength of the structure not being able to withstand dead and live loads according to the function of the building. If the post-fire building structure is still standing, it is necessary to investigate and evaluate the structural components such as plates, beams and columns as well as other structural components. The research method used is quantitative research methods. The purpose of this study was to determine the optimal steel frame geometry position as a reinforced concrete frame strengthening against the stiffness and strength of the existing beam, column and floor slab structural components. The friction between the old concrete and the steel profile was not analyzed. The results of the analysis show that the optimal position of the steel frame geometry is placed as a diagonal steel frame; the average lateral deformation due to earthquake loads structural model with strengthening is 17.34% smaller than model without strengthening; The maximum average moment, shear and axial force on the column structure model with strengthening are 5.35%, 3.00% and 0.50% respectively, increase compared to model without strengthening as well as the maximum average moment and shear force on the beam structural model with strengthening) respectively by 9.97% and 4.36% increase compared to model without strengthening.

Keywords: Strengthening, Reinforced Concrete, Fire

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan jumlah penduduk terbanyak keempat di dunia. Hal ini menyebabkan meningkatnya pembangunan perumahan, gedung, ruko, gudang, dan sebagainya. Peningkatan pembangunan gedung harus diimbangi dengan kualitas perencanaan struktur gedung yang baik. Oleh sebab itu, perencanaan struktur gedung harus berdasarkan standar yang berlaku di Indonesia. Salah satu beban yang diperhitungkan dalam desain adalah beban gempa selain beban gravitasi dan beban angin. Hal ini disebabkan karena karena Indonesia adalah daerah rawan gempa. Peristiwa gempa dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan juga dapat menyebabkan kebakaran pada bangunan.

Material beton bertulang sangat populer digunakan dalam dunia konstruksi, karena material ini memiliki beberapa keunggulan seperti material mudah didapat, mudah dibentuk, kuat tekan tinggi dan memiliki ketahanan tinggi terhadap api. Beton tahan terhadap api dibandingkan dengan material lainnya disebabkan karena beton memiliki daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi panas masuk kedalam struktur beton. (Wahyudi dan Rahim, 1999). Dampak negatif dari kebakaran sebuah bangunan dapat dilihat dari dua sisi yaitu dari sisi kehilangan harta benda dan trauma yang mendalam serta sisi pengaruh berkurangnya kekuatan komponen struktur. Struktur Gedung pasca kebakaran sering kali dibongkar total akibat kekuatan strukturnya tidak mampu menahan beban mati dan beban hidup sesuai fungsi dari Gedung tersebut. Apabila struktur Gedung pasca kebakaran masih berdiri, maka perlu dilakukan investigasi dan evaluasi terhadap komponen struktur seperti pelat, balok dan kolom serta komponen struktur lainnya yang relevan

Menurut Bayuasri T, dkk (2006) penurunan kuat tekan beton dipengaruhi oleh temperatur dan durasi pembakaran yang bervariasi. Menurut Priyosulistyo (2002), temperatur dibawah 200°C, beton akan mengalami peningkatan kuat tekan, sedangkan kuat lentur dan geser berturut-turut 10% sampai 20% mengalami penurunan saat balok beton bertulang menerima temperatur 200°C sampai 400°C. Penelitian yang lain yaitu menurut Suhendro (2000) apabila beton dipanasi pada suhu sekitar 200°C, kekuatannya sedikit meningkat karena pada suhu diatas 100°C air bebas yang terserap beton menguap, selanjutnya ketika suhu diatas 100°C air semen secara kimiawi dalam dalam beton juga menguap. Selanjutnya panas dinaikkan lagi kekuatan beton menurun. Pada suhu antara 400°C sampai 600°C kalsium hidroksida (Ca(OH)₂) berubah komposisi menjadi kalsium oksida (CaO) yang sama sekali tidak mempunyai kekuatan.

Selanjutnya diatas suhu 600°C atau 700°C unsur hasil hidrasi yang lain berubah komposisi sehingga kekuatan beton kehilangan kekuatan sama sekali.

Wahyudi dan Buwono (2018) melakukan penelitian mengenai analisis perhitungan perkuatan struktur beton bertulang dengan baja profil akibat penambahan beban server dengan bantuan program ETABS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Adanya peningkatan luas tulangan perlu dan gaya dalam yang terjadi serta dimensi baja profil untuk struktur perkuatannya. Dengan ditambahkan beban tambahan server pada sebagian area akan menimbulkan peningkatan luas tulangan dan gaya dalam pada struktur lainnya dan dihasilkan dimensi baja profil struktur perkuatannya menggunakan HB-400x400x13x21, HB-300x300x10x15 dan IWF-200x100x5,5x8.

Perkuatan struktur bertujuan untuk menambah kekuatan, kekakuan dan daktilitas struktur. Beberapa teknik perkuatan struktur untuk memperbaiki performa seismik antara lain: teknik *backup* tambahan struktur, teknik mengisi portal eksisting, teknik brasing portal existing, teknik menambah dinding tepi, teknik melapisi elemen eksisting. Teknik *backup* tambahan struktur yaitu dengan cara membingkai sekeliling portal dengan penopang tambahan. Teknik mengisi portal eksisting dilakukan dengan cara dinding beton cor ditempat, panel beton precast, panel baja, blok beton dan pasangan batu bata. Teknik brasing portal existing dilakukan dengan cara menambahkan brasing tekan atau tarik atau brasing tarik dan tekan serta pemberian kabel *post-tensioning*. Teknik menambah dinding tepi dilakukan dengan cara dinding beton cor ditempat dan menggunakan panel beton precast. Untuk teknik melapisi elemen eksisting dilakukan dengan cara menambah pelat baja, pelat strip baja, mortar beton (dengan atau tanpa tulangan) dan dengan fiber carbon (Sugono, 1996).

Metode elemen hingga merupakan metode numerik untuk mendapatkan solusi permasalahan diferensial, baik persamaan diferensial biasa maupun parsial serta untuk memecahkan problem dalam domain continuum. Persamaan differensial seringkali digunakan sebagai model permasalahan engineering, maka penting bagi para insinyur untuk dapat memahami dan mampu menerapkan metode elemen hingga. Metode elemen hingga dikembangkan untuk memecahkan problem dibidang mekanika benda padat (*solid mechanic*), mekanika fluida (*fluid mechanic*), perpindahan panas (*heat transfer*), elektromagnetik (*electro magnetism*), getaran (*vibration*), analisis modal (*modal analysis*), dan banyak lagi problem engineering lainnya. Proses inti MEH adalah membagi kontinum yang kompleks menjadi

elemen-elemen kecil yang lebih sederhana. Solusi dari setiap elemen digabungkan akan menjadi solusi problem secara keseluruhan. Langkah umum metode elemen hingga yaitu diskretisasi, memilih fungsi perpindahan, mendefinisikan hubungan tegangan – regangan, menurunkan matrik kekakuan elemen, menurunkan matrik kekakuan global, menyelesaikan persamaan regangan-tegangan elemen dan interpretasi hasil (Logan, 1993)

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana posisi geometri perkuatan portal baja agar fungsi ruang dalam bangunan ini tidak terganggu serta bagaimana pengaruh posisi geometri perkuatan portal terhadap kekakuan dan kekuatan komponen struktur balok, kolom dan pelat lantai terhadap struktur tanpa perkuatan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui posisi geometri perkuatan portal baja serta pengaruh posisi geometri perkuatan portal baja terhadap kekakuan dan kekuatan komponen struktur balok, kolom dan pelat lantai terhadap struktur tanpa perkuatan. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gesekan antara beton lama dengan profil baja diabaikan dalam analisis. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dan rumusan masalah di atas, maka peneliti ingin melakukan penelitian tentang analisis perkuatan portal beton bertulang pasca kebakaran pada studi kasus Ruko Tegallalang, Gianyar – Bali.

METODE

Metode penelitian dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Langkah pertama adalah mendata material dan geometri bangunan di lokasi kebakaran, melakukan uji *hammer test* untuk mengetahui kekuatan sisa dari beton, selanjutnya melakukan uji analisis menggunakan *software* ETABS dan interpretasi hasil analisis.

1. Data Bangunan Gedung

Fungsi bangunan ini adalah bangunan rumah tinggal dan toko, lokasi bangunan ini adalah di Jalan Raya Tegallalang, Gianyar-Bali, jumlah lantai adalah 2 lantai, jumlah blok ruko adalah 5 blok, tinggi antar lantai adalah 3.8m untuk lantai 1 dan 3.4m untuk lantai 2.

2. Properties Material dan Dimensi Struktur

Bangunan Ruko ini menggunakan material beton bertulang dengan spesifikasi seperti disajikan pada Tabel 1. Setiap komponen struktur memiliki properties material yang berbeda-beda karena struktur sudah mengalami panas saat terjadi kebakaran. Uji *hammer test* ini digunakan untuk menganalisis kekakuan setiap komponen struktur akibat beban-beban batas yang bekerja.

Tabel 1 Properties material dan komponen struktur beton bertulang

Komponen	f'_c	f_y	f_{ys}	E_c
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
K1(300x300)	19.914	240	240	20973.8
K2(300x400)	20.818	240	240	21444.6
B2(200x400)	14.535	240	240	17918.7
B3(200x400)	8.476	240	240	13683.4
Pelat lantai 2	25.104	240	240	23548.8
Pelat lantai 3	22.918	240	240	22500.2

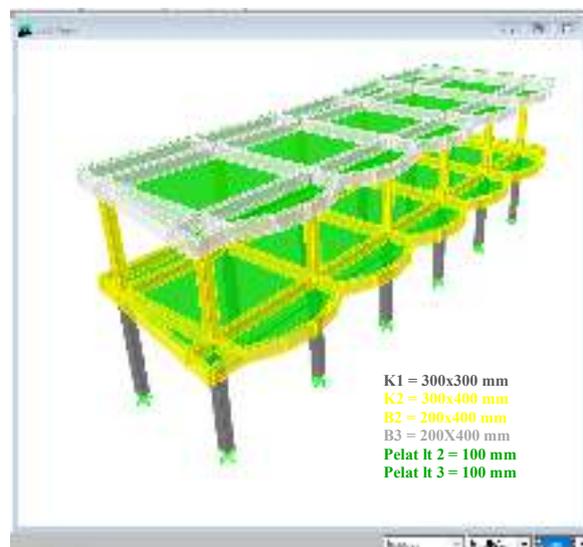
Sumber: Uji Hammer Test, 2021

Keterangan: f'_c adalah kuat tekan beton pasca kebakaran hasil *hammer test*, f_y adalah mutu tulangan longitudinal, f_{ys} adalah mutu tulangan transversal dan E_c adalah modulus elastisitas beton.

Properties material perkuatan baja profil adalah menggunakan mutu baja profil BJ 37 ($f_u = 370$ MPa, $f_y = 240$ MPa) dan dimensi perkuatan menggunakan baja profil WF200x100x5.5x8mm.

3. Model Struktur dan Geometri

Struktur ini dimodel sebagai struktur 3D dengan menyertakan model pelat lantai menggunakan *software* ETABS. Balok dan kolom dimodel sebagai elemen *frame*, pelat dimodel sebagai elemen *shell*. *Boundary condition* untuk pondasi diasumsikan terjepit pada kolom (ETABS Manual, 2007). Model dibagi menjadi dua Model yaitu Model 1 adalah model tanpa perkuatan (*model existing*) dan Model 2 adalah model dengan perkuatan baja profil.



Gambar 1 Model 1, model tanpa perkuatan (*model existing*)

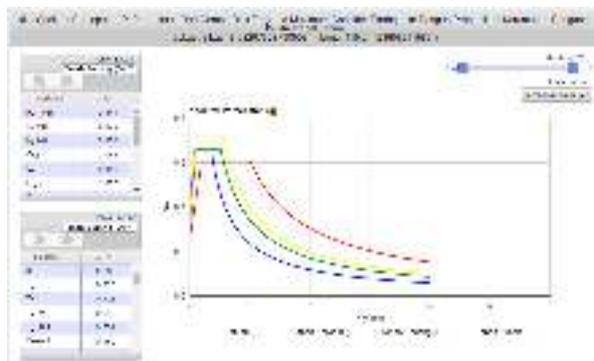
Sumber: ETABS, 2021

Gambar 1 adalah model tanpa perkuatan, dimana model ini adalah model struktur setelah terjadi kebakaran dengan dimensi komponen struktur existing. Gambar 2 adalah model dengan perkuatan menggunakan dimensi komponen struktur existing,

dimana Model 2 ini akan dianalisis secara *trial* dan *error* agar menghasilkan kekakuan dan kekuatan komponen struktur.

4. Beban Struktur

Beban-beban yang diperhitungkan dalam pemodelan ini adalah beban mati, beban mati tambahan, beban hidup dan beban gempa. Kedua model dibebani dengan beban yang sama. Beban mati adalah beban berat sendiri komponen struktur. Beban mati tambahan yang diperhitungkan adalah beban spesi, tegel dan plafond = 105 kg/m² (dikerjakan pada pelat lantai), beban tembok = 250 kg/m² (dikerjakan pada balok dengan mengalikan dengan tinggi tembok menjadi satuan kg/m), beban tangga = 500 kg/m (dikerjakan pada tembok). Beban hidup untuk peruntukkan rumah tinggal dan toko adalah sebesar 250 kg/m² untuk beban hidup lantai 2 dan 100 kg/m² untuk lantai atap. Beban gempa menggunakan beban respons spektrum sesuai SNI 1726:2019 untuk wilayah kabupaten Gianyar kondisi tanah keras (SC). Untuk perhitungan beban gempa pada struktur bangunan, perlu dibuat Kurva Respon Spektra desain untuk lokasi dimana bangunan akan didirikan. Untuk membuat Kurva Spektrum Respons Desain dilakukan dengan menggunakan *software online* yang tersedia pada situs: puskim.pu.go.id ([http://puskim.pu.go.id/Aplikasi /desain spektra indonesia_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain%20spektra%20indonesia_2011/)). Dengan menggunakan *software online* yang tersedia, didapatkan Kurva Percepatan Respon Spektrum Desain untuk wilayah Kabupaten Gianyar seperti disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2 Respon Spektrum Gempa Rencana Kabupaten Gianyar
 Sumber: puskim.go.id, 2011

Berdasarkan peta gerak seismik pada Gambar 2, diperoleh parameter percepatan spektrum respon gempa pada periode pendek (*S_s*) untuk struktur tersebut adalah 0.979(g) dan untuk periode 1 detik (*S₁*) adalah 0.354(g). Kategori resiko bangunan dan faktor keutamaan ditentukan berdasarkan fungsi bangunan, parameter besarnya dapat ditentukan menurut Tabel 1 dan Tabel 2 SNI 03-1726-2019. Sesuai dengan fungsinya, struktur ini termasuk

dalam kategori resiko bangunan II sehingga faktor keutamaan gempa *I_e* adalah 1. Kategori Desain Seismik (KDS) dari struktur gedung ditentukan berdasarkan parameter respons spektra percepatan desainnya yaitu *S_{DS}* = 0.658g dan *S_{D1}* = 0.341g. Untuk menentukan nilai KDS, digunakan Tabel 6 dan 7 SNI 1726:2019. Dari kedua tabel tersebut dapat ditentukan bahwa struktur gedung ini termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) D.

Kombinasi beban yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 U1 &= 1.4D \\
 U2 &= 1.2D+1.6L \\
 U3 &= 1.2D+L+E_x+0.3E_y \\
 U4 &= 1.2D+L-E_x-0.3E_y \\
 U5 &= 1.2D+L+0.3E_x+E_y \\
 U6 &= 1.2D+L-0.3E_x-0.3E_y
 \end{aligned}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

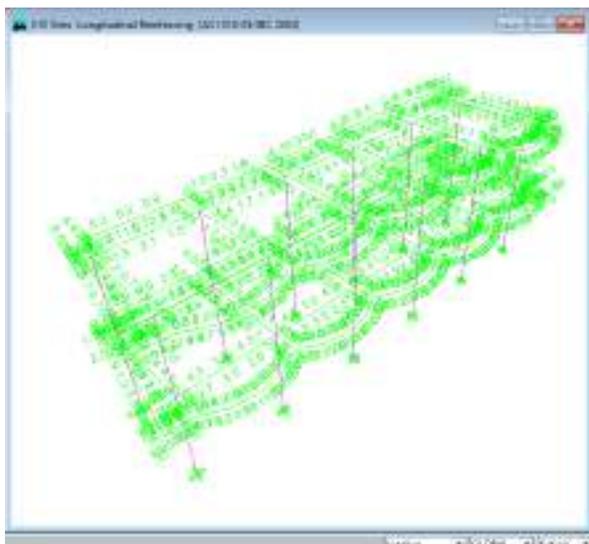
Hasil analisis yang disajikan dalam penelitian ini adalah lendutan, simpangan lateral akibat beban gempa dan gaya-gaya dalam pada kolom dan balok akibat beban gempa respons spektrum. Langkah pertama yang dilakukan adalah menganalisis kekakuan dan kekuatan struktur pelat lantai 2 dan pelat atap serta kontrol kapasitas komponen struktur balok dan kolom existing berdasarkan mutu beton hasil *hammer test*.

Tabel 2 Analisis Pelat Lantai 2 dan Atap Model 1

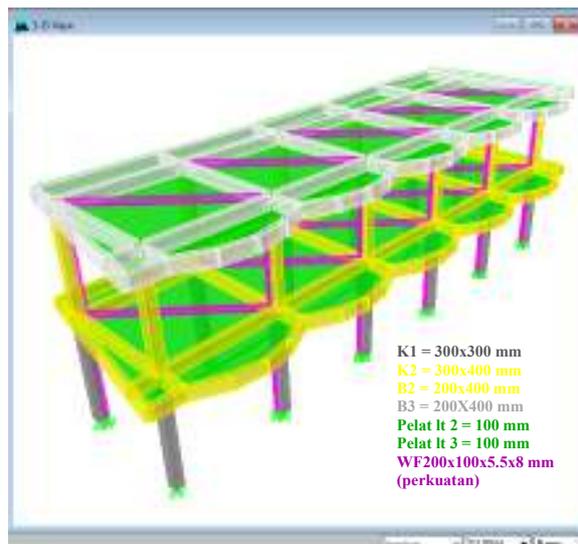
Pelat	Lantai 2	Atap
Dimensi (m)	3.9x3.9	3.9x3.9
Tebal (mm)	100	100
Mutu Beton (MPa)	25.104	22.918
Mutu Baja Tulangan (MPa)	240	240
Mu (kN)	6.732	4.834
Mn (kN)	8.415	6.043
Lendutan (mm)	70.85	49.54
Lendutan Ijin (mm)	16.25	16.25
Kontrol	Not OK	Not OK

Sumber: Hasil Analisis, 2021

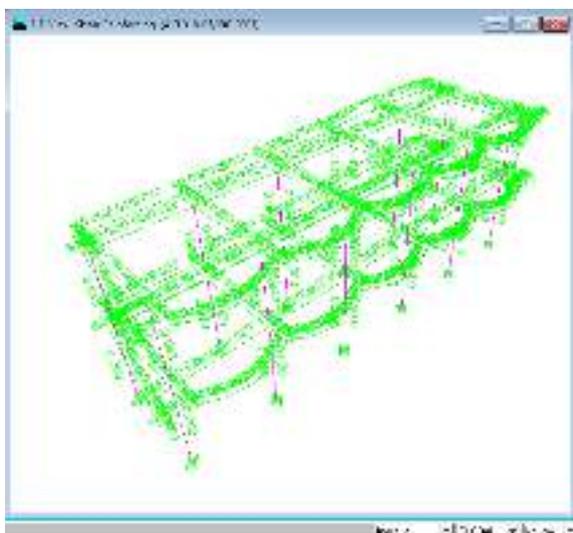
Berdasarkan Tabel 2, maka lendutan pelat lantai dua dan atap melebihi lendutan ijinnya, sehingga untuk mengatasi hal tersebut, maka dilakukan analisis *trial and error* untuk mengetahui posisi geometri perkuatan portal baja agar tidak mengganggu secara ruang arsitektur dan dapat menghasilkan persyaratan kekakuan dan kekuatan komponen struktur yang memenuhi berdasarkan beban-beban batas yang bekerja. Kontrol kapasitas komponen struktur balok dan kolom *existing* terhadap beban-beban batas yang bekerja dilakukan dengan cara mendesain komponen struktur balok dan kolom menggunakan *software* ETABS untuk menunjukkan ada tidaknya *overstress* dimensi komponen struktur.



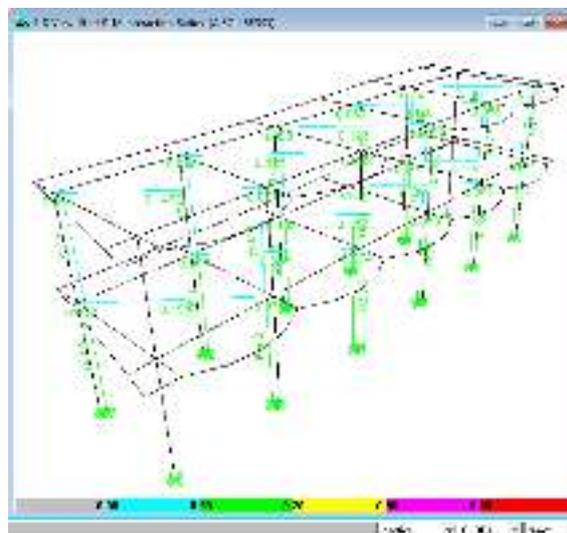
Gambar 3 Hasil desain tulangan longitudinal
 Sumber: Hasil Analisis ETABS, 2021



Gambar 5 Model 2 model dengan perkuatan
 Sumber: Hasil Analisis ETABS, 2021



Gambar 4 Hasil desain tulangan transversal
 Sumber: Hasil Analisis ETABS, 2021



Gambar 6 Model 2 model dengan perkuatan
 Sumber: Hasil Analisis ETABS, 2021

Hasil desain terhadap komponen struktur balok dan kolom beton bertulang *existing* menghasilkan balok dan kolom tidak mengalami *Over Stress* untuk tulangan longitudinal maupun tulangan transversal. Dengan demikian, kapasitas balok dan kolom *existing* memenuhi.

Langkah selanjutnya adalah analisis *trial and error* terhadap posisi geometri perkuatan portal baja. Berdasarkan hasil analisis *trial and error*, maka didapatkan posisi geometri perkuatan portal baja diletakkan secara diagonal seperti disajikan pada Gambar 5. Dimensi baja perkuatan yang memenuhi secara optimal adalah baja profil WF200x100x5.5x8 mm seperti disajikan pada Gambar 6.

Tabel 3 Analisis Pelat Lantai 2 Setelah Perkuatan

Pelat	Lantai 2	Atap
Dimensi (m)	1.95x3.9	1.95x3.9
Tebal (mm)	100	100
Mutu Beton (MPa)	25.104	22.918
Mutu Baja Tulangan (MPa)	240	240
Mu (kN)	2.686	1.929
Mn (kN)	3.358	2.411
Lendutan (mm)	0.249	0.103
Lendutan Ijin (mm)	16.25	8.125
Kontrol	OK	OK

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Tabel 3 menunjukkan bahwa lendutan pelat setelah diperkuat lebih kecil dari lendutan ijinnya. Langkah selanjutnya adalah menganalisis kekakuan dan kekuatan struktur model tanpa dan dengan

perkuatan untuk mengetahui simpangan lateral dan gaya-gaya dalam yang berpengaruh setelah struktur dilakukan perkuatan.

Tabel 4 Simpangan Lateral dan *Drift Ratio* Model Tanpa Perkuatan (TP) dan Dengan Perkuatan (DP)

Tingkat	h _{sx} (mm)	D (mm)		Di (mm)		Dijin (mm)
		TP	DP	TP	DP	
Story 2	3400	2.6	2.4	7.1	6.5	68
Story 1	3800	4.5	4.1	4.5	4.1	76
Base	0	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Tabel 4 (Lanjutan)

Tingkat	Dr (%)		Dri/Dri+1 (%)	
	TP	DP	TP	DP
Story 2	0.0021	0.0019		
Story 1	0.0012	0.0011	56.71	56.44
Base	0	0	0	0

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Simpangan lateral akibat beban gempa respons spektrum yang terjadi pada story 1 dan story 2 lebih kecil dibandingkan simpangan lateral akibat beban gempa yang diijinkan dan *drift ratio* yang terjadi lebih kecil dari 130%, sehingga struktur tidak mengalami *softstory* seperti disajikan pada Tabel 4.

Tabel 5 Gaya-Gaya Dalam Model Tanpa dan Dengan Perkuatan

Komponen Struktur	Sebelum Perkuatan		
	Pu (kN)	Mu (kNm)	Vu (kN)
K1	243.68	6.80	28.73
K2	90.65	3.36	29.98
B2		61.44	64.10
B3		21.36	36.49

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Tabel 5 (Lanjutan)

Komponen Struktur	Setelah Perkuatan		
	Pu (kN)	Mu (kNm)	Vu (kN)
K1	244.94	7.60	30.53
K2	91.09	3.37	30.01
B2		62.38	65.35
B3		26.19	39.16

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Gaya-gaya dalam (gaya aksial, momen dan gaya geser ultimit) model dengan perkuatan meningkat dibandingkan dengan model tanpa perkuatan seperti disajikan pada Tabel 5. Gaya aksial, momen dan gaya geser ultimit kolom K1 (lantai 1) model dengan perkuatan meningkat dibandingkan dengan model dengan perkuatan masing-masing sebesar 0.51%, 10.59% dan 5.90%. Gaya aksial, momen dan gaya geser ultimit kolom K2 (lantai 2) model dengan perkuatan meningkat dibandingkan dengan model dengan perkuatan masing-masing sebesar 0.48%,

0.10% dan 0.10%. Momen dan gaya geser ultimit balok B2 (lantai 2) model dengan perkuatan meningkat dibandingkan dengan model dengan perkuatan masing-masing sebesar 1.52% dan 1.91%. Momen dan gaya geser ultimit balok B3 (lantai atap) model dengan perkuatan meningkat dibandingkan dengan model dengan perkuatan masing-masing sebesar 18.42% dan 6.81%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Posisi geometri perkuatan portal baja pada struktur Ruko adalah portal baja diagonal.
2. Simpangan lateral rata-rata model struktur dengan perkuatan 17.34% lebih kecil dibandingkan dengan model tanpa perkuatan.
3. Momen, gaya geser dan gaya aksial rata-rata maksimum kolom model dengan perkuatan berturut-turut sebesar 5.35%, 3.00% dan 0.50% meningkat dibandingkan model tanpa perkuatan.
4. Momen dan gaya geser rata-rata maksimum balok model dengan perkuatan berturut-turut sebesar 9.97% dan 4.36% meningkat dibandingkan model tanpa perkuatan.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, 2019. Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Indonesia, SNI-1727-2019.

Badan Standarisasi Nasional, 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Indonesia, SNI-1726-2019.

Bambang Suhendro. 2000. Analisis Degradasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang. Pasca Kebakaran. *PAU Ilmu Teknik* 24-25.

Bayuasri T, dkk. 2006. Perubahan Perilaku Mekanis Beton Akibat Temperatur Tinggi. Semarang : Laporan Tugas Akhir Magister Teknik Sipil – Universitas Diponegoro.

Computer and Structures, Inc. 2007. *ETABS version 9 Manual*. Computer and Structures, Inc., Berkeley, C.A.

Logan, D.L. 1993. *A First Course in the Finite Element Method*. PWS Publishing Company, Boston, Second Edition.

Priyosulistyo, H. 2002. Teknologi Beton Pasca Kebakaran. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Beton dan Software Untuk Perencanaan Bangunan

Sipil, Pusat Studi Ilmu Teknik – Universitas Gajah Mada.

Puskim, 2011. "Aplikasi Desain Spektra Indonesia". Accessed May 2021. [http://www.pu.go.id\(http://puskim.pu.go.id/Aplikasi /desain spektra indonesia_2011/\)](http://www.pu.go.id(http://puskim.pu.go.id/Aplikasi /desain spektra indonesia_2011/)).

Slamet Wahyudi dan Haryo K. Buwono. 2018. Analisis Perhitungan Perkuatan Struktur Beton Bertulang Dengan Baja Profil Akibat Penambahan Beban Server dengan Bantuan Program Etabs. *Jurnal J.Infras* 4(1):1-10.

Sugano, S., 1996. *The State of Art in Techniques for Rehabilitation of Buildings*, Elsevier Science Ltd.

Wahyudi dan Rahim. 1999. Struktur Beton Bertulang (Standar Baru SNI T-15-1991-03). Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

**EVALUASI STRUKTUR GEDUNG DENGAN PERKUATAN JACKET BETON MENGGUNAKAN
PENDEKATAN DESAIN BERBASIS KINERJA
(STUDI KASUS STRUKTUR GEDUNG VILLA DA, PERERENAN)**

I Wayan Artana,

Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia, Denpasar.
surel: artana@unhi.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur gedung beton bertulang empat lantai untuk bangunan villa di Pererenan Badung, Bali yang sedang dalam proses pembangunan. Masalah yang ditemukan pada tahap pembangunan struktur tersebut adalah mutu beton kolom yang tidak memadai atau tidak mencapai mutu yang disyaratkan dalam dokumen desain, sehingga diputuskan untuk melakukan perkuatan pada bagian kolomnya khususnya di lantai basement dan lantai satu. Perkuatan kolom dilakukan dengan pemberian tulangan baru disekeliling kolom dan dilakukan pengecoran tambahan dengan mutu beton yang lebih tinggi (metode jacketing). Pemodelan struktur dilakukan dengan alat bantu program SAP2000 yang memiliki fasilitas analisis pushover sebagai salah satu metode desain berbasis kinerja (performance-based design). Tujuan pemodelan tersebut adalah untuk mengetahui dan melakukan pengecekan terhadap beberapa hal seperti, periode getar dan simpangan antar lantai berdasarkan ketentuan SNI 1726;2019, pengecekan level kinerja dari struktur dan untuk mengetahui titik performa yang dihasilkan oleh struktur yang sudah ditambahkan perkuatan berdasarkan ketentuan ATC 40. Dari hasil pemodelan dan pengecekan yang dilakukan didapat nilai periode getar struktur $T_x = 0.612$ detik dan $T_y = 0.624$ detik, simpangan maksimum antar lantai sebesar $d = 0.02$ mm yang masih memenuhi syarat SNI 1726:2019. Mengacu pada ketentuan ATC-40, kinerja struktur tersebut dikategorikan kedalam level fully operational atau linear elastic dengan nilai rasio simpangan total maksimum arah-X sebesar 0,0067 atau 0,67% dan arah-Y sebesar 0,0069 atau 0,69%. Nilai rasio simpangan inelastis maksimum arah-X sebesar 0,0044 atau 0,44% dan arah-Y sebesar 0,0041 atau 0,41%

Kata Kunci: desain berbasis kinerja, analisis pushover, jaket beton.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the performance of a three-story reinforced concrete structure for a villa building in Pererenan Badung Bali, which is currently under construction. The problem encountered at the construction stage of the structure was that the quality of column concrete was inadequate or did not reach the quality required in the design document, so it was decided to strengthen the columns, especially for column at first and second floors. Column retrofitting is carried out by giving new reinforcement around the column and additional casting with higher quality concrete (jacketing method). Structural modeling done using SAP2000 software which has a pushover analysis facility as a performance-based design method. The purpose of the modeling is to find out and check several things, such as time period and storey drift based on SNI 1726;2019 provisions, check the performance level of structure and performance points provided by structure that has been retrofitted, based on provisions of ATC 40. The Results of modeling and checking what was done obtained several values such as, time period of structure $T_x = 0.612$ second and $T_y = 0.624$ second, maximum storey drift $d = 0.02$ mm which still meets the requirements of SNI 1726:2019. Referring to ATC-40 provisions, the performance of structure is categorized into the fully operational with maximum total drift ratio at X-direction equal to 0,0067 or 0,67% and at Y-direction equal to 0,0069 or 0,69%. Maximum inelastic drift ratio at X-direction equal to 0,0044 or 0,44% and at Y-direction equal to 0,0041 atau 0,41%.

Keywords: performance based design, pushover analysis, concrete jacketing.

PENDAHULUAN

Bali merupakan salah satu daerah destinasi wisata yang telah lama dikenal dunia. Berbagai fasilitas dikembangkan untuk menunjang eksistensi destinasi tersebut, salah satunya adalah bidang infrastruktur termasuk bangunan gedung sebagai fasilitas hunian untuk wisatawan seperti bangunan hotel dan villa. Disisi lain, pulau Bali berada dalam Kawasan yang memiliki potensi kegempaan yang cukup tinggi karena berada pada jalur cincin api Pasifik dan berada pada pertemuan lempeng tektonik yaitu lempeng Eurasia, Pasifik, Filipina, dan Indo-Australia. Gempa bumi merupakan penyebab terbesar yang menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan.

Bangunan Villa DA yang berlokasi di pererenan adalah salah satu bangunan yang sedang dalam proses konstruksi, dimana bangunan tersebut bangunan yang direncanakan terdiri dari tiga lantai. Pada saat tulisan ini dibuat, proses konstruksi telah sampai pada pembuatan kolom lantai dua, tetapi permasalahan yang dijumpai dalam proses tersebut adalah mutu beton kolom yang tidak memadai atau tidak mencapai mutu yang disyaratkan dalam dokumen desain. Hal tersebut dilihat dari hasil pengujian sampel beton dan uji hammer dilapangan.

Solusi yang diambil untuk penanggulangan permasalahan tersebut adalah dengan melakukan perkuatan pada kolom dengan metode jaket beton. Metode *jacketing* adalah berupa pemberian tambahan pengecoran beton yang mutunya lebih tinggi dengan tulangan menyelimuti kolom yang sudah ada, kemudian struktur tersebut dievaluasi kembali sebagai satu kesatuan struktur bangunan untuk mengetahui perilaku dan kinerjanya.

PERKUATAN KOLOM DENGAN JAKET BETON

Metode perkuatan dengan jaket beton adalah metode yang umum dilakukan karena berbagai alasan seperti biaya yang relative murah, tidak memerlukan keahlian khusus untuk pelaksanaannya dan menggunakan material yang mudah didapat. Berbagai penelitian tentang metode *jacketing* telah dilaksanakan dengan masif dan berkelanjutan oleh banyak peneliti di dunia untuk mengetahui perilakunya. Penelitian yang dikembangkan tentu saja memberi banyak kontribusi baik dari inovasi material maupun metode pelaksanaannya. (Minafò, Di Trapani, and Amato 2016) meneliti tingkat pengekanan kolom persegi, penelitian tersebut menyajikan pendekatan yang disederhanakan yaitu metode perhitungan berdasarkan pendekatan blok tegangan untuk menghitung kekuatan lentur dan daktilitas pada kolom berjaket beton

bertulang persegi yang dikenai beban aksial dan momen lentur.

(Truong, Kim, and Choi 2017) melakukan penelitian terhadap berbagai metode perkuatan seperti perkuatan dengan *jacketing* baja, dengan *carbon fiber reinforced polymer* (CFRP), pelapisan beton dengan mortar non-susut, dan pelapisan beton baru dengan serat logam amorf (AMF) dengan variasi posisi perkuatan yaitu hanya pada daerah sendi plastis dan seluruh tinggi kolom. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa perkuatan dengan semua jenis metode dapat mengurangi terjadinya retak atau pecahnya beton, perkuatan tersebut menyebabkan mode kegagalan menjadi daktail serta terjadinya peningkatan nilai kapasitas beban puncak dan kapasitas deformasi.

(Krainskyi et al. 2018) melakukan penelitian pada struktur beton bertulang yang diperkuat dengan *jacketing* untuk mengetahui pengaruh bekerjanya beban layan pada saat proses dilakukannya perkuatan dengan *jacketing*. Dsimulasikan kondisi tingkat pembebanan nyata yang mencapai 65-70% dari daya dukung kolom yang tidak diperkuat selama proses perkuatan. Tingkat beban ini mensimulasikan beban layan aktual pada struktur. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan bekerjanya beban layan tersebut, maka efek perkuatan menjadi berkurang yaitu dari 172% menjadi 146% dilihat dari kapasitas daya dukung bebannya dan dari 218% menjadi 55% dilihat dari beban yang menyebabkan defleksi maksimum yang diizinkan.

(Dharek 2019) melakukan Analisis Pushover Statis Non Linier terhadap struktu bangunan bangunan sebelum dan sesudah perkuatan untuk mengetahui efektifitas perkuatan tersebut. Teknik perkuatan yang berbeda diaplikasikan dalam analisisnya seperti, Jaket Beton, Jaket Baja dan Jaket Komposit. Metode Response Spectrum dan metode Non-linear Pushover digunakan untuk menganalisis model bangunan dan hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan. Beberapa simpulan didapat dari penelitian ini seperti, perpindahan tingkat maksimum berkurang 20,91% dibandingkan dengan struktur rangka beton bertulang untuk rangka berjaket beton, dan 14,42% untuk rangka berjaket baja.

(Anand and Kumar 2020) meneliti tentang pengaruh jaket beton bertulang terhadap kapasitas beban aksial kolom beton bertulang. Tujuan penelitian tersebut adalah untuk mengetahui efisiensi jaket RC dalam meningkatkan kekuatan kolom eksisting dengan bantuan software berbasis *finite element* yaitu ABAQUS. Hasilnya, daya dukung beban kolom dengan jaket beton bertulang meningkat secara substansial. Hasil peningkatan kapasitas yang

diperoleh dari simulasi tersebut berbeda sekitar 16-25% dari nilai desain karena ada beberapa asumsi yang digunakan dalam pemodelan struktur dengan ABAQUS digunakan asumsi bahwa terjadi ikatan yang sempurna antara beton lama dengan beton baru (jaket beton).

(Raza et al. 2019) mempublikasikan makalah *state of the art* perkuatan struktur dengan jacketing. Tujuan dari makalah ini adalah untuk memberikan tinjauan mutakhir dari berbagai metode penguatan dan perbaikan untuk kolom beton bertulang yang diusulkan oleh peneliti yang berbeda dalam dua dekade terakhir. Ruang lingkup makalah tinjauan ini terbatas pada metode jacketing untuk memperkuat dan/atau memperbaiki kolom beton bertulang dengan mutu beton normal dan beton berkekuatan tinggi. Makalah ini juga mengidentifikasi potensi *gap* penelitian dan menguraikan arah penelitian pada masa depan pada bidang perkuatan dan perbaikan kolom beton. Berdasarkan tinjauannya, penulis berpandangan bahwa teknik *hybrid jacketing*, yang menggabungkan manfaat dari berbagai bahan/metode penguatan seringkali bisa menjadi metode yang paling efektif karena memiliki kelebihan pada proses pemasangan yang relatif cepat, dapat secara signifikan meningkatkan kekuatan, keuletan, simpangan dan relatif dapat mempertahankan estetika dan geometri asli. /konfigurasi strukturnya.

(Murugan and Sengupta 2020) meneliti kinerja seismik dari kolom berjaket. Spesimen kolom skala besar diuji untuk kegagalan geser di bawah beban monotonik dan siklik lateral, pada estimasi pembebanan layan. Kapasitas seismik dari benda uji dianalisis dalam berbagai faktor: hubungan beban-drift, disipasi energi, rasio redaman, kekakuan efektif, dan daktilitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa benda uji yang diperkuat menunjukkan mode keruntuhan daktil dan peningkatan energi disipasi dan rasio redaman, tetapi pengaruhnya berbeda untuk setiap metode perkuatan.



Gambar. 1 Proses Jacketing kolom

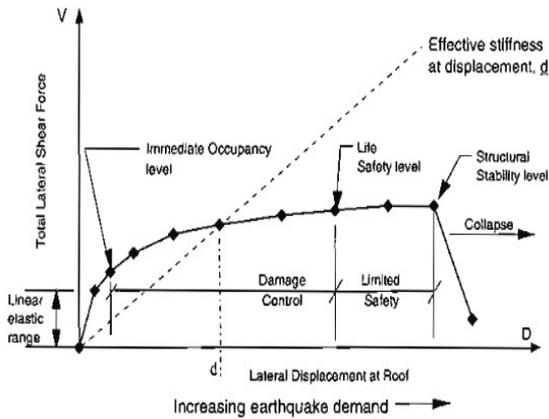
(Sumber: dokumentasi proyek villa DA; 2021)

DESAIN BERBASIS KINERJA

Desain berbasis kinerja (*Performance Based Design*) adalah suatu konsep dalam perencanaan dan analisis struktur bangunan khususnya terhadap beban seismik dengan menetapkan berbagai tingkat kinerja struktur. Tingkat kinerja yang dimaksud adalah tingkat performa suatu struktur terhadap beban rencana dengan melihat tingkat kerusakan pada struktur pada saat terjadi beban gempa rencana dengan periode ulang tertentu. Desain berbasis kinerja ditujukan untuk mendapatkan performa tertentu dari struktur sesuai kegunaannya dengan pertimbangan faktor ekonomis tanpa mengabaikan faktor keselamatan penguninya.

Mengacu pada ATC-40, (Comartin, n.d.) level kinerja dari bangunan, adalah sebagai berikut: **1. SP-1 , Immediate Occupancy (IO)** merupakan kondisi dimana tidak terjadi kerusakan pada elemen struktur, setelah gempa tidak terjadi perubahan pada bagian penahan gaya baik arah lateral maupun vertikal. **2. SP-2 Damage Control (DC)**, didefinisikan sebagai kerusakan antara level kinerja SP-3 *Life Safety* (LS). level kinerja SP-1 *Immediate Occupancy* (IO). **3. SP-3 Life Safety (LS)** dimana terjadi kerusakan komponen struktural yang cukup signifikan setelah gempa terjadi, tetapi komponen struktur mayor tidak sampai mengalami kerusakan atau dislokasi secara total. Kondisinya bangunan sedikit lebih rendah dari batas yang ditetapkan dalam standar. **4. SP-4 Limited Safety** yang didefinisikan sebagai kerusakan antara level SP-3 *Life Safety* dan SP-5 *Collapse Prevention*. **5. SP-5 Collapse Prevention (CP)** merupakan kondisi dimana setelah gempa, terjadi kerusakan pada komponen struktur tetapi masih dalam batas ambang keruntuhan, elemen utama penahan beban gravitasi masih berfungsi. **6. SP-6 Not Considered** yaitu level kinerja bangunan tidak dipertimbangkan.

ATC-40 menggambarkan tingkatan kinerja struktur sebagai hubungan antara perpindahan lateral dan besar gaya yang bekerja (kurva kapasitas) seperti Gambar. 1.



Gambar. 2 Kurva kapasitas pada berbagai tingkat kinerja struktur (ATC-40, 1996, 6-6)

Deformasi lateral antar tingkat yang terjadi pada saat tercapainya titik kinerja struktur mengacu pada batasan deformasi yang ditetapkan oleh ATC-40 seperti pada Tabel.1

Tabel 1 Batas deformasi pada tingkat kinerja struktur.

Batas simpangan antar tingkat	Tingkat kinerja struktur			
	IO	DC	LS	Structural Stability
Simpangan total maksimum	0.01	0.01 - 0.02	0.02	0.33Vi/Pi
Simpangan inelastis maksimum	0.05	0.05 - 0.015	No limit	No limit

Sumber: ATC-40, 1996: 11-4

METODE

Studi kasus yang ditinjau adalah bangunan villa DA yang berlokasi di Desa Pererenan, Badung, Bali. Bangunan terdiri dari satu buah gedung berlantai empat dan beberapa bangunan pelengkap lainnya, seperti restaurant, skateboard yard, swimming pool dan bangunan untuk ruang ME. Pada saat penelitian ini dibuat, progress pelaksanaan sampai pada persiapan pengecoran balok dan pelat lantai.2.

Material struktur dari bangunan tersebut adalah beton bertulang yang direncanakan dengan mutu beton $f'c=20\text{Mpa}$, tetapi pada saat dilakukan pengujian beton didapati mutu beton hasil pengecoran untuk elemen kolom lanti basement dan lantai satu tidak mencapai mutu $f'c.20$ Mpa seperti yang termuat dalam dokumen desain. Dari hasil pengujian sampel beton dan pengujian hammer test di lapangan, hanya dicapai mutu beton rata-rata sebesar $f'c.15$ Mpa. (Sumber ; dokumentasi proyek Villa DA)

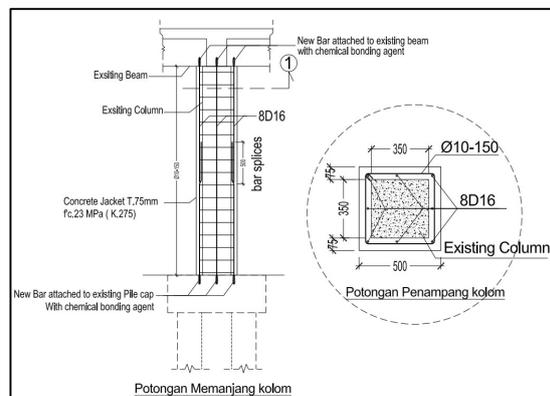
Kolom yang digunakan sesuai dokumen perencanaan adalah kolom persegi berukuran

35x35 cm, balok induk pada arah memanjang berukuran 20x40 cm, pada arah melintang berukuran 25x45 cm, balok anak 20x30 cm dan pelat dengan tebal 12 cm.

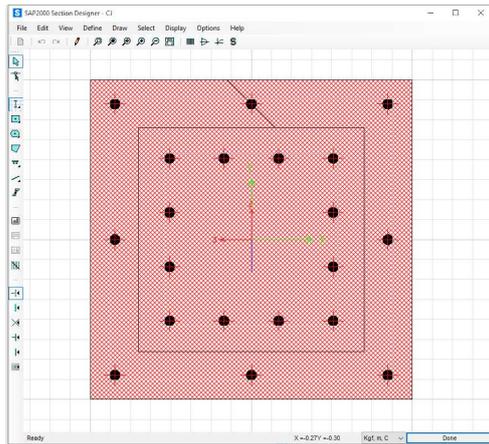


Gambar. 3 Model struktur 3D

Kolom pada lantai satu dan lantai dua diperkuat dengan metode jacketing beton bertulang seperti **Gambar 4**. Dengan penambahan jacketing setebal 75 cm, maka dimensi total kolom baru menjadi 50x50 cm. Pemodelan jacketing kolom pada SAP2000 dilakukan dengan fasilitas section designer dengan asumsi kolom komposit dua material beton dengan mutu $f'c=15$ Mpa dan $f'c. 23$ Mpa seperti terlihat pada **Gambar .5**.



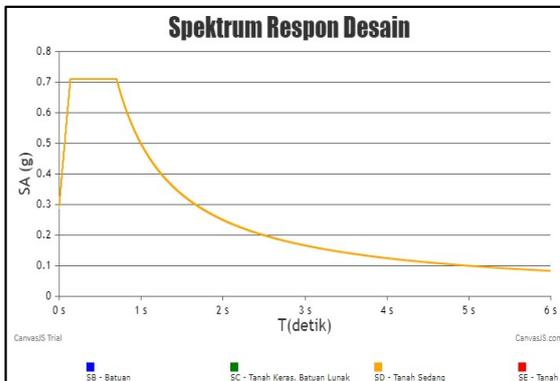
Gambar. 4 Penampang kolom dengan jacketing.



Gambar. 5 Penampang kolom dengan jacketing.

Pembebanan gravitasi yang digunakan mengacu pada (SNI 1727; 2013) dengan beban hidup sesuai fungsi bangunan sebagai hunian sebesar 200kg/m².

Pembebanan gempa respon spektrum dilakukan dengan menggunakan design spektra dari <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021> untuk lokasi struktur di kota Denpasar dengan kondisi tanah sedang. Gambar spektrum respon desain yang digunakan adalah seperti **Gambar.5** dengan nilai-nilai parameter seismik seperti Tabel. 2.



Gambar. 6 Spektrum respon Desain
(Sumber :<http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>)

Tabel 2 Nilai-nilai parameter spektrum respon desain.

Kelas	T0	Ts	Sds	Sd1
SD	0,14	0,70	0,71	0,50
Bujur				115,216,667
Lintang				-8,616,667
PGA				0,4305
Ss				0,9594
S1				0,3951
Tl				12

Sumber: <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>
Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap struktur yang telah diperkuat untuk mengetahui kinerjanya. Selengkapnya, langkah-langkah

yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Membuat model struktur dengan alat bantu program SAP2000 berdasarkan gambar struktur dengan melakukan penyederhanaan-penyederhanaan seperlunya, mulai dari pendefinisian material, pembuatan elemen-elemen struktur, dan pembebanan baik beban gravitasi maupun beban gempa.
2. Melakukan analisis dinamik linear respon spektrum, dengan kombinasi beban gempa. Evaluasi hasil analisis dinamik seperti pengecekan waktu getar alami, arah getaran pada mode-mode awal, rasio partisipasi massa modal, *modal load participation ratio*, dan simpangan antar lantai berdasarkan peraturan yg berlaku.
3. Melakukan statik nonlinear pushover analysis dengan menempatkan sendi plastis pada elemen balok dan kolom dengan lokasi relatif sendi plastis di 0.9L dan 0,1L.
4. Mengevaluasi tingkat kinerja struktur berdasarkan nilairasio simpangantotal maksimum dan simpangan inelastis maksimum.
5. Kesimpulan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengecekan hasil analisis dinamik linier

Dari *running* model terhadap beban gempa dinamik respon spektrum dilakukan pengecekan dan didapat nilai periode getar struktur sebesar Tx = 0.612detik dan Ty = 0.624 detik, berada dianantara nilai T_{min} = 0.488 detik dan T_{max}= 0.683 detik Sesuai (SNI 1726; 2019). Pengecekan rasio partisipasi massa ragam terkombinasi (*Modal Participatiom mass ratio*) menunjukkan bahwa telah tercapai nilai sebesar 90% baik arah X maupun arah Y. Sedangkan perbandingan gaya geser dasar dinamis terhadap gaya geser statis telah mencapai 99,92 atau sudah mendekati 100% sehingga persyaratan faktor skala gaya telah sesuai (SNI 1726; 2019)

Hasil pengecekan simpangan antar lantai dengan nilai pembesaran simpangan sebesar 5,5 (SRPMK) sudah sesuai dengan SNI seperti terlihat pada **Tabel.3** dan **Tabel.4**.

Tabel 3 Simpangan antar tingkat akibat gempa arah-X.

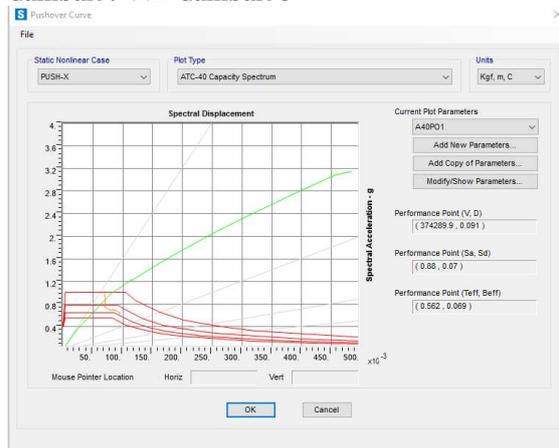
Story	L.Case	Δ_{Total}	Δ_{xe}	Cd	Δx	hi	Δ_{izin}	Cek
		mm	mm		mm	mm	mm	
Atap	Ex	0.0103	0.002	5.5	0.013	3400	68	OK
Lantai.3	Ex	0.008	0.004	5.5	0.02	3400	68	OK
Lantai.2	Ex	0.0043	0.003	5.5	0.015	3400	68	OK
Lantai. 1	Ex	0.0015	0.002	5.5	0.008	3400	68	OK
Pondasi	Ex	0	0	5.5	0	3400	68	OK

Tabel 4 Simpangan antar tingkat akibat gempa arah-Y.

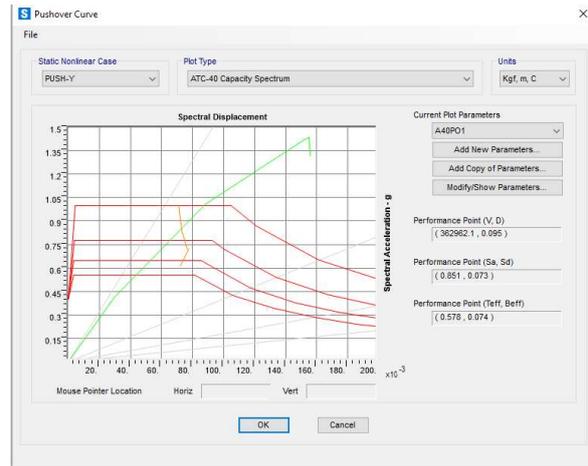
Story	L.Case	Δ_{Total}	Δ_{ye}	Cd	Δy	hi	Δ_{izin}	Cek
		mm	mm		mm	mm		
Atap	Ey	0.012	0.0028	5.5	0.02	3400	68	OK
Lantai.3	Ey	0.01	0.0044	5.5	0.02	3400	68	OK
Lantai.2	Ey	0.005	0.0033	5.5	0.02	3400	68	OK
Lantai. 1	Ey	0.002	0.0018	5.5	0.01	3400	68	OK
Pondasi	Ey	0	0	5.5	0	3400	68	OK

Menentukan tingkat kinerja struktur.

Analisis *pushover* dilakukan dengan alat bantu software SAP 2000, dari hasil analisis didapat titik-titik kinerja struktur akibat gaya *pushover* arah-X yaitu $(S_a; S_d) = (0,880;0,07)$, gaya lateral gempa = 374289 kg, displacement = 0,091m. Sedangkan akibat gaya *pushover* arah-Y, didapat $(S_a; S_d) = (0,851;0,073)$, gaya lateral gempa = 362962 kg, displacement = 0,095m, seperti terlihat pada **Gambar. 7** dan **Gambar. 8**.



Gambar. 7 Titik kinerja struktur arah-X



Gambar. 8 Titik kinerja struktur arah-Y

Berdasarkan metode ATC-40, tingkat kinerja struktur ditentukan berdasarkan simpangan total maksimum dan simpangan inelastis maksimum yang terjadi pada saat tercapainya titik kinerja struktur sebagai berikut; Rasio simpangan total maksimum terhadap tinggi bangunan pada arah-X adalah $(D_x/H) = 0,091/13,6 = 0,0067$ dan rasio pada arah-Y adalah $(D_y/H) = 0,095/13,6 = 0,0069$. Rasio simpangan inelastis maksimum terhadap tinggi bangunan pada arah-X adalah $(D_x - D_1)/H = (0,091 - 0,031) / 13,6 = 0,0044$ dan pada arah -Y, $(D_y - D_1)/H = (0,095 - 0,039) / 13,6 = 0,0041$. (dengan D_1 adalah simpangan pada step.1 akibat beban *pushover*).

Mengacu pada batas simpangan maksimum dari ATC-40 seperti terlihat pada **Tabel.1**, dan kurva kapasitas (**Gambar.2**), maka berdasarkan rasio simpangan total maksimum dan rasio simpangan inelastis maksimum yang nilainya lebih kecil daripada nilai rasio level *immediate occupancy*, maka kinerja struktur adalah level *operational (linear elastic)*.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan diatas, dapat disimpulkan beberapa hal seperti :

1. Hasil analisis dinamik respon spektrum terhadap struktur Villa DA yang kolomnya diperkuat dengan metode jacketing menunjukkan nilai periode getar struktur arah-X dan arah-Y sebesar $T_x = 0.612$ detik dan $T_y = 0.624$ detik sesuai dengan persyaratan analisis dinamik sesuai SNI 1726;2019.
2. Mengacu pada ketentuan ATC-40, kinerja struktur villa DA Pererenan yang telah diperkuat dikategorikan dalam level *fully operational* atau *linear elastic* dengan nilai rasio simpangan total maksimum arah-X sebesar 0,0067 atau 0,67% dan arah-Y sebesar 0,0069 atau 0,69%. Nilai rasio simpangan inelastis maksimum arah-X sebesar 0,0044 atau 0,44% dan arah-Y sebesar 0,0041 atau 0,41%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, Praveen, and Ajay Kumar. 2020. "Effect of Reinforced Concrete Jacketing on Axial Load Capacity of Reinforced Concrete Column" 6 (7): 1266–72.
- Comartin, Craig D. n.d. "ATC-40-Vol-1 Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings..Pdf."
- Dharek, Manish S. 2019. "Sustainable Structural Retrofitting of Rc Building By Non-Linear Static" 10 (11): 1–10.
- Krainskyi, Pavlo, Yaroslav Blikharsky, Roman Khmil, and Pavlo Vegera. 2018. "Influence of Loading Level on the Bearing Capacity of RC Columns Strengthened by Jacketing." *MATEC Web of Conferences* 230: 0–7. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002013>.
- Minafò, Giovanni, Fabio Di Trapani, and Giuseppina Amato. 2016. "Strength and Ductility of RC Jacketed Columns: A Simplified Analytical Method." *Engineering Structures* 122: 184–95. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.05.013>.
- Murugan, Komathi, and Amlan Kumar Sengupta. 2020. "Seismic Performance of Strengthened Reinforced Concrete Columns." *Structures* 27 (May): 487–505. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.05.059>.
- Raza, Saim, Muhammad K.I. Khan, Scott J. Menegon, Hing Ho Tsang, and John L. Wilson. 2019. "Strengthening and Repair of Reinforced Concrete Columns by Jacketing: State-of-the-Art Review." *Sustainability (Switzerland)* 11 (11). <https://doi.org/10.3390/su11113208>.
- SNI 1726; 2019. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung." *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*, no. 8: 254.
- SNI 1727; 2013. "Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain Badan Standardisasi Nasional." www.bsn.go.id.
- Truong, Gia Toai, Jong Chan Kim, and Kyoung Kyu Choi. 2017. "Seismic Performance of Reinforced Concrete Columns Retrofitted by Various Methods." *Engineering Structures* 134: 217–35. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.12.046>.

TREATMENT AIR SEMEN MENGEMBALIKAN KUAT TEKAN RENCANA PADA BETON SETELAH BENCANA KEBAKARAN

Cement Water Treatment Restored Compressive Strength Design on Concrete After Fire Disaster

I Made Sastra Wibawa¹, Shinta Enggar Maharani², I Putu Agus Putra Wirawan³

^{1,2,3}Staf Pengajar Fakultas Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar

Surel: sastrawibawa@gmail.com

Diterima: ; Disetujui:

ABSTRAK.

Beton sering dipergunakan karena bahannya banyak terdapat di alam dan pengerjaannya relatif mudah, serta hampir tidak diperlukan biaya pemeliharaan. Jika konstruksi beton mengalami kebakaran, maka strukturnya masih kokoh berdiri karena beton tidak dapat terbakar. Bencana kebakaran menyebabkan keraguan dalam penggunaan beton kembali sebagai struktur meskipun masih kokoh, sehingga diperlukan usaha penanganan agar konstruksi beton dapat digunakan tanpa membongkar. Permasalahan yang dihadapi apakah dengan treatment air semen dapat merubah mutu beton. Tujuan dari treatment adalah untuk mengetahui seberapa besar kuat tekan beton setelah dibakar. Seluruh kegiatan dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Unmas Denpasar, mulai dari mencampur, mencetak benda uji, membakar beton, sampai dengan pengujian kuat tekan menggunakan benda uji silinder Ø15 – 30 cm. Pembuatan benda uji bervariasi dalam tiga perlakuan, dan pengujian dilakukan pada umur 28 Hari. Hasil yang diperoleh adalah P1 = 277,72 kg/cm²; P2 = 259,93 kg/cm²; P3 = 275,08 kg/cm². Penurunan kuat tekan terjadi setelah dilakukan pembakaran, namun setelah treatment air semen kuat tekan kembali membaik bahkan mencapai kuat tekan rencana. Berdasarkan hasil penelitian ini konstruksi beton yang mengalami bencana kebakaran dapat dipergunakan lagi dengan terlebih dahulu menyiramnya dengan air semen.

Kata Kunci: kebakaran, kuat tekan, treatment air semen.

ABSTRACT.

Concrete is often used because the material is widely available in nature and the process is relatively easy, and almost no maintenance costs are required. If the concrete construction having a fire, then the structure is still standing strong because the concrete cannot be burned. The fire disaster has caused doubts about the reuse of concrete as a structure even though it is still sturdy, so handling efforts are needed so that the concrete construction can be used without dismantling. The problem is can water-cement treatment change the quality of the concrete. The purpose of the treatment is to find out how much the compressive strength of the concrete after being burned. All activities were carried out at the Laboratory of the Faculty of Engineering, Unmas Denpasar, starting from mixing, printing test objects, burning concrete, to testing compressive strength using Ø15 – 30 cm cylinder specimens. The manufacture of the specimens varied in three treatments, and the test was carried out at the age of 28 days. The results obtained are P1 = 277.72 kg/cm²; P2 = 259.93 kg/cm²; P3 = 275.08 kg/cm². The decrease in compressive strength occurred after combustion, but after water cement treatment the compressive strength improved again and even reached the design compressive strength. Based on the results of this study, concrete construction that experienced a fire disaster can be used again by first watering it with cement water.

Keywords: compressive strength, fire, water cement treatment.

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan beton *Job Mix Formula (JMF)* adalah merupakan rumusan yang harus selalu menjadi acuan dalam mencampur beton. Kuat tekan beton yang ingin dicapai atau sering disebut kuat tekan rencana tertuang dalam *JMF* ini. Apabila terjadi penyimpangan terhadap rencana campuran ini dan ternyata kuat tekan beton tidak sesuai dengan yang diinginkan, maka secepatnya harus dilakukan tindakan

sesuai dengan prosedur yang tertuang dalam peraturan beton. Perkuatan terhadap struktur biasanya menjadi langkah pertama namun jika tidak berhasil, maka dilanjutkan dengan peninjauan terhadap beban yang ada. Berkurangnya mutu beton dapat terjadi pasca konstruksi, misal akibat bencana alam dapat menurunkan kuat tekan beton.

Setelah mengalami kebakaran konstruksi beton biasanya masih berdiri kokoh, karena beton adalah bahan konstruksi yang tidak dapat terbakar. Meskipun demikian ketika akan menggunakan kembali beton tersebut sebagai struktur sering timbul rasa ragu apakah beton masih kuat karena sempat mengalami kebakaran. Pada waktu beton terbakar yang mengalami kebakaran dan suhu panas tinggi adalah bagian luar dari beton, sehingga butiran halus dari beton berkurang daya kohesinya. Akibat suhu yang sangat panas saat terbakar daya kohesif agregat dengan semen terganggu, dikhawatirkan juga terjadi pada bagian dalam beton sehingga diduga kekuatan beton juga mengalami penurunan. Untuk memastikan bahwa mutu beton yang terjadi masih sesuai dengan mutu rencana, maka perlu dilakukan test pada beton, misalnya dengan *hammer test*, melakukan *core drill*, atau pengujian lainnya. Dengan melakukan pengujian ini, maka keraguan terhadap kekuatan struktur beton akan tidak ada lagi sehingga yang diperlukan adalah upaya penanganannya. Kuat tekan beton yang mengalami kebakaran tidak akan banyak mengalami penurunan mutu beton jika kebakaran yang terjadi tidak terlalu lama. Beton yang dibakar selama 120 Menit ternyata kuat tekan yang diperoleh memang berkurang dari kuat tekan sebelum dibakar tetapi masih berada pada batas kuat tekan rencana, kecuali beton tersebut dibakar 150 Menit diperoleh kuat tekan dibawah kuat tekan rencana namun masih berada pada batas 80% dari kuat tekan rencana (Wibawa 2010). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Cornelis, Hunggurami, dan Tokang 2014), ketika beton dengan empat variasi mutu beton yang dibakar pada suhu 400°C dan durasi pembakaran 3 jam diperoleh penurunan mutu beton berkisar antara 3 s/d 4%.

Kebakaran pada umumnya masih dikategorikan bencana meskipun dalam mendesain bangunan sudah diperhitungkan agar terhindar dari bahaya kebakaran. Prilaku penghuni atau pengguna bangunan terutama yang berfungsi sebagai fasilitas umum biasanya agak sulit dikontrol, sehingga yang paling sering mengalami kebakaran adalah bangunan yang dipergunakan bersama. Datangnya bencana sangat sulit diprediksi, meskipun konstruksi bangunan menggunakan beton yang tetap kokoh walaupun terbakar, tetapi bahan-bahan lain dan peralatan serta barang yang tersimpan di dalamnya sering merupakan bahan yang mudah terbakar. Untuk mudahnya memang dapat dilakukan pembongkaran terhadap bangunan dan konstruksi yang terbakar, namun jika bongkaran dibuang begitu saja dapat mencemari

lingkungan karena bongkaran beton tidak dapat dipergunakan kembali sebagai bahan campuran beton. Jika ingin menggunakan beton yang sebelumnya sudah pernah terbakar sering timbul keragu-raguan terhadap kekuatannya apakah masih seperti sebelum mengalami kebakaran ataukah tidak. Usaha intervensi dilakukan agar keraguan itu dapat sirna menjadi sebuah keyakinan yang mantap untuk menggunakan kembali beton yang pernah terbakar, yaitu dengan melakukan *treatment* menggunakan air semen (semen dilarutkan dalam air) yang disiramkan ke seluruh permukaan beton yang mengalami kebakaran. Seluruh rangkaian penelitian ini dilakukan di laboratorium mulai dari mencampur sampai dengan melakukan uji kuat tekan baik beton yang belum dibakar, sudah dibakar, dan beton yang *ditreatment* dengan air semen.

Dengan melihat uraian latar belakang permasalahan diatas, maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut: "Seberapa besar perubahan kuat tekan beton setelah beton yang terbakar, kemudian dilakukan *treatment* dengan air-semen, dan apakah berikutnya beton tersebut dapat dipakai kembali?" Yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah: mengetahui seberapa besar berkurangnya atau bertambahnya kekuatan tekan beton akibat dilakukan *treatment* dengan air-semen pada beton yang dibakar. Demikian juga ingin mengetahui bahwa beton setelah *ditreatment* dapat dipergunakan kembali sebagai konstruksi bangunan.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton atau sering juga disebut kuat tekan karakteristik adalah besarnya beban per satuan luas yang dapat diterima oleh beton sampai beton tersebut hancur. Sedangkan kuat tekan rencana atau sering juga disebut kuat tekan karakteristik adalah kuat tekan yang ditentukan saat melakukan perhitungan campuran beton (*Job Mix Formula*), setelah dilakukan percobaan berdasarkan hasil pemeriksaan benda uji yang berbentuk kubus atau silinder, kemungkinan adanya kekuatan tekan yang berada di bawah rencana terbatas sampai 5% (Wangsadinata 1971).

Dalam menghitung kuat tekan beton rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Wangsadinata 1971):

$$\sigma_b = \frac{P}{A \times f_u \times f_b}$$

Dimana:

σ_b = Tegangan beton (kg / cm²)

P = Beban tekanan maximum (kg)

A = Luas bidang tekan dari benda uji (cm²)
 fu = Faktor umur (Wangsadinata 1971)
 fb = Faktor bentuk (Wangsadinata 1971)

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum \sigma_b}{n}$$

$$S = \frac{\sqrt{\sum (\sigma_b - \sigma_{bm})^2}}{n-1}$$

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - (k \cdot S)$$

Dimana:

σ_{bm} = Tegangan Beton Rata-rata.
 n = Jumlah Benda Uji.
 S = Standard Deviasi.
 σ_{bk} = Tegangan Beton Karakteristik.
 k = konstanta (Subakti 1994).

Konstruksi Beton Setelah Terbakar

Bahan campuran beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, semen, dan air, serta dalam kondisi tertentu ditambahkan bahan tambahan (*additive*). Beton adalah bahan yang memiliki ketahanan terhadap api/panas yang lebih baik dibandingkan material bangunan yang lain (Bayuasri 2010). Hampir seluruh bahan campuran beton bukan sebagai penghantar panas sehingga beton merupakan bahan yang tahan terhadap panas, tetapi jika beton terlalu lama terpapar oleh panas atau terbakar api, maka beton menjadi panas sekali sehingga dapat menyebabkan terjadinya retak pada bagaian luarnya, hal ini yang dikhawatirkan dapat merusak tulangan akibat oksidasi oksigen dan masuknya air ke dalam beton. Beton biasa maupun beton bertulang memiliki lapisan bagian luar yang sering disebut selimut beton, pada tulangan biasanya dibuatkan beton deking (beton tahu) untuk menjaga ketebalan selimut beton ini.

(Indrayanto 2008), dalam artikelnya yang berjudul Perbaikan Beton Pasca Kebakaran, menyatakan bahwa beton setelah mengalami kebakaran tidak harus langsung diganti dengan beton yang baru sebab beton lama masih dapat dipakai dengan salah satu alasan yang dikemukakan yaitu tidak terjadinya perubahan warna yang signifikan pada beton. Pernyataan ini sangat mendukung program kelestarian lingkungan, sebab beton yang sempat terbakar tidak langsung dibongkar sehingga hasil bongkarannya akan mencemari lingkungan. Apabila beton terbakar langsung dibongkar, untuk pembangunan kembalinya pasti memerlukan bahan baru sehingga hal ini juga mempercepat habisnya material beton di *quary*

sehingga mendorong dibukanya lahan tambang material baru yang pasti berdampak pada kondisi lingkungan yang asri dan lestari.

Menurut (Rochman 2006), beton terbakar terlebih dahulu dilakukan investigasi terhadap kerusakan yang terjadi dengan melakukan *hammer test, core drill*, dan analisis degradasi. Kerusakan yang terjadi diklasifikasikan sesuai tingkat kerusakannya mulai dari ringan, sedang, dan berat. Setelah beton terbakar apabila tidak terjadi perubahan yang sangat besar, terutama terjadi retak yang cukup lebar, keropos terutama sisi beton yang memikul momen cukup besar, maka beton terbakar dapat dipertimbangkan untuk dapat dipergunakan kembali. Selimut beton harus betul-betul mendapat perhatian, apabila sudah tidak dapat berfungsi lagi sehingga tulangan beton kelihatan dari luar, dan beton telah mengalami perubahan warna menjadi merah tua, maka jika beton ingin dipertahankan lagi harus dilakukan investigasi yang lebih mendalam. Jika hasil investigasi menunjukkan bahwa beton dapat dipertahankan untuk dipergunakan lagi, maka intervensi perbaikan dapat dilakukan terutama dari permukaan beton. Hal ini akan lebih baik lagi jika selama proses rekonstruksi kita dapat melakukan penyiraman pada beton dengan air, sebab tingkat *recovery* kekuatan beton setelah dilakukan *treatment* penyiraman dengan air mampu mendekati 100% (Indrayanto 2008). Usaha intervensi dengan melakukan *treatment* menggunakan air semen diharapkan dapat lebih memperbaiki kondisi beton setelah terbakar, sebab butiran semen yang terlepas akibat proses pemanasan saat terbakar dapat diganti oleh adanya *treatment* air semen yang baru. Dengan demikian permukaan beton kembali halus dan kekuatannya diharapkan dapat pulih seperti saat baru dibikin.

Bahan Pencampur (Air)

Bahan pengikat pada beton yaitu semen akan dapat berfungsi apabila sudah tercampur dengan air, oleh sebab itu semen sering disebut sebagai suatu bahan yang bersifat hidrolis. Demikian pentingnya peranan air dalam campuran beton, meskipun setelah proses pengeringan air harus pergi menguap meninggalkan beton. Syarat air yang dapat digunakan dalam pembuatan beton dan perawatannya sesuai yang tertuang dalam (Wangsadinata 1971) adalah sebagai berikut:

1. Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam-garam, bahan-bahan organis yang dapat merusak beton. Dalam hal ini

sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.

2. Apabila terdapat keragu-raguan mengenai air di anjurkan untuk mengirimkan contoh air itu ke Lembaga Pemeriksaan Bahan-Bahan yang diakui untuk diselidiki seberapa jauh air itu mengandung zat-zat yang dapat merusak beton. Bila pemeriksaan contoh air tidak dapat dilakukan, maka dalam hal adanya keragu-raguan mengenai air harus dilakukan percobaan perbandingan antara kekuatan tekan mortar semen+pasir dengan memakai air tersebut dan dengan memakai mortar yang memakai air suling. Kekuatan tekan mortar yang menggunakan air tersebut pada umur 7 dan 28 Hari paling sedikit adalah 90% dari kekuatan mortar yang memakai air suling.
3. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

Penggunaan air dalam beton tidak hanya saat mencampur saja, tapi ketika *curing* (pemeliharaan beton), maka air juga sering digunakan untuk menyiram beton muda atau membasahi karung sebagai selimut beton. Pada penelitian ini dipergunakan air tetapi setelah dicampur dengan semen kemudian dilakukan *treatment* (penyiraman) pada permukaan beton yang telah mengalami kebakaran. Akibat adanya kebakaran, agar kita dapat menggunakannya kembali beton disiram air diharapkan akan dapat memperbaiki kondisi beton lagi. (Indrayanto 2008).

Bahan Pengikat (Semen)

Pada umumnya yang dipakai adalah semen Portland yang berfungsi sebagai bahan pengikat hidrolis yang artinya semen akan berfungsi mengikat jika sudah tercampur dengan air dan akan mengeras teriring terjadinya proses pengeringan. Agregat kasar (koral) dan agregat halus (pasir) apabila dicampur, maka terdapat celah diantara butirannya masing-masing. Celah inilah yang diisi oleh semen dan mengikat serta mengeras setelah tercampur dengan air sehingga terbentuklah batu buatan atau yang sering disebut beton. *Treatment* air semen pada beton yang terbakar diharapkan mampu memperbaiki beton sehingga dapat difungsikan lagi sebagai konstruksi bangunan. Secara umum proses pembuatan semen adalah dengan memproses bahan-bahan semen melalui proses basah atau proses kering. Dilakukan proses basah jika bahan dasar dari semen (tanah liat, limestone) kondisi awalnya terlalu banyak kandungan air, oleh sebab itu langsung sekalian dibasahi. Demikian sebaliknya jika bahan dasar

kandungannya kecil, maka terlebih dahulu dilakukan proses pengeringan, oleh sebab itu proses ini disebut proses kering. Kedua proses ini dimulai dengan proses penghalusan pada tungku putar sehingga dihasilkan butiran halus yang disebut klinker, biasanya jika bahan dasarnya baik klinker ini terdiri dari silikat kalium yang bersifat hidrolis. Proses selanjutnya dilakukan pencampuran gypsum dengan tekar (dosis) tertentu. Variasi dan komposisi dari komponen karakteristik bahan semen akan menentukan type semen (Subakti 1994).

Bahan Pengisi (Agregat)

Di lapangan agregat sebagai bahan pengisi pada beton dikenal dalam dua bentuk yaitu agregat kasar (koral, split) dan agregat halus (pasir, abu batu). Kedua bahan ini dapat berupa bahan yang diambil langsung di alam (*quary*) atau merupakan hasil pemecahan batu blondos oleh mesin pemecah batu (*stone crusher*). Agregat kasar yang langsung diambil di alam sering disebut koral, sedangkan hasil mesin pemecah batu sering disebut split. Sebagai bahan pengisi agregat kasar biasanya komposisinya paling banyak, oleh sebab itu mutu beton juga sangat banyak ditentukan oleh kualitas agregat kasar ini. Dari total volume beton biasanya agregat dalam campuran beton berkisar antara 70% s.d 75%, namun hal ini juga sangat dipengaruhi oleh hasil *mix desain* yang dilakukan.

Bentuk agregat akan mempengaruhi *workability* dan kekuatan beton (Wangsadinata 1971). Untuk kepentingan *workability* (kemudahan dalam pengerjaan), maka bentuk agregat yang bulat (koral) akan baik dipergunakan, tetapi untuk mendapatkan mutu beton yang lebih baik, maka penggunaan bentuk agregat yang angular (split) akan lebih baik karena memiliki luas bidang permukaan yang lebih lebar, sehingga bidang geseknya lebih banyak. Disarankan untuk tidak menggunakan agregat yang berbentuk pipih dan memanjang sebab kurang *workability* dan susah dalam pematatannya

Road Map Penelitian

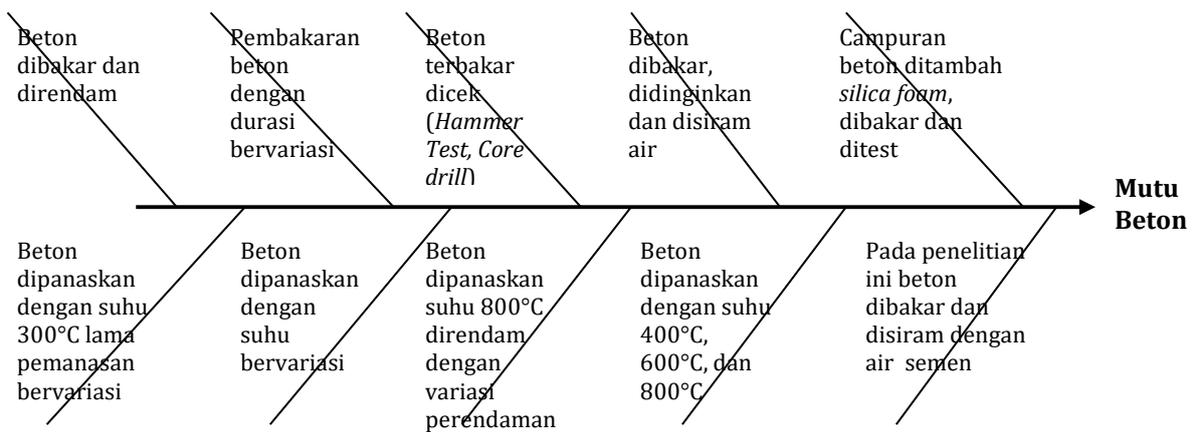
Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Cornelis, Hunggurami, dan Tokang 2014), beton dengan 4 variasi mutu beton dibakar pada suhu 400°C dan lama pembakaran 3 Jam, diperoleh penurunan mutu beton berlisar 3 s.d 4%. Sedangkan setelah direndam selama 14 Hari terjadi peningkatan mutu beton berkisar 0,78 s.d 3,5%. Penelitian berikutnya dilakukan oleh (Daga 2002), melakukan studi eksperimental kekuatan beton yang mengalami kebakaran dengan lama pembakaran bervariasi, diperoleh

hasil beton yang dibakar 2 Jam kuat tekan beton naik 4,74%; dibakar 5 Jam kuat tekan beton turun 15,6%; dan pembakaran selama 10 Jam kuat tekan beton terjadi penurunan 24,68%. Penelitian yang lebih detail dilakukan oleh (Rochman 2006), beton terbakar ditest dengan *hammer test, core drill*, dan dilakukan analisis degradasi. Hasil kajian ini diklasifikasi berdasarkan tingkat kerusakan dan selanjutnya diambil cara perbaikannya. Menurut (Wahyuni dan Anggraini 2010), kuat tekan beton setelah terbakar mengalami penurunan baik setelah pendinginan maupun disiram dengan air. Selain itu dilakukan pengamatan terhadap fisik beton terbakar yaitu beton yang dibakar 200°C warnanya menjadi abu keputihan, suhu 400°C warna beton menjadi coklat, suhu 600°C menjadi coklat susu, dan suhu 800°C warna beton menjadi putih. Penggunaan *silica foam* dalam campuran beton dimaksudkan untuk menghasilkan beton yang berkekuatan tekan tinggi (Hadi 2018). Penambahan *silica foun* secara bervariasi, setelah beton dibakar sampai suhu 800°C rata-rata penurunan kuat tekannya berkisar 50%.

(Bayuasri 2005), melakukan penelitian terhadap perilaku mekanis beton akibat temperatur tinggi, hasilnya beton dipanaskan suhu 300°C selama 3 Jam, kekuatan sisa beton 71,8%, dipanaskan selama 9 Jam, kekuatan sisa beton 60,04%. Pemanasan beton yang dilakukan oleh (Ahmad, Taufieq, dan Aras 2009), melakukan analisis pengaruh temperatur terhadap kuat tekan beton, dipanaskan 200°C kuat tekan rata-rata

85,83% dari beton normal, 400°C kuat tekan rata-rata 58,40%, dipanaskan 600°C kuat tekan rata-rata 35,08% dari beton normal. (Sutapa, Suputra, dan Mataram 2011), melakukan penelitian kekuatan tarik beton dengan variasi durasi perawatan (perendaman) pasca bakar dengan suhu 800°C penurunan kuat tarik beton yang terkecil terjadi pada perendaman 14 hari yaitu 32,09%. Investigasi mikroskopi dan informasi visual tidak mungkin dapat dilihat dengan mata telanjang, sehingga dengan alat mikroskopi akan banyak menolong memperjelas dampak perubahan sifat beton akibat suhu tinggi (Setyowati 2016). Pemanasan beton suhu di bawah 400°C tidak begitu berpengaruh pada kekuatan beton, kecuali pemanasan suhu di atas 600°C menyebabkan pengurangan *fase portlandite*, sedangkan pemanasan di atas 800°C merusak kinerja semen.

Penelitian yang dilakukan adalah mengambil celah yang belum dilakukan oleh peneliti lain, yaitu melakukan *treatment* pada beton terbakar dengan air semen. Diharapkan beton yang mengalami kebakaran dapat dipertahankan kuat tekan rencananya dengan menyiramkan air semen pada seluruh permukaan beton. Apabila beton terbakar dapat dipergunakan lagi berarti tidak terjadi pembongkaran yang dapat menimbulkan sampah konstruksi dan pencemaran terhadap lingkungan dapat dikurangi. Dalam gambar berikut dibuat hubungan *road map* penelitian dan celah yang dipergunakan dalam penelitian ini.



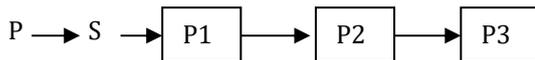
Gambar 1. Road Map Penelitian

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah sebuah penelitian eksperimental dengan melakukan percobaan yang menggunakan rancangan sama subjek /

Treatments by Subjects Design (Hadi 1995; Bakta 1997). Rancangan penelitian secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Rancangan Penelitian.

Keterangan:

1. P = Populasi (benda uji silinder Ø15-30cm).
2. S = Sampel Penelitian (Benda uji yang disortir/tidak cacat).
3. P1 = Hasil Pengujian sebelum perlakuan (kontrol-I).
4. P2 = Hasil Pengujian sebelum disiram (sudah dibakar/kontrol-II).
5. P3 = Hasil Pengujian setelah perlakuan/dibakar + disiram air-semen.

Definisi Operasional

Sesuai dengan Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971), kuat tekan beton dilakukan berdasarkan pengujian benda uji yang dipergunakan yaitu berbentuk silinder Ø15–30cm. Komposisi campuran yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah dibuat tetap sesuai dengan formula campuran yang diperoleh berdasarkan perhitungan *mix design*. Perbedaan perlakuan yang dilakukan adalah pada benda uji yang dibakar selama 150 Menit dan tidak dibakar, serta yang tidak disiram dengan yang disiram air semen. Dalam melakukan pembakaran dipergunakan kompor khusus yang biasanya dipakai membakar aspal (Wibawa 2010), Pembakaran benda uji diusahakan merata pada seluruh sisinya, oleh sebab itu diperlukan meja khusus dari besi berlubang sehingga kompor dapat dipindahkan kepada seluruh sisi benda uji. Setelah didinginkan, perubahan fisik pada beton diperhatikan dicatat seperti perubahan warna, keropos atukah retak. Jika perubahan warna tidak terlalu signifikan dan tidak terjadi retak, maka dilanjutkan dengan menyiram benda uji dengan air semen, agar penyiraman merata pada keseluruhan sisi benda uji, maka dipakai alat sederhana seperti kuas untuk mengoleskan air semen secara merata pada seluruh sisi beton. Secara garis besar operasional penelitian adalah sebagai berikut:

1. Perlakuan 1, yaitu benda uji sebelum dibakar dan belum disiram sebagai kontrol awal mutu beton yang diperoleh (Mengacu pada *mix design*).
2. Perlakuan 2, yaitu benda uji yang dibakar, tapi belum disiram.
3. Perlakuan 3, yaitu benda uji yang dibakar, *treatment* / disiram dengan air-semen.

Jumlah benda uji yang dibuat untuk masing-masing perlakuan adalah 8 (delapan) Buah silinder.

Pemeriksaan Bahan

(Wangsadinata 1971), bahan dasar beton terutama yang akan dipergunakan untuk

keperluan pembuatan benda uji penelitian harus memenuhi syarat yang telah ditentukan dalam pedoman pengerjaan beton. Bahan-bahan dasar beton seperti pasir, koral/split, termasuk air dan semen harus terlebih dahulu dilakukan percobaan pendahuluan untuk mengetahui sifat-sifat dasarnya bahwa telah memenuhi syarat seperti yang ditentukan. Material yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah pasir dan koral dari Desa Selat, Karangasem, dan air yang dipergunakan adalah air yang tersedia di laboratorium yaitu air dari PDAM (Perusahaan Air Minum Daerah). Semen yang dipergunakan adalah Semen Tipe I Merek Gresik, semua kegiatan dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik, Unmas Denpasar. Pengambilan material dari masing-masing bahan dilakukan secara acak sederhana, terutama untuk pasir dan koral dilakukan dengan mengambil sedikit dari tumpukan yang tinggi dari empat arah mata angin sebagai perwakilan, kemudian diaduk, dan demikian berikutnya diambil dari empat arah mata angin untuk material secukupnya sebagai bahan penelitian.

Percobaan Pendahuluan

Langkah awal yang sangat penting dilakukan, disamping untuk memenuhi persyaratan yang tertuang dalam peraturan, juga hasilnya akan sangat berpengaruh dalam menentukan perhitungan formula campuran dan selanjutnya tertuang dalam *mix design* (formula campuran). Langkah percobaan pendahuluan sebagai berikut:

a. Pemeriksaan agregat halus.

Pemeriksaan yang dilakukan pada agregat halus (pasir) adalah:

1. Berat jenis (*specific gravity*) dan penyerapan air (*water absorption*)
2. Gradasi pasir (*sieve analysis*).
3. Kadar Lumpur (*mud content*).
4. Berat satuan (*unit weight*).
5. Kadar air dalam pasir (*surface moisture content*).

b. Pemeriksaan agregat kasar (koral).

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat kasar meliputi:

1. Gradasi (*Sieve Analysis*)
2. Berat jenis (*Specific Gravity*) dan penyerapan air (*Water Absorption*).
3. Berat satuan batu pecah (*Unit Weight*)
4. Kadar Lumpur (*Mud Content*)
5. Kadar air (*Surface Moisture Content*).

c. Berat Satuan semen.

Pengujian ini adalah untuk mengetahui berat satuan semen bahwa sesuai dengan peraturan dan berguna juga untuk mengkonversi berat ke volume atau sebaliknya. Pemeriksaan berat satuan semen

cara kerjanya sama dengan pemeriksaan berat satuan pasir.

d. Mix Design.

Dalam penelitian beton ini, perencanaan campuran beton akan memakai metode DOE atau *Current British Method*. Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *standar deviasi* (S).
2. Menentukan nilai tambah (*Margin*), $M = K.SZ$ ($K = 1,64$).
3. Menentukan kuat tekan rata-rata yang ditargetkan (f'_{cr}), $f'_{cr} = f'_c + 1,64.S$.
4. Menentukan nilai faktor air semen.
5. Menentukan kadar air bebas yang diperlukan untuk mencapai nilai *slump* yang diinginkan = $2/3 wh + 1/3 wk$.
6. Menentukan kadar semen (C).
7. Kadar semen (C) = $\frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{Faktor air semen}}$
8. Menentukan jumlah semen.
9. Menentukan letak zone pasir yang dipakai untuk campuran beton.
10. Menentukan prosentase pasir dalam campuran.
11. Menentukan berat jenis agregat gabungan.
12. B_j agregat gabungan (% agg halus x B_j agg halus) + (% agg kasar x B_j Agg. kasar).
13. Menentukan berat jenis beton.
14. Menentukan proporsi campuran beton.
15. Kadar agg gabungan = B_j beton - (jumlah kadar air bebas + semen.)
16. Kadar agregat halus = % agg halus x kadar agg gabungan.
17. Kadar agregat kasar = kadar agg gabungan - kadar agg halus.

Karena dalam pembuatan benda uji dipakai agregat dalam keadaan sebenarnya, sedangkan *mix design* menggunakan agregat dalam keadaan SSD, maka perlu dilakukan koreksi terhadap hasil dari *mix design* yaitu :

1. Agregat halus = $C = (C_k - C_a) \times C / 100$
2. Agregat kasar = $D = (D_k - D_a) \times D / 100$.
3. Air = $B - (C_k - C_a) \times C / 100 - (D_k - D_a) \times D / 100$.

Dimana:

- B = Jumlah air (Kg/M3).
- C = Jumlah agregat halus (Kg/M3)
- C_a = Absorpsi air pada agregat halus (%)
- D_a = Absorpsi air pada agregat kasar (%)
- C_k = Kandungan air pada agregat halus (%)
- D_k = Kandungan air pada agregat kasar (%)

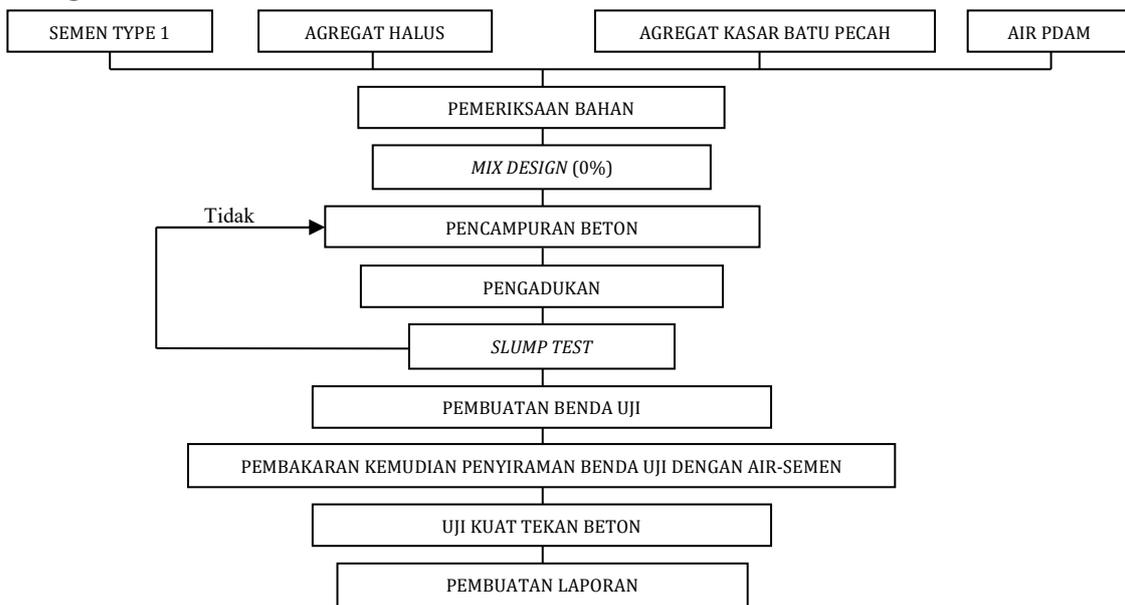
e. Perlakuan Benda Uji.

Dalam penelitian ini kita memerlukan 3 (tiga) perlakuan terhadap benda uji yaitu:

1. Perlakuan 1 (P1) = Benda Uji yang tidak dibakar dan tidak disiram (kontrol - I).
2. Perlakuan 2 (P2) = Benda Uji yang dibakar, tidak disiram air-semen (kontrol - II).
3. Perlakuan 3 (P3) = Benda Uji yang dibakar, disiram air-semen.

Penerapan perlakuan ini adalah sesuai dengan anggapan awal bahwa beton yang mengalami kebakaran, maka butiran semen pada sisi luar beton akan terlepas akibat hangus oleh suhu panas akibat kebakaran. Setelah *treatment* / disiram dengan air semen diharapkan butiran semen yang terlepas dapat diisi oleh butiran semen baru yang disiramkan. Diharapkan dari kegiatan ini fungsi beton dapat kembali seperti semula dan mutu beton rencana dapat dicapai kembali.

f. Kerangka Penelitian



Gambar 3. Kerangka Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam laporan ini yang ditampilkan hanya pengujian tentang kuat tekan beton, sedangkan untuk pengujian material dasar tidak ditampilkan tetapi hasilnya sudah dipastikan memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton. Setelah dinyatakan memenuhi persyaratan, maka kegiatan dilanjutkan dngan mencampur

beton, melakukan uji *slump*, pembuatan benda uji, pemeliharaan beton muda (*curing*), dan selanjutnya melakukan pengujian terhadap kuat tekan beton setelah berumur 28 Hari. Hasil kuat tekan beton yang dilakukan di laboratorium dapat ditampilkan sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Test Silinder Ø 15 - 30 Cm, umur 28 Hari (Perlakuan 1 → Beton tidak dibakar dan tidak disiram air-semen / kontrol I).

No	Umur Benda Uji	Beban Max (kg)	Tegangan Beton (σ^1b) (kg/cm ²)	$\sigma^1b - \sigma^1bm$	$(\sigma^1b - \sigma^1bm)^2$
1	28 Hari	52,00	294,45	-1,42	2,00
2	28 Hari	54,00	305,78	9,91	98,20
3	28 Hari	53,00	300,11	4,25	18,04
4	28 Hari	55,00	311,11	15,57	242,48
5	28 Hari	52,00	294,45	-1,42	2,00
6	28 Hari	51,00	288,79	-7,08	50,10
7	28 Hari	50,00	283,13	-12,74	162,32
8	28 Hari	50,00	288,79	-7,08	50,10
			2.366,93		625,25

fu : 28 hari = 1,00

fb : Silinder Ø 15 - 30 cm = 0,83

$$\sigma^1b = \frac{P}{Axfuxfb}$$

$$\sigma^1bm = \frac{\sum_1^n \sigma^1b}{n} = \frac{2.366,93}{8} = 295,87$$

kg/cm².

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\sigma^1b - \sigma^1bm)^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{625,25}{7}} = 9,45$$

Kg/Cm2.

$$\begin{aligned} \sigma^1bk &= \sigma^1bm - k.s \\ &= 295,87 - 1,92 \cdot 9,45 \\ &= 277,72 \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

Tabel 2. Hasil Test Kubus Beton 15 x 15 x 15 cm, umur 28 Hari (Perlakuan I → Beton dibakar selama 150 Menit, tapi tidak disiram).

No	Umur Benda Uji	Beban Max (Kg)	Tegangan Beton (σ^1b) (Kg/cm ²)	$\sigma^1b - \sigma^1bm$	$(\sigma^1b - \sigma^1bm)^2$
1	28 hari	49,00	277,46	-2,48	6,14
2	28 hari	48,00	271,80	-8,14	66,26
3	28 hari	51,00	288,79	8,85	78,28
4	28 hari	48,00	271,80	-8,14	66,26
5	28 hari	52,00	294,45	14,51	210,55
6	28 hari	51,50	291,62	11,68	136,40
7	28 hari	47,00	266,14	-13,80	190,51
8	28 hari	49,00	277,46	-2,48	6,14
			2.239,52		760,52

fu : 28 hari = 1,00

fb : Silinder Ø 15 -30Ccm =,0,83

$$\sigma^1 b = \frac{P}{Axfuxfb}$$

$$\sigma^1 bm = \frac{\sum_1^n \sigma^1 b}{n} = \frac{2.239,52}{8} = 279,94$$

kg/cm².

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\sigma^1 b - \sigma^1 bm)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{760,52}{7}} = 10,42$$

kg/cm². $\sigma^1 bk = \sigma^1 bm - k.s$

$$= 279,94 - 1,92 \cdot 10,42$$

$$= 259,93 \text{ kg/cm}^2.$$

Tabel 3. Hasil Test Kubus Beton 15 x 15 x 15 cm, umur 28 Hari (Perlakuan II → Beton dibakar selama 150 Menit dan dilakukan penyiraman air-semen).

No	Umur Benda Uji	Beban Max (Kg)	Tegangan Beton ($\sigma^1 b$) (Kg/Cm ²)	$\sigma^1 b - \sigma^1 bm$	$(\sigma^1 b - \sigma^1 bm)^2$
1	28 hari	50,50	285,96	-1,77	3,13
2	28 hari	51,00	288,79	1,06	1,13
3	28 hari	50,00	283,13	-4,60	21,17
4	28 hari	50,00	283,13	-4,60	21,17
5	28 hari	49,00	277,46	-10,26	105,34
6	28 hari	52,50	297,28	9,56	91,31
7	28 hari	52,00	294,45	6,72	45,22
8	28 hari	51,50	291,62	3,89	15,16
			2.301,81		303,61

fu : 28 hari = 1,00
 fb : Silinder Ø 15 - 30 cm = 0,83

$$\sigma^1 b = \frac{P}{Axfuxfb}$$

$$\sigma^1 bm = \frac{\sum_1^n \sigma^1 b}{n} = \frac{2.301,81}{8} = 287,73 \text{ kg/cm}^2.$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\sigma^1 b - \sigma^1 bm)^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{303,61}{7}} = 6,59$$

kg/cm².

$$\sigma^1 bk = \sigma^1 bm - k.s$$

$$= 287,73 - 1,92 \cdot 6,59$$

$$= 275,08 \text{ kg/cm}^2.$$

Secara umum beton sangat dipercaya untuk memikul beban tekan, sehingga jika setelah penghitungan gaya-gaya yang bekerja dan momen yang terjadi adalah konstruksi memikul beban tekan, maka seorang konstruktur tidak

akan ragu lagi mempercayai beton sebagai bahan konstruksinya. Kenyataan ini diperkuat oleh beberapa penelitian terdahulu sehingga secara empiris beton adalah kuat memikul beban tekan, disamping mampu memikul beban-beban yang lain namun tidak seefektif dengan kemampuannya memikul beban tekan. Hampir disetiap proyek / kegiatan konstruksi pasti ada saja menggunakan beton meskipun dalam kegiatan tertentu tidak banyak atau hanya sebagai bahan konstruksi pelengkap. Pada saat beton dipergunakan sebagai bahan konstruksi yang utama dan misalnya terjadi bencana kebakaran pada bangunan tersebut, biasanya konstruksi beton akan tidak ikut terbakar bahkan masih tetap berdiri kokoh. Bahan-bahan yang lain mungkin saja terbakar hangus, tapi beton biasanya masih utuh karena beton bukan material yang dapat terbakar. Namun permasalahan yang timbul adalah apabila ada kegiatan renovasi terhadap bangunan yang mengalami kebakaran dengan melihat konstruksi beton masih berdiri kokoh, ketika ingin menggunakan kembali konstruksi yang ada tersebut biasanya timbul rasa ragu untuk menggunakan kembali konstruksi beton yang ada karena diketahui sebelumnya beton tersebut sempat mengalami bencana kebakaran.

Sesuai dengan hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, bahwa beton yang telah dibakar kemudian dilakukan penyiraman secara merata pada seluruh sisi beton dengan menggunakan air semen, ternyata diperoleh kuat tekan beton yang cukup baik bahkan mencapai kuat tekan rencana. Kejadian ini disebabkan oleh pada saat beton mengalami kebakaran butir-butiran halus semen pada beton mengalami kondisi semula seperti sebelum dicampur akibat dilakukan pemanasan oleh api kebakaran. Akibat dilakukan penyiraman beton menggunakan air semen, maka kondisi semen kembali seperti ketika baru dicampur.

Penelitian yang mendukung dari hasil penelitian ini dilakukan oleh (Indrayanto 2008), pada beton yang mengalami kebakaran kemudian dilakukan penyiraman dengan air, ternyata setelah dilakukan pengujian kuat tekannya cukup baik, hal ini disebabkan butiran halus semen saat terbakar kembali seperti belum tercampur air, kemudian setelah terbakar disiram air lagi, maka kondisinya kembali seperti semula. Penelitian sebelumnya juga menghasilkan kuat tekan yang semakin membaik setelah beton terbakar disiram dengan air (Wibawa 2013). Demikian juga penelitian yang dilakukan oleh (Cornelis, Hunggurami, dan Tokang 2014) melalui 4 variasi mutu beton yang mulai dari ringan, sedang, dan berat. Kajian yang lebih mendalam dan teliti dilakukan oleh (Setyowati 2016), untuk lebih detail kerusakan beton yang terjadi akibat bencana kebakaran akan lebih baik menggunakan alat deteksi terhadap perubahan sifat beton yaitu menggunakan alat mikroskopi. Dengan alat ini lebih jelas kerusakan yang terjadi dapat terdeteksi, hasilnya adalah akibat pemanasan di bawah 400°C tidak begitu berpengaruh terhadap kerusakan beton, namun pemanasan di atas suhu 600°C terdeteksi terjadi pengurangan *Portlandite*, sedangkan pemanasan di atas suhu 800°C ini dapat dipastikan dapat merusak kinerja semen sehingga berpengaruh pada kekuatan beton. Kajian yang dilakukan oleh (Wahyuni dan Anggraini 2010), beton setelah terbakar kuat tekannya mengalami penurunan, tetapi setelah dilakukan intervensi dengan mendinginkan dan penyiraman air perbedaan kuat tekannya tidak signifikan. Tetapi secara fisik terjadi perbedaan warna yang cukup nyata yaitu dengan pemanasan 200°C, suhu 400°C, 600°C, dan 800°C terjadi perubahan warna mulai dari abu-abu, coklat, coklat susu, dan terakhir dengan pemanasan maksimum warnanya menjadi putih. Intervensi berbeda yang dilakukan oleh (Hadi 2018), dalam

dibakar dengan suhu 400°C dan durasi pembakaran selama 3 Jam terjadi penurunan mutu beton berkisar 3 s.d 4 %, kemudian dilakukan perendaman selama 14 hari ternyata terjadi peningkatan mutu beton berkisar 0,78 s.d 3,5 %. Dengan demikian berdasarkan kedua penelitian tersebut sangat mendukung penelitian ini bahwa usaha penyiraman air dapat meningkatkan kuat tekan beton pasca kebakaran.

Penelitian tentang kekuatan sisa yang masih ada pada beton terbakar dilakukan oleh (Bayuasri 2005), dengan meneliti perilaku mekanis beton akibat mengalami panas temperatur tinggi, dimana beton yang dibakar selama 9 Jam sampai suhu 300°C kekuatan sisanya masih tersisa 60,04 %. Kekuatan sisa ini masing-masing berbeda sesuai dengan mutu beton yang diteliti, namun sesuai dengan hasil penelitiannya masih terbuka kesempatan intervensi yang dapat dilakukan untuk memperbaiki mutu beton tersebut. Penelitian yang sejenis juga dilakukan oleh (Rochman 2006), ketika terjadi keraguan terhadap penggunaan beton yang mengalami kebakaran, maka pada beton tersebut dilakukan investigasi dengan melakukan *Hammer Test*, *Core Drill*, dan Analisa degradasi. Hasil kerusakan ini selanjutnya diklasifikasikan sesuai tingkat kerusakannya, selanjutnya dilakukan penanganan sesuai jenis kerusakan yang terjadi pencampuran beton di awal sudah dimasukkan *silika foam* dengan tujuan diperoleh beton yang memiliki kekuatan tinggi, memang hasilnya diperoleh kuat tekan yang cukup tinggi namun setelah dilakukan pembakaran tetap terjadi penurunan kuat tekan beton terutama pada pembakaran beton dengan suhu 800°C terjadi penurunan kuat tekan beton rata-rata 50%.

Selain melakukan peninjauan terhadap kuat tekan beton setelah mengalami kebakaran, terdapat penelitian yang meninjau kuat tarik beton setelah terbakar. (Sutapa, Suputra, dan Mataram 2011), melakukan penelitian pemulihan kuat tarik beton dengan variasi durasi perawatan (perendaman) pasca beton terbakar. Beton dipanaskan dengan suhu 800°C penurunan kuat tarik yang terjadi adalah 68,39%, sedangkan setelah dilakukan perendaman pada beton terbakar selama 7 hari, penurunan kuat tariknya sebesar 35,19%, direndam selama 14 Hari penurunan kuat tariknya 32,09%, dan perendaman selama 28 hari terjadi penurunan kuat tarik sebesar 43,50%. Jadi perendaman yang terbaik adalah pada 14 Hari karena diperoleh penurunan kuat tarik yang paling kecil.

Pada penelitian yang dilakukan ini, beton terbakar ditreatment/disiram dengan menggunakan air semen, maka kondisinya hampir sama dengan beton yang baru dibuat/dicampur karena butiran semen yang sempat lepas saat terbakar akhirnya diisi kembali oleh penyiraman air semen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan treatment air semen kuat tekan beton setelah terbakar dapat pulih kembali bahkan sesuai dengan kuat tekan rencana yang ada pada *mix design*.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan beton setelah beton mengalami kebakaran kemudian dilakukan treatment / penyiraman air semen dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah dilaksanakan test kuat tekan benda uji beton dan analisis kuat tekan beton dari 8 benda uji, dimana pada masing-masing percobaan dilaksanakan pembuatan benda uji silinder dengan pembakaran dan treatment / penyiraman air-semen didapat kuat tekan beton: tidak dibakar dan tidak disiram = 277,72 Kg/Cm², dibakar tanpa penyiraman = 259,93 Kg/Cm², dibakar dan disiram air-semen = 275,08 Kg/Cm².
2. Setelah dilaksanakan test benda uji beton dengan umur 28 hari dari 3 (tiga) percobaan dan analisis kuat tekan, maka beton setelah mengalami kebakaran selama 150 Menit kemudian dilakukan penyiraman air-semen ternyata kuat tekannya masih berkisar kuat tekan rencana, jadi beton dapat dipakai kembali sebagai bahan konstruksi bangunan.

Saran

Saran yang dapat dikemukakan sehubungan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, masih terbatas pada pembakaran selama 150 Menit dan disiram air-semen satu kali saja, sehingga perlu ditambah perlakuan agar lebih bervariasi sehingga hasilnya lebih akurat, dan mendekati kenyataan yang terjadi di lapangan tentang durasi terjadinya bahaya kebakaran.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik agar digunakan benda uji yang lebih banyak atau sesuai persyaratan PBI,71 untuk masing-masing campuran beton.
3. Penelitian ini masih langkah awal dari beton yang terbakar, dan usaha perbaikan yang dilakukan adalah penyiraman air-semen, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan berbagai intervensi agar dapat

memperbaiki mutu beton setelah mengalami kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Irma Aswani, Nur Anny Suryaningsih Taufieq, dan Abdul Hamid Aras. 2009. "Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton." *Jurnal Teknik Sipil* 16 (2): 63. <https://doi.org/10.5614/jts.2009.16.2.2>.
- Bakta, I Made. 1997. "Metode Penelitian." Denpasar.
- Bayuasri, Trisni. 2005. "Perubahan Perilaku Mekanis Beton Akibat Temperatur Tinggi." Universitas Diponegoro, Semarang.
- . 2010. "Alternatif Perbaikan Beton Pasca Kebakaran." <http://untarconstruction.com>.
- Cornelis, Remigildus, Elia Hunggurami, dan Nini Yunita Tokang. 2014. "Kajian Kuat Tekan Beton Pasca Bakar Dengan Dan Tanpa Perendaman Berdasarkan Variasi Mutu Beton." *Jurnal Teknik Sipil* 3 (2): 161–72.
- Daga, W. 2002. "Studi Eksperimen Kekuatan Beton Yang Mengalami Kebakaran." Universitas Nusa Cendana, Kupang.
- Hadi, Sutrisno. 1995. *Metodologi research*. Jilid IV. Yogyakarta: Andi Offset.
- . 2018. "Pengaruh Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton." *Jurnal Media Bina Ilmu* 13 (5).
- Indrayanto, H. 2008. "Perbaikan Beton Pasca Kebakaran." 2008. <http://untarconstruction.com>.
- PBI. 1971. *Peraturan Beton Indonesia*.
- Rochman, Abdul. 2006. "Gedung Pasca Bakar Estimasi Kekuatan Sisa Dan Teknologi Perbaikannya." *Dinamika Teknik Sipil* 6 (2): 94–100.
- Setyowati, Edhi Wahyuni. 2016. "Pengaruh Perubahan Mikrostruktur Beton Akibat Suhu Tinggi Terhadap Lebar Retak Balok Beton Bertulang." *Rekayasa Sipil* 2: 106–13.
- Subakti, Aman. 1994. *Teknologi Beton Dalam Praktek*. 1 ed. Surabaya.
- Sutapa, A A Gede, I G N Oka Suputra, dan Karnata Mataram. 2011. "PEMULIHAN KEKUATAN TARIK BELAH BETON DENGAN VARIASI DURASI PERAWATAN PASCA BAKAR A.A. Gede Sutapa, I G.N. Oka Suputra, dan Karnata Mataram" 15 (2): 205–15.
- Wahyuni, Edhi, dan Retno Anggraini. 2010. "Pengaruh Perbedaan Proses Pendinginan Terhadap" 4 (1): 1–9.
- Wangsadinata, W. 1971. *Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan*. N.I.-2. Direktorat Jendral Cipta Karya.
- Wibawa, I Made Sastra. 2010. *Turunnya Kuat Tekan Karakteristik Beton Pasca Bencana*

Kebakaran. FT Unmas. Denpasar.

———. 2013. "Pulihya Kuat Tekan Beton Pasca Kebakaran Setelah dilakukan Penyiraman Air." *Curva Teknik 2* (1): 69-87.

PENGARUH VARIASI CBR TANAH DASAR TERHADAP POLA RETAK PADA PERKERASAN KAKU DENGAN PENAMBAHAN TULANGAN MELINTANG MENGGUNAKAN PROGRAM SOFTWARE ATENA V5 3D

Arif Afrianto¹, Ir. Ary Setyawan M.Sc(Eng).,PhD,², Dr. Bambang Setyawan M.T,³

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

²Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

³Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta

Email : Arifafrianto20@gmail.com

Diterima : 26 Juni 2021; disetujui : 6 Juli 2021

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pola retak pada perkerasan kaku dengan penambahan tulangan melintang diatas tanah ekspansif dengan variasi CBR berbeda menggunakan program software ATENA V5 3D. Penelitian ini menggunakan metode analisis eksperimen kuantitatif. Perkerasan kaku dimodelkan menjadi 2 jenis yaitu : model perkerasan kaku tulangan melintang dan tanpa tulangan melintang dengan CBR tanah dasar 2%, dan model perkerasan kaku tulangan melintang dan tanpa tulangan melintang dengan CBR tanah dasar 6%. Dua jenis model perkerasan kaku dilakukan pengujian pembebanan yang dianalisis menggunakan program software ATENA V5 3D. Pembebanan dibagi menjadi 2 macam yaitu : pembebanan tepi dan pembebanan tengah. Beban yang digunakan adalah beban standar truk ukuran sedang. Hasil analisis perkerasan kaku dari program software ATENA V5 3D dibandingkan antara perkerasan kaku tulangan melintang CBR tanah dasar 2% dengan perkerasan kaku tulangan melintang CBR tanah dasar 6%. Hasil analisis dari program software ATENA V5 3D menunjukkan bahwa rata-rata pola retak pada perkerasan kaku dengan CBR tanah dasar 2% lebih besar daripada perkerasan kaku dengan CBR tanah dasar 6%

Kata Kunci : CBR, Perkerasan Kaku, Pola Retak, ATENA V5.

EFFECT OF CBR BASIC SOIL VARIATION ON CRACK PATTERN RIGID PAVEMENT WITH ADDITION OF TRANSVERSE REINFORCEMENT USING ATENA V5 3D SOFTWARE PROGRAM

ABSTRACT

The purpose of this research was to know the pattern of cracks in rigid pavement with the addition of transverse reinforcement above expansive soil with different CBR variations using the ATENA V5 3D software program. This study uses quantitative experiment analysis method. Rigid pavement is modeled into 2 types, namely: model of rigid pavement transverse reinforcement with CBR subgrade 2% and model of rigid pavement transverse reinforcement with CBR subgrade 6%. 2 types of rigid pavement models was conducted loading tests analyzed using the ATENA V5 3D software program. Loading was divided into 2 kinds: edge loading and middle loading. The load was used the standard load of a medium-sized truck. The results of the analysis of rigid pavement from the software program ATENA V5 3D compared between rigid pavement transverse reinforcement CBR subgrade 2% with rigid pavement transverse reinforcement CBR subgrade 6%. The results of the analysis of the software program ATENA V5 3D showed that the average pattern of cracking on rigid pavement with cbr subgrade 2% greater than rigid pavement with CBR subgrade 6%.

Keywords: CBR, Rigid Pavement, Crack pattern, ATENA V5.

PENDAHULUAN

Mengingat betapa pentingnya fungsi prasarana jalan yang dapat menggerakkan roda perekonomian, maka dengan berkembangnya zaman pula terus dilakukan pengembangan konstruksi. Dengan adanya pengembangan konstruksi pada prasarana jalan dapat meningkatkan tingkat kenyamanan dan keamanan dari jalan itu sendiri. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara melakukan penelitian pada material yang akan digunakan sebagai penyusun jalan tersebut. Salah satunya adalah material beton digunakan sebagai bahan perkerasan jalan (*rigid pavement*). Perkerasan kaku adalah perkerasan berupa pelat beton dengan atau tanpa tulangan di atas tanah dasar dengan atau tanpa fondasi bawah dan beban lalu lintas diteruskan ke atas pelat beton (Asiyanto, 2010). Kegagalan konstruksi perkerasan kaku yang terjadi pada tanah ekspansif pada prinsipnya sebagian besar disebabkan oleh pemahaman yang masih terbatas terhadap sifat-sifat tanah tersebut. Hal ini mengakibatkan metode analisis yang digunakan dalam penentuan penanganan menjadi kurang relevan. Kurangnya pemahaman para perencana dan pelaksana terhadap perilaku struktur perkerasan pada tanah ekspansif dan perilaku tanah ekspansif, sering menyebabkan cara pendekatan desain dan metode pelaksanaan yang dipilih kurang begitu tepat. Tentu saja hal ini akan berakibat pada mahalnya konstruksi penanganan yang harus diterapkan, bahkan beberapa konstruksi yang telah ditangani tidak sedikit mengalami kegagalan (Anonim, 2003).

Sejumlah penelitian terhadap beton/ perkerasan kaku telah banyak dilakukan diantaranya penelitian mengenai sifat mekanis beton seperti kuat tekan beton, kuat tarik beton, kuat Tarik lentur beton dan analisis perilaku gesernya. Untuk melakukan penelitian tersebut tidak sedikit biaya dan waktu yang dibutuhkan belum lagi ketersediaannya alat dan bahan serta tenaga kerja yang dibutuhkan. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang software, permasalahan tersebut dapat teratasi salah satunya dengan menggunakan software ATENA V5 yang berbasis elemen hingga. Metode elemen hingga merupakan prosedur numerik yang bisa dilakukan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan fisik dalam bidang engineering.

Permasalahan yang dapat dirumuskan terkait dengan penelitian ini: Bagaimanakah pengaruh perkerasan kaku penambahan tulangan melintang diatas tanah ekspansif dengan variasi CBR tanah dasar terhadap pola retak pada perkerasan kaku tersebut menggunakan program ATENA?

Dalam penyusunan penelitian ini diperlukan batasan masalah guna mendapatkan solusi yang dapat diselesaikan dari permasalahan yang ada. Batasan yang dapat ditentukan sebagai berikut,

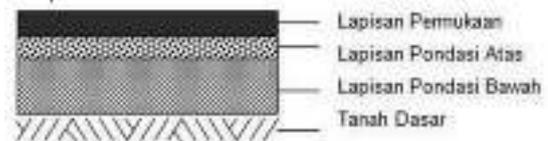
1. Jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan kaku dengan penambahan tulangan melintang (eksisting).
2. Analisis dilakukan dengan menggunakan program ATENA.
3. Variasi CBR yang digunakan adalah sebesar 2% dan 6% berdasarkan asumsi.

Pada penelitian ini yang akan dikaji adalah tentang aspek geoteknik yang menyebabkan perkerasan kaku menjadi rusak. Selain itu, dalam penelitian ini juga akan di analisis dan dikaji bagaimana pengaruh kerusakan tanah terhadap perkerasan kaku jalan raya.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan raya adalah suatu konstruksi yang disusun menjadi satu kesatuan yang kuat yang membentuk perkerasan jalan sebagai sarana maupun prasarana yang menjadi lintasan yang bermanfaat untuk melewati lalu lintas (*traffic*) dari suatu tempat ke tempat lain (Ida Hadijah, 2017).



Gambar 1 lapisan perkerasan jalan, Ida Hadijah 2017. Sumber: Ida (2017)

Seperti pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa perkerasan jalan raya dibuat berlapis – lapis bertujuan untuk menerima beban kendaraan yang melaluinya dan meneruskan kelapisan di bawahnya. Biasanya material yang digunakan pada lapisan – lapisan perkerasan jalan semakin ke bawah akan semakin berkurang kualitasnya. Karena lapisan yang berada di bawah lebih sedikit menahan beban, atau menahan beban ringan.

Berikut adalah penjelasan tentang lapisan – lapisan perkerasan jalan beserta fungsinya:

- a. Lapisan Permukaan
Lapisan permukaan terletak paling atas pada suatu jalan raya yang berfungsi sebagai penahan beban roda. Lapisan ini memiliki stabilitas yang tinggi, kedap air untuk melindungi lapisan dibawahnya sehingga air mengalir ke saluran di samping jalan, tahan terhadap keausan akibat gesekan rem kendaraan, dan diperuntukan untuk meneruskan beban ke lapisan bawah.
- b. Lapisan Pondasi Atas

Lapisan pondasi atas berfungsi untuk menahan gaya lintang akibat beban roda dan meneruskan beban ke lapisan berikutnya, sebagai bantalan untuk lapisan permukaan dan lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

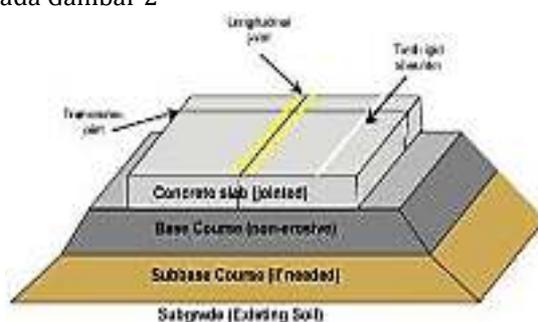
- c. Lapisan Pondasi Bawah
Lapisan ini berfungsi untuk menyalurkan beban dari lapis pondasi atas ke lapisan tanah dasar. Selain itu, lapisan pondasi bawah juga difungsikan untuk mencegah partikel halus masuk kedalam material perkerasan jalan dan melindungi agar air tidak dapat meresap ke lapisan tanah dasar.
- d. Lapisan Tanah Dasar
Lapisan tanah dasar merupakan bagian paling bawah pada lapisan perkerasan jalan raya. Fungsi utamanya yaitu sebagai tempat perlertakan jalan raya.

Perkerasan Kaku

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan beton semen sebagai bahan utama. Perkerasan kaku memiliki modulus elastisitas yang tinggi, distribusi beban terhadap bidang area tanah yang cukup luas. Sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri.

Desain perkerasan kaku di Indonesia umumnya menggunakan ketebalan 15, 25, dan 35 cm, pemilihannya disesuaikan pada tipe kelas jalan yang direncanakan, sehingga penelitian ini mengacu pada kebiasaan pemilihan ketebalan di Indonesia. Penggunaan mutu bahan $f'c$ 20, 25, dan 30 MPa digunakan karena kondisi di lapangan utamanya terkait dengan waktu setting, kemudahan pelaksanaan dan biaya pelaksanaan pengecoran.

Berikut ini konstruksi dari perkerasan kaku pada Gambar 2



Gambar 2. Bagian struktur perkerasan kaku
Sumber: Ida (2017)

Secara struktural, perkerasan kaku terdiri dari beberapa jenis yaitu :

- a. Perkerasan Kaku Bersambung Tanpa Tulangan (*Jointed Plain Rigid Pavement*)
Merupakan jenis perkerasan kaku yang memiliki cukup joint untuk mengurangi

terjadinya keretakan pada beton. Pelat beton semen bersambung tanpa tulangan tidak memiliki tulangan tetapi terdapat tulangan polos pada sambungan yang berfungsi sebagai *load transfer* dan memiliki tulangan ulir yang terletak pada sambungan memanjang.

- b. Perkerasan Kaku Bersambung dengan Tulangan (*Jointed Reinforced Rigid Pavement*)
Merupakan jenis perkerasan kaku yang mempunyai tulangan baja. Tulangan baja ini mengakibatkan jarak *joint* akan bertambah sebesar 10 m (30 feet) atau lebih. Tulangan baja difungsikan sebagai penahan retak akibat penyusutan beton.
- c. Perkerasan Kaku Menerus dengan Tulangan (*Continuously Reinforced Rigid Pavement*)
Merupakan jenis perkerasan kaku yang tidak memerlukan *contract joint*. Pada jenis perkerasan ini retak yang diharapkan terjadi pada pelat adalah 3 - 5 ft. Penulangan didesain 0,6 - 0,7% dari plat beton. Perkerasan kaku dengan perkuatan menerus mempunyai banyak sambungan melintang, kecuali pada penggunaan tertentu, seperti jembatan.
- d. Perkerasan Kaku Beton Prategang (*Prestressed Concrete Pavement*)
Merupakan jenis perkerasan kaku yang dikembangkan karena jenis beton pratekan memungkinkan untuk diterapkan pada perkerasan jalan. Potensi dari perkerasan kaku prategang adalah penggunaan bahan yang lebih efisien dan sambungan yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit dan kemungkinan terjadi retak akan lebih kecil, sehingga biaya pemeliharaan lebih sedikit dan umur perkerasan akan lebih lama. Pada perkerasan kaku konvensional, tegangan akibat beban roda dibatasi oleh kuat tarik lentur dari beton, jadi tebal perkerasan ditentukan oleh tegangan tarik yang terjadi akibat beban roda tidak melampaui kuat tarik lentur dari beton.

Karakteristik Tanah Ekspansif

Identifikasi dan klasifikasi tanah ekspansif secara empiris dilakukan dengan menggunakan parameter-parameter hasil dari uji indeks. Uji-uji indeks yang diperlukan adalah kadar air (SNI 03-1965-1990), batas cair (SNI 03-1967-1990), batas plastis (SNI 03-1966-1990), batas susut (SNI 03-3422-1994) dan analisis hidrometer (SNI 03-3423-1994). Pada umumnya, tanah dengan indeks plastisitas (PI) kurang dari 15 persen tidak akan memperlihatkan perilaku pengembangan. Untuk tanah dengan PI lebih besar dari 15 persen, kandungan kadar lempung harus dievaluasi di samping nilai-nilai batas Atterberg.

Tanah ekspansif memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis tanah pada umumnya, yaitu sebagai berikut:

- a. Mineral Lempung
Mineral lempung yang menyebabkan perubahan volume umumnya mengandung montmorillonite atau vermiculite, sedangkan illite dan kaolinite dapat bersifat ekspansif bila ukuran partikelnya sangat halus.
- b. Kimia Tanah
Meningkatnya konsentrasi kation dan bertambahnya tinggi valensi kation dapat menghambat pengembangan tanah. Sebagai contoh, kation Mg^{++} akan memberikan pengembangan yang lebih kecil dibandingkan dengan Na^+ .
- c. Plastisitas
Tanah dengan indeks plastisitas dan batas cair yang tinggi mempunyai potensi untuk mengembang yang lebih besar.
- d. Struktur Tanah
Tanah lempung yang berflokulasi cenderung bersifat lebih ekspansif dibandingkan dengan yang terdispersi.
- e. Berat Isi Kering
Tanah yang mempunyai berat isi kering yang tinggi menunjukkan jarak antar partikel yang kecil, hal ini berarti gaya tolak yang besar dan potensi pengembangan yang tinggi.

Pola Retak

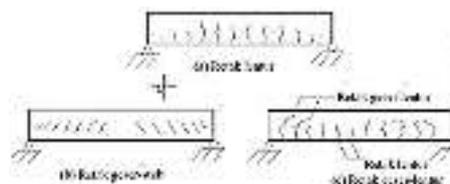
Retak adalah jenis kerusakan yang sering timbul pada struktur dengan material beton. Secara kasat mata retak pada beton nampak seperti garis. Retak pada struktur beton dapat terjadi saat beton belum mengeras maupu pada beton sesudah mengeras. Retak yang terjadi pada saat beton sudah mengeras biasanya terjadi karena beton terbebani, mengalami penurunan, dan mengalami penyusutan.

Retak struktural adalah retak beton yang terjadi setelah mengeras dikarenakan adanya pembebanan yang menimbulkan tegangan lentur, tegangan tarik, dan tegangan geser. Meskipun keretakan pada beton tidak dapat dicegah namun ukurannya dapat dibatasi dengan cara menyebarkan atau mendistribusikan ke tulangan.

Menurut Gilbert (1990) terdapat tiga jenis keretakan pada beton diantaranya:

- a. Retak Lentur (*flexural crack*), yang dapat terjadi di daerah yang mempunyai nilai momen lentur lebih besar dan gaya geser lebih kecil. Arah retak tegak lurus pada sumbu balok. (Terlihat pada Gambar 3)

- b. Retak Geser (*shear crack*), retak yang terjadi pada daerah garis netrak penampang dimana gaya geser maksimum dan tegangan aksial sangat kecil. (Terlihat pada Gambar 4)
- c. Retak geser – lentur (*flexural shear crack*), retaj yang terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Retak geser lentur merupakan penambatan retak miring dari retak lentur yang sesudah terjadi sebelumnya. (Terlihat pada Gambar 5)



Gambar 3. Jenis retak yang terjadi pada balok.

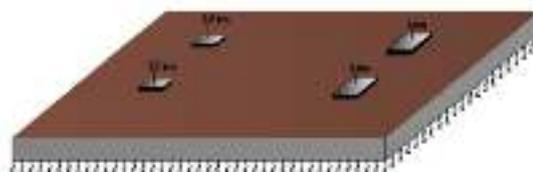
Program ATENA V5

ATENA merupakan program analisis non linear sturuktur beton bertulang yang berbasis elemen hingga. Dinar (2013) menuturkan bahwa permodelan beton dalam ATENA dimodelkan sebagai elemen hexahedral (CCIsoBrick) dan elemen tetrahedral (CCIsoTetra). Elemen hexahedral hanya digunakan untuk sebagai pembanding kedua jenis elemen, sementara itu untuk analisis numerik dan studi parameter pelat beton bertulang berongga bola digunakan elemen tetrahedral.

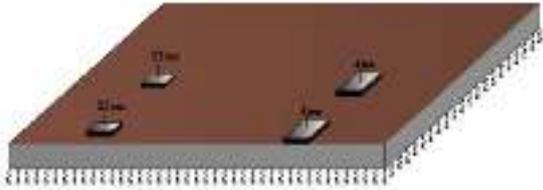
Pembebanan pada ATENA dilakukan dengan menerapkan beban titik pada pelat sehingga beban tersebar merata di luas permukaan beton itu sendiri. Pengujian ATENA dilakukan secara load control dengan cara menentukan besaran satu tahap dan jumlah tahap pembebanannya. Sementara itu pemantauan lendutan dilakukan dengan monitor for point yang diterapkan pada titik (node) tepat pada tengah bentang.

Model Pekerasan Kaku

Analisis menggunakan Program ATENA dapat dimodelkan pembebanan samping dan pembebanan tengah seperti pada Gambar 4 – 5 berikut,



Gambar 4. Penampang model pembebanan tengah



Gambar 5. Penampang model pembebanan tepi

Tanah dasar (*subgrade*) yang dipakai sebagai tumpuan lapisan perkerasan jalan diasumsikan sebagai tumpuan elastis yang dimodelkan sebagai tumpuan spring. Dalam analisis ini jarak antar tumpuan spring arah memanjang dan melintang sebesar 10 cm. Berdasarkan data tersebut maka nilai kekakuan spring $k_1, k_2,$ dan k_3 dapat dilihat pada gambar 6 dan dapat dihitung sebagai berikut:
 $k_1 = 5,00 \times 5,00 \times K_v$
 $k_2 = 5,00 \times 10,00 \times K_v$
 $k_3 = 10,00 \times 10,00 \times K_v$



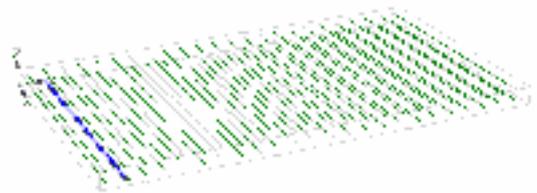
Gambar 6. Model Tumpuan Spring Pada Perkerasan Kaku

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analitis kuantitatif eksperimen dalam menganalisa pola retak yang dihasilkan dari beton tanpa tulangan dan beton dengan penambahan tulangan melintang

Dalam pengumpulan data, digunakan data sekunder yang didapatkan dari Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Jawa Tengah, dimana data tersebut digunakan untuk permodelan analisis struktur desain menggunakan ATENA.

Cravenka, Vladmir (2014) dalam jurnal ATENA simulation of crack propagation in concrack benchmark menuturkan bahwa program ATENA dapat digunakan untuk mensimulasikan perambatan retak pada beton dan struktur beton bertulang oleh model numerik berdasarkan mekanika fraktur.

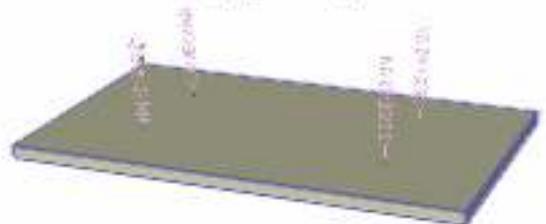


Gambar 6. Penampang model penulangan perkerasan kaku

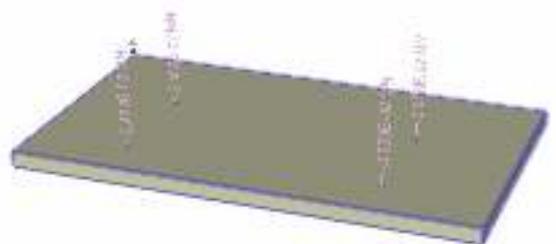
Tabel 1. Data dan sumber data



Gambar 7. Penampang model perkerasan kaku



Gambar 8. Penampang model pembebanan tengah perkerasan kaku



Gambar 9. Penampang model pembebanan tengah perkerasan kaku

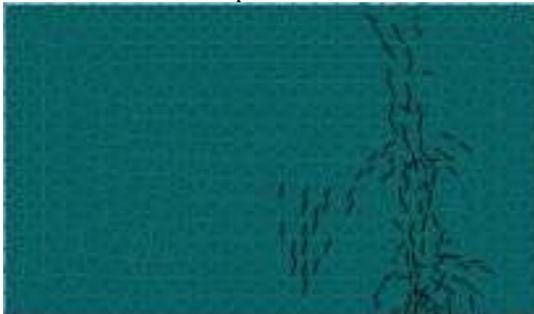
Data yang didapat dari software ATENA antara lain adalah bagaimana dan seberapa besar pola retaknya. Setelah mendapatkan data tersebut, kemudian dianalisis untuk dibandingkan variasi mana keretakan yang paling minimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Pola Retak Menggunakan Program ATENA

- Pola Retak Pada Nilai CBR 2 %
Berikut merupakan hasil dari analisis dari model perkerasan kaku pada perletakan pembebanan tepi dan pembebanan tengah dengan input nilai CBR sebesar 2%

1. Pembebanan Tepi



Gambar 10. Pola Retak Perkerasan Kaku Tanpa Tulangan pada pembebanan Tepi



Gambar 11. Pola Retak Perkerasan Kaku dengan Penambahan Tulangan Melintang pada pembebanan Tepi

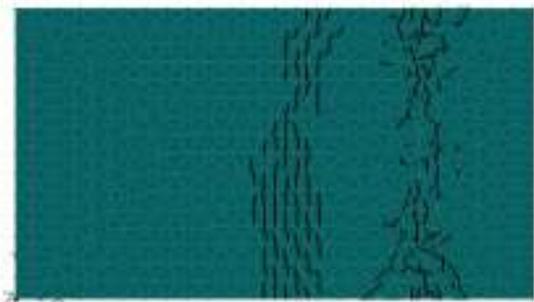
Berdasarkan Gambar 10 dan 11 diatas terlihat perbedaan pola retak antara perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan perkerasan kaku dengan penambahan tulangan. Kerusakan / keretakan terbesar yang timbul terjadi pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan. Hal ini juga didukung dengan persentase node yang mengalami retak lebih banyak dari pada persentase node pada perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan praktis. Untuk persentase node yang mengalami retak pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan yaitu sebesar 23,18% (kerusakan di 99 node dari 427 node). Sedangkan persentase node yang mengalami retak pada perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan melintang

adalah 9,13% (kerusakan di 39 node dari 427 node). Perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan melintang mampu

No	Data	Sumber Data
1.	Data Riwayat Jalan	Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah
2.	Data Kelas Jalan	Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah
3.	Data LHR	Dinas Bina Marga, Dinas Perhubungan Propinsi Jawa Tengah
4.	Data Uji Klasifikasi Tanah	Dinas Bina Marga Propinsi Jawa Tengah dan studi literature
5.	Data jenis perkerasan jalan	Pd T-10-2005-B, NSPM Perkerasan Jalan Bina Marga

mengurangi jumlah node yang mengalami retak sebesar 14,05% dibandingkan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan.

2. Pembebanan Tengah



Gambar 12. Pola Retak Perkerasan Kaku Tanpa Tulangan pada pembebanan Tengah



Gambar 13. Pola Retak Perkerasan Kaku dengan Penambahan Tulangan Melintang pada pembebanan Tengah

Berdasarkan Gambar 12 dan 13 diatas terlihat perbedaan pola retak antara perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan perkerasan kaku dengan penambahan tulangan. Kerusakan / keretakan terbesar yang timbul terjadi pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan. Hal ini juga didukung dengan persentase node yang mengalami retak lebih banyak dari pada

persentase node pada perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan praktis. Untuk persentase node yang mengalami retak pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan yaitu sebesar 33,25% (kerusakan di 142 node dari 427 node). Sedangkan persentase node yang mengalami retak pada perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan melintang adalah 17,3% (kerusakan di 74 node dari 427 node). Perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan melintang mampu mengurangi jumlah node yang mengalami retak sebesar 15,92% dibandingkan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan.

- Pola Retak Pada Nilai CBR 6 %
Berikut merupakan hasil dari analisis dari model perkerasan kaku pada perletakan pembebanan tepi dan pembebanan tengah dengan input nilai CBR sebesar 6%

1. Pembebanan Tepi



Gambar 14. Pola Retak Perkerasan Kaku Tanpa Tulangan pada pembebanan Tepi



Gambar 15. Pola Retak Perkerasan Kaku dengan Penambahan Tulangan Melintang pada pembebanan Tepi

Berdasarkan gambar 14 dan 15 diatas terlihat perbedaan pola retak antara perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan perkerasan kaku dengan penambahan tulangan. Kerusakan / keretakan terbesar yang timbul terjadi pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan. Hal ini juga didukung dengan persentase node yang mengalami retak lebih banyak dari pada persentase node pada perkerasan kaku

bersambung dengan penambahan tulangan praktis. Untuk persentase node yang mengalami retak pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan yaitu sebesar 7,25% (kerusakan di 31 node dari 427 node). Sedangkan persentase node yang mengalami retak pada perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan melintang adalah 7,02% (kerusakan di 30 node dari 427 node). Perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan melintang mampu mengurangi jumlah node yang mengalami retak sebesar 0,23% dibandingkan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan.

2. Pembebanan Tengah



Gambar 16. Pola Retak Perkerasan Kaku Tanpa Tulangan pada pembebanan Tengah



Gambar 17. Pola Retak Perkerasan Kaku dengan Penambahan Tulangan Melintang pada pembebanan Tengah

Berdasarkan gambar 16 dan 17 diatas terlihat perbedaan pola retak antara perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dengan perkerasan kaku dengan penambahan tulangan. Kerusakan / keretakan terbesar yang timbul terjadi pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan. Hal ini juga didukung dengan persentase node yang mengalami retak lebih banyak dari pada persentase node pada perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan praktis. Untuk persentase node yang mengalami retak pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan yaitu sebesar

13,11% (kerusakan di 56 node dari 427 node). Sedangkan persentase node yang mengalami retak pada perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan melintang adalah 11,94% (kerusakan di 51 node dari 427 node). Perkerasan kaku bersambung dengan penambahan tulangan melintang mampu mengurangi jumlah node yang mengalami retak sebesar 1,17% dibandingkan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan.

Surat. 2011. *Analisis Perkerasan Jalan di Atas Tanah Ekspansif (Studi Kasus : Ruas Jalan Purwodadi-Blora)*. Surakarta. Magister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.

KESIMPULAN

- Rata-rata kerusakan / retak paling besar terjadi pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan dari pada perkerasan kaku dengan penambahan tulangan melintang.
- Penambahan tulangan praktis untuk perkerasan kaku bersambung, dapat mengurangi dampak kerusakan berupa retak pada pelat

SARAN

- Perlu adanya penyelidikan geoteknik terhadap tanah dasar sesuai dengan kondisi riil di lapangan sehingga dapat dijadikan nilai input yang lebih spesifik.
- Perlu ada verifikasi program ATENA dengan benda uji di laboratorium struktur untuk verifikasi pada penelitian ini untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2010. *Metode Konstruksi Proyek Jalan*. Jakarta. Universitas Indonesia.
- Cervenka, J., Jendele, L., & Smilauer, V. (2014). ATENA simulation of crack propagation in CONCRACK benchmark. *European journal of environmental and civil engineering*, 18(7), 828-844.
- Cervenka, Vladimir, Jan Cervenka, dan Radomir Pukl (2002). ATENA—A tool for engineering analysis of fracture in concrete. *Sadhana*. India
- Ida, Harizalsyah. 2017. *Perencanaan Jalan Dengan Perkerasan Kaku Menggunakan Metode Analisa Komponen Bina Marga (STUDI KASUS : KABUPATEN LAMPUNG TENGAH PROVINSI LAMPUNG)*. Lampung. Universitas Muhamadiyah Metro.
- Jati, Dinar. 2013. *Analisis Lentur Pelat Satu Arah Beton Bertulang Berongga Bola Menggunakan Metode Elemen Hingga Non Linier*. Yogyakarta. Universitas Atma Jaya.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Manual Perkerasan Jalan*. Jakarta
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. *Pedoman Pelaksanaan Kunjungan Lapangan Pelatihan Perkerasan Kaku*. Bandung.

FASILITAS PENYEBRANGAN YANG SESUAI UNTUK KOTA DENPASAR

Cokorda Putra Wirasutama,¹

¹ Universitas Mahasaraswati Denpasar, Denpasar, Indonesia
Surel: cokputra@unmas.ac.id

Diterima: 20 Juni 2021

; Disetujui : 7 Juli 2021

ABSTRAK

Perkembangan perkotaan yang sangat pesat dan proyeksi pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi di Indonesia pada umumnya dan Kota Denpasar pada khususnya, mengakibatkan permasalahan transportasi perlu segera diantisipasi agar tidak menimbulkan efek negatif di kemudian hari. Antisipasi ini, terutama di kawasan perkotaan dengan populasi yang cukup besar, salah satunya bertujuan agar masyarakat di kota tersebut tetap dapat menjalani kehidupan yang manusiawi. Pola pembangunan yang menitikberatkan pada pertumbuhan ekonomi sering kali menyebabkan terabaikannya pembangunan-pembangunan infrastruktur yang *dianggap* "tidak menjual" atau tidak menghasilkan apa-apa dari segi ekonomi. Pembangunan fasilitas penyebrangan untuk pedestrian atau pejalan kaki merupakan salah satu fasilitas yang kurang diperhatikan pada pembangunan Kota Denpasar. Sedangkan sebenarnya secara teori, fasilitas khusus untuk penyebrangan pejalan kaki harus disediakan mengingat kekhususan dari karakteristik grup ini. Melihat pengalaman di negara-negara maju, fasilitas penyebrangan pejalan kaki potensial untuk diterapkan di Kota Denpasar, namun kondisi masyarakat dan sistem yang berbeda tentu menuntut penyesuaian tertentu sebelum fasilitas yang terbukti efektif di negara maju juga bisa diterapkan di Kota Denpasar. Dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui fasilitas penyebrangan bagi pejalan kaki yang sesuai dan applicable untuk dapat diterapkan di Kota Denpasar, sehingga Kota Denpasar dapat menjadi kota yang manusiawi terhadap pejalan kaki.

Kata kunci : Fasilitas Penyeberangan, Pejalan Kaki

SUITABLE CROSSING FACILITIES FOR DENPASAR CITY

ABSTRACT

The very rapid urban development and the projected high economic growth in Indonesia in general and Denpasar City in particular, have resulted in transportation problems that need to be anticipated immediately so as not to cause negative effects in the future. This anticipation, especially in urban areas with a fairly large population, is one of the aims so that people in the city can still lead a humane life. The pattern of development that focuses on economic growth often results in the neglect of infrastructure developments that are considered "non-sell" or produce nothing from an economic point of view. The construction of crossing facilities for pedestrians or pedestrians is one of the facilities that is not considered in the development of Denpasar City. Whereas in theory, special facilities for pedestrian crossings should be provided considering the specificity of the characteristics of this group. Looking at the experience in developed countries, pedestrian crossing facilities have the potential to be implemented in Denpasar City, but different community conditions and systems certainly require certain adjustments before facilities that are proven effective in developed countries can also be applied in Denpasar City. From this research, it is hoped that the appropriate and applicable pedestrian crossing facilities can be applied in Denpasar City, so that Denpasar City can become a city that is humane to pedestrians.

Keywords: Crossing Facilities, Pedestrians

PENDAHULUAN

Kota-kota di Indonesia telah berkembang dengan pesat dalam pengertian intensitas aktivitas sosio-ekonomi dan luas wilayah perkotaannya, seiring dengan kemajuan ekonomi yang telah terjadi. Kecenderungan saat ini memperlihatkan bahwa di tahun-tahun yang akan datang perkembangan serupa akan terus terjadi. Pola aktivitas masyarakat berubah, baik dalam hal jenis maupun kuantitasnya. Peningkatan jumlah pergerakan yang terjadi yang ditimbulkan oleh berkembangnya aktivitas masyarakat perkotaan, menuntut penambahan prasarana perkotaan. Sementara itu keterbatasan

sumber daya menyebabkan penambahan fasilitas-fasilitas yang "tidak menjual" sering kali tertinggal atau memang ditinggalkan dibandingkan fasilitas lain yang dapat menghasilkan nilai uang tertentu. Fasilitas untuk pejalan kaki termasuk kategori "tidak menjual" ini. Fenomena ini terjadi praktis di semua kota besar di Indonesia. Implikasinya adalah semakin tidak manusiawinya fasilitas untuk pejalan kaki, termasuk fasilitas penyebrangan pejalan kaki, yang pada akhirnya akan mengakibatkan tingkat keselamatan pejalan kaki yang menurun dan keengganan masyarakat untuk berjalan kaki sebagai salah satu cara untuk mencapai tujuan.

Sementara itu, di negara-negara maju telah tumbuh gerakan untuk memperbaiki lingkungan untuk pejalan kaki sehingga perjalanan mereka dapat lebih aman dan nyaman. Berjalan adalah seperti lem yang merekatkan bangkitan-bangkitan perkotaan menjadi satu. Hampir semua orang berjalan. Orang-orang cacat memerlukan fasilitas yang sama seperti pejalan kaki, tempat berjalan yang nyaman, akses ke angkutan umum dan akses yang mudah menuju bangunan dan pusat-pusat aktivitas.

Tulisan ini mencoba mengetahui fasilitas-fasilitas penyebrangan pejalan kaki seperti apa yang sesuai dan applicable untuk dapat diterapkan di Kota Denpasar. Metode yang digunakan adalah dengan mencari referensi melalui situs-situs di internet yang menginformasikan tentang keberhasilan penerapan fasilitas-fasilitas penyebrangan pejalan kaki yang baik di kota-kota lain di dunia. Sehingga ke depannya, diharapkan Kota Denpasar dapat mencontoh kota-kota tersebut dan bisa lebih manusawi terhadap para pejalan kaki.

Dari paparan di atas, dapat dirumuskan suatu masalah bahwa dibutuhkan suatu penelitian untuk mengetahui tentang fasilitas-fasilitas penyebrangan pejalan kaki yang sesuai dan applicable untuk dapat diterapkan di Kota Denpasar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui fasilitas-fasilitas penyebrangan pejalan kaki yang sesuai dan applicable untuk dapat diterapkan di Kota Denpasar.

Manfaat penelitian ini adalah: bagi penulis, untuk mengetahui tentang fasilitas-fasilitas penyebrangan pejalan kaki yang baik; bagi instansi terkait, untuk dapat menerapkan pembangunan fasilitas penyebrangan pejalan kaki agar Kota Denpasar dapat menjadi kota yang lebih manusiawi.

Referensi yang dipakai adalah dari situs-situs internet yang relevan dengan pembahasan tentang fasilitas penyebrangan pejalan kaki.

KAJIAN PUSTAKA

Aktivitas pejalan kaki yang tinggi pada jaman dulu diasosiasikan dengan standar hidup yang rendah dan kegiatan ekonomi yang belum maju. Belakangan ini, Eropa dan kota-kota besar lain yang mempunyai lingkungan pejalan kaki kelas dunia mempunyai standar hidup dan kualitas kehidupan yang tinggi.

Perubahan kecil dalam perilaku perjalanan yang menyertakan pemakaian moda sosial dan sustainable, seperti berjalan dan bersepeda, terutama untuk perjalanan jarak dekat, dapat membuat perubahan besar dalam skala luas.

Jika lebih banyak orang di perkotaan dan di pinggiran kota beralih ke berjalan untuk perjalanan jarak dekat, maka akan membawa pengaruh besar pada :

- Kesehatan individu, melalui berkurangnya penyakit yang berhubungan dengan hati dan jantung serta berkurangnya obesitas dan penyakit yang berhubungan dengan obesitas.
- Kualitas hidup lokal dan interaksi sosial lokal, karena lebih banyak orang berjalan di lingkungan mereka.
- Kualitas lingkungan lokal, melalui berkurangnya gangguan lalu lintas ke jalan lokal, dan mengurangi efek gas rumah kaca dan polutan.
- Kemacetan lalu lintas, melalui berkurangnya pemakaian kendaraan pribadi.
- Kelangsungan hidup dari jasa dan pusat perbelanjaan lokal, karena lebih banyak orang menggunakan fasilitas lokal mereka dibanding melewatinya dengan menggunakan kendaraan.

Manfaat menyediakan fasilitas pejalan kaki adalah penting untuk mencapai jenis kota dan lingkungan yang ingin ditinggali oleh masyarakat. Berjalan dan perbaikan fasilitas untuk pejalan kaki bukan hanya masalah transportasi dan tata guna lahan. Banyak negara sudah menyadari mata rantai antara sasaran mereka dan kebutuhan untuk lingkungan berjalan kaki yang lebih aman dan nyaman. Data yang tersedia untuk daerah Melbourne, kira-kira 16% dari semua perjalanan dilakukan dengan berjalan kaki, ini adalah rata-rata dari keseluruhan area metropolitan. Prosentase perjalanan pejalan kaki lebih tinggi di dalam kota untuk perjalanan dalam jarak 1-2 km dibanding untuk tujuan dan jarak yang sama di pinggiran kota. Lingkungan yang lebih sesuai untuk berjalan kaki mendorong orang untuk memperbesar prosentase perjalanan mereka dengan berjalan kaki.

Kota yang terpadu adalah kota yang perumahan, tempat bekerja dan pelayanan jasa-jasa terletak dalam jarak yang berdekatan. Berjalan menjadi pilihan yang lebih praktis untuk menuju tempat-tempat tersebut. Pusat-pusat aktivitas dibuat untuk lebih mudah diakses oleh orang banyak dengan berjalan kaki atau bersepeda, dan akan memiliki fasilitas yang lebih lengkap, termasuk kesehatan, pendidikan, dan fasilitas-fasilitas umum yang lain. Perumahan juga akan berlokasi dekat dengan pusat aktivitas dan dalam jarak berjalan kaki.

PRINSIP-PRINSIP DALAM PENYEDIAAN FASILITAS PEJALAN KAKI

Pedestrian selain pejalan kaki termasuk juga :

- orang yang memakai kursi roda bermotor tetapi tidak dapat berjalan dengan kecepatan 10 km/jam, dan
- orang memakai kursi roda tak bermotor, dan

- orang yang mendorong kursi roda bermotor maupun tidak bermotor, dan
- orang dalam alat rekreasi beroda atau mainan beroda.

Pedestrian adalah kelompok khusus dan fasilitas pedestrian harus didesain untuk mengakomodasi kekhususan ini. Kelompok ini termasuk anak-anak, orang usia lanjut dan orang cacat. Pada tahun 1988, Biro Statistik Australia mensurvei bahwa 16 % dari populasi menderita cacat baik penglihatan, pendengaran atau gerakan.

Tiga kelompok pedestrian memiliki resiko kecelakaan yang tinggi yaitu anak-anak, orang berusia di atas 60 tahun dan orang dengan kandungan alkohol yang tinggi dalam darah.

- Anak-anak
Proporsi tinggi kecelakaan anak-anak yang berjalan kaki muncul pada perjalanan pulang dari sekolah pada jalan-jalan kolektor atau lokal. Kendaraan parkir yang mengganggu pandangan anak-anak adalah faktor signifikan pada banyak kecelakaan, dan anak-anak jarang menggunakan fasilitas pedestrian dengan benar. Anak-anak kurang menyadari situasi berbahaya dan tindakan khusus perlu dilakukan untuk mengurangi resiko.
- Orang usia lanjut
Orang berusia lanjut cenderung untuk menggunakan fasilitas pedestrian dengan benar tetapi sering mengalami kecelakaan pada jalur lurus tidak terpisah pada jalan arteri dan pada persimpangan yang jauh dari kontrol lalu lintas. Pedestrian berusia lanjut juga sering mengalami kecelakaan pada halte trem atau lokasi angkutan publik lain.
- Alkoholik
Lebih dari 40 % kecelakaan pada pedestrian dewasa di Victoria, Australia, melibatkan pedestrian dengan alkohol dalam darah dan seperempatnya memiliki kadar alkohol yang sangat tinggi dalam darahnya. Banyak dari kecelakaan ini yang terjadi pada waktu malam.

Fasilitas kontrol lalu lintas memungkinkan pedestrian untuk menyebrangi arus lalu lintas. Ini dapat dicapai dengan pengaturan yang mengatur pengendara untuk berhenti pada saat pedestrian menyebrangi jalan pada fasilitas penyebrangan, seperti penyebrangan anak-anak atau penyebrangan pejalan kaki, atau dengan sinyal yang dinyalakan oleh pejalan kaki. Tambahan lagi, pengawasan dari orang dewasa dapat dilakukan pada penyebrangan anak-anak dan lokasi sinyal lalu lintas, untuk meningkatkan keselamatan menyebrang dari anak-anak sekolah. Fasilitas kontrol lalu lintas menghasilkan waktu terpisah untuk pejalan kaki dan kendaraan. Fasilitas

overpass atau underpass bagi pejalan kaki, menghasilkan pemisahan spasial antara pejalan kaki dan kendaraan. Zona berbagi menghasilkan lingkungan dimana pejalan kaki dan kendaraan terintegrasi.

Berjalan dapat didefinisikan dalam empat cara yang berbeda :

- Sebagai suatu moda akses atau fungsional, berjalan sebagai transportasi untuk menuju sekolah atau toko.
- Sebagai suatu sub-moda akses, adalah sebagai cara yang utama untuk mencapai jasa angkutan umum.
- Sebagai moda rekreasi, termasuk berjalan santai, bermain dan berjalan dengan anjing, dan
- Sebagai moda sirkulasi, di mana orang beraktivitas dengan berjalan kaki di ruang-ruang publik, seperti melihat-lihat toko (window shopping), bercakap-cakap dengan tetangga dan para teman serta minum-minum di kafe pinggir jalan.

Dengan kata lain, berjalan bukan hanya transportasi, tapi juga suatu bagian penting penggunaan ruang-ruang publik. Berjalan adalah suatu unsur integral dari sebagian besar perjalanan dan dapat diumpamakan seperti oli yang membantu sistem untuk berjalan dengan mulus.

PANDUAN UMUM

Tabel 2.1 akan membantu dalam pemilihan fasilitas pejalan kaki yang sesuai, menurut fungsi dari jalan. Tabel ini maupun panduan yang lebih spesifik di belakang, tidak seharusnya dipakai sebagai kriteria satu-satunya untuk mempertimbangkan pembangunan fasilitas pejalan kaki. Nilai-nilai kapasitas, keselamatan dan tingkat pelayanan untuk semua pemakai jalan harus juga dipertimbangkan.

Tabel 1. Panduan Untuk Memilih Fasilitas Pejalan Kaki Yang Sesuai Terhadap Fungsi Jalan Tertentu

Fungsi Jalan	OP /UP	SOP	PDL	PTL	PA2	Me
Jalan Tol	√√	X	X	x	x	X
Arteri Primer	√	√√	X	x	√ ¹	√√ ²
Arteri Sekunder	√	√√	√	x	√	√√ ²
Kolektor Lokal	x	√	√	√	√√	√√
	*	*	√ ³	√ ³	√	√

Keterangan :
 OP (Over Pass); UP (Under Pass); SOP (Sinyal Operasional Pedestrian); PDL (Penyebrangan Dengan Lampu); PTL (Penyebrangan Tanpa Lampu); Me (Median).

- √√ : Seringkali sesuai
- √ : Kemungkinan sesuai
- x : Tidak sesuai
- * : Fasilitas pejalan kaki tidak diperlukan

- 1 Penyebrangan anak-anak kadang-kadang diguna-kan pada arteri primer dengan volume rendah
- 2 Selama lebar yang tersedia cukup untuk mempertahankan jumlah lajur jalan
- 3 Zebra cross mungkin sesuai pada pusat perbelanjaan lokal

Faktor-faktor lain yang perlu diperhatikan antara lain zona kecepatan, jalur khusus, fasilitas terdekat, tipe pejalan kaki, geometrik jalan, sejarah kecelakaan, tata guna lahan, alternatif fasilitas pejalan kaki lain dan kondisi spesifik lokasi.

FASILITAS PENYEBRANGAN PEJALAN KAKI Penyebrangan Anak-anak (Children’s Crossings)

Definisi penyebrangan anak-anak adalah area di jalan pada sebuah tempat dengan garis stop tertulis di jalan, dan bendera penyebrangan anak-anak; diindikasikan oleh 2 tiang merah dan putih berdiri di kedua sisi jalan, atau 2 garis putus-putus atau menerus yang paralel pada permukaan jalan dari satu sisi jalan ke sisi jalan yang lain; dan melintang jalan antara tiang-tiang atau garis-garis.

Tempat penyebrangan anak-anak dapat dipertimbangkan pada lokasi dimana selama pada jam normal sekolah, 20 atau lebih anak menyebrang jalan dalam jarak 20 m dari lokasi penyebrangan dan arus kendaraan selama waktu yang sama melebihi 50 kendaraan/jam.

Tempat penyebrangan anak-anak tidak boleh dibangun hanya untuk keperluan anak-anak TK, kecuali anak-anak tersebut ditemani oleh orang dewasa pada saat menyebrang.

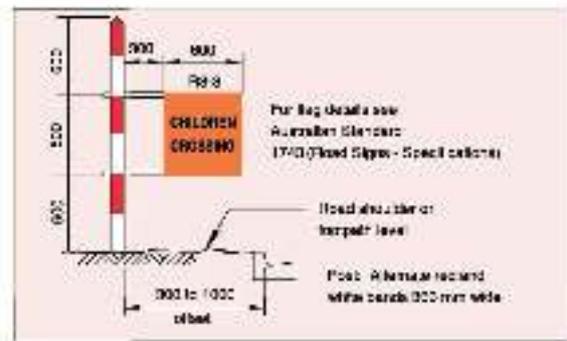


Gambar 1 Penyebrangan Anak-Anak
 Sumber: (Vicroads 2008)

Penyebrangan ini tidak boleh dibangun bila batas kecepatan selama pemakaian melebihi 60 km/jam. Seorang pengendara tidak boleh berhenti pada penyebrangan anak-anak, atau pada jalan dalam jarak 20 m sebelum penyebrangan dan 10 m setelah

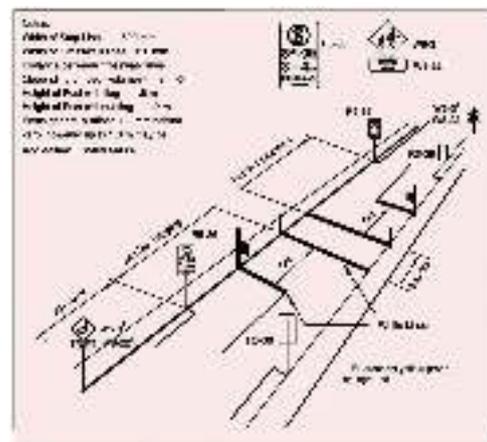
penyebrangan (kecuali ada tanda boleh parkir), untuk menghasilkan jarak pandang yang cukup bagi anak-anak yang menunggu untuk menyebrang. Daerah 20 m dan 10 m tidak boleh berhenti tersebut tidak harus diberi tanda, tapi sebaiknya diberi tanda. Akan ada situasi dimana jarak tersebut perlu diperpanjang, dalam kasus ini pemberian tanda diperlukan. Daerah 20 m dan 10 m tidak boleh berhenti hanya bisa dikurangi apabila jalan tersebut sempit. Pada kasus ini, tanda boleh parkir harus dipasang.

Keamanan yang diperlukan oleh anak-anak pada lokasi tertentu, harus dipertimbangkan sebagai bagian rencana manajemen yang komprehensif untuk keselamatan anak-anak pada lingkungan sekitar. Sebuah rute aman menuju sekolah sangat direkomendasikan. Pengaturan tentang hal ini harus meyakinkan bahwa rencana-rencana manajemen termasuk solusi teknik yang tepat untuk menghasilkan lingkungan yang aman bagi anak-anak sehari-hari penuh.

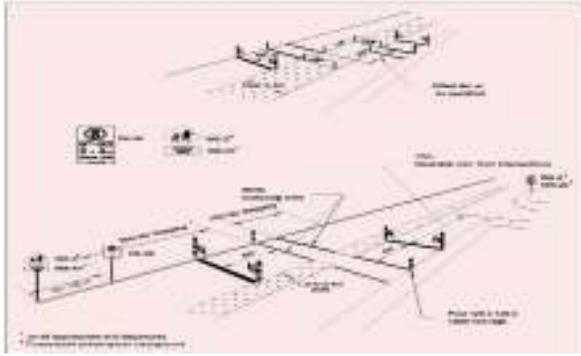


Gambar 2 Detail tiang dan bendera
 Sumber: (Vicroads 2008)

Resiko kecelakaan anak-anak menyebrang jalan pada lokasi tertentu tergantung dari volume lalu lintas, kecepatan kendaraan, jarak pandang dan jumlah anak yang menyebrang. Anak-anak sekolah dasar terutama berada pada resiko terbesar.



Gambar 3 Denah Standar Untuk Penyebrangan Anak-Anak
 Sumber: (Vicroads 2008)



Gambar 4 Denah standar untuk penyebrangan anak-anak pada jalan terpisah
Sumber: (Vicroads 2008)

Penyebrangan Jalan (Zebra Crossings)

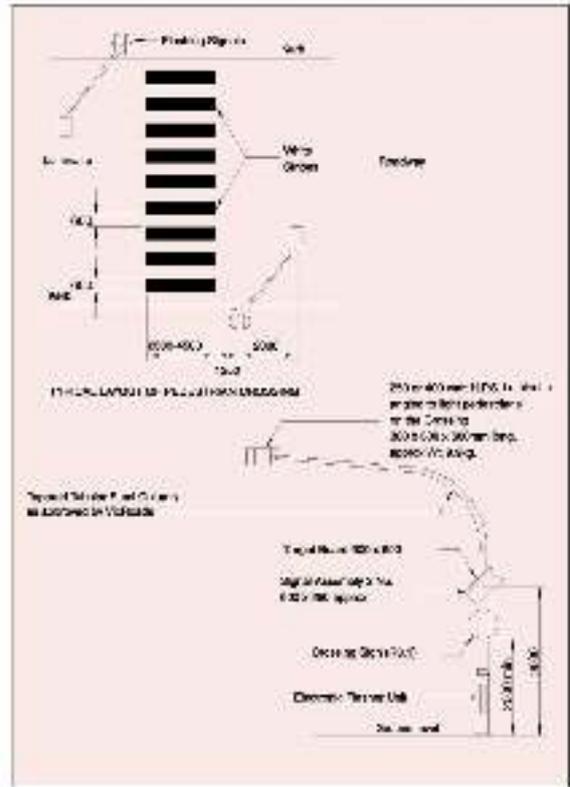
Sebuah penyebrangan jalan didefinisikan sebagai sebuah area di jalan pada tempat yang memiliki tanda penyebrangan jalan (dengan atau tanpa lampu kuning kembar), dan diindikasikan oleh garis-garis putih di permukaan jalan yang paralel satu sama lain dari satu sisi jalan sampai ke sisi yang lain.



Gambar 5 Tanda Penyebrangan Pejalan Kaki
Keterangan: Lambang dan border (Hitam); Latar Belakang (Kuning)

Pemasangan penyebrangan jalan dengan lampu mungkin sesuai untuk kondisi:

- Jumlah pejalan kaki yang menyebrang dalam jarak 20 m dari lokasi penyebrangan melebihi 60 orang/jam, dan
- Jumlah kendaraan/jam dimana pejalan kaki harus menyebrang melebihi 500.



Gambar 6 Penyebrangan pejalan kaki dengan lampu berpijar
Sumber: (Vicroads 2008)

Penyebrangan jalan tanpa lampu dapat dipasang pada persimpangan dimana banyak pejalan kaki dan keselamatan pejalan kaki tidak tercapai karena jarak pandang yang buruk. Akan tetapi, pemasangan ini hanya dilakukan pada kondisi-kondisi tertentu.

Lokasi yang sesuai:

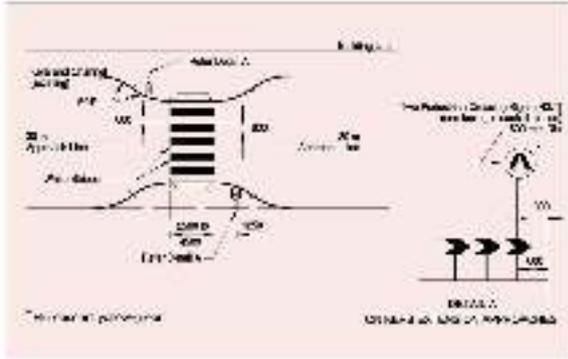
- jalan kolektor dan lokal dimana kecepatan lalu lintas rendah,
- tempat kendaraan parkir,
- situasi off-road lain, seperti tempat parkir karavan.

Lokasi yang tidak sesuai:

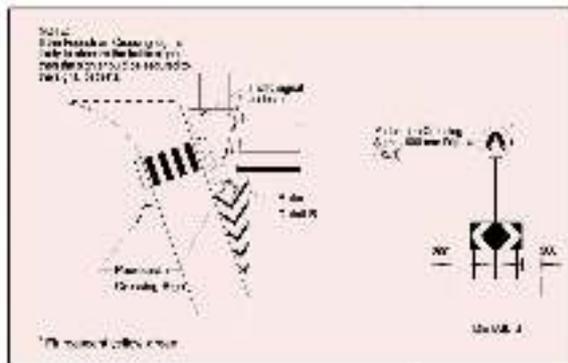
- melewati jalan arteri,
- dimana jarak pandang buruk pada pendekatan ke arah lokasi penyebrangan yang diusulkan, atau dimana cahaya dari alat tersebut kurang optimal.

Panduan umum:

- Volume pejalan kaki 20 atau lebih per jam.
- Volume kendaraan 200 atau lebih per jam.
- Batas kecepatan 50 km/jam atau kurang.
- Kecepatan kendaraan 60 km/jam (persentil 85) atau kurang.



Gambar 7 Tipe fasilitas pelebaran kerb
 Sumber: (Vicroads 2008)



Gambar 8 Penyebrangan jalan tanpa lampu berpijar
 Sumber: (Vicroads 2008)

Pedestrian Operated Signal (POS)

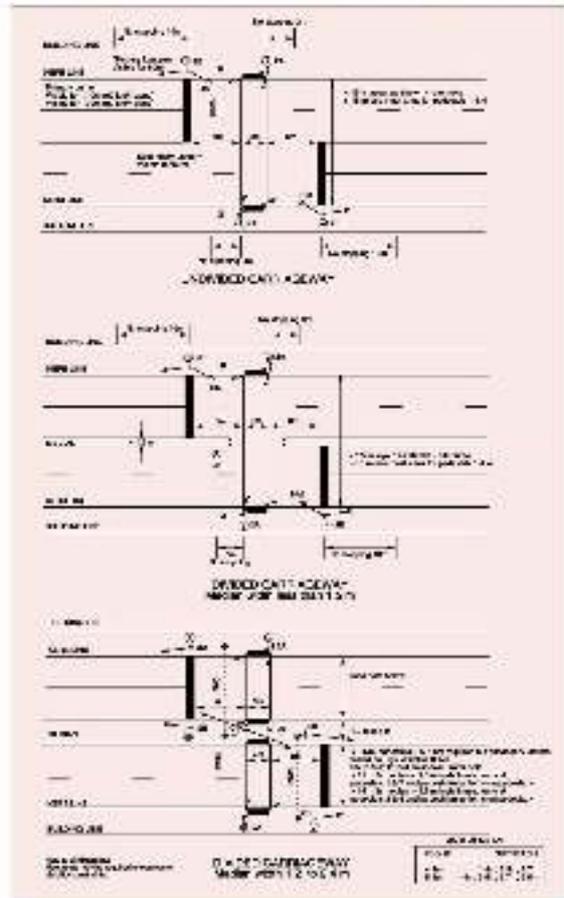
POS harus dipasang pada jalan dengan batas kecepatan di atas 80 km/jam. Jika diperlukan, batas kecepatan dapat diturunkan menjadi 80 km/jam atau kurang. POS untuk anak sekolah secara fungsional sama dengan POS biasa.

POS dapat dipasang mengacu pada panduan berikut:

- Pada setiap jam pada hari kerja rata-rata :
 Jumlah pejalan kaki yang menyebrang dalam jarak 20 m dari daerah POS melebihi 100, dan Jumlah kendaraan dimana pejalan kaki menyebrang melebihi 500 pada jalan yang tidak terpisah atau 1000 pada jalan yang bermedian,
 atau
- Zebra Cross normalnya bisa diijinkan tetapi operasional penyebrangan dapat berpengaruh terhadap perjalanan kendaraan dari atau ke instalasi sinyal lalu lintas terdekat dan akan lebih praktis untuk operasional sinyal pejalan kaki pada atau di dekat lokasi usulan untuk dikoordinasikan dengan sinyal terdekat, atau
- Zebra cross normalnya bisa diijinkan, tetapi akan berbahaya untuk pejalan kaki akibat kondisi dari lokasi, misalnya orang cacat atau

orang berusia lanjut, kecepatan pendekat kendaraan yang tinggi, volume lalu lintas yang tinggi dan jarak pandang yang buruk,
 atau

- Dimana catatan kecelakaan menunjukkan bahwa dua atau lebih kecelakaan pejalan kaki telah muncul pada 3 tahun terakhir.



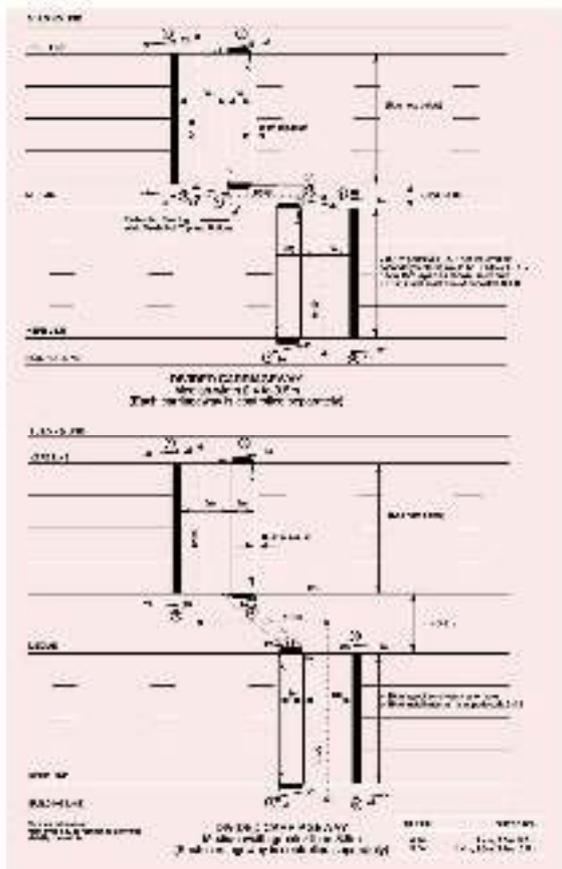
Gambar 9 Denah POS
 Sumber: (Vicroads 2008)

Jika penyebrangan terutama ditujukan untuk penyebrangan anak sekolah, fasilitas tersebut mungkin sesuai dimana :

- Jumlah anak menyebrang jalan pada jarak 20 m dari lokasi yang diusulkan melebihi 50 per jam, dan
- Jumlah kendaraan dimana anak-anak menyebrang selama jam tertentu melebihi 500, dan
- Hasil perkalian antara jumlah anak dan jumlah kendaraan melebihi :
 25.000 untuk anak sekolah dasar, atau
 34.000 untuk anak sekolah menengah.

Jika panduan untuk penyebrangan anak-anak dengan bendera telah terpenuhi, tetapi jalan memiliki volume lalu lintas yang tinggi, POS mungkin sesuai dipergunakan. Untuk POS di

sekolah mungkin sesuai untuk menggunakan zona kecepatan sekolah.



Gambar 10 Denah POS (lanjutan)
 Sumber: (Vicroads 2008)

Penyebrangan Puffin (Puffin Crossings)

Fasilitas Penyebrangan Puffin (**P**edestrian **U**ser **F**riendly **I**NTelligent = fasilitas cerdas dan mudah dimengerti untuk pejalan kaki) adalah sama tampilannya dengan POS dan menggunakan alat yang sama. Puffin menggunakan tambahan detektor overhead (biasanya infra-red atau microwave) untuk mendeteksi keberadaan dari pejalan kaki pada penyebrangan. Panduan pemasangan dari POS dapat juga diaplikasikan untuk menginstalasi Penyebrangan Puffin.

Penyebrangan Puffin memiliki beberapa kelebihan :

- waktu phase untuk pejalan kaki dapat dipersingkat apabila detektor mendeteksi bahwa pejalan kaki telah menyebrang dengan cepat, sehingga dapat mengurangi tundaan bagi kendaraan,
- waktu phase untuk pejalan kaki dapat diperpanjang apabila detektor mendeteksi bahwa pejalan kaki masih di jalur penyebrangan, pada saat mendekati waktu phase normal. Ini menguntungkan untuk pejalan kaki yang lebih lambat.

waktu phase untuk pejalan kaki dapat dipersingkat apabila detektor mendeteksi bahwa pejalan kaki telah menyebrang dengan cepat, sehingga dapat mengurangi tundaan bagi kendaraan,

waktu phase untuk pejalan kaki dapat diperpanjang apabila detektor mendeteksi bahwa pejalan kaki masih di jalur penyebrangan, pada saat mendekati waktu phase normal. Ini menguntungkan untuk pejalan kaki yang lebih lambat.

- belokan sepanjang jalur penyebrangan sepenuhnya terkontrol,
- ada pemisahan yang cukup antara jalur penyebrangan pejalan kaki dengan jalur kendaraan paralel untuk menghindari deteksi yang salah terhadap kendaraan.

Pada lokasi percobaan, volume lalu lintas dari gerakan belok kiri yang sepenuhnya terkontrol pada jalan 2 lajur meningkat 3-4 % dengan waktu penyebrangan dikontrol oleh detektor penyebrangan.



Gambar 11 Penyebrangan Puffin
 Sumber: (Vicroads 2008)

Penyebrangan Pelican (Pelican Crossings)

Fasilitas Penyebrangan Pelican (**P**edestrian **L**ight **C**ONTrol) adalah sama tampilannya dengan POS dan menggunakan alat yang sama. Penyebrangan Pelican menawarkan keuntungan daripada penyebrangan dengan POS biasa dengan memperkenalkan kemungkinan start lebih awal bagi kendaraan jika pejalan kaki telah selesai menyebrang. Fasilitas start awal ini adalah phase kuning berkedip-kedip untuk kendaraan bermotor, dan ini mengijinkan pengendara untuk memasuki fasilitas penyebrangan dengan syarat memberi jalan bagi pejalan kaki yang masih menyebrang.

Konversi dari POS ke Penyebrangan Pelican di pinggiran timur Melbourne menyebabkan tundaan menurun sekitar 50 %.

Pada Penyebrangan Pelican untuk anak-anak menyebrang yang diawasi, pengawas harus hati-hati terhadap operasional pelican dari penyebrangan tersebut.

Secara umum, operasional Puffin lebih disukai daripada operasional Pelican. Dalam kondisi di bawah ini, operasional Pelican tidak boleh diimplementasikan:

- jika batas kecepatan adalah 70 km/jam atau lebih. Opsi yang lebih disukai pada kondisi ini adalah penggunaan POS,
- pada POS dimana anak-anak sekolah dasar mencakup lebih dari setengah arus penyebrangan pejalan kaki harian. Opsi yang lebih disukai dalam situasi ini adalah mempertahankan fasilitas POS,
- dimana telah diketahui bahwa di daerah tersebut banyak orang cacat atau usia lanjut menyebrang yang memerlukan tambahan waktu menyebrang untuk dapat menyebrangi jalan dengan selamat. Opsi yang lebih disukai untuk kondisi ini adalah merubah ke Penyebrangan Puffin.



Gambar 12 Penyebrangan Pelican
Sumber: (Vicroads 2008)

PEMBAHASAN

Dari paparan dan contoh-contoh fasilitas pejalan kaki pada bab II di atas, kemudian dianalisa untuk dapat ditentukan yang mana sesuai dan dapat diterapkan di Kota Denpasar.

- Penyebrangan Anak-anak (Children's Crossings)
Penyebrangan anak-anak dapat diterapkan pada sekolah-sekolah yang terletak di pusat-pusat kota, seperti di SD Cipta Dharma di Jl. Hayam Wuruk atau di SD Santo Yosep di Jl. Sudirman. Fasilitas ini sebaiknya dilengkapi dengan supervisi atau pengawasan dari orang dewasa untuk membantu menyebrangkan anak-anak tersebut.
- Penyebrangan Jalan (Zebra Crossings)
Pada umumnya, fasilitas ini sudah ada di Kota Denpasar. Hanya mungkin perlu ditambahkan dengan lampu yang berpijar (flashing light), sehingga pengendara dapat lebih hati-hati pada saat melewati penyebrangan tersebut.
- Pedestrian Operated Signals (POS)
POS dapat diterapkan di Kota Denpasar, terutama pada jalan-jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi tetapi jarak antara zebra cross terlalu jauh. Seperti di Jl. Teuku Umar, Jl. Imam

Bonjol dan Jl. Diponegoro, sehingga pengendara dapat memberi jalan kepada penyebrang jalan setelah melihat sinyal tersebut.

- Penyebrangan Puffin (Puffin Crossings)
Penyebrangan Puffin yang mirip dengan POS dapat juga diterapkan pada jalan-jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi.
- Penyebrangan Pelican (Pelican Crossings)
Penyebrangan Pelican juga mirip dengan POS, tetapi memiliki keuntungan start awal (early start) bagi pengendara jika penyebrangan jalan telah selesai menyebrang. Fasilitas ini juga dapat diterapkan di Kota Denpasar.

SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat diambil simpulan bahwa ada beberapa fasilitas penyebrangan yang bisa diterapkan di Kota Denpasar.

Fasilitas-fasilitas tersebut adalah :

- Penyebrangan Anak-anak (Children's Crossings).
- Penyebrangan Jalan (Zebra Crossings) dengan tambahan lampu pijar (flashing light).
- Pedestrian Operated Signals (POS)
- Penyebrangan Puffin (Puffin Crossings)
- Penyebrangan Pelican (Pelican Crossings)

SARAN

Pemerintah Kota Denpasar seyogyanya mulai memikirkan untuk memperhatikan fasilitas penyebrangan bagi pedestrian mengingat manfaat yang dapat diperoleh. Dengan lebih manusiawinya fasilitas penyebrangan pedestrian diharapkan juga dapat lebih menarik wisatawan untuk datang ke Kota Denpasar, karena kenyamanan dan keamanannya dalam menikmati Kota Denpasar lebih terjaga. ??

Secara teknis, hanya perlu perhatian terhadap desain-desain dan perawatan dalam penerapan fasilitas-fasilitas penyebrangan pedestrian tersebut. Tapi yang lebih penting adalah kemauan (willingness) dari pemerintah untuk melaksanakannya. Karena tidak cukup hanya pertumbuhan ekonomi yang dikejar, tetapi kesejahteraan masyarakat dalam arti yang lebih luas daripada sekedar arti ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Findlay, Anne, and Leigh Sparks. 2008. "In Brief: The National Retail Planning Forum Briefing Paper Series." *International Journal of Retail & Distribution Management* 36 (November).
- Jones, Baroness. "Reducing Road Danger." Accessed October 8. <https://rdrf.org.uk/road-danger-reduction/>.
- OECD / ITF. 2019. "Road Safety in European Cities - Performance Indicators and Governance

- Solutions*,” 69. <https://www.itf-oecd.org/road-safety-european-cities>.
- Santacreu, Alexandre. 2019. “How to Monitor and Improve Pedestrian Safety in Cities.” In *Walk21 Conference Proceeding*. Rotterdam Tolley, Rodney. 2003. “*Providing For Pedestrians: Principles And Guidelines For Improving Pedestrian Access To Destinations And Urban Spaces*,” January.
- Tolley, Rodney. 2003. *Sustainable Transport - Planning for Walking and Cycling in Urban Environments*. Edited by Rodney Tolley. Abington Hall, Abington, Cambridge England: Woodhead Publishing Limited.
- Vicroads. 2008. “*Traffic Engineerign Manual, Volume 1, Chapter 4, Pedestrian Facilities*” 1 (September): 1–64.
- Victoria Moreland, Transport Scientist. TRL Limited. 2004. “How About Walking To Town Today? Enhancing Town Centres for Pedestrians,” 11 p.
- “Walking for Health, Get Motivated and Keep Walking.” n.d. Accessed October 8, 2020. <https://walkingforhealth.org.uk/>.
- WHO. 2004. *Pedestrian Safety - A Road Safety Manual for Decision-Makers and Practitioners. Pedestrian Safety*. <https://doi.org/10.4271/pt-112>.

PERENCANAAN KEBUTUHAN RUANG PARKIR DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH (RSUD) TABANAN

Ni Luh Sonia Emydiawati¹⁾ Dewa Ayu Nyoman Sriastuti²⁾ A.A Rai Asmani³⁾

^{1,2,3}Teknik Sipil, Universitas Warmadewa, Kota Denpasar, Bali
Soniaemy20@gmail.com

Diterima: 25 Juni 2021, disetujui: 6 Juli 2021

ABSTRAK

Parkir merupakan salah satu unsur sarana yang tidak dapat dipisahkan dari sistem transportasi jalan raya secara keseluruhan. Masalah perparkiran juga merupakan hal yang tidak bisa ditangani beberapa rumah sakit. Banyaknya fasilitas rumah sakit akan mendorong masyarakat mengunjungi rumah sakit. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengetahui kebutuhan ruang parkir, untuk merencanakan pola /design ruang parkir yang sesuai digunakan pada Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan. Metode yang diterapkan dalam perencanaan ini adalah melakukan survei langsung ke lapangan dengan mencatat nomor plat kendaraan dan durasi keluar-masuk kendaraan. Ditinjau dari karakteristik parkir, sehingga parkir eksisting saat ini tidak cukup menampung jumlah kendaraan yang parkir sekarang. Kebutuhan ruang parkir untuk kendaraan roda 2 sebanyak 105 SRP dan untuk kendaraan roda 4 sebanyak 36 SRP. Model parkir yang direkomendasikan untuk kendaraan roda 2 yaitu 90° dan model pola parkir untuk kendaraan roda 4 yaitu 60° dan 90°.

Kata kunci: kebutuhan ruang parkir, pola parkir

PLANNING OF PARKING SPACE REQUIREMENTS AT TABANAN REGIONAL GENERAL HOSPITAL (RSUD)

ABSTRACT

The parking area is one element of the means which cannot be separated from the road transportation system as a whole. The issues of the parking area are also something that some hospitals cannot handle. The number of hospital facilities will encourage people to visit the hospital. The purpose of of this plan is to know the needs of parking spaces, to plan a parking area pattern/design that is suitable for use at the Tabanan Regional General Hospital. The method that is applied in this planning is to conduct direct field surveys by recording the vehicle plate number and the duration of entry and exit of the vehicle. In terms of parking characteristics, the existing parking is not sufficient to accommodate the number of vehicles currently parked. The parking area requirement for 2-wheeled vehicles is 105 SRP and for 4-wheeled vehicles is 36 SRP. The recommended parking model for 2-wheeled vehicles is 90° and the parking pattern model for 4-wheeled vehicles is 60° and 90°.

Keywords: parking area requirements, parking patterns

PENDAHULUN

Kebutuhan parkir menjadi meningkat seiring meningkatnya kepemilikan kendaraan bermotor. Parkir merupakan salah satu bagian dari sistem transportasi dan juga merupakan suatu kebutuhan. Standar kebutuhan parkir pada rumah sakit telah diketahui berdasarkan hasil studi Direktorat Jenderal Perhubungan Darat pada tahun 1998 tergantung kepada jumlah kamar. Direktur Utama Rumah Sakit Umum Daerah Tabanan, Dr I Nyoman Susila menjelaskan salah satu masalah yang sampai saat ini belum dapat terpecahkan yaitu kurangnya lahan parkir untuk kendaraan baik roda dua maupun roda empat yang menuju RS sehingga setengah badan JL Ponegoro samping RS di jadikan parkir oleh masyarakat yang menuju ke Rumah Sakit.

Berdasarkan hasil survei pendahuluan dengan kondisi pandemi COVID-19 sangat mempengaruhi kunjungan ke Rumah Sakit Umum Daerah Tabanan serta belum terdapat marka / pola parkir sehingga penataan parkir tidak rapi dan masih terdapat kendaraan yang parkir seperti gambar di bawah ini, maka hal tersebut menurut penulis perlu diadakannya survei mengenai perencanaan kebutuhan ruang parkir dan pola parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka dapat diuraikan permasalahan sebagai berikut: (1) Berapakah kebutuhan ruang parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah Tabanan?; (2) Bagaimana pola / *design* ruang parkir yang sesuai digunakan pada Rumah Sakit Umum Daerah Tabanan?

Tujuan dari perencanaan ini adalah sebagai berikut: (1) Mengetahui kebutuhan ruang parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah Tabanan; (2) Merencanakan pola /*design* ruang parkir yang sesuai digunakan pada Rumah Sakit Umum Daerah Tabanan.

Perencanaan ini agar tidak menyimpang dari tujuan awal penulisan maka dilakukan pembatasan perencanaan yaitu: (1) Jenis parkir yang direncanakan yaitu Parkir di luar badan jalan (*off-street parking*); (2) Tidak merencanakan fasilitas parkir dalam perencanaan kebutuhan ruang parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah Tabanan; (3) Tidak menghitung biaya dalam perencanaan kebutuhan ruang parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah Tabanan.

TINJAUAN PUSTAKA

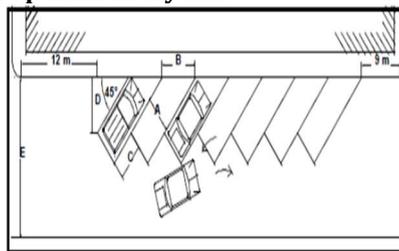
Pengertian Parkir

Parkir adalah keadaan tidak bergerak suatu kendaraan yang bersifat sementara karena ditinggalkan oleh pengemudinya.

Design/Pola Parkir

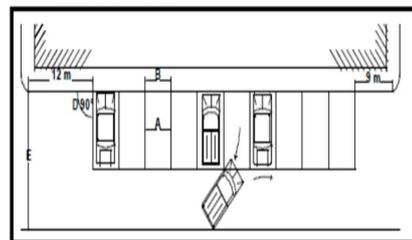
Menurut Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir (1998) dalam melakukan perparkiran dikenal beberapa pola parkir yaitu sebagai berikut:

Pola parkir menyudut



Gambar 1. Pola parkir menyudut 45°
(sumber: Sonia,2020)

- a. Sudut = 60°
- b. Sudut = 90°



Gambar 2. Pola parkir menyudut 60°
(sumber: Sonia,2020)

Jenis parkir

Jenis Parkir Menurut Penempatannya

- a. Parkir Di Badan Jalan (*On-Street Parking*)
- b. Parkir Di Luar Jalan Badan Jalan (*Off-Street Parking*).

Karakteristik Parkir

Karakteristik parkir terdiri dari:

Volume parkir

Volume = $E_i + X$ (2.1)

Dimana:

- E_i = Jumlah kendaraan yang masuk (kendaraan)
- X = Kendaraan yang sudah ada sebelum waktu survei (kendaraan)

Akumulasi Parkir

$$\text{Akumulasi} = X + E_i - E_x \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- X = jumlah kendaraan yang ada sebelumnya
- E_i = Entry (jumlah kendaraan yang masuk pada lokasi parkir)
- E_x = Entry (kendaraan yang keluar pada lokasi parkir)

Durasi/Lama Waktu Parkir

$$D = \frac{\sum ((N_x) \times (X))}{N_t} \dots\dots\dots (2.3)$$

- D = Rata-rata lamanya parkir (jam/kendaraan)
- N_x = Jumlah kendaraan dalam interval waktu x
- X = Interval waktu x
- N_t = Jumlah total kendaraan Pada saat dilakukan survei

Kapasitas parkir

$$KP = \frac{S}{D} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- KP = Kapasitas parkir (kendaraan/jam)
- S = Jumlah petak parker (banyaknya petak)
- D = Rata-rata lamanya parkir (jam/kendaraan)

Indeks Parkir

$$IP = (\text{Akumulasi} \times 100\%) / \text{petak parkir tersedia} \dots\dots\dots (2.5)$$

Tingkat Pergantian Parkir (*Parking Turn Over/PTO*).

$$PTO = \frac{N_t}{(S) \times (T_s)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

- PTO = tingkat pergantian parker (kendaraan/petak/jam)
- N_t = jumlah kendaraan parker (kendaraan)
- S = jumlah petak parkir (petak parkir)
- T_s = lamanya periode Survei (jam)

Ketersediaan Parkir (*Parking Supply*)

$$P_s = \frac{(S) \times (T_s)}{D} \cdot F \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

- P_s : Daya tampung kendaraan Yang dapat diparkir(kendaraan)
- S : Jumlah petak parkir yang Tersedia di lokasi penelitian
- T_s : Lama periode analisis/waktu survei (jam)
- D : Waktu rata - rata lama parkir (jam/kend)
- f : Faktor pengurangan akibat pergantian parkir, nilai antara 0,85 s/d 0,95.

Kebutuhan Ruang Parkir

$$Z = \frac{Y \cdot D}{T} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

- Z = Ruang parkir yang dibutuhkan
- Y = Jumlah kendaraan yang diparkir selama periode penelitian
- D = Rata-rata durasi parkir
- T = Lama waktu pengamatan roda 4.

Metode Untuk Menentukan

Kebutuhan Lahan Parkir

Metode yang sering digunakan dalam menentukan kebutuhan lahan parkir yaitu: Metode berdasarkan pada kepemilikan kendaraan

Metode berdasarkan luas lantai bangunan
Metode berdasarkan selisih terbesar antara kedatangan dan keberangkatan Kendaraan

Survei Pengumpulan Data Lahan Parkir

adapun beberapa cara survei pengumpulan data lahan parkir yaitu:

1. Survei Plat nomor kendaraan
2. Survei wawancara
3. Survei cara patrol

METODE PENELITIAN

Lokasi Perencanaan

Lokasi perencanaan ini berada pada Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan, Jl Pahlawan No.14 Kabupaten Tabanan, Provinsi Bali.

Waktu Survei

Waktu survei merupakan batasan waktu yang digunakan dalam melakukan survei. adapun waktu yang dibutuhkan untuk mengetahui kebutuhan ruang parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan yaitu di laksanakan selama 3 hari yaitu hari senin, 22 Juni 2020, hari rabu, 24 Juni 2020 dan hari jumat, 26 Juni 2020 mulai jam 07.00 WITA – 21.00 Sesuai dengan jam operasional Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan.

Metode Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data, dalam perencanaan ini digunakan metode Selisih Terbesar Antara Kedatangan Dan Keberangkatan Kendaraan (akumulasi maksimum), dengan cara mencatat nomor plat nomor kendaraan setiap kendaraan Dalam perencanaan ini jenis data yang digunakan hanya data primer saja, dibawah ini adalah metode dalam pengumpulan data primer yaitu:

Metode Pengumpulan Data Primer

Metode Pengambilan data primer dilakukan dengan cara melakukan Pengamatan atau observasi langsung ke lapangan (survei). Hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting di lapangan. Adapun jenis data primer adalah sebagai berikut:

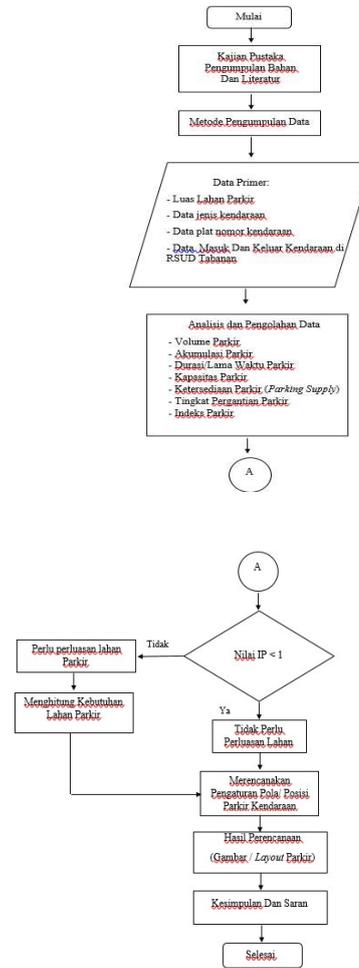
- a. Luas lahan parkir
- b. Data jenis kendaraan
- c. Data plat nomor kendaraan
- d. Data waktu kendaraan yang masuk dan keluar di RS

Metode Survei

Langkah – langkah survei adalah:

1. Pelaksanaan survei dilakukan pada hari senin, rabu dan jumat mulai jam 07.00 WITA – 21.00 WITA pada area parkir RSUD Tabanan.
2. Kegiatan survei ini akan dilakukan oleh 10 orang pada 3 titik yang sudah ditentukan, dengan kata lain 2 titik akan di tempatkan 4 orang *surveyor* dan 1 titik lagi ditempatkan 2 orang *surveyor*.
3. Kemudian dilakukan pencatatan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar dari lokasi Parkir RSUD Tabanan Pencatatan itu berupa, plat nomor kendaraan, jenis kendaraan. Dan waktu kendaraan masuk dan keluar dari parkir RSUD Tabanan.

Analisis Data



Gambar 3. Skema Perencanaan (sumber: Sonia,2020)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Perencanaan

Data perencanaan yang diperoleh berupa data primer Data primer merupakan data yang didapat berdasarkan hasil pengamatan langsung atau survei lapangan, berupa data kondisi lokasi dan kapasitas parkir yang tersedia, dan data pencatatan jumlah kendaraan yang masuk dan keluar. Dan dalam perencanaan ini tidak menggunakan data sekunder.

Data primer

Data Primer yang diperoleh sebagai berikut:

1. Data Luas Lahan Parkir Pada (RSUD) Tabanan

Tabel 1. Luas Lahan Parkir Pada (RSUD) Tabanan

No.	Lokasi Parkir	Luas Lahan Parkir (m ²)	Luas Petak Parkir (m ²)
1	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 2 (Lokasi B)	413,66	221,87
2	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 2 (Lokasi D)	257,60	160,57
3	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 2 (Lokasi C)	79,00	52,50
4	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 4 (Lokasi A)	299,23	104,37
5	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 4 (Lokasi E)	1.710	974,89

Sumber: Sonia (2020)

2. Data Survei Kendaraan
3. Jumlah Petak Parkir
Jumlah petak parkir saat sebelum dilakukan perencanaan adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Jumlah SRP Yang Tersedia di RSUD Tabanan

No.	Lokasi Parkir	Jumlah Petak Parkir
1	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 2 (Lokasi B)	148
2	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 2 (Lokasi D)	107
3	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 2 (Lokasi C)	35
4	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 4 (Lokasi A)	11
5	Lokasi Parkir Kendaraan Roda 4 (Lokasi E)	78

Sumber: Sonia,2020

Volume Parkir

volume maksimum parkir kendaraan roda 2 di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan terjadi pada hari senin dengan jumlah 430 kendaraan pada lokasi parkir B dan volume maksimum parkir kendaraan roda 4 di Rumah

Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan terjadi pada hari senin dengan jumlah 205 kendaraan pada lokasi parkir E.

Akumulasi Parkir

akumulasi maksimal kendaraan roda 2 memasuki lahan parkir Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan pada Lokasi Parkir D terjadi pada hari Senin pukul 13:30 - 14:00 sebanyak 218 kendaraan, dan akumulasi maksimal kendaraan roda 4 memasuki lahan parkir Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan pada Lokasi Parkir E terjadi pada hari Senin pukul 13:00-13:30 sebanyak 95 kendaraan.

Durasi Parkir

Rata -rata durasi parkir kendaraan roda 2 maupun kendaraan roda 4 memarkir kendaraan di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan dalam rentang waktu lebih dari 6 jam. Rata -rata durasi parkir paling tertinggi yaitu 405,30 menit. pada Lokasi Parkir C. Pengguna parkir tersebut menempati ruang parkir lebih dari 6 jam.

Kapasitas Parkir

Petak parkir kendaraan roda 2 pada Lokasi Parkir B terdapat 148 petak parkir, rata-rata memiliki kapasitas perjamnya sebanyak 28,03 kendaraan/jam atau 28 kendaraan/jam parkir. Dan petak parkir roda 4 pada Lokasi Parkir E terdapat 78 petak parkir rata-rata memiliki kapasitas parkir perjamnya sebesar 14,72 atau 15 kendaraan/jam parkir.

Ketersediaan Parkir (Parking Supply)

Ketersediaan Parkir (*parking supply*) maksimal kendaraan roda 2 yaitu pada Lokasi Parkir B dengan rata-rata durasi parkir 5,09 jam/kend serta jumlah petak parkir yang tersedia 148 petak maka rata-rata ketersediaan parkir adalah 340 kendaraan dengan waktu pengamatan selama 13 jam, Sedangkan untuk ketersediaan parkir (*parking supply*) maksimal kendaraan roda 4 yaitu pada Lokasi Parkir E rata-rata durasi parkir 5,10 jam/kend serta jumlah petak parkir tersedia 78 petak maka rata-rata ketersediaan parkir adalah 179 kendaraan dengan waktu pengamatan selama 13 jam,

Tingkat Pergantian Parkir (Parking Turnover/PTO)

Tingkat pergantian parkir tertinggi kendaraan roda 2 terjadi pada hari Senin sebanyak 0,32 kendaraan/petak/jam sedangkan tingkat pergantian parkir tertinggi kendaraan roda 4

terjadi pada hari Senin sebanyak 0,31 kendaraan/petak/jam.

Indeks Parkir

Tabel 3. Indeks Parkir Kendaraan Roda 2

PARKIR KENDARAAN RODA 2					
HARI	Akumulasi Maksimum [1]	Jumlah Petak (SRP) [2]	IP (%) [3]=[[1]*100] / [2]	Kontrol Nilai IP<100	Ket
Senin	218	107	2.04	TIDAK	Perlu Perluasan Lahan

Sumber: Sonia,2020

Tabel 4. Indeks Parkir Kendaraan Roda 4

PARKIR KENDARAAN RODA 4					
HARI	Akumulasi Maksimum [1]	Jumlah Petak (SRP) [2]	IP (%) [3]=[[1]*100] / [2]	Kontrol Nilai IP<100	Ket
Senin	38	11	3.45	TIDAK	Perlu Perluasan Lahan

Sumber: Sonia,2020

tabel 4 dan tabel 5 didapatkan bahwa Indeks parkir tertinggi kendaraan roda 2 terjadi pada hari Senin sebanyak 2,04 % dan kendaraan roda 4 terjadi pada hari Senin sebanyak 3,45%.

Analisis Kebutuhan Ruang Parkir

Tabel 5. Kebutuhan Masing –Masing Areal Parkir Pada (RSUD) Tabanan

Lokasi Parkir	Kebutuhan SRP Roda 2	Kebutuhan SRP Roda 4
Lokasi Parkir B	15	
Lokasi Parkir D	27	
Lokasi Parkir C	39	
Lokasi Parkir A		11
Lokasi Parkir E		6
TOTAL	81	17

Sumber: Sonia,2020

Dari tabel 5 di atas di dapatkan bahwa tabel kebutuhan parkir kendaraan roda 2 dan kendaraan roda 4 memiliki kebutuhan SRP yang berbeda. Kebutuhan SRP untuk kendaraan roda yaitu sebanyak 82 SRP Sedangkan Untuk Kebutuhan SRP untuk kendaraan roda 4 yaitu sebanyak 17 SRP.

Perencanaan Ruang Parkir Dan Pola Parkir

Berdasarkan analisis perhitungan kebutuhan parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan, Perlu adanya perluasan lahan parkir untuk penambahan ruang parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan. Adapun pola yang dapat digunakan adalah pola parkir

dengan sudut 90° untuk Parkir Kendaraan Roda 2 dan pola parkir dengan sudut 60° dan 90 ° untuk Parkir Kendaraan Roda 4 Perencanaan pengaturan pola parkir kendaraan roda 2 dan kendaraan roda 4 yang sudah ada di RSUD Tabanan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan Pengaturan Pola Parkir Kendaraan Roda 2

Tabel 6 Perencanaan Pengaturan Pola Parkir Kendaraan Roda 2

No	Lokasi Parkir	Jumlah SRP Awal [1]	SRP Yang Dibutuhkan [2]	Pengaturan Pola Yang Direncanakan	Jumlah SRP Setelah Pengaturan Pola [3]	Total kebutuhan Parkir [4] = [2]-[3]	Kebutuhan Lahan Parkir Mf [5]= [4]*[0,75*2,00]
1	Lokasi B	148	163	90°	163	-	-
2	Lokasi D	107	134	90°	103	31	46.50
3	Lokasi C	35	39	-	-	74	111.00
JUMLAH		290	336		266	105	157.50

Sumber: Sonia,2020

Keterangan:

- a. Diasumsikan tidak ada parkir di badan jalan (Lokasi Parkir C) sehingga total kebutuhan parkir = SRP Yang Dibutuhkan + Jumlah SRP Awal.
- b. kebutuhan lahan parkir belum termasuk luas manuver

2. Perencanaan Pengaturan Pola Parkir Kendaraan Roda 4

Tabel 7 Perencanaan Pengaturan Pola Parkir Kendaraan Roda 4

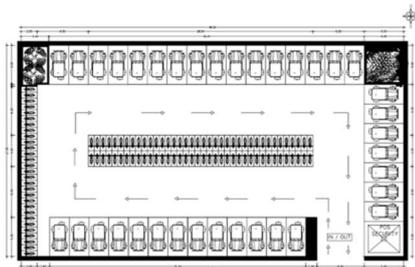
No	Lokasi Parkir	Jumlah SRP Awal [1]	SRP Yang Dibutuhkan [2]	Pengaturan Pola Yang Direncanakan	Jumlah SRP Setelah Pengaturan Pola [3]	Total kebutuhan Parkir [4] = [2]-[3]	Kebutuhan Lahan Parkir Mf [5]= [4]*[0,75*2,00]
1	Lokasi A	11	22	60°	8	14	175.00
2	Lokasi E	78	84	90°	62	22	275.00
JUMLAH						36	450.00

Sumber: Sonia,2020

Keterangan: kebutuhan lahan parkir belum termasuk luas manuver

Perencanaan ruang parkir yang baru dengan Ukuran SRP roda 2 yaitu 0,75 x 2,00 = 1,5 m2, dan kendaraan roda 4 dengan ukuran SRP roda 4 yaitu 2,50 x 5,00,serta ukuran jalur gang/manuver untuk roda 2 = 1,6 m dan ukuran jalur gang/maneuver roda 4 = 6,5 m, Untuk memenuhi kebutuhan lahan parkir untuk roda 2 yaitu 105 petak parkir dan roda 4 yaitu 36 petak parkir yaitu:

- a. Luas petak parkir roda 2 = 157,50 M²
- b. Luas petak parkir roda 4 = 450,06 M²
- c. Luas untuk kebun, pembatas parkir beton & pos security= 72,50 M²
- d. Luas manuver untuk kendaraan roda 2 dan roda 4 = 629,51 M²
- e. Sehingga total luas lahan keseluruhan yang dibutuhkan adalah 1309,60 M²
- f. Perencanaan pola parkir yang direncanakan yaitu pola parkir dengan sudut 90^o pemilihan pola tersebut karena mempunyai daya tampung yang lebih banyak



Gambar 4. Perencanaan Ruang Parkir dan Pola Parkir
(sumber: Sonia,2020)

IMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diatas mengenai Kebutuhan Ruang Parkir pada Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan, penulis menarik kesimpulan sebagai berikut: Kebutuhan ruang parkir di RSUD Tabanan untuk kendaraan roda 2 sebanyak 105 SRP dan kendaraan roda 4 sebanyak 36 SRP. Penambahan luas lahan parkir di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tabanan untuk parkir kendaraan roda 2 dan parkir kendaraan roda 4 yaitu sebesar 1309,60 M², Perencanaan pola parkir yang direncanakan yaitu pola parkir dengan sudut 90^o untuk kendaraan roda 2 dan untuk kendaraan roda 4 pola parkir dengan sudut 90^o dan 60^o pemilihan pola tersebut karena mempunyai daya tampung yang lebih banyak.

Saran

Perlu penambahan luas lahan parkir untuk dapat memenuhi kebutuhan parkir di RSUD Tabanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1998). Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir. Jakarta: Direktorat Bina Sistem Lalu Lintas Angkutan Kota, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat,
- Anonim. (2014). Peraturan Menteri Kesehatan No.56 tahun 2014 tentang Bangunan Rumah Sakit Harus Menyediakan Areal Parkir Yang Proposional.
- Syarifuddin, F. 2017 "Kebutuhan Ruang Parkir Pada Rumah Sakit Bhayangkara Di Kota Makassar"[skripsi]. Teknik Perencanaan Wilayah Dan Kota Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Tamin, O.Z. (2003). Perencanaan Permodelan Transportasi Contoh Soal dan
- Warpani, P. Suwardjoko. 1990. Merencanakan Sistem Perangkutan. Bandung: Penerbit ITB

ANALISIS PENINGKATAN PENGGUNAAN KENDARAAN PRIBADI DI KOTA DENPASAR DAN KABUPATEN BADUNG (Studi Kasus: Trayek Terminal Wangaya – Sangeh – Plaga)

Ida Bagus Wirahaji¹

¹Program Studi Teknik Sipil FT Unhi
email: ib.wirahaji@gmail.com

Diterima: 15 Juni 2021, disetujui: 6 Juli 2021

ABSTRAK

Peningkatan penggunaan kendaraan pribadi di Kota Denpasar dan Kabupaten Badung mengakibatkan kemacetan pada ruas-ruas jalan. Buruknya kualitas pelayanan angkutan umum, kepemilikan kendaraan pribadi, dan tingkat pelayanan jalan menjadi faktor yang mendorong masyarakat menggunakan kendaraan pribadi. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh ketiga variabel independen tersebut, pada rute trayek yang yang menghubungkan Kota Denpasar dan Kabupaten Badung bagian utara, yaitu pada trayek terminal Wangaya-Sangeh-Pelaga. Pengumpulan data persepsi masyarakat diperoleh dengan menyebarkan kuesioner pada 250 responden yang bertempat tinggal di sepanjang koridor trayek tersebut. Analisis data menggunakan statistik regresi linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan variabel kualitas pelayanan angkutan umum (X_1) berpengaruh positif dan signifikan, dinyatakan dengan uji t, dengan nilai $\text{Sign. } 0,000 < 0,05$, dan nilai $t_{\text{hitung}} = 6,546 > t_{\text{tabel}} = 1,96596$; Variabel kepemilikan kendaraan pribadi (X_2) berpengaruh positif dan signifikan, dinyatakan dengan uji t, dengan nilai $\text{Sign. } 0,027 < 0,05$, dan nilai $t_{\text{hitung}} = 2,221 > t_{\text{tabel}} = 1,96596$. Ketiga variabel independen tersebut (X_1 , X_2 , dan X_3) secara simultan berpengaruh signifikan terhadap penggunaan kendaraan pribadi (Y), dinyatakan dengan uji F dengan nilai $\text{Sig. } 0,000 < 0,05$, dan nilai $F_{\text{hitung}} = 65,710 > F_{\text{tabel}} = 0,072$. Kekuatan ketiga variabel independen tersebut dalam menjelaskan variabel dependen (Y), sebesar $R^2 = 43,8\%$.

Kata Kunci: Kualitas Pelayanan, Kepemilikan Kendaraan, Tingkat Pelayanan Jalan, dan Penggunaan Kendaraan Pribadi.

ANALYSIS OF THE IMPROVEMENT OF THE USE OF PERSONAL VEHICLES IN DENPASAR CITY AND BADUNG DISTRICT (Case Study: Wangaya - Sangeh - Plaga Terminal Route)

ABSTRACT

The increase in the use of private vehicles in Denpasar City and Badung Regency has resulted in congestion on roads. The poor quality of public transport services, ownership of private vehicles, and the level of road services are factors that encourage people to use private vehicles. The purpose of this study was to analyze the effect of the three independent variables on the route connecting Denpasar City and the northern part of Badung Regency, namely the Wangaya-Sangeh-Pelaga terminal route. The collection of public perception data was obtained by distributing questionnaires to 250 respondents who live along the route corridor. Data analysis used multiple linear regression statistics. The results showed that the variable quality of public transport services (X_1) had a positive and significant effect, expressed by the t test, with a Sign value. $0.000 < 0.05$, and the value of $t = 6.546 > t_{\text{table}} = 1.96596$; The variable of private vehicle ownership (X_2) has a positive and significant effect, it is stated by the t test, with a Sign value. $0.027 < 0.05$, and the value of $t = 2.221 > t_{\text{table}} = 1.96596$. The three independent variables (X_1 , X_2 , and X_3) simultaneously have a significant effect on the use of private vehicles (Y), expressed by the F test with the Sig. $0.000 < 0.05$, and the value of $F_{\text{count}} = 65.710 > F_{\text{table}} = 0.072$. The strength of the three independent variables in explaining the dependent variable (Y) is $R^2 = 43.8\%$.

Keywords: Service Quality, Vehicle Ownership, Road Service Level, and Vehicle Use

PENDAHULUAN

Permasalahan lalu lintas yang paling sering dirasakan oleh penduduk adalah kemacetan. Kemacetan terutama muncul di daerah padat penduduk dengan tingkat kepemilikan dan penggunaan kendaraan pribadi yang tinggi, sehingga kapasitas jalan tidak mencukupi untuk menampung semua perjalanan yang mungkin dilakukan pada pagi dan sore hari, yaitu perjalanan menuju dan dari tempat pekerjaan (Metz, 2018). Kemacetan di daerah perkotaan membawa konsekuensi yang lebih luas. Hal ini mendorong pemerintah baik pusat dan maupun daerah untuk memulai kebijakan transportasi umum yang berkelanjutan (dell'Olio, et al, 2011).

Peningkatan penggunaan kendaraan pribadi yang tinggi dibandingkan angkutan umum menjadi penyebab utama kemacetan. Peningkatan disebabkan oleh beberapa faktor. Tingkat pelayanan yang ditawarkan oleh masing-masing sarana transportasi merupakan faktor yang sangat menentukan pemilihan moda transportasi (Tamin, 2008). Kemungkinan belum optimalnya pelayanan angkutan umum dapat menjadi alasan tingginya penggunaan kendaraan pribadi sebagai sarana transportasi yang dipilih penduduk (Nanda, 2019, Matas, et al, 2008). Faktor lainnya yang berpengaruh adalah jumlah pendapatan, karakteristik rumah tangga, lingkungan binaan, penuaan populasi dan keunggulan yang dimiliki kendaraan pribadi seperti: tingkat kenyamanan, kemudahan, kecepatan, dan fleksibilitas melebihi yang ditawarkan angkutan umum (Ding, et al, 2016, Zhang, et al, 2014, Woldeamanuel, et al, 2009, Prillwitz, et al, 2006).

Ketersediaan moda transportasi alternatif selain mobil mungkin dapat mengurangi kebutuhan mobil tambahan dalam rumah tangga (Potoglou dan Kanaraglou, 2008), tentu yang dimaksud moda transportasi alternatif di sini terutama adalah keberadaan angkutan umum yang handal, yang terjangkau dan manjangkau segala pelosok lokasi. Kalau saja angkutan umum berfungsi dengan baik, maka dapat memberikan keuntungan, antara lain keselamatan dan kesehatan. Keselamatan karena angkutan umum berjalan pada lajur khusus atau mendapatkan prioritas. Kesehatan karena memberi kesempatan calon penumpang untuk berjalan kaki menuju halte. Aktivitas berjalan kaki sangat baik dan bermanfaat bagi kesehatan, juga dapat mencegah dan mengurangi obesitas. Penggunaan mobil pribadi justru lebih banyak terlibat dalam kecelakaan lalu lintas. Kecelakaan lalu lintas lebih sering disebabkan oleh faktor manusia (*human error*) (Albertsson dan Falkmer, 2005).

Kota Denpasar dan Kabupaten Badung sebagai daerah yang berkembang pesat di Bali Selatan, mengalami pesatnya peningkatan kepemilikan kendaraan pribadi. Kepemilikan kendaraan pribadi (mobil dan sepeda motor) di Kota Denpasar pada tahun 2010 sebesar 572.971 kendaraan, tahun 2020 sebesar 1.319.975 kendaraan (BPS Denpasar, 2010, 2020). Di Kabupaten Badung pada tahun 2010 sebesar 313.850 kendaraan, tahun 2020 sebesar 478.565 kendaraan (BPS Kab. Badung, 2010, 2020). Di lain pihak, angkutan umum semakin sepi penumpang.

Pada penelitian ini, mengambil studi kasus Trayek Terminal Wangaya-Sangeh-Plaga. Trayek provinsi ini menghubungkan dua daerah kabupaten/kota, yaitu Kota Denpasar dan Kabupaten Badung bagian utara. Trayek ini melintasi jalan dibawah pembinaan Jalan Provinsi Bali, yang dalam daftar nama-nama jalan disebut: Batas Kota Denpasar - Petang (BPS Bali, 2020). yang termasuk Trayek Angkutan Penumpang Umum Antar Kota Dalam Provinsi (AKDP) kelas ekonomi dengan mikrobis. Penyelenggara angkutan umum pada trayek ini adalah Pemerintah Daerah Provinsi Bali (Pergub, 2015).

Pada trayek ini, sebagaimana juga pada trayek-trayek lainnya, dimana angkutan umum semakin sepi penumpang dan armada yang beroperasi melayani juga semakin berkurang. Masyarakat di sepanjang koridor rute trayek beralih moda dari angkutan umum ke kendaraan pribadi, mobil atau sepeda motor. Akibatnya ruas-ruas jalan dipadati dengan kendaraan pribadi

Studi ini menganalisis pengaruh kualitas pelayanan angkutan umum, kepemilikan kendaraan pribadi dan tingkat pelayanan jalan terhadap penggunaan kendaraan pribadi, khususnya pada Trayek Terminal Wangaya-Sangeh-Pelaga. Tingkat pelayanan ruas jalan (LoS) yang dimaksud adalah rute-rute jalan yang termasuk dalam trayek. Metode pengumpulan data primer dengan penyebaran kuesioner, berupa persepsi responden. Metode analisis data dengan statistik regresi linear berganda.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Yang Relevan

Penelitian mengenai kualitas pelayanan angkutan umum, kepemilikan mobil, LoS, dan penggunaan kendaraan pribadi telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Tao, et al (2019), menganalisis pengaruh kepemilikan mobil terhadap sikap tentang angkutan umum, dengan mengambil studi banding di Kota Guangzhou dan Brisbane. Yang, et al (2017), menganalisis

kepemilikan mobil dan pembangunan di perkotaan China. Dell'Olio, *et al*, (2010) menganalisis model persepsi pengguna tentang kualitas pelayanan angkutan umum (bus), di Santander, Spanyol. Eboli dan Mazzula (2007), menganalisis atribut kualitas layanan yang mempengaruhi kepuasan pelanggan pada transit bus, di Calabria Italia. Simsegoklu, *et al*, (2015), menganalisis pengaruh sikap, prioritas transportasi, dan kebiasaan penggunaan mobil terhadap penggunaan moda perjalanan dan transportasi umum di perkotaan Norwegia. Papadimitriou, *et al*, (2010), menganalisis persepsi tingkat pelayanan jalan, sopir dan karakteristik lalu lintas dengan model *Piecewise Linear*.

Kualitas Pelayanan Angkutan Umum

Simamora (2002), menyatakan bahwa kualitas sebenarnya adalah persepsi, pemasar harus melihat bahwa realitas itu adalah persepsi. Kualitas pelayanan, suatu penilaian tentang kualitas, akan sangat dipengaruhi oleh persepsi. Kualitas pelayanan itu sendiri adalah kemampuan suatu perusahaan dalam memberikan pelayanan kepada pelanggan (Lupiyodi, 2001). Kualitas suatu jasa berkaitan dengan kemampuan suatu organisasi untuk memenuhi dan melebihi harapan pelanggan (Payne, 2000)

Tiga variabel yang menonjol secara independen yang berpengaruh terhadap kualitas pelayanan angkutan umum, yaitu: waktu tunggu, kebersihan, dan kenyamanan (dell'Olio, 2011). Sementara, Haryono (2010) menemukan indikator kualitas pelayanan terdiri dari lima dimensi, yaitu: *reliability*, *responsiveness*, *assurances*, *empathy* dan *tangible*. Dari lima dimensi itu, item yang menonjol adalah: ketepatan waktu, kenyamanan, keamanan, frekuensi kedatangan, keramahan kru, kebersihan armada.

Kepemilikan Mobil Pribadi

Beberapa Peneliti transportasi dan sosial ekonomi memiliki pandangan yang sama bahwa kepemilikan mobil sangat erat terkait dengan pendapatan. Orang berpenghasilan tinggi setiap bulan diyakini memiliki jumlah mobil yang tinggi mengingat peningkatan permintaan dengan peningkatan pendapatan. Peningkatan penggunaan mobil yang merupakan konsekuensi dari peningkatan kepemilikan mobil. Ada hubungan positif antara pendapatan bulanan rumah tangga dengan jumlah kendaraan yang mereka miliki. Lokasi tempat tinggal merupakan salah satu penentu utama kepemilikan mobil (Woldeamanuel, *et al*, 2009, Kitamura, 1989).

Kepemilikan mobil sebagian besar merupakan keputusan rumah tangga dan ada beberapa faktor yang menentukan jumlah kendaraan yang dimiliki rumah tangga. Rumah tangga yang pindah ke tempat baru memiliki kedudukan yang lebih tinggi kecenderungan memiliki mobil dibandingkan mereka yang tinggal di tempat yang sama. Jenis dan ukuran rumah tangga juga merupakan parameter penting yang menjelaskan kepemilikan mobil (Woldeamanuel, *et al*, 2009). Ketika ukuran rumah tangga bertambah, kemungkinan besar rumah tangga memiliki mobil (Dargay, 2001). Kepuasan rumah tangga terhadap aksesibilitas dan layanan transportasi umum berpengaruh penting terhadap kepemilikan mobil. Jika tingkat layanan meningkat, kemungkinan memiliki mobil berkurang secara signifikan (Woldeamanuel, *et al*, 2009)

Menurut Guiliano dan Dargay (2006), kepemilikan mobil dipengaruhi oleh banyak faktor yang sama yang menentukan perjalanan: karakteristik sosial ekonomi rumah tangga (pendapatan, komposisi rumah tangga, status pekerjaan), atribut sistem transportasi (harga beli mobil, biaya relatif mobil dan penggunaan transit, akses ke transit, perjalanan yang diinginkan atau diperlukan) dan atribut tempat tinggal lokasi (kepadatan penduduk, akses lokal ke fasilitas)

Tingkat Pelayanan Jalan/Level of Service (LoS)

Pengukuran tingkat layanan yang digunakan saat ini untuk mengevaluasi kondisi lalu lintas jalan raya bagian tidak selalu terkait dengan tingkat layanan yang dirasakan oleh pengemudi. Tingkat pelayanan lalu lintas suatu ruas jalan merupakan konsep untuk mengevaluasi kualitas pelayanan jalan yang dirasakan oleh pengemudi yang melewati ruas jalan tersebut (Kita, 2000).

LoS adalah ukuran kualitatif arus lalu lintas. Volume layanan mengacu ke jumlah maksimum kendaraan yang dapat ditampung kondisi tertentu pada tingkat layanan tertentu. Untuk jalan tertentu, kapasitas bisa konstan. Namun, aliran sebenarnya akan berbeda untuk hari yang berbeda dan waktu yang berbeda dalam satu hari. Ini menunjuk pada berbagai kondisi tertentu (HCM, 2000) dan (IRC 106, 1990). LoS awalnya dikembangkan pada tahun 1965 dan umumnya digunakan untuk menganalisis jalan raya untuk mengkategorikan arus lalu lintas dan menetapkan tingkat kualitas lalu lintas berdasarkan ukuran kinerja (Ngoc, *et al*, 2017). Kemudian, Konsep LoS pertama kali diperkenalkan oleh Highway versi kedua Manual Kapasitas Amerika Serikat. Kecepatan operasi dan rasio volume-ke-kapasitas (v/c) digunakan

untuk menentukan LoS jalan dua jalur. HCM 1985 memasukkan kinerja baru ukuran disebut sebagai persen waktu tunda (PTD) selain kecepatan perjalanan rata-rata (ATS) (Penmetsa, et al, 2015).

Ukuran kinerja ini adalah ukuran kuantitatif yang dinyatakan sebagai nilai numerik, yang tidak memberikan informasi dengan sendirinya tentang seberapa "baik" atau "buruk" hasil tertentu, dan untuk ini alasan itu harus

dibandingkan dengan standar tetap atau kinerja masa lalu. Mengenai pengukuran kualitas, *Level of Service* (LoS) dianggap sebagai ukuran kualitatif yang digunakan untuk menghubungkan kualitas pelayanan angkutan umum (Ngoc, et al, 2017).

Tabel 1 menunjukkan LoS sesuai dengan IRC 106-1990, yang juga diadopsi oleh Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI 1997).

Tabel 1 Nilai Level of Service

LOS	Description	Speed (km/h)	Flow (Vehicles/h/lane)
A	Traffic flows at or above the posted speed limit and all motorists have complete mobility between lanes	Over 80	Under 700
B	Slightly congested, with some impingement of maneuverability	65-80	700-1100
C	Ability to pass or change lanes is not assured. Most experienced drivers are comfortable, and posted speed is maintained, but roads are close to capacity	55-65	1100-1550
D	Speeds are somewhat reduced, motorists are hemmed in by other vehicles	45-55	1550-1850
E	Flow becomes irregular and speed varies rapidly, a road above its designed capacity	25-45	1850-2000
F	Flow is forced; every vehicle moves in lockstep with the vehicle in front of it	Under 25	Unstable

Sumber: IRC 160 (1990)

Menurut Kalaiselvi dan Ramachandraiah (2016), LoS sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu (1) Perturan kecepatan maksimum; (2) Heterogenitas lalu lintas; (3) Jumlah halte bus; (4) Frekuensi persimpangan; (5) Parkir di badan jalan; (6) Pejalan kaki; (7) aktivitas komersial, dan lain sebagainya. Kepadatan/kapasitas lalu lintas memberikan indikasi tingkat layanan yang diberikan kepada pengguna jalan. Kecepatan kendaraan akan berkurang seiring dengan perkembangan kepadatan lalu lintas.

Penggunaan Mobil Pribadi

Kepemilikan mobil hanya merupakan indikator tidak langsung terhadap perilaku perjalanan, tetapi merupakan salah satu prediktor terpenting dari penggunaan mobil (Handy, et al, 2004). Mobil pribadi lebih disukai dari pada angkutan umum, tidak hanya fungsi instrumentalnya (kebebasan, kenyamanan, dan keamanan) tetapi juga untuk simbolik (status dalam masyarakat dan afektif (mengemudi dianggap menyenangkan) (Beirao dan Cabral, 2007, Hiscock, et al, 2002)

Penggunaan mobil pribadi terus meningkat dan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan masyarakat modern maupun kehidupan individu dan keluarga. Ia memiliki peran tidak hanya sebagai alat transportasi tetapi juga dalam kehidupan budaya dan sosial (Jensen, 1999). Kebiasaan penggunaan mobil pribadi merupakan prediktor signifikan negatif terhadap penggunaan angkutan umum. Kebiasaan penggunaan mobil pribadi merupakan kekuatan yang bersifat akumulatif dapat meningkatkan kemungkinan penggunaan mobil (Simsekoglu, et al, 2015).

METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Data yang dianalisis adalah persepsi responden yang dianggap dapat mewakili populasi masyarakat. Metode pengumpulan data dengan menyebarkan kuesioner sebanyak 400 eksemplar, sasaran responden adalah penduduk yang berdomisili di sepanjang koridor rute jalan trayek terminal Wangaya-Sangeh-Pelaga. Koridor jalan diambil dari as jalan sejauh 300 meter kiri dan kanan jalan. Rute trayek melewati desa/kelurahan yang terletak di (BPS Kota Denpasar, 2020 dan BPS Kab Badung, 2020):

1. Kecamatan Denpasar Utara, meliputi: desa/kelurahan Dangin Puri Kauh, Dauh Puri Kaja, Pemecutan Kaja, Peguyangan, dan Peguyangan Kaja.
2. Kecamatan Abiansemal meliputi desa/kelurahan Darmasaba, Sibang Gede, Sibang Kaja, Mambal, Abiansemal, Blahkiuh, dan Sangeh.
3. Kecamatan Petang, meliputi desa/kelurahan Carangsari, Getasan, Pangsan, Petang, Sulangai, Pelaga.

Kuesioner berisi pernyataan sikap responden, dengan lima pilihan jawaban, yaitu:

1. Sangat tidak setuju (STS), skor = 1
2. Tidak setuju (TS), skor = 2
3. Agak setuju (AS), skor = 3
4. Setuju (S), skor = 4
5. Sangat setuju (SS), skor = 5

Terlebih dahulu kuesioner disebarkan terhadap 30 responden untuk menguji validitas dan reliabilitas instrumen. Kuesioner memuat tiga variabel independen dan satu variabel dependen. Variabel independen terdiri dari: kualitas pelayanan angkutan umum, kepemilikan kendaraan pribadi, dan tingkat pelayanan jalan

(LoS). Variabel dependen hanya satu, yaitu: penggunaan kendaraan pribadi.

Metode Analisis Data

Analisis data menggunkan metode statistik regresi linear berganda. Jawaban responden diinput dalam Excel, kemudian dicopy ke dalam software SPSS. Nilai validitas terlihat pada tabel ‘Item-Total Statistics’, kolom ‘Corrected item-Total Correlation’. Angka-angka pada kolom ini harus > 0,3 untuk dinyatakan ‘valid’. Pada kolom ‘Cronbach’s Alpha if Item Deleted’. Angka-angka pada kolom ini harus ≥ 0,6 untuk dapat dinyatakan ‘reliabel’.

Setelah instrumen dinyatakan valid dan reliabel, maka selanjutnya dilakukan analisis seluruh data dari jawaban seluruh responden. Dalam penelitian ini data digunakan sebanyak 400. Model persamaan matematis dapat dibuat dengan melihat nilai pada tabel ‘Coefficients^a’, kolom ‘Unstandardized Coefficients B’. Pada kolom ‘t’ terdapat nilai t_{hitung} , diharapkan $t_{hitung} > t_{tabel}$. Pada kolom ‘Sig.’ terdapat nilai, diharapkan <

0,05, sehingga variabel independen secara parsial dinyatakan berpengaruh secara signifikan.

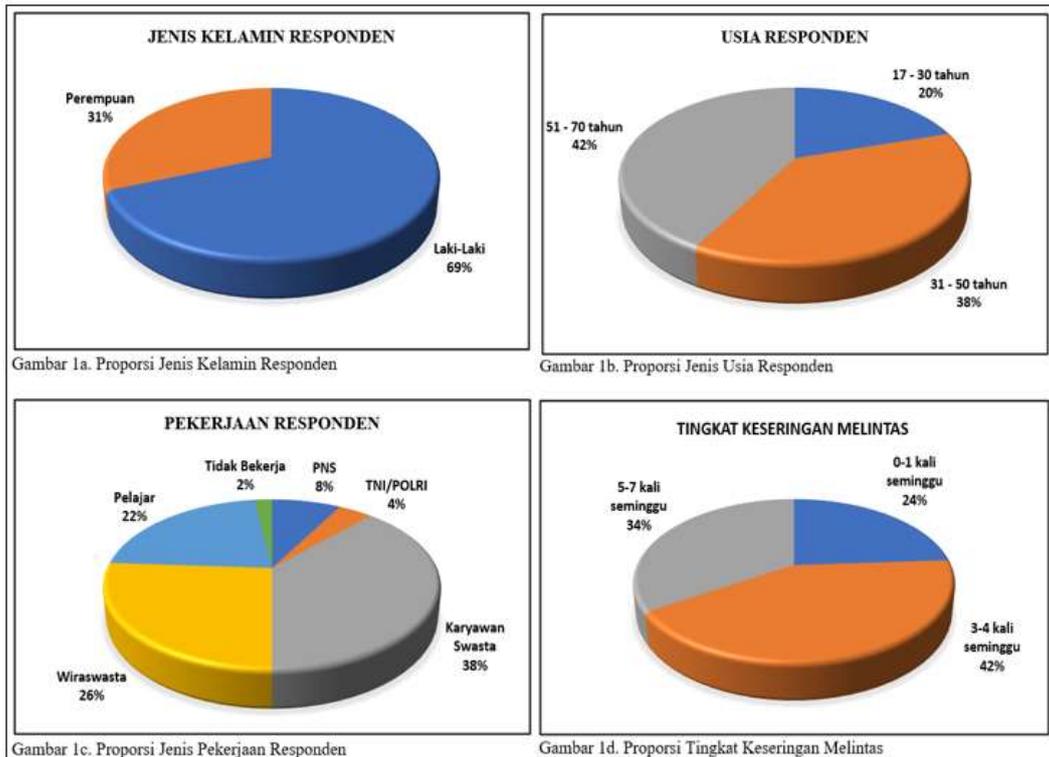
Pada tabel ‘ANOVA^a’, kolom F, adalah nilai F_{hitung} , diharapkan nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$. Demikian juga nilai pada kolom ‘Sig.’, diharapkan < 0,05, sehingga variabel independen secara simultan dinyatakan berpengaruh signifikan.

Pada tabel ‘Model Summary’, tertera nilai R, R Square, dan Adjusted R Square. Nilai yang dibaca adalah nilai pada kolom ‘Adjusted R Square’, yang menginformasikan kemampuan dari variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen.

PEMBAHASAN

Proporsi Responden

Gambar 1 menunjukkan proporsi responden dari jumlah total sebanyak 250 orang, sesuai dengan jenis kelamin, usia, pekerjaan, dan tingkat keseringan melintas



Gambar 1. Proporsi reponden menurut jenis kelamin, usia, jenis pekerjaan dan tingkat keseringan melintas.

Proporsi Jawaban Responden

Tabel 2 – 5 menunjukkan proporsi jawaban dari 250 responden, yang menunjukkan sikap/persepsi responden terhadap item-item pernyataan pada setiap variabel.

Tabel 2 Proporsi persepsi responden terhadap variabel kualitas pelayanan angkutan umum (X1)

KUALITAS PELAYANAN ANGKUTAN UMUM	X1	STS	TS	AS	S	SS
Waktu tempuh tidak dapat diprediksi	X1.1	1	3	14	160	72
Jangkauan operasional terbatas	X1.2	0	7	52	191	0
Kenyamanan yang diberikan kurang	X1.3	0	0	134	116	0
Frekuensi kedatangan jarang	X1.4	0	0	4	193	53
Sikap personil kurang sopan	X1.5	0	0	122	115	13
Kondisi armada tidak bersih/rapi	X1.6	0	23	85	113	29

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Tabel 3 Proporsi persepsi responden terhadap variabel kepemilikan kendaraan pribadi (X2)

KEPEMILIKAN KENDARAAN PRIBADI	X2	STS	TS	AS	S	SS
Pendapatan rumah tangga meningkat	X2.1	0	5	44	179	22
Banyaknya anggota keluarga dalam rumah tangga	X2.2	0	6	98	146	0
Jarak rumah dengan lokasi pekerjaan jauh	X2.3	0	4	59	150	37
Kurangnya ketersediaan angkutan umum	X2.4	0	1	77	149	23
Pesatnya perkembangan <i>urban sprawl</i>	X2.5	0	14	103	106	27

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Tabel 4 Proporsi Persepsi reponden terhadap variabel tingkat pelayanan jalan (X3)

TINGKAT PELAYANAN JALAN	X3	STS	TS	AS	S	SS
Kapasitas Jalan kecil	X3.1	0	0	14	151	85
Banyaknya terdapat persimpangan	X3.2	0	0	27	219	4
Hambatan samping tinggi	X3.3	0	0	101	145	4
Adanya peraturan kecepatan maksimum	X3.4	4	21	65	160	0

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Tabel 5 Proporsi Persepsi reponden terhadap variabel penggunaan kendaraan pribadi

PENGUNAAN KENDARAAN PRIBADI	Y	STS	TS	AS	S	SS
Memberikan kebebasan dan kemandirian	Y1	0	3	97	131	19
Memberikan fleksibilitas dan kehandalan	Y2	0	0	55	177	18
Simbol status, kekuasaan, kesuksesan karir	Y3	0	21	38	157	34

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Uji Validitas dan Reliabilitas

Tabel 6 – 10, menunjukkan hasil uji validitas dan reliabilitas dari 30 responden. Validitas diukur dengan korelasi *Pearson Product Moment*. Untuk menguji validitas semua item tersebut harus

dikorelasikan dengan 0,3. Instrumen dinyatakan valid bila korelasinya sama atau di atas 0,3. Sedangkan, instrumen dinyatakan reliabel bila korelasinya sama atau di atas 0,6 (Arikunto, 2013).

Tabel 6 Uji validitas item kualitas pelayanan angkutan umum (X1)

Item	Scale Mean if Item Deleted	Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Alpha if Item Deleted
X1.1	17,90	5,886	0,657	0,840
X1.2	18,33	6,851	0,670	0,826
X1.3	18,50	7,638	0,675	0,833
X1.4	17,77	7,633	0,693	0,831
X1.5	18,43	7,151	0,734	0,819
X1.6	18,40	6,455	0,620	0,840

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Tabel 6 menunjukkan nilai validitas masing-masing item (kolom *Corrected Item-Total Correlation*) semuanya > 0,3, sedangkan nilai reliabilitas tiap-tiap item (kolom *Alpha if Item Deleted*) semuanya > 0,6. Dengan demikian, instrumen untuk variabel kualitas pelayanan (X1) dinyatakan valid dan reliabel. Demikian juga pada Tabel 7 - 9, semua nilai validitas dan

reliabilitas tiap-tiap item variabel > 0,3 dan > 0,6. Dengan demikian, semua item pada seluruh variabel dinyatakan valid dan reliabel, sehingga instrumen dalam hal ini kuesioner dapat dilanjutkan disebarkan untuk mengumpulkan persepsi responden berikutnya, sampai sejumlah 250 responden.

Tabel 7 Uji validitas item kepemilikan kendaraan pribadi (X2)

Item	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
X2.1	15,07	2,271	0,666	0,711
X2.2	15,50	3,017	0,390	0,795
X2.3	15,80	2,510	0,494	0,773
X2.4	15,17	2,626	0,653	0,727
X2.5	15,67	2,161	0,661	0,713

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Tabel 8 Uji validitas item tingkat pelayanan (X3)

Item	Scale Mean if Item Deleted	Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Alpha if Item Deleted
X3.1	11,27	2,340	0,535	0,685
X3.2	11,03	2,723	0,438	0,736
X3.3	11,53	2,326	0,539	0,683
X3.4	11,27	1,789	0,662	0,607

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Tabel 9 Uji validitas item penggunaan kendaraan pribadi (Y)

Item	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Y1	7,47	1,568	0,695	0,792
Y2	7,30	1,872	0,652	0,835
Y3	7,43	1,357	0,794	0,691

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Model Persamaan Regresi

Berdasarkan Tabel 11, maka persamaan regresi yang diperoleh adalah sebagai berikut:

$$Y=2,318+0,318X1+0,131X2-0,041X3 \dots\dots\dots (1)$$

Tabel 11 Nilai coefficients

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients Beta	t	Sig.	
	B	Std. Error				
1	(Constant)	2,318	0,904	2,564	0,011	
	KUALITAS PELAYANAN (X1)	0,318	0,049	0,529	6,546	0,000
	KEPEMILIKAN KENDARAAN (X2)	0,131	0,059	0,181	2,221	0,027
	TINGKAT PELAYANAN JALAN (X3)	-0,041	0,059	-0,038	-0,706	0,481

a. Dependent Variable: PENGGUNAAN KENDARAAN (Y)

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Dari model persamaan regresi di atas dapat diketahui, bahwa:

1. Nilai constanta adalah sebesar 2,318, artinya jika tidak terjadi perubahan nilai pada variabel independen maka variabel dependen sebesar 2,318 satuan.
2. Nilai koef. regresi kualitas pelayanan angkutan umum (X1) adalah 0,318, artinya jika variabel ini meningkat sebesar 1% dengan asumsi variabel lain dan konstanta (a) sebesar 0 (nol), maka variabel dependen meningkat sebesar 0,284 satuan.
3. Nilai koef. regresi kepemilikan kendaraan pribadi (X2) adalah 0,131, artinya jika variabel ini meningkat sebesar 1% dengan asumsi variabel lain dan konstanta (a) sebesar 0 (nol), maka variabel dependen meningkat sebesar 0,131 satuan.
4. Nilai koef. regresi tingkat pelayanan jalan (X3) adalah -0,041, artinya jika variabel ini meningkat sebesar 1% dengan asumsi variabel lain dan konstanta (a) sebesar 0 (nol), maka variabel dependen menurun 0,041 satuan

Hasil Uji t (Parsial)

Uji t digunakan untuk menguji pengaruh variabel independen secara parsial (individu) terhadap variabel independen (Pardede dan Manurung, 2014). Tabel 11 menunjukkan variabel kualitas pelayanan angkutan umum (X1) berpengaruh positif dan signifikan (nilai Sign. 0,000 < 0,05) dan nilai $t_{hitung} 6,546 > t_{tabel} = (\alpha/2; n-k-1) = (0,025; 250-3-1) = 1,96965$; variabel kepemilikan kendaraan pribadi (X2) berpengaruh positif signifikan (nilai Sign 0,027 < 0,05) dan nilai $t_{hitung} 2,221 > t_{tabel} = (\alpha/2; n-k-1) = (0,025; 250-3-1) = 1,96965$; sedangkan variabel tingkat pelayanan jalan berpengaruh negatif dan tidak signifikan (nilai Sign 0,481 > 0,05) dan nilai $t_{hitung} 0,706 < t_{tabel} = (\alpha/2; n-k-1) = (0,025; 250-3-1) = 1,96965$.

Hasil Uji F (Simultan)

Uji F digunakan untuk menguji pengaruh variabel independen secara simultan terhadap variabel dependen (Pardede dan Manurung, 2014). Jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka dapat diartikan terdapat pengaruh variabel independen secara simultan dan signifikan.

Tabel 12 ANOVA

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	302,233	3	100,744	65,701	.000 ^b
	Residual	377,211	246	1,533		
	Total	679,444	249			

a. Dependent Variable: PENGGUNAAN KENDARAAN (Y)
 b. Predictors: (Constant), TINGKAT PELAYANAN JALAN (X3), KUALITAS PELAYANAN (X1), KEPEMILIKAN KENDARAAN (X2)

Sumber: Hasil Analisis (2021)

Nilai F_{tabel} dapat dihitung dengan, $F_{tabel} = (\alpha/2; 3;n-3) = (0,025; 2; 250-3); (0,025; 2; 248) = 0,072$. $F_{hitung} = 65,710 > F_{tabel} = 0,072$. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa, variabel independen Kualitas Pelayanan (X1), Kepemilikan Kendaraan Pribadi (X2), dan Tingkat Pelayanan Jalan (X3) berpengaruh secara simultan dan signifikan (nilai Sign. 0,000) terhadap variabel dependen Penggunaan Kendaraan Pribadi (Y).

Uji Koef. Determinasi (R²)

Uji koef. determinasi dimaksudkan untuk mengukur kekuatan variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen (Kuncoro, 2013).

Tabel 12 Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.667 ^a	0,445	0,438	1,238

a. Predictors: (Constant), TINGKAT PELAYANAN JALAN (X3), KUALITAS PELAYANAN (X1), KEPEMILIKAN KENDARAAN (X2)

Sumber: Hasil Analisis (2021).

Pada Tabel 12 terlihat bahwa koef. derterminasi sebesar 0,438 (nilai *Adjusted Square*). Hal ini berarti kekuatan variabel independen dalam mempengaruhi variabel dependen sebesar 43,8%. Sisanya, 56,2% dipengaruhi oleh variabel lainnya yang tidak dibahas dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kualitas pelayanan angkutan umum Trayek Terminal Wangaya-Sangeh-Petang ini dinilai buruk. Variabel kualitas pelayanan angkutan umum (X1) ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel penggunaan kendaraan pribadi (Y), yang dinyatakan dengan uji t, dengan nilai $\text{Sign. } 0,000 < 0,05$, dan nilai $t_{\text{hitung}} = 6,546 > t_{\text{tabel}} = 1,96596$.
2. Kepemilikan kendaraan pribadi (X2) berpengaruh positif dan signifikan terhadap penggunaan kendaraan pribadi (Y), yang dinyatakan dengan uji t, dengan nilai $\text{Sign. } 0,027 < 0,05$, dan nilai $t_{\text{hitung}} = 2,221 > t_{\text{tabel}} = 1,96596$.
3. Kualitas pelayanan angkutan umum (X1), kepemilikan kendaraan pribadi (X2), dan tingkat pelayanan jalan (X3) secara simultan berpengaruh signifikan terhadap penggunaan kendaraan pribadi (Y), yang dinyatakan dengan uji F dengan nilai $\text{Sig. } 0,000 < 0,05$, dan nilai $F_{\text{hitung}} = 65,710 > F_{\text{tabel}} = 0,072$.
4. Kemampuan ketiga variabel independen (X1, X2, dan X3) dalam menjelaskan variabel dependen (Y) sebesar 43,8%, sisanya dapat dijelaskan oleh variabel independen lainnya yang tidak termasuk dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA:

- Arikunto, S. 2013. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Albertsson, P., dan Falkmer, T. 2005. "Is There A Pattern in European Bus and Coach Incidents? A Literature Analysis with Special Focus on Injury Causation and Injury Mechanisms." *Accid. Anal. Prev* 37:225-233.
- Beirao, dan Cabral, S. 2007. "Understanding Attitude Towards Public Transport and Private Car: A Qualitative Study." *Transport Policy* 14(6):478-489.
- Currie, G., dan Senbergs, Z. 2007. *Identifying Spatial Gaps in Public Transport Provision for Socially Disadvantaged Australians - The Melbourne 'Needs Gap' Study*. Melbourne Australia: Australasian Transport Research Forum.
- Dargay, J.M. 2001. "The Effect of Income on Car Ownership: Evidence of Asymmetry." *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 35(9):807-821.
- Dell'Olio, L., Ibeas, A., dan Cecin, P. 2011. "The Quality of Service Desired by Public Transport Users." *Transport Policy* 18:217-227. doi: 10.1016/j.tranpol.2010.08.005.
- Ding, C., Wang, Y., Yang, J., Liu, C., dan Lin, Y. 2016. "Spatial Heterogeneous Impact of Built Environment on Household Auto Ownership Level: Evidence from Analysis at Traffic Analysis Zone Scales". *Transport. Lett.: Int. J. Transport. Res.* 8(1), 26-34.
- Eboli, L., dan Mazzulla, G. 2007. "Service Quality Attributes Affecting Customer Satisfaction for Bus Transit". *Journal of Public Transportation*, 10(3), 21-34.
- Giuliano, G., dan Dargay, J. 2006. "Car Ownership, Travel and Land Use: A Comparison of the US and Great Britain." *Transportation Research Part A-Policy and Practice* 40(2):106-124. doi: 10.1016/j.tra.2005.03.002.
- Handy, S., Mokhtarian, P., Buehler, T., dan Davis. 2004. *Residential Location Choice and Travel Behavior: Implications for Air Quality*. California California Department of Transportation.
- Haryono, S. 2010. "Analisis Kualitas Pelayanan Angkutan Umum (bus Kota) di Kota Yogyakarta". *Jurnal Administrasi Bisnis*.
- HCM. 2000. *Transportation Research Board*. Washington, D.C.
- Hiscock, R., Macintyre, S., Kearns, A., dan Ellaway, A. 2002. "Means of Transport and Ontological Security: Do Cars Provide Psycho-Social Benefits to Their Users?" *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 7(2):119-135.
- Hurni, A. 2006. *Transport and social exclusion in Western Sydney*. Sydney University of Western Sydney and Western Sydney Community Forum.
- IRC 106. 1990 Guidelines for Capacity of Urban Roads in Plain Areas. India: Road Congress 1990.
- Kita, H. 2000. *Level-of-Service Measure of Road Traffic Based on the Driver's Perception, Transportation Research Circular E-C018: 4th International Symposium on Highway Capacity*. Japan: Department of Social Systems Engineering Tottori University, Japan
- Kita, H., dan Fujiwara, E. 1995. *Reconsideration on the Level of Service and a Proposed Measure, Proc. Japan: 15th Annual Meeting of JSTE*.
- Kitamura, R.A. 1989. "Casual Analysis of Car Ownership and Transit Use." *Transportation* 16(2):155-173
- Kuncoro, M. 2013. *Mudah memahami & menganalisis Indikator*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.

- Lupiyoadi, R. 2001. *Manajemen Pemasaran*. Jakarta: Prenhallindo.
- Matas, A., Raymond, J.L., dan Roig, J.L. 2009. "Car Ownership and Access to Jobs in Spain". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(6), 607-617.
- Metz, D. 2018. "Tackling urban traffic congestion: The experience of London, Stockholm and Singapore. Case Studies on Transport Policy." doi: 10.1016/j.cstp.2018.06.002.
- MKJI. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Nanda, D.D. 2019. "Arahan Peningkatan Pelayanan Angkutan Umum Kota Dalam Uaya Pengalihan Penggunaan Kendaraan Pribadi di Kawasan Perumahan Kecamatan Antapani Kota Bandung". *Tugas Akhir*. Bandung: Prodi PWK, FT, Univ. Pasundan.
- Ngoc, A.M., Hung, K.V., dan Tuan, V.A. 2017. "Towards the Development of Quality Standards for Public Transport Service in Developing Countries: Analysis of Public Transport Users' Behavior." *Transportation Research Procedia* 25 4560-4579.
- Papadimitriou, E., Mylona, V., dan Golias, J. 2010. "Perceived Level of Service, Driver, and Traffic Characteristics: Piecewise Linear Model". *Journal of Transportation Engineering*, 136(10), 887-894.
- Pardede, R dan Manurung, R. 2014. *Analisis Jalur: Teori dan Aplikasi dalam Riset Bisnis*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Payne, A. 2000. *The Essence of Services Marketing, Pemasaran Jasa*. Yogyakarta: Andi.
- Penmetsa, P., Indrajit, G., dan Chandra, S. 2015. "Evaluation of Performance Measures for Two-Lane Inter-urban Highways under Mixed Traffic Condition." *Journal of Transportation Engineering* 141(10):1-13.
- Potoglou, D., dan Kanaroglou, P.S. 2008. "Modelling car ownership in urban areas: a case study of Hamilton, Canada. J." *Transp. Geogr* 16:42-54.
- Pushkarev, B., dan Zupan, J.M. 1977. *Public Transportation and Land Use Policy*. New York: Indiana, Univ.Pr.
- Simamora, B. 2002. *Riset Perilaku Konsumen*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Simsekoglu, et al, 2015. "The Role of Attitudes, Transport Priorities, and Car Use Habit for Travel Mode Use and Intentions to Use Public Transportation In an Urban Norwegian Public." *Transport Policy* 42:13-120.
- Tamin, O.Z. 2008. "Pencanaan, Pemodelan & Rekayasa Transportasi". Bandung:ITB.
- Tao, S., Sylvia, Y.H., dan Thogersen, J. 2019. "The Role of Car Ownership in Attitude Towards Public Transport: A Comparative Study of Guangzhou and Brisbane". *Transportation Research Part F*, 60, 685-699.
- Wegener, M., dan Furst, F. 1999. *Land Use Transport Interaction: state of art, Berichte aus dem Institut fur Raumplanung 46*. Dortmund: Institute of Spatial Planning, University of Dortmund.
- Woldeamanuel, M.G., Cyganski, R., Schulz, A., dan Justen, A. 2009. *Variation Of Households' Car Ownership Across Time: Application Of A Panel Data Model*. Washington D.C: TRB 2009 Annual Meeting.
- Yang, Z., Jia, P., Liu, W., dan Yin, H. 2017. "Car Ownership and Urban Development in Chinese Cities: A Panel Data Analysis". *Journal of Transport Geography*, 58, 127-134.
- Zhang, Y., Wu, W., Li, Y., Liu, Q., dan Li, C. 2014. "Does the built environment make a difference? An Investigation of Household Vehicle Use in Zhongshan Metropolitan Area, China." *Sustainability* 6(8):4910-4930.

PERBEDAAN KESADARAN SITUASI PENGENDARA SEPEDA MOTOR BERDASARKAN PENGALAMAN MENGENAL DAN TINGKAT PENDIDIKAN

I Wayan Suteja¹, Herfina Gusmayanti¹, D. M. Priyantha Wedagama², P Alit Suthanaya²

¹Civil Engineering Department, University of Mataram, 83126, Mataram, Indonesia

²Civil Engineering Department, University of Udayana, Denpasar Bali, Indonesia

Diterima: 21 Juni 2021; disetujui 6 Juli 2021

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kesadaran situasi pengendara sepeda motor berdasarkan pengalaman berkendara dan tingkat pendidikannya, serta untuk mengetahui pada usia berapa pengendara sepeda motor memiliki kesadaran situasi yang baik. Survei kuesioner dilakukan untuk mengumpulkan data yang diikuti oleh 400 responden yang meliputi wilayah Nusa Tenggara Barat, dimana responden dikelompokkan berdasarkan pengalaman mengemudi SIM, tingkat pendidikan, dan usia. Sebuah Structural Equation Modeling (SEM) menggunakan AMOS V.22.0 dibangun untuk menganalisis kesadaran situasi pengendara sepeda motor. Model yang dikembangkan terdiri dari variabel laten perilaku, pelanggaran dan kecelakaan termasuk variabel kesadaran situasi dengan empat indikator yaitu A1 = pengetahuan, A2 = keterampilan, A3 = emosi dan kondisi fisik, A4 = disiplin, variabel pelanggaran dengan tiga indikator yaitu B1 = kelengkapan administrasi, B2 = pelanggaran marka dan rambu, B3 = manuver berbahaya, dan variabel kecelakaan dengan dua indikator yaitu C1 = pelaku pelanggaran, C2 = korban pelanggaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan pengalaman berkendara dan tingkat pendidikan Situation Awareness pada pengendara sepeda motor berpengaruh positif dan signifikan terhadap pelanggaran lalu lintas dengan nilai probabilitas < 0,05 dan Critical Ratio > 1,96. . Perbedaan tingkat kewaspadaan pengendara sepeda motor berdasarkan hubungan antara variabel dan indikatornya ditunjukkan oleh persentase tertinggi, yaitu masing-masing 84,3%, 60,8%, dan 70,2%. Secara persepsi, kelompok pengemudi berusia 17-27 tahun memiliki kesadaran yang baik terhadap situasi tersebut. Di sisi lain, tingkat kesadaran situasi secara signifikan menyebabkan kecelakaan terjadi di kalangan pengendara sepeda motor, baik yang pernah mengalami kecelakaan maupun yang belum.

Kata kunci: kecelakaan lalu lintas, kesadaran situasi, faktor kelalaian, pengendara sepeda motor

DIFFERENCES OF MOTORCYCLE RIDER SITUATION AWARENESS BASED ON DRIVING EXPERIENCE AND EDUCATION LEVEL

ABSTRACT

This study aims to find out how the situation awareness of motorcycle riders is based on their driving experience and level of education, as well as to find out at what age motorcycle riders have good situation awareness. A questionnaire survey was conducted to collect data which was followed by 400 respondents covering the West Nusa Tenggara region, where respondents were grouped based on driving experience driving license, education level, and age. A Structural Equation Modeling (SEM) using AMOS V.22.0 was built to analyze the situation awareness of motorcyclists. The developed model consists of latent variables of behavior, violations and accidents including situation awareness variables with four indicators, namely A1 = knowledge,

A2 = skills, A3 = emotion and physical condition, A4 = discipline, violation variable with three indicators, namely B1 = administrative completeness, B2 = violation of markings and signs, B3 = dangerous maneuvers, and accident variable with two indicators, namely C1 = perpetrator of the violation, C2 = victim of the violation. The results showed that based on driving experience and educational level Situation Awareness on motorcycle riders has a positive and significant effect on traffic violations with probability values < 0.05 and Critical Ratio > 1.96 . The difference in the level of vigilance of motorcyclists based on the relationship between the variables and their indicators is shown by the highest percentages, namely 84.3%, 60.8%, and 70.2%, respectively. Perceptionally the group of drivers aged 17-27 years has a good awareness of the situation. On the other hand, the level of situation awareness significantly causes accidents to occur among motorcyclists, both those who have experienced an accident and those who have not.

Keywords: *traffic accident, situation awareness, negligence factor, motorcycle rider*

PENDAHULUAN

Kecelakaan lalu lintas disebabkan adanya kelalaian dan rendahnya tingkat kewaspadaan pengguna kendaraan bermotor maupun orang yang berada disekitar jalur lalu lintas. Salah satu kelalaian yang dilakukan pengendara kendaraan bermotor adalah pelanggaran lalu lintas. Pelanggaran lalu lintas yang paling sering dilakukan oleh pengendara bermotor dan merupakan pelanggaran tak kasat mata yaitu berupa pelanggaran marka jalan, tidak membawa atau tidak memiliki Surat Izin Mengemudi dan surat kendaraan (STNK), tidak mematuhi rambu-rambu lalu lintas, dan tidak menggunakan perlengkapan berkendara seperti, helm dan kaca spion (Sarry & Widodo, 2014).

Kecelakaan sering kali melibatkan pengguna jalan lainnya, memahami perilaku pengendara adalah hal yang penting, sebagaimana setiap pengendara memiliki pengalaman yang berbeda-beda, sementara pengendara yang berpengalaman mungkin memiliki tingkat kesadaran yang lebih berkembang terhadap keadaan dan kejadian disekitarnya, maka pengendara yang berpengalaman akan diharapkan memiliki antisipasi yang baik terhadap situasi berbahaya di jalan (Underwood, dkk., 2013)

Selain pengalaman berkendara, tingkat Pendidikan juga berpengaruh. Dimana semakin tinggi tingkat pendidikan seseorang maka semakin baik pula pola pikirnya dalam mencerna informasi

informasi yang dapat mendasari pola perilaku orang tersebut sehingga mencapai kesadaran situasi yang baik. Mencapai kesadaran situasi (*situation awareness*) sangat penting untuk mengemudi yang aman dan efisien SEM atau model persamaan struktural adalah analisis multivariat yang digunakan untuk menganalisis hubungan antar variabel yang kompleks. Dalam analisis ini peneliti akan menggunakan metode SEM dengan bantuan program AMOS (*Analysis Of Moment Structures*).

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan *Situation Awareness* pada pengendara sepeda motor berdasarkan pengalaman berkendara dan tingkat pendidikan.
2. Mengetahui tingkat kewaspadaan pada pengendara sepeda motor.
3. Mengetahui usia berapa pengendara sepeda motor mempunyai *situation awareness* yang baik untuk mengurangi kecelakaan lalu lintas.

LANDASAN TEORI

Pengertian Pengemudi

Pengemudi atau Bahasa atau Inggrisnya *driver* adalah orang yang mengemudikan kendaraan baik kendaraan bermotor atau orang yang secara langsung mengawasi calon pengemudi yang sedang belajar mengemudikan kendaraan bermotor atau kendaraan tidak bermotor seperti pada bandi/dokar disebut juga sebagai kusir, pengemudi becak sebagai tukang becak. Pengemudi mobil disebut juga sebagai

sopir, sedangkan pengemudi sepeda motor disebut juga sebagai pengendara.

Pengertian Pengalaman

Menurut teori Max Webber yang dikemukakan oleh Ritzer (1983), menyatakan bahwa setiap individu akan melakukan suatu tindakan berdasarkan lama kerjanya atau pengalamannya (Nurhayati, 1997). Seseorang yang baru belajar mengemudi akan memiliki pengetahuan dan pengalaman yang lebih sedikit dalam mengemudi dan bagaimana cara mengantisipasi setiap bahaya, bila dibandingkan dengan orang yang sudah bertahun-tahun mengemudi.

Pengertian Tingkat Pendidikan

Tingkat pendidikan adalah tahapan pendidikan yang ditetapkan berdasarkan tingkat perkembangan peserta didik, tujuan yang akan dicapai dan kemauan yang dikembangkan. Tingkat pendidikan berpengaruh terhadap perubahan sikap dan perilaku hidup sehat. Tingkat pendidikan yang lebih tinggi akan memudahkan seseorang atau masyarakat untuk menyerap informasi dan mengimplementasikannya dalam perilaku dan gaya hidup sehari-hari, khususnya dalam hal kesehatan. Pendidikan formal membentuk nilai bagi seseorang terutama dalam menerima hal baru (Suhardjo, 2007).

Pengertian Situation Awareness

Menurut Endsley dalam Fang, dkk. (2018), *Situation Awareness* didefinisikan sebagai: Persepsi unsur-unsur di lingkungan dalam volume waktu dan ruang, pemahaman makna, dan proyeksi status dalam waktu dekat. Dari perspektif psikologi kognitif, kesalahan manusia dianggap sebagai hasil dari satu atau beberapa kegagalan dalam proses kognisi manusia. Proses ini dapat dijelaskan oleh *the sequential stage mode* yang diciptakan oleh Furnham (Fang, dkk., 2018).

Structural Equation Modeling (SEM)

Menurut Santoso (2014), SEM adalah teknik statistik multivariat yang merupakan kombinasi antara analisis faktor dan analisis regresi (korelasi), yang

bertujuan untuk menguji hubungan antar-variabel yang ada pada sebuah model, baik itu antar-indikator dengan konstruksinya, ataupun hubungan antar konstruk.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui *google form* dan lokasi penelitiannya adalah di Provinsi Nusa Tenggara Barat. Untuk memastikan responden berasal dari Provinsi Nusa Tenggara Barat yaitu berdasarkan alamat pada isian *google form*.

Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

Tahap Persiapan

Tahap persiapan penelitian ini dimulai dengan perumusan masalah yang ditimbulkan oleh *Situation Awareness* pada pengendara sepeda motor berdasarkan pengalaman berkendara dan tingkat Pendidikan. Selanjutnya dilakukan prasurvei kepada 20 responden. Dari hasil prasurvei dibuat kuisisioner untuk pelaksanaan survei.

Kuisisioner pada penelitian ini menggunakan skala likert 1-5 untuk mengukur sikap responden terhadap setiap pertanyaan. Skala likert yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Skor Skala *Likert*

Alternatif Jawaban	Skor	
	Positif	Negatif
Tidak pernah (TP)	1	5
Pernah (P)	2	4
Kadang-kadang (KD)	3	3
Sering (S)	4	2
Sangat Sering (SS)	5	1

Sumber: Desain Penelitian

Tahap Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa data umur, pengalaman, tingkat pendidikan dan alamat. Data yang terkumpul akan dikaji,

dipilah, dicatat dan dianalisis untuk mencapai tujuan penelitian dan memecahkan perumusan masalah. Tahap Penulisan dan Penarikan Kesimpulan

Tahap ini meliputi penulisan laporan penelitian berdasarkan aturan yang berlaku dan melakukan analisis data primer yang telah terkumpul dengan menggunakan aplikasi. Penarikan kesimpulan berdasarkan analisa data.

Analisa Data

Adapun tahapan-tahapan dalam menganalisa data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis dengan Program SPSS
 - a. Uji validitas data menggunakan SPSS
 - b. Uji reliabilitas data menggunakan SPSS
2. Analisis dengan Program AMOS
 - a. Uji Normalitas dan *Outlier*
 - b. Uji Model *Fit*
 - c. Modifikasi Model SEM

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data

Hasil pengumpulan data diperoleh dari pelaksanaan survei kepada 400 responden. Hasil tersebut dikelompokkan berdasarkan pengalaman berkendara, kepemilikan SIM, tingkat pendidikan, dan usia.

Kelompok data responden berdasarkan pengalaman berkendara didapatkan jumlah responden yang pernah mengalami kecelakaan sebanyak 252 responden (63%) dan jumlah responden yang tidak pernah mengalami kecelakaan sebanyak 107 responden (26.75%).

Kelompok data responden berdasarkan kepemilikan SIM didapatkan jumlah responden yang sudah memiliki SIM sebanyak 294 responden (73.5%) dan responden yang belum memiliki SIM sebanyak 66 responden (16.5%).

Kelompok data responden berdasarkan tingkat pendidikan didapatkan jumlah responden yang memiliki tingkat

Pendidikan D3 sampai S2 sebanyak 234 responden (58.5%) dan responden yang belum memiliki tingkat Pendidikan SD sampai SMA sebanyak 124 responden (31%).

Kelompok data responden berdasarkan usia didapatkan responden kelompok usia 17-27 tahun sebanyak 236 orang, kelompok usia 28-38 tahun sebanyak 49 orang, kelompok usia 39-49 tahun sebanyak 48 orang, dan kelompok usia 50-60 tahun sebanyak 5 orang. Dari data penelitian berdasarkan kelompok usia diperoleh nilai rata-rata skor likertnya yaitu kelompok usia 17-27 tahun sebesar 3010, usia 28-38 tahun sebesar 646, usia 39-49 tahun sebesar 646, dan usia 50-60 tahun sebesar 68.

Uji Validitas dengan SPSS

Output uji validitas berupa hasil *r* hitung yang tercantum pada kolom Total. Selanjutnya hasil *r* hitung dapat dibandingkan dengan *r* tabel. Dalam tabel harga kritis *r* tabel Pearson's Product Moment diketahui nilai *r* tabel untuk *n* = 252 adalah 0,125 dengan signifikansi α = 0,05.

Tabel 2 Hasil Uji Validitas

	r hitung	r tabel	Ket.		r hitung	r tabel	Ket.
P1	0.506	0.125	Valid	P18	0.212	0.125	Valid
P2	0.147	0.125	Valid	P19	0.451	0.125	Valid
P3	0.221	0.125	Valid	P20	0.355	0.125	Valid
P4	0.402	0.125	Valid	P21	0.531	0.125	Valid
P5	0.507	0.125	Valid	P22	0.662	0.125	Valid
P6	0.491	0.125	Valid	P23	0.627	0.125	Valid
P7	0.359	0.125	Valid	P24	0.397	0.125	Valid
P8	0.346	0.125	Valid	P25	0.523	0.125	Valid
P9	0.514	0.125	Valid	P26	0.536	0.125	Valid
P10	0.194	0.125	Valid	P27	0.423	0.125	Valid

P1 1	0.50 5	0.12 5	Vali d	P2 8	0.35 5	0.12 5	Vali d
P1 2	0.56 1	0.12 5	Vali d	P2 9	0.32 4	0.12 5	Vali d
P1 3	0.50 5	0.12 5	Vali d	P3 0	0.34 7	0.12 5	Vali d
P1 4	0.22 2	0.12 5	Vali d	P3 1	0.28 6	0.12 5	Vali d
P1 5	0.50 4	0.12 5	Vali d	P3 2	0.36 5	0.12 5	Vali d
P1 6	0.53 6	0.12 5	Vali d	P3 3	0.26 3	0.12 5	Vali d
P1 7	0.60 5	0.12 5	Vali d	P3 4	0.42 5	0.12 5	Vali d

Uji Reliabilitas dengan SPSS

Reliability
Scale: ALL VARIABLES

Case Processing Summary

Cases	Valid	Excluded ^a	Total	N	%
	262	0	262		100.0
<small>a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.</small>					

Reliability Statistics

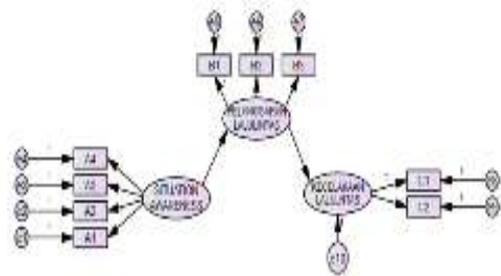
Cronbach's Alpha	N of Items
.843	34

Gambar 1 Tampilan Output Uji Reliabilitas SPSS v.24.0

Berdasarkan hasil uji reliabilitas didapatkan nilai koefisien Cronbach's Alpha sebesar 0,843 > 0,80 sehingga instrumen dikatakan sangat reliabel. Dengan demikian penelitian dapat dilanjutkan dengan kuisioner yang sudah ada.

Analisis Structural Equation Modeling (SEM) dengan program AMOS

Model penelitian yang akan dianalisis dengan bantuan program AMOS dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2 Model Penelitian

Uji Normalitas Data dan Outlier

Dari hasil uji normalitas diperoleh bahwa secara keseluruhan (*multivariate*) data berdistribusi normal menurut angka *critical ratio* yang sudah di atas angka 1,96 pada signifikansi 5% namun di luar dari angka ±2,58 untuk signifikansi 1%. Maka langkah selanjutnya adalah melihat terlebih dahulu sebaran apakah terdapat data *outlier* pada tabel *Mahanalobis Distance*, yaitu dengan menghapus data tersebut dan mengulang kembali sebelum memutuskan data yang ada sudah berdistribusi normal.

Uji Model Fit

Model SEM dapat dikatakan *fit* apabila memenuhi persyaratan sebagai berikut:

Tabel 3 Goodness-of-Fit Indices

Goodness-of-Fit Indices	Cut off Value
Degree of freedom (DF)	Positif (+)
X ² (Chi - square)	≤ [=CHIINV (0,05,df)]
Signifikansi Probability	≥ 0,05
CMIN/DF	≤ 2,00
GFI	≥ 0,90
RMSEA	≤ 0,05
AGFI	≥ 0,90
TLI	≥ 0,90
NFI	≥ 0,90

Berdasarkan hasil uji model *fit* menyatakan, bahwa uji model *fit*

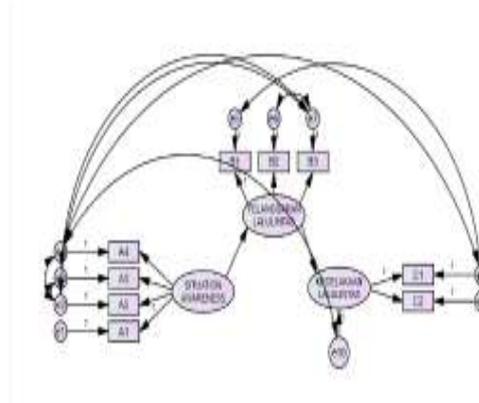
menghasilkan beberapa model SEM yang tidak *fit*, sehingga perlu dilakukan modifikasi model dan mengujinya kembali. Sedangkan berdasarkan tingkat pendidikan SD sampai SMA sudah *fit*, sehingga tidak perlu dilakukan modifikasi model.

Modifikasi Model SEM

Model SEM yang tidak *fit* akan disediakan rekomendasi untuk modifikasi model. Rekomendasi akan muncul pada *output AMOS Modification indices*.

Tabel 4 Rekomendasi *Modification Indices*

			M.I.	Par Change
e6	<-->	e7	4,784	-,026
e5	<-->	e9	8,131	-,039
e4	<-->	e10	5,271	-,021
e4	<-->	e8	5,294	-,020
e3	<-->	e7	7,382	,027
e2	<-->	e7	5,771	-,034
e2	<-->	e4	5,864	,034
e2	<-->	e3	4,379	-,027



Gambar 3 Model Termodifikasi Setelah dilakukan modifikasi model SEM didapatkan bahwa model sudah *fit* secara keseluruhan. Proses selanjutnya adalah melihat apakah indikator-indikator yang ada pada sebuah konstruk memang merupakan bagian atau dapat menjelaskan konstuk tersebut.

a. Analisis Hubungan Indikator dengan Variabel dan Antar Variabel

Suatu hubungan dinilai signifikan apabila memiliki nilai Probabilitas (P) di bawah 0,05 dan memiliki nilai CR (*Critical Ratio*) $\geq 1,96$ untuk signifikansi 5% dan $\pm 2,58$ untuk signifikansi 1%. Dari hasil analisis, menurut nilai P dan CR, semua hubungan sudah signifikan.

Setelah mengetahui sigifikansi antar variabel dan variabel dengan konstruknya, langkah berikutnya yaitu melihat seberapa erat hubungan yang terjadi.

indikator	Estimate					
	Pernah mengalami kecelakaan	Tidak pernah mengalami kecelakaan	Sudah memiliki i SIM	Belum memiliki i SIM	Tingkat Pendidikan D3 sampai S2	Tingkat Pendidikan SD sampai SMA
PELANGGARAN <--->	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

SITUATION AWARENESS						
KECELAKAAN <-- PELANGGARAN	0,524	0,739	0,460	0,667	0,578	0,552
A1<--- SITUATION AWARENESS	0,312	0,225	0,243	0,564	0,310	0,313
A2<--- SITUATION AWARENESS	0,634	0,533	0,499	0,521	0,641	0,367
A3<--- SITUATION AWARENESS	0,755	0,735	0,790	0,840	0,799	0,812
A4<--- SITUATION AWARENESS	0,725	0,733	0,738	0,687	0,706	0,673
B1<--- PELANGGARAN LALU LINTAS	0,521	0,519	0,476	0,329	0,546	0,447
B2<--- PELANGGARAN LALU LINTAS	0,581	0,621	0,575	0,693	0,524	0,624
B3<--- PELANGGARAN LALU LINTAS	0,660	0,718	0,677	0,780	0,618	0,754
C1<--- KECELAKAAN LALU LINTAS	0,775	0,893	0,783	0,978	0,808	0,761
C2<--- KECELAKAAN LALU LINTAS	0,485	0,749	0,436	0,838	0,426	0,385

Tabel 5 Output Standardized Regresion Weight

Seberapa erat hubungan yang terjadi antar variabel dengan indikator pembentuknya ditunjukkan pada tabel di atas. Apabila angka *loading factor* yang ditunjukkan pada kolom *estimates* > 0,5, hal tersebut

menunjukkan sebuah hubungan yang erat antar konstruk. Langkah berikutnya yaitu melihat seberapa besar pengaruh antar variabel dan variabel dengan indikatornya.

Tabel 6 Squared Multiple Correlations

	Estimate					
	Pernah mengalami kecelakaan	Tidak pernah mengalami kecelakaan	Sudah memiliki SIM	Belum memiliki SIM	Tingkat Pendidikan D3 sampai S2	Tingkat Pendidikan SD sampai SMA
PELANGGARAN	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
KECELAKAAN	0,275	0,546	0,212	0,445	0,334	0,305

A1	0,097	0,051	0,059	0,318	0,096	0,098
A2	0,402	0,284	0,249	0,271	0,411	0,135
A3	0,570	0,540	0,624	0,840	0,638	0,659
A4	0,526	0,537	0,545	0,472	0,498	0,453
B1	0,271	0,269	0,227	0,108	0,298	0,200
B2	0,338	0,387	0,331	0,480	0,275	0,389
B3	0,436	0,516	0,458	0,608	0,382	0,569
C1	0,601	0,645	0,613	0,956	0,653	0,579
C2	0,235	0,561	0,190	0,702	0,181	0,148

Angka 1,000 dapat diartikan bahwa variabel *SITUATION AWARENESS* pada kriteria pengalaman pernah mengalami kecelakaan berpengaruh 100% terhadap variabel PELANGGARAN. Sedangkan dengan angka 0,275 dapat diartikan

bahwa variabel PELANGGARAN berpengaruh terhadap variabel KECELAKAAN sebesar 27,5% dan sisanya ditunjukkan oleh error 10 (e10). Penjelasan yang sama juga berlaku untuk kriteria kelompok responden yang lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. *Situation Awareness* pada pengendara sepeda motor berdasarkan pengalaman berkendara dan tingkat pendidikan berpengaruh secara persepsi dan signifikan terhadap pelanggaran lalu lintas. Pada semua kriteria memiliki *situation awareness* yang berkontribusi sama terhadap pelanggaran. Responden yang sudah memiliki SIM memiliki signifikansi lebih baik sehingga dapat meminimalkan terjadinya kecelakaan dan semakin siap berada di jalan.
2. Tingkat kewaspadaan pengendara sepeda motor berdasarkan hubungan variabel dengan indikatornya dengan persentase tertinggi pada indikator emosi dan kondisi fisik (A3), manuver

3. Secara persepsi kelompok umur 17-27 tahun memandang bahwa *situation awareness* dalam berlalu lintas di jalan raya lebih penting dibandingkan kelompok umur yang lain atau lebih hati-hati dan waspada terhadap resiko kecelakaan di jalan raya. Secara persepsi kelompok umur 17-27 tahun memandang bahwa *situation awareness* dalam berlalu lintas di jalan raya lebih penting dibandingkan kelompok umur yang lain atau lebih hati-hati dan waspada terhadap resiko kecelakaan di jalan raya. Hal ini menunjukkan bahwa usia 17-27 tahun memiliki *situation awareness* yang baik.

Saran

Adapun saran yang dapat diajukan penulis yakni:

1. Perlu peningkatan wawasan dan pengetahuan serta kesadaran masyarakat akan pentingnya *situation awareness* untuk mencegah terjadinya pelanggaran yang berdampak pada kecelakaan lalu lintas.

2. Perlu disosialisasi kepada masyarakat Nusa Tenggara Barat tentang pentingnya *situation awareness* yang dapat meningkatkan kesadaran dan kontrol diri dalam berkendara untuk meminimal melakukan pelanggaran yang berdampak terjadinya kecelakaan lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

Fang, Y., Cho, Y. K., Druso, F. & Seo, J., 2018. Assessment of Operator's

Situation Awareness for Smart Operation of Mobile Cranes.

- Automation in Construction*, Volume 85, p. 65-75.
- Santoso, S., 2014, AMOS 22 Untuk *Structural Equation Modeling*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Sarry, P., Y., & Widodo, H. (2014). Upaya Polisi Lalu Lintas dalam Meningkatkan Kedisiplinan Berjalan Lintas Pengendara Bermotor (Studi Deskriptif Terhadap Program Kanalisasi Lajur Kiri pada Satlantas Polrestabes Surabaya). *Kajian Moral Dan Kewarganegaraan*, 2(2), 564-578.
- Suhardjo, Drajat. (2007). Definisi Tingkat Pendidikan.
- Underwood, G., Ngai, A. & Underwood, J., 2013. *Driving Experience and Situation Awareness in Hazard Detection*. *Safety Science*, Volume 56, pp. 29-35.

**Analisis Risiko pada Proyek Pemugaran Bangunan Kuno dan Bersejarah
(Studi Kasus Pemugaran Kori Agung di Pura Agung Desa Adat Legian)**

A.A.A Made Cahaya Wardani

Cokorda Putra

Abstraks

Proyek konstruksi berkembang sejalan dengan perkembangan kehidupan manusia dan kemajuan teknologi. Bidang-bidang kehidupan manusia yang makin beragam menuntut industri jasa konstruksi membangun proyek-proyek konstruksi sesuai dengan keragaman bidang tersebut. Salah satu bidang konstruksi yang menuntut penggunaan teknologi adalah pemeliharaan bangunan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaharui dan memperbaiki semua komponen – komponen bangunan sesuai dengan standar yang telah ditentukan,. Pekerjaan pemeliharaan atau preservasi bangunan tradisional memerlukan penggunaan teknologi yang tepat. Khususnya pemeliharaan bangunan kuno dan memiliki nilai sejarah. Kondisi ini memberikan risiko yang lebih besar dan lebih sulit bagi kontraktor dalam mengerjakan proyek tersebut dibandingkan dengan kondisi bangunan yang dibangun dari awal.

Metoda penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metoda deskriptif. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode survai, ovservasi lapangan dan wawancara dengan menyebarkan pertanyaan mengenai risiko ke pihak-pihak yang berkompeten di bidangnya untuk memperoleh pengumpulan dan identifikasi risiko pada proyek preservasi bangunan Kori Agung di Desa Adat Legian.

Dari hasil penelitian diperoleh identifikasi risiko yang disusun berdasarkan jenis kegiatan yang ada pada tahap konstruksi. Risiko diperoleh berdasarkan sumber risiko sebanyak 6 sumber risiko. Sumber risiko finansial teridentifikasi sebanyak 4 risiko, sumber risiko SDM teridentifikasi sebanyak 5 risiko, untuk sumber risiko Pengadaan material teridentifikasi sebanyak 3 risiko, sumber risiko Konstruksi dan operasional teridentifikasi sebanyak 7 risiko dan sumber risiko Lingkungan teridentifikasi sebanyak 2 sedangkan untuk risiko legalittas teridentifikasi sebanyak 2 risiko. Total keseluruhan risiko sebanyak 23 buah risiko.

1.1 Latar Belakang

Proyek konstruksi memegang peranan yang strategis dalam pembangunan nasional. Proyek konstruksi berkembang sejalan dengan perkembangan kehidupan manusia dan kemajuan teknologi. Bidang-bidang kehidupan manusia yang makin beragam menuntut industri jasa konstruksi

membangun proyek-proyek konstruksi sesuai dengan keragaman bidang tersebut. Agar tercapainya tujuan daripada proyek perlu adanya sumber daya yang mendukung pelaksanaan proses konstruksi (Saputra 2020). Sumber daya tersebut antara lain material, *machines*, *methode*, *money*, dan *manpower*.

Perkembangan dunia konstruksi membutuhkan kemajuan teknologi konstruksi. Teknologi ini tidak hanya dari segi bahan-bahan yang digunakan, tapi juga alat-alat yang digunakan untuk membuat produk konstruksi. Salah satu bidang konstruksi yang menuntut penggunaan teknologi adalah pemeliharaan bangunan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaharui dan memperbaiki semua komponen – komponen bangunan sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Ketepatan dalam penerapan manajemen pada pelaksanaan proyek sangat diperlukan dalam pemeliharaan bangunan tersebut. Penggunaan teknologi ini demi kelancaran dan keberhasilan suatu proyek. Pekerjaan pemeliharaan bangunan bernilai sejarah khususnya preservasi bangunan kuno merupakan pekerjaan yang mengandung kompleksitas selama pekerjaan tersebut. Kondisi ini memberikan risiko yang lebih besar dan lebih sulit bagi kontraktor dalam mengerjakan proyek tersebut dibandingkan dengan kondisi bangunan yang dibangun dari awal (Dharmayanti 2015).

Pekerjaan pemeliharaan atau preservasi bangunan tradisional memerlukan penggunaan teknologi yang tepat. Khususnya pemeliharaan bangunan kuno dan memiliki nilai sejarah. Ketepatan dalam penerapan teknologi sangat diperlukan karena kegiatan preservasi tersebut adalah kegiatan pelestarian terhadap bangunan-bangunan tradisional khususnya yang ada di Indonesia. Salah satu kegiatan pelestarian tersebut adalah kegiatan preservasi terhadap bangunan-bangunan tradisional khususnya yang ada di Indonesia khususnya di Bali. Keberadaan bangunan tradisional ini mendorong inisiatif berbagai pihak dalam menangani masalah pelestarian terhadap bangunan tradisional tersebut.

Kori Agung sebagai bangunan berusia tua yang memiliki keunikan, daya tarik dan nilai sejarah pekerjaan renovasi bangunan perlu dijaga keutuhan dan kelestariannya semaksimal mungkin. Pekerjaan pemugaran ini termasuk dalam merawat agar kondisi fisik bangunan bersejarah untuk memperkaya kebudayaan, ilmu pengetahuan dan pemahaman sejarah setempat. Untuk itu pengurus bersama masyarakat di Desa Adat Legian berupaya merawat bangunan Kori Agung yang memiliki nilai sejarah tak ternilai bagi Desa Adat Legian. Karena pengaruh waktu, kondisi Kori Agung mengalami kerusakan pada materialnya. Namun masyarakat dan pengurus berupaya melakukan pemugaran terhadap bangunan Kori Agung yang memiliki nilai sejarah bagi Desa Legian. Pekerjaan pemugaran ini bertujuan untuk mempertahankan keaslian arsitektur tradisional terutama pada elemen-elemen fisiknya. Elemen fisik yang bisa dipertahankan keasliannya adalah bentuk arsitektur, pola ruang, struktur ruang serta elemen-elemen pembentuk struktur arsitektur. Pengurus dan masyarakat di Desa Adat Legian berupaya Dan Pemugaran adalah upaya untuk merawat bangunan Kori Agung di Desa Adat Legian. Kegiatan ini adalah upaya pengembalian kondisi fisik bangunan sesuai dengan keaslian bahan, bentuk, tata letak, dan/ atau teknologi pengerjaan untuk usia bangunannya.

Sektor konstruksi sebagai bidang yang memiliki banyak ketidakpastian (*uncertainty*) dalam hal *delivery*/proses penyajian berupa penyediaan barang/jasa. Ketidakpastian ini mengakibatkan risiko pada berbagai aspek kebijakan proyek. Untuk dapat meminimalisir risiko – risiko dan kerugian yang timbul dari pihak pelaksana (kontraktor), pemilik proyek, dan pihak yang terkait dalam pelaksanaan gedung tersebut, diperlukan adanya identifikasi, analisis, mitigasi dan pengalokasian terhadap

kemungkinan risiko yang akan akan terjadi. Kegiatan ini tentu saja akan mengalami risiko-risiko yang tidak diharapkan yang dapat mengganggu kesuksesan pelaksanaan konstruksi. Risiko ini antara lain adalah risiko kekurangan material yang sama dengan material asli, risiko kelangkaan tenaga kerja yang mengerti bangunan tradisional, risiko mahal nya ongkos tenaga kerja, dan lain-lain.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah penelitian terkait risiko pekerjaan preservasi bangunan kori agung adalah sebagai berikut:

- a. Risiko – risiko apa saja yang teridentifikasi pada pemeliharaan Kori Agung di Pura Agung Desa Adat Legian
- b. Bagaimana analisis risiko secara kuantitatif pada risiko yang telah teridentifikasi pada pemeliharaan bangunan Kori Agung Pura Agung Desa Adatt Legian.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan daripada penelitian ini adalah :

- a. Untuk mengetahui risiko-risiko yang terjadi pada pelaksanaan pemeliharaan bangunan Kori Agung di Pura Agung Desa Adat Legian
- b. Untuk mengetahui hasil analisis risiko yang dilakukan secara kualitatif pada identifikasi risiko yang telah dilakukan

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu dapat memberi informasi kepada pihak proyek tentang risiko-risiko proyek, untuk selanjutnya dapat diambil tindakan antisipasi.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Bangunan Cagar Budaya

Pelestarian Cagar Budaya menurut UU no 11 tahun 2010 adalah upaya dinamis untuk mempertahankan keberadaan Cagar Budaya dan nilainya dengan cara melindungi, mengembangkan, dan memanfaatkannya. Pelestarian Cagar Budaya memiliki tujuan tujuan : (1) melestarikan benda cagar budaya bangsa dan benda cagar umat manusia; (2) meningkatkan harkat dan martabat bangsa melalui Cagar Budaya; (3) memperkuat kepribadian bangsa; (4) meningkatkan kesejahteraan rakyat; dan (5) mempromosikan benda cagar budaya bangsa kep

Dalam Piagam Pelestarian Pusaka Indonesia (2003) disebutkan juga keprihatinan mengenai banyak pusaka Indonesia yang tak ternilai telah tercemar, rusak, hancur, hilang, atau terancam kelestariannya akibat ketaktahuan, ketakpedulian, ketakmampuan, dan salah urus demi keuntungan jangka pendek dan kepentingan kelompok tertentu. Untuk itu peran aktif masyarakat dalm melakukan tindakan pelestarian yang dapat berbentuk pengawetan, pemugaran, pemarsitektur kembali, revitalisasi, alih fungsi, dan/ atau pengembangan selektif.

Beberapa regulasi yang mengaatur tentang bangunan cagara budaya seperti Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya dijelaskan bahwa yang dimaksud dari perlindungan adalah upaya mencegah dan menanggulangi bangunan dari kerusakan, kehancuran, atau kemusnahan dengan cara Penyelamatan, Pengamanan, Zonasi, Pemeliharaan, dan Pemugaran. Dalam pasal 1 dijelaskan juga bahwa Cagar Budaya adalah benda cagar budaya bersifat kebendaan berupa Benda

Cagar Budaya, Arsitektur Cagar Budaya, Struktur Cagar Budaya, Situs Cagar Budaya, dan Kawasan Cagar Budaya di darat dan/atau di air yang perlu dilestarikan keberadaannya karena memiliki nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan melalui proses penetapan.

2.2 Pelestarian Bangunan Bersejarah

Bangunan bersejarah merupakan perwujudan fisik, bukti material dari cara hidup masyarakat / budaya masa lalu serta sumber material budaya terbatas yang jika rusak tidak dapat dikembalikan. Pelestarian bangunan bersejarah merupakan upaya masyarakat agar dapat menunjukkan keunikan dan kepribadiannya terhadap penyeragaman arsitektur modern yang tidak bias dihindari. Peran pelestarian adalah mempertahankan nilai-nilai yang tersusun oleh sejumlah nilai seperti nilai arsitektur, nilai budaya, nilai sejarah dan nilai kegunaan. Nilai tersebut merupakan nilai/sifat ciri khas suatu budaya yang spesifik terhadap tempat, guna dan waktu.

Makna nilai suatu bangunan/tempat baik dari segi arsitektur, budaya yang paling menentukan, yang jika hilang akan menurunkan nilainya. Konsep tindakan pelestarian berupa : tindakan preventif, preservasi (pelestarian yang ada), restorasi (dikembalikan ke asal), rehabilitasi (perbaikan), adaptasi (penyesuaian), rekonstruksi (dibangun kembali) atau campuran beberapa tindakan sekali (Suryono, 2015.)

2.3 Kori Agung

Selain sebagai akses keluar masuk rumah, gerbang juga memiliki peran memperindah tampilan sebuah rumah. Tak sembarangan, dalam membangun gerbang masyarakat Bali

memiliki tatanan khusus. Sejak dahulu gerbang dijadikan sebagai penanda tempat dan status social masyarakat. Istilah Kori Agung merupakan salah satu istilah akses keluar masuk di tempat suci (pura) dan rumah yang memiliki status sosial tinggi. Sedangkan pada masyarakat biasa disebut angkul-angkul (Hardi 2020).

Kori Agung merupakan salah satu bangunan pemusuan pada kawasan Pura. *Kori Agung* memiliki fungsi yang penting karena menghubungkan antara areal *jabaan* (luar) Pura dengan areal *jeroan* (dalam) Pura. *Kori Agung* tidak hanya dipandang sebagai bangunan utama pura, namun juga merupakan bangunan yang memiliki makna simbolis yang turut mempengaruhi perilaku manusia yang melalui bangunan *Kori Agung*

2.4 Risiko

Risiko didefinisikan sebagai distribusi variasi yang kemungkinan muncul, kemiripannya dan nilai subjektifnya secara mendasar. Semua pilihan dalam hidup melibatkan risiko dan risiko berasal dari ketidakpastian. Semua ketidakpastian disebabkan oleh kurangnya informasi, pengetahuan dan pengalaman (Ghahramanzadeh 2013) . Sedangkan menurut (ISO30001, 2021), pengertian risiko adalah efek dari ketidakpastian pada sasaran. Manajemen risiko terdiri dari 3 tahapan menurut (Kleindorfer and Saad 2005) yaitu :

1. Identifikasi Risiko
2. Evaluasi Risiko
3. Mitigasi Risiko

3. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian Metode yang digunakan dalam kajian ini secara umum dapat dikelompokkan atas dua, yaitu metode pengumpulan data dan metode analisis data. Metode pengumpulan data yang diterapkan dapat diklasifikasikan atas tiga metode

adalah (a) metode observasi langsung ke lapangan terhadap objek kori agung yang dimaksud, (b) metode studi kepustakaan tentang segala konsep yang melatarbelakangi keberadaan ornamen-ornamen tersebut, dan (c) metode interview terhadap para informan yang dipandang kompeten dan memiliki pengetahuan yang baik tentang ornamen ini

Metode analisis atau pembahasannya menggunakan metode deskriptif kualitatif. Pada bagian akhir studi ini, dilakukan sebuah kajian tentang risiko yang timbul pada saat pelaksanaan proyek preservasi Kori Agung di Desa Adat Legian. Identifikasi Risiko dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan literature review dan wawancara lapangan dengan pemilik proyek, panitia, dan kontraktor.

4. Pembahasan

4.1 Deskripsi Singkat tentang Bangunan Gerbang Berlanggam Bali dan Ornamenornamennya

Pada bagian ini diuraikan secara ringkas tentang pengertian bangunan gerbang berlanggam Bali dan varian-varian bentuk ornamen yang terdapat di atas lubang pintu masuknya. a. Bentuk, fungsi, dan kedudukan bangunan gerbang berlanggam Bali dengan style Bebadungan. Berdasarkan masa pendiriannya, bangunan gerbang berlanggam Bali secara umum dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu, bangunan gerbang masuk berlanggam Bali klasik dan bangunan gerbang masuk kreasi masa kini. Bangunan Kori Agung di Pura Agung Adat Legian masuk berlanggam Bali klasik dengan style Bebadungan adalah bangunan gerbang masuk yang dibangun untuk bangunan-bangunan tradisional Bali semacam bangunan pura, yang masih menggunakan kaidah-kaidah

arsitektur tradisional Bali. Bangunan gerbang yang termasuk tipe ini pada umumnya hanya difungsikan sebagai penghubung madya mandala dan utama mandala pura. Kori ini sebelumnya dipugar pada tahun 1870 an Maschi.

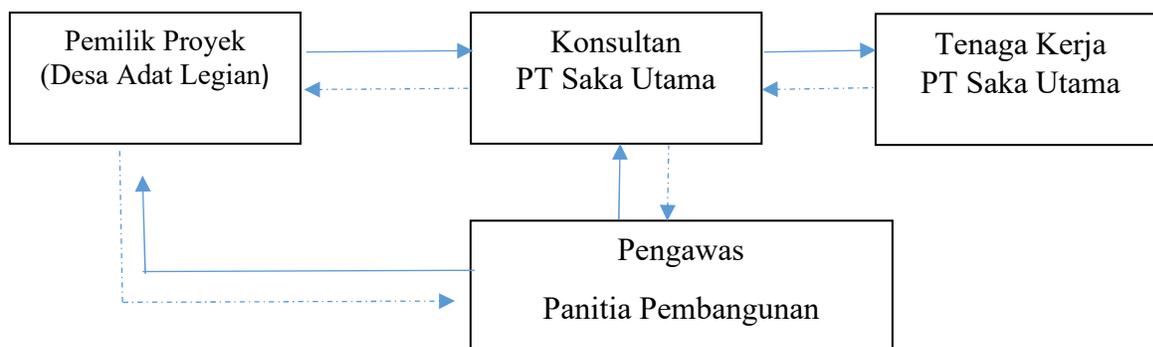


Gambar 1 Kori Agung Eksisting

Karena pengaruh waktu maka keberadaan kori ini mengalami kerusakan berupa pengeroposan material bata. Untuk itu masyarakat berkehendak melakukan pemugaran pada bangunan Kori Agung tetapi masih menggunakan material dan mempertahankan bentuk sesuai dengan kondisi eksisting kori.

Proyek ini merupakan proyek swakelola yang didanai oleh dana mandiri (Dana Desa), Desain dan pekerjaan dikerjakan oleh PT Saka Utama. Sedangkan pengawas pekerjaan dilakukan oleh panitia pembangunan yang diangkat oleh masyarakat Desa melalui pemilihan dan perwakilan dari masing-masing Banjar\

Adapun diagram alir koordinasi proyek antar komponen Proyek Pemugaran Kori Agung Pura Agung Desa Adat Legian dapat dilihat sebagai berikut :



Keterangan

—> Garis Perintah

- -> Garis Koordinasi

4.2 Identifikasi risiko yang timbul pada proyek Pemugaran Kori Agung

Dari hasil wawancara di lapangan, observasi dan studi literature diperoleh risiko sebagai berikut :

Tabel 1. Identifikasi Risiko

N0	Risiko	Referensi
I	Risiko Finansial	P1, P2, P4
1	Kegagalan menjaga nilai proyek restorasi agar tidak membengkak	P1
2	Kegagalan dalam memperoleh pendanaan dari pemerintah	
3	Risiko ketidakpastian ekonomi yang menyebabkan pembengkakan biaya konstruksi	P1, P2, P6, P7
4	Mahalnya harga tenaga tukang karena kelangkaan tukang	wawancara
II	Risiko Sumber Daya Manusia	
5	Risiko terbatasnya tenaga ahli SDM yang mengerti tentang pemugaran bangunan tradisional	wawancara
6	Risiko kurangnya tenaga SDM berpengalaman tentang restorasi dalam kepanitiaian proyek Desa	Wawancara
7	Kurangnya tenaga pengawas proyek restorasi	wawancara
8	Kegagalan dalam pengelolaan dan pengendalian sumber daya manusia, material dan peralatan yang mengakibatkan keterlambatan proyek.	P2
9	Terganggunya ketersediaan, mobilitas, produktivitas, dan kualitas tenaga kerja (termasuk mogok kerja/sakit)	P2, P3, P5, P6, P7

III	Risiko pengadaan material	
10	Risiko kekurangan/kelangkaan material yang mutunya sama dengan material existing	P2, wawancara
11	Risiko mahal nya harga material untuk restorasi	wawancara
	Risiko Komunikasi	
12	Risiko miskomunikasi antara pemilik proyek, panitia proyek , konstultan dan tenaga lapangan	Observasi lapangan
IV	Risiko konstruksi dan operasional	
13	Risiko kesalahan pemilihan metoda kerja	P2
14	Risiko kekuranghati-hatian dalam pembongkaran bangunan eksisting	Observasi lapangan
15	Risiko kurang hari-hatian dalam penyimpanan material eksisting yang akan digunakan ulang	Obsercasi
16	Risiko kesalahan dalam pemasangan kembali material ekisting yang menyebabkan terjadinya pemasangan ulang sehingga dapat memboroskan waktu	Wawancara
17	Risiko pengerjaan oleh satu badan antara kontraktor dan konsultan	Observasi lapangan
18	Kesulitan mobilitas dan terbatasnya lahan parkir untuk pemindahan material bongkaran dan mobilisasi material ke dalam lokasi proyek (loading area), karena langsung berhadapan dengan badan jalan	P9
19	Kegagalan dalam menyelesaikan proyek sesuai dengan waktu yang direncanakan (delay	P1, P8
V	Lingkungan	
20	Prediksi cuaca yang tidak menentu yang dapat mempengaruhi pelaksanaan proyek	P1, P3, P5, P6, P7
21	Risiko polusi, debu dan suara akibat pelaksanaan proyek	
VI	Risiko Legalitas	
22	Kegagalan dalam memenuhi standar pekerjaan yang disyaratkan dari segi kualitas, fungsi, kesesuaian dengan tujuan, (sesuai kontrak)	P1
23	Butir perjanjian kontrak yang kurang lengkap	P6

Referensi

- P1:(Flanagan and Norman 1993) P5:Al-Bahar dan Crandall (1990)
 P2: (Skorupka 2003) P6: Fianko 2012.
 P3: (Smith 2006) P7: (Sharma 2003)
 P4: (Chapman 2001) P8 : (Liu, 2011)
 P5:(Flanagan and Norman 1993)

5. Kesimpulan

Dari hasil identifikasi risiko pada proyek pemugaran dan restorasi Kori Agung di Pura Agung Desa Adat Legian berdasarkan wawancara, observasi dan studi literature teridentifikasi sebanyak 21 risiko. Adapun faktor risiko sebanyak 6 buah dengan rincian masing-masing risiko

1. Faktor risiko finansial sebanyak 4 buah risiko
2. Faktor risiko sumber daya manusia sebanyak 5 buah risiko
3. Faktor risiko pengadaan material sebanyak 3 buah risiko
4. Faktor risiko konstruksi dan operasional sebanyak 7 buah risiko
5. Faktor risiko lingkungan sebanyak 2 buah risiko
6. Faktor risiko legalitas sebanyak 2 buah risiko

Daftar Pustaka

- Chapman. 2001. "The Controlling Influences on Effective Risk Identification and Assessment for Construction Design Managemen." *Journal of Project Management*.
- Dharmayanti, Candra. 2015. "Manajemen Risiko Pada Proyek Gedung Hotel Yang Sedang Beroperasi." In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 1 (SeNaTS 1)*.
- Flanagan, R, and Norman. 1993. "Factors Affecting the Risk Rating Assigned by Desicion-Makers Undr Uncertain Situation." *Risk Management Journal*.
- Ghahramanzadeh, M. 2013. "Managing Risk of Construction Projects A Case Study of Iran." London: University of East London. [internal-pdf://145.4.190.68/2013_PhD_Ghahra-manzadeh.pdf](http://145.4.190.68/2013_PhD_Ghahra-manzadeh.pdf).
- Hardi, Wira Igusti Ngurah. 2020. "Makna Simbolis Kori Agung Dalam Kehidupan Ritual Masyarakat Hindu Di Bali." *Gawang*.
- ISO30001. n.d. "Risk Management: Risk Control – Controllable and Uncontrollable Risks." <http://www.best-practice.com/risk-management-best-practices/financial-risk-management/risk-management-risk-control---controllable-and-uncontrollable-risks/>.
- Kleindorfer, P R, and G H Saad. 2005. "Managing Disruption Risks in Supply Chains." *Production and Operations Management*.
- Liu, H.C., L.; Liu, and Q Bian. 2011. "Failure Mode and Effects Analysis Using Fuzzy Evidential Reasoning Approach and Grey Theory." *Expert Systems with Applications*.
- Saputra, Oka. 2020. "MANAJEMEN RISIKO PEMELIHARAAN GEDUNG RUMAH SAKIT DALAM KONDISI OPERASIONAL."
- Sharma. 2003. "Risk Management in Construction Projects Using Combined Analytic Hierarchy Process and Risk Map Framework." *The IUP Journal of Operations Management*.
- Skorupka. 2003. "Risk Management in Building Projects." *AACE International Journal*.
- Smith, N. 2006. *Managing Risk in Construction Project*. Oxford, UK: Blackwell Science, Ltd.
- Suryono, A. n.d. "Aspek Bentuk Dan Fungsi Dalam Pelestarian Arsitektur Bangunan Peninggalan Belanda Era Politik Etis Di Kota Bandung."
- UndangUndang RI No. 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya (2010)

KAJIAN RESIKO PROYEK PEMBANGUNAN JALAN BARU *SHORTCUT* BATAS KOTA SINGARAJA-MENGWITANI

I Gusti Agung Ayu Istri Lestari¹, Tjokorda Istri Praganingrum², Komang Gede Mertada³

¹*Program Studi Teknik Sipil Universitas Mahasaraswati Denpasar*

²*Program Studi Teknik Sipil Universitas Mahasaraswati Denpasar*

³*Program Studi Teknik Sipil Universitas Mahasaraswati Denpasar*

istrilestari82@gmail.com

praga.ningrum@gmail.com

komanggedemt@gmail.com

ABSTRAK:

Pada pelaksanaan pekerjaan proyek *Shortcut* Batas Kota Singaraja-Mengwitani tidak terlepas dari berbagai resiko yang mungkin terjadi, sehingga diperlukan suatu kajian resiko yang dapat mengidentifikasi resiko yang kemungkinan timbul selama pelaksanaan proyek, melakukan penilaian terhadap resiko-resiko yang telah teridentifikasi, menentukan kepemilikan resiko serta menentukan tindakan mitigasi untuk meminimalisasi resiko yang terjadi. Penelitian ini dilakukan dengan cara brainstorming dan wawancara dengan berbagai pihak yang *expert* dan mempunyai kompetensi dalam pembangunan jalan *shortcut* Singaraja Mengwitani untuk mengidentifikasi resiko-resiko yang timbul selama pelaksanaan proyek, bagaimana kemungkinan (*likelihood*) terjadinya resiko, seberapa besar pengaruh (*consequences*) resiko, untuk selanjutnya dilakukan kajian penilaian resiko, menentukan kepemilikan serta mitigasi resiko. Hasil penelitian menunjukkan resiko yang teridentifikasi adalah sebanyak 34 (tiga puluh empat) resiko. Dari jumlah tersebut 11 (sebelas) resiko tergolong tidak dapat diterima (*unacceptable*). Sebanyak 13 (tiga belas) resiko tergolong tidak diharapkan (*undesirable*), dan 10 (sepuluh) resiko tergolong dapat diterima (*acceptable*) dan tidak ada resiko yang tergolong dapat diabaikan (*negligible*). Kepemilikan resiko dominan dimiliki oleh Satuan Perencanaan dan Pengawasan Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Bali dan Dinas Pekerjaan Umum. Terdapat 14 (empat belas) tindakan mitigasi pada resiko tidak dapat diterima (*unacceptable*) dan 17 (tujuh belas) tindakan mitigasi pada resiko yang tidak diharapkan (*undesirable*).

Kata kunci: *Resiko, Shortcut, identifikasi, penilaian, penerimaan, mitigasi*

RISK ASSESSMENT OF NEW ROAD DEVELOPMENT PROJECT *SHORTCUT* CITY BASIC SINGARAJA-MENGWITANI

The implementation of the Singaraja-Mengwitani City Boundary Shortcut project is inseparable from various risks that may occur, so a risk assessment is needed that can identify risks that may arise during project implementation, conduct an assessment of the identified risks, determine risk ownership and determine mitigation actions to minimize the risks that occur. This research was conducted by means of brainstorming and interviews with various parties who are experts and have competence in the construction of the Singaraja Mengwitani shortcut to identify the risks that arise during project implementation, how likely (likelihood) the risk will occur, how much influence (consequences) the risk, to then a risk assessment study is carried out, determining ownership and risk mitigation. The results showed that the identified risks were 34 (thirty four) risks. Of these 11 (eleven) risks are classified as unacceptable. A total of 13 (thirteen) risks are classified as undesirable, and 10 (ten) risks are classified as acceptable and there is no risk classified as negligible. The dominant risk ownership is owned by the Planning and Supervision Unit for the Implementation of the National Roads of Bali Province and the Public Works Department. There are 14 (fourteen) mitigation actions on unacceptable risks and 17 (seventeen) mitigation actions on undesirable risks.

Keywords: Risk, Shortcut, identification, assessment, acceptance, mitigation

PENDAHULUAN

Pulau Bali sebagai salah satu bagian dari Negara Indonesia yang dikenal sebagai kawasan pariwisata, juga giat dalam meningkatkan pembangunan dalam bidang infrastruktur, khususnya jalan sebagai akses transportasi. Dalam upaya tersebut, telah dilaksanakan di beberapa kawasan yang membutuhkan peningkatan infrastruktur khususnya jalan, dimana salah satunya adalah Kota Singaraja, Kabupaten Buleleng. Pengembangan jalan baru dari Denpasar ke Singaraja sangat dibutuhkan karena merupakan jalur wisata yang dilalui bus pariwisata dengan geometrik jalan yang berkelok-kelok dan tanjakan, sehingga sering terjadi kemacetan. Tujuan Pembangunan Jalan Baru (*shortcut*) bertujuan untuk memperbaiki geometrik jalan yang berkelok-kelok guna mempersingkat waktu tempuh perjalanan dari Denpasar ke Singaraja dan memperlancar transportasi arus lalu lintas.

Pada tahap pelaksanaan berbagai resiko mungkin muncul diantaranya resiko waktu, resiko biaya maupun resiko yang mempengaruhi mutu atau kualitas proyek. Oleh karena itu perlu dipahami resiko-resiko yang muncul dan penanganan resiko yang ada sehingga pelaksanaan pekerjaan konstruksi sesuai dengan yang direncanakan. Resiko-resiko tersebut dapat dikelola dengan cara mengidentifikasi resiko, melakukan penilaian terhadap resiko-resiko yang akan dihadapi, menentukan kepemilikan resiko serta menentukan tindakan mitigasi untuk meminimalisasi dampak resiko yang ada.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: Resiko Resiko apa saja yang teridentifikasi dalam pelaksanaan pekerjaan Proyek *Shortcut* Batas Kota Singaraja – Mengwitani, Bagaimana penilaian (*assesment*) terhadap resiko-resiko yang dihadapi dalam pelaksanaan pekerjaan Proyek *Shortcut* Batas Kota Singaraja – Mengwitani, serta bagaimana kepemilikan dan mitigasi terhadap resiko-resiko yang sudah teridentifikasi. Objek yang dijadikan studi kasus dalam penelitian ini adalah pembangunan Jalan Baru Batas Kota Singaraja Mengwitani Segmen 7-8 yang berlokasi di jalur Singaraja- Denpasar Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng.

Risk is the chance of loss (resiko adalah peluang terjadinya kerugian), *Risk is the possibility of loss* (Resiko adalah kemungkinan kerugian), *Risk is uncertainty* (Resiko adalah ketidakpastian) (Vaughan, 1978). Chapman dan Ward (2003) menegaskan bahwa sangat penting untuk menempatkan ketidakpastian (*uncertainty*) sebagai titik awal dalam manajemen resiko. Menurut Thompson dkk (1991), untuk mengatasi

kesulitan dalam mengidentifikasi resiko ini dapat digunakan beberapa cara, antara lain:

1. Menyusun daftar (*Checklist*) berdasarkan pengalaman sebelumnya
2. Wawancara dengan personil kunci (*expert*) yang terlibat dalam proyek
3. Melalui *Brainstorming* dengan tim pelaksana proyek

Resiko dapat dikenali dari sumbernya (*source*), kejadian (*event*) dan akibatnya (*effect*). Sumber resiko adalah kondisi-kondisi yang dapat memperbesar kemungkinan terjadinya resiko. *Event* adalah peristiwa yang menimbulkan pengaruh (*effect*) yang sifatnya dapat merugikan dan menguntungkan (Flanagan dan Norman, 1993).

Berdasarkan aktivitas, resiko dapat bersumber dari (1) politis (*political*), (2) lingkungan (*enviromental*), (3) perencanaan (*planning*), (4) pemasaran (*market*), (5) ekonomi (*economic*), (6) keuangan (*financial*), (7) alami (*natural*), (8) proyek (*project*), (9) teknis (*technic*), (10) manusia (*human*), (11) kriminal (*criminal*) dan (12) keselamatan (*safety*) (Godfrey, 1996).

Analisis resiko yaitu mengevaluasi konsekuensi terkait dengan jenis resiko, menilai dampak daripada resiko dengan menggunakan berbagai teknik pengukuran resiko. Godfrey et.al, (1996) mengungkapkan bahwa, analisis resiko yang dilakukan secara sistematis dapat membantu untuk :

1. Mengidentifikasi , menilai dan meranking resiko secara jelas.
2. Memusatkan perhatian pada resiko utama (*major risk*).
3. Memperjelas keputusan tentang batasan kerugian.
4. Meminimumkan potensi kerusakan apabila timbul keadaan yang paling buruk.
5. Mengontrol aspek ketidakpastian dalam proyek.
6. Memperjelas dan menegaskan peran setiap orang/badan yang terlibat dalam manajemen.

Penilaian resiko merupakan hasil perhitungan atau pengelompokan dari penilaian responden terhadap frekuensi (*likelihood*) dan besarnya dampak (*consequence*) yang timbul dari suatu resiko. Rentang skala penilaian responden terhadap frekuensi dan konsekuensi adalah sebagai berikut :

Tabel 1 Tingkat dan Skala Frekuensi (Likelihood)

No	Tingkat Frekuensi	Peluang	Skala
1	Sangat Sering	≥ 80%	5
2	Sering	60≤ - <80%	4
3	Kadang-kadang	40≤ - < 60%	3
4	Jarang	20≤ - <40%	2
5	Sangat jarang	< 20%	1

Sumber : Godfrey,(1996)

Tabel 2 Tingkat dan Skala Konsekuensi (Consequences)

No	Tingkat Frekuensi	Peluang	Skala
1	Sangat Besar	≥ 80%	5
2	Besar	60≤ - <80%	4
3	Sedang	40≤ - < 60%	3
4	Kecil	20≤ - <40%	2
5	Sangat Kecil	< 20%	1

Sumber : Godfrey ,(1996)

Analisis tingkat penerimaan resiko (*risk acceptability*) yang tergantung dari nilai risk yaitu hasil perkalian antara kecenderungan (*likelihood*) dengan konsekuensi (*consequences*) resiko. Adapun skala penerima resiko dijelaskan pada Tabel 3 berikut :

Tabel 3. Skala Penerimaan Resiko

No	Penerimaan Resiko	Skala Penerimaan
1	<i>Unacceptable</i> (tidak dapat diterima)	≥ 12
2	<i>Undesirable</i> (tidak diharapkan)	6 < - ≤ 12
3	<i>Acceptable</i> (Dapat diterima)	2 < - ≤ 6
4	<i>Negligible</i> (diterima sepenuhnya)	≤ 2

Sumber : Godfrey, (1996)

Uji validitas dan reliabilitas terhadap data yang diperoleh pada penelitian dengan penyebaran kuesioner

a. Uji Validitas

Menurut Imam Ghozali (2006), Uji Validitas digunakan untuk mengukur sah atau valid tidaknya suatu kuesioner. Suatu kuesioner dikatakan valid jika pertanyaan pada kuesioner mampu untuk mengungkapkan sesuatu yang akan diukur oleh kuesioner tersebut.

Salah satu cara untuk mengukur validitas adalah dengan melakukan korelasi antar skor butir pertanyaan dengan total skor konstruk atau variabel. Uji Validitas dilakukan dengan

membandingkan nilai r hitung (nilai *Conbrach Alpha* pada kolom *Correlated Item-Total Correlation*) dengan r tabel untuk *degree of freedom* (df) = n-2, dalam hal ini n adalah jumlah sampel. Jika r hitung lebih besar dari r tabel dan bernilai positif maka butir pertanyaan tersebut dinyatakan valid.

b. Uji Reliabilitas

Menurut Imam Ghozali (2006), Reliabilitas merupakan alat untuk mengukur suatu kuesioner yang merupakan indikator dari variabel. Suatu kuesioner dikatakan reliable atau handal jika jawaban seorang terhadap pernyataan adalah konsisten atau stabil dari waktu ke waktu.

Alpha Cronbach merupakan salah satu koefisien reliabilitas yang paling sering digunakan. Skala pengukuran yang reliable sebaiknya memiliki nilai *Alpha Cronbach* minimal 0.7 (Nunnaly,1998 dan Nunnaly and Bernstein, 1994).

METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan wawancara dengan pihak- pihak yang terlibat dan *expert* dalam proyek Pembangunan Jalan Baru *Shortcut* Batas Kota Singaraja- Mengwitani untuk mendapatkan pendapat atau opini dari responden mengenai identifikasi kemungkinan-kemungkinan resiko yang akan terjadi pada proyek Pembangunan Jalan Baru *Shortcut* Batas Kota Singaraja- Mengwitani. Pengumpulan data juga dilakukan melalui penyebaran kuesioner untuk mendapatkan informasi mengenai kemungkinan terjadinya resiko (*likelihood*) serta seberapa besar pengaruh (*consequences*) resiko yang teridentifikasi dalam proyek Pembangunan Jalan Baru *Shortcut* Batas Kota Singaraja- Mengwitani. Dalam penelitian ini pemilihan responden dilakukan berdasarkan metode *purposive sampling*, yaitu peneliti yang didasari atas kemampuan dan pengetahuan serta pertimbangan tertentu dapat menentukan pilihannya dalam memilih responden yang diyakini mampu memberikan jawaban pada kuesioner sesuai topik penelitian. Adapun responden yang terlibat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Responden dalam penelitian

No	Nama Instansi	Jabatan	Jumlah
1	Satuan Perencanaan dan Pengawasan Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Bali	Ahli Perencanaan Staff Senior Staff	3 orang
2	Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Bali	Kepala Seksi Pembangunan dan Peningkatan Jalan dan Jembatan Staff Perencana Teknis	2 Orang
3	Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Buleleng	Kepala Seksi Pembangunan Jalan dan Jembatan Staf perencana	2 orang
4	Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Buleleng	Kasi Kajian Dampak Lingkungan Staff Pencemaran Lingkungan Staf	3 orang
5	DPRD Kabupaten Buleleng	Wakil Ketua Komisi III DPRD Kabupaten Buleleng	1 orang
6	Tokoh Masyarakat	Kepala Desa Gitgit dan Wanasari Bendesa Adat Gitgit dan Wanasari	4 orang
7	Masyarakat	Masyarakat yang terdampak proyek Shortcut	5 orang
Total			20 orang

Gambar 4

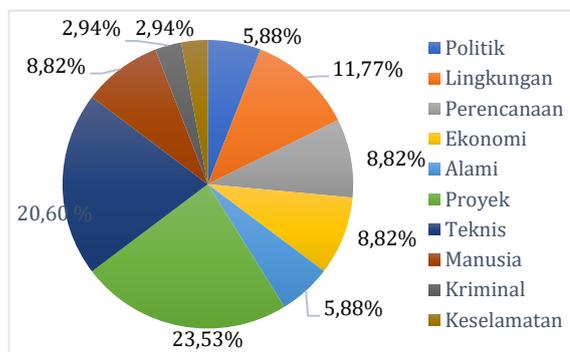
Kuesioner disebarakan ke responden untuk melakukan penilaian terhadap kemungkinan (*likelihood*) dan konsekuensi (*consequences*) terhadap resiko-resiko yang telah teridentifikasi. Analisis Resiko dilakukan dengan melakukan penilaian resiko yang merupakan hasil perkalian antara modus nilai kemungkinan (*likelihood*) dengan modus nilai konsekuensi (*consequences*). berdasarkan nilai tersebut kemudian ditentukan tingkat penerimaan resiko (*risk acceptability*) pada masing-masing resiko. Resiko-resiko yang termasuk dalam kategori dominan (*mayor risk*) dialokasikan kepemilikannya kepada para pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pembangunan Jalan Short Cut Batas Kota Singaraja Mengwitani. Pengalokasian ini bertujuan agar semua resiko benar-benar berada di bawah control salah satu pihak dan dapat ditangani dengan baik. Resiko-resiko yang tergolong *mayor risk* tidak dapat diterima (*unacceptable*) dan resiko yang tidak diharapkan (*undesirable*) harus mendapat

perhatian khusus dalam penanganannya sehingga diperlukan tindakan mitigasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Resiko

Resiko yang teridentifikasi pada Pembangunan Jalan *Shortcut* didapatkan melalui pengamatan langsung dilapangan, Selain itu juga dilakukan *brainstorming* dengan pihak-pihak terkait dan memiliki kompetensi memberikan masukan terhadap resiko-resiko yang terjadi dalam Pembangunan Jalan *Shortcut* mulai tahap perencanaan, pelaksanaan dan operasional. Resiko yang teridentifikasi pada pembangunan *shortcut* sebanyak 34 (tiga puluh empat) resiko dengan resiko terbanyak bersumber dari proyek (*project*) sebanyak 8 resiko atau 23,53 %, Teknis sebanyak 7 resiko atau 20,60%, Politik sebanyak 2 resiko atau 5,88%. Lingkungan sebanyak 4 resiko atau 11,77% , Perencanaan sebanyak 3 resiko atau 8,82% , Ekonomi sebanyak 3 resiko atau 8,82% , Alami sebanyak 2 resiko atau 5,88%, manusia sebanyak 3 resiko atau 8,82% , kriminal sebanyak 1 resiko atau 2,94% , serta keselamatan sebanyak 1 resiko atau 2,94% dari keseluruhan resiko yang teridentifikasi. Prosentase jumlah resiko dapat dijelaskan pada Gambar 1 berikut



Gambar 1 Prosentase Jumlah Resiko Berdasarkan Sumber Resiko

Hasil Uji Validitas Dan Reliabilitas

Uji validitas dilakukan dengan membandingkan r hasil perhitungan SPSS (nilai *Cronbach Alpha pada kolom Correlated Item-Total Corelation*) dengan r hasil perhitungan tabel *product moment*. Ditinjau dari perhitungan r tabel dengan jumlah sampel (n= 20) dan derajat kebebasan n-2 (20-2) dan *alpha* =0,05 maka diperoleh nilai *r-tabel* sebesar 0,468. Berdasarkan uji validitas dengan SPPS version 24.0 (*nilai Cronbach Alpha pada kolom Correlated Item-Total Corelation*) dengan r hasil perhitungan tabel *product moment*, diperoleh nilai koefisien korelasi setiap item pertanyaan nilainya melebihi 0,468. Oleh karena itu pernyataan dalam kuesioner yang

dipergunakan oleh peneliti sudah valid. Sedangkan uji reabilitas dapat diketahui bahwa nilai Cronbach's Alpha adalah sudah diatas 0,7 yaitu 0,955 untuk analisa frekuensi dan 0,959 untuk analisa konsekuensi, sehingga pertanyaan yang dipakai dalam penelitian ini sudah reliable

Nilai Resiko dan Penerimaan Resiko (*Risk Acceptability*)

Nilai resiko merupakan hasil perkalian antara kemungkinan (*likelihood*) dengan konsekuensi (*consequences*) resiko, berdasarkan nilai tersebut kemudian ditentukan tingkat penerimaan resiko

(*risk acceptability*) pada masing-masing resiko yang hasilnya adalah 11 (sebelas) atau 33.35% resiko dengan kategori tidak dapat diterima (*unacceptable*), 13 (tiga belas) atau 38.23 % resiko dengan kategori tidak diharapkan (*undesirable*), 10 (sepuluh) atau 29.41 % resiko dengan kategori dapat diterima (*acceptable*), dan tidak ada resiko yang termasuk dalam kategori diabaikan (*negligible*). Distribusi penerimaan resiko untuk masing-masing sumber resiko adalah sebagai berikut :

Tabel 4 Distribusi Penerimaan Resiko Untuk Setiap Sumber Resiko

No	Sumber Resiko	Identifikasi Resiko		Penerimaan Resiko (<i>Risk Acceptability</i>)							
				Unacceptable		Undesirable		Acceptability		Negligible	
				Jumlah	Persentase %	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
1	Politik	2	5.88	2	18.18	0	0	0	0	0	0.0
2	Lingkungan	4	11.77	3	27.28	1	7.69	0	0	0	0.0
3	Perencanaan	3	8.82	1	9.09	1	7.69	1	10.00	0	0.0
4	Ekonomi	3	8.82	2	18.18	1	7.69	0	0	0	0.0
5	Alami	2	5.88	2	18.18	0	0	0	0	0	0.0
6	Proyek	8	23.53	1	9.09	5	38.47	2	20.00	0	0.0
7	Teknis	7	20.60	0	0	4	30.77	3	30.00	0	0.0
8	Manusia	3	8.82	0	0	1	7.69	2	20.00	0	0.0
9	Kriminal	1	2.94	0	0	0	0	1	10.00	0	0.0
10	Keselamatan	1	2.94	0	0	0	0	1	10.00	0	0.0
Total		34		11		13		10		0	
Persentase		100		33.35		38.23		29.41		0.0	

Kepemilikan Resiko (*Ownership of Risk*)

Resiko-resiko yang termasuk dalam kategori resiko dominan (*major risk*) dialokasikan kepemilikannya kepada para pihak yang terlibat dalam pelaksanaan Pembangunan Jalan *Shortcut*. Pengalokasian resiko ini bertujuan agar semua resiko benar-benar berada dibawah kontrol salah satu pihak dan dapat ditangani dengan baik. Pengalokasian resiko ini harus dilakukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan mendasar yaitu pihak mana yang mempunyai kontrol terbaik terhadap kejadian yang menimbulkan resiko, pihak mana yang dapat menangani resiko apabila resiko itu muncul, pihak mana yang mengambil tanggung jawab jika resiko tidak terkontrol, jika resiko diluar kontrol semua pihak diasumsikan sebagai resiko bersama.

Pengalokasian kepemilikan resiko ini terutama ditujukan terhadap resiko yang termasuk dalam kategori tidak dapat diterima (*unacceptable*) dan resiko dengan kategori tidak diharapkan (*undesirable*) karena resiko dengan kategori tersebut akan mempunyai pengaruh

yang besar terhadap Pembangunan Jalan *Shortcut* Batas Kota Singaraja Mengwitani.

Resiko dominan (*mayor risk*) yang tergolong tidak dapat diterima (*unacceptable*) dan tidak diharapkan (*undesirable*) paling banyak dimiliki oleh Satuan Perencanaan dan Pengawasan Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Bali dan Dinas PUPR Kabupaten Buleleng.

Mitigasi Resiko

Resiko-resiko dengan kategori tidak dapat diterima (*Unacceptable*) beserta resiko dengan kategori tidak diharapkan (*Undesirable*) harus mendapat perhatian khusus dalam penanganannya, karena resiko-resiko ini berdampak sangat signifikan terhadap pelaksanaan proyek Pembangunan Jalan Baru *Shortcut* Batas Kota Singaraja- Mengwitani. Untuk mengantisipasi dampak yang ditimbulkan maka perlu melakukan tindakan mitigasi terhadap resiko-resiko tersebut sehingga dapat mengurangi akibat yang ditimbulkannya. Pada resiko yang termasuk kategori tidak dapat diterima (*unacceptable*) dilakukan 14 (empat belas) tindakan mitigasi, sedangkan resiko yang

dalam kategori tidak diharapkan (*undesirable*) dilakukan 17 (tujuh belas) tindakan mitigasi. Mitigasi resiko dilakukan agar dapat mengurangi resiko yang terjadi.

KESIMPULAN

Pada Pembangunan Jalan Baru *Shortcut* Batas Kota Singaraja-Mengwitani Segmen 7-8 teridentifikasi sebanyak 34 (tiga puluh empat) resiko yang bersumber dari 12 (dua belas) sumber resiko. Analisis terhadap tingkat penerimaan resiko menunjukkan terdapat 11 (sebelas) resiko yang termasuk kategori tidak dapat diterima (*unacceptable*), 13 (tiga belas) resiko termasuk kategori tidak diharapkan (*undesirable*), 10 (sepuluh) resiko termasuk kategori dapat diterima (*acceptable*) dan tidak ada resiko termasuk kategori dapat diabaikan (*negligible*). Untuk resiko yang tergolong Dominan (*Mayor Risk*) analisis kepemilikan resiko dominan dimiliki oleh Satuan Perencanaan dan Pengawasan Pelaksanaan Jalan Nasional Provinsi Bali dan Dinas PUPR Kabupaten Buleleng serta diperlukan serta dianalisis tindakan mitigasi untuk meminimalisasi dampak resiko yang ditimbulkan

DAFTAR PUSTAKA

- Chapman, Chris and Stephen Ward. 2003. *Project Risk Manajement. Processes, Thechniques and Insight*. Second Edition. West Sussex England: John Wiley and Sons, Ltd
- Flanagan, Roger and George Norman. 1993. *Risk Management and Construction*. Cambridge: University Press.
- Godfrey, Patrick S., Sir Wiliam Halcrow and Partners Ltd. 1996. *Control of Risk. A Guide to the Systematic Management of Risk from Construction*. Westminster London : Construction Industry Research and Information Assosiation (CIRIA)
- Ghozali, Imam. 2006. Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS, Semarang : Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Lestari, I Gusti Agung Ayu Istri., 2009, Manajemen Resiko Pada Bandara Ngurah Rai Dalam Mengantisipasi Arus Lalu Lintas Udara di Masa Yang Akan Datang, Tesis, Program Pascasarjana Universitas Udayana, Denpasar
- Norken, I Nyoman, Purbawijaya, Oka Suputra 2015. Pengantar Analisis Manajemen Risiko Proyek Konstruksi. Udayana Press
- Nunnally J.C. And Bernstein , I.H (1994); *Psychometric Theory* .3rd. McGraw Hill, New York
- Nunnally, J.C (1998): *Psychometric Theory* . Second Edition. McGraw Hill, New York
- Sukada Wenten I Made, Mayun Nadiasa, Dwi Mahadipta 2017, Analisis Resiko Pada Proyek Pembangunan Sentral Parkir Di Pasar Badung. Tesis, Program Pascasarjana Universitas Udayana, Denpasar
- Thompson, P.A and J.G. Perry. 1991. *Engineering Construction Risk*. London : Thomas Telford Ltd.
- Vaughan, Emmet. J. 1978. *Fundamental of Risk and Insurance* . Second Edition. John Willey.

IMPLEMENTASI K3 BERBASIS PERATURAN PEMERINTAH NOMOR 50 TAHUN 2012 PADA PROYEK REVITALISASI PASAR RAKYAT BANYUASRI KECAMATAN BULELENG, KABUPATEN BULELENG, SINGARAJA-BALI

I Ketut Sutapa^{1*}, I Nyoman Sutapa²⁾, I Wayan Darya Suparta³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali

*Email : ketutsutapa@pnb.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan dunia industri saat ini semakin pesat. Penggunaan teknologi, material berbahaya, prosedur kerja yang kompleks dalam proses produksi mengandung potensi bahaya tinggi jika tidak dikelola dengan baik. Tingkat kecelakaan kerja dan berbagai ancaman keselamatan dan kesehatan kerja di Indonesia masih cukup tinggi. Berbagai kecelakaan kerja masih sering terjadi dalam proses produksi terutama di sektor jasa konstruksi. Penelitian ini dilakukan dengan fokus pada tingkat Pelaksanaan Rencana K3 berbasis Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 pada proyek revitalisasi pasar rakyat Banyuasri. Tujuan dari penelitian mengukur tingkat kesesuaian rencana K3 dengan Pelaksanaan Rencana K3 proyek revitalisasi pasar rakyat Banyuasri dan mengukur tingkat pelaksanaan rencana K3 proyek revitalisasi pasar rakyat Banyuasri dengan ketetapan Peraturan Pemerintah Nomor 50 tahun 2012. Dalam penelitian ini, rancangan penelitian yang akan digunakan adalah rancangan penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif adalah pengukuran yang objektif dan statistik melalui perhitungan ilmiah berasal dari sampel orang atau orang-orang yang diminta untuk menjawab sejumlah pertanyaan tentang survei untuk menentukan frekuensi dan persentase jawaban dari responden. Penelitian dilakukan untuk mengumpulkan data yang diungkapkan sebagai hasil pengukuran. Dalam penelitian ini memfokuskan terhadap tingkat Pelaksanaan Rencana K3 berbasis Peraturan Pemerintah NO. 50 Tahun 2012 pada proyek revitalisasi pasar rakyat Banyuasri

Kata kunci : Implementasi, K3, Proyek Pasar Banyuasri, PP No 50 Tahun 2012

ABSTRACT

The development of the industrial world is currently growing rapidly. The use of technology, hazardous materials, and complex work procedures in the production process has a high potential for danger if not managed properly. The rate of work accidents and various threats to occupational safety and health in Indonesia is still quite high. Various work accidents still often occur in the production process, especially in the construction services sector. This research was conducted with a focus on the level of implementation of the OHS Plan based on Government Regulation No. 50 of 2012 on the Banyuasri people's market revitalization project. The purpose of the research is to measure the level of conformity of the OSH plan with the Implementation of the OHS Plan of the Banyuasri people's market revitalization project and to measure the level of implementation of the K3 plan of the Banyuasri people's market revitalization plan with the provisions of Government Regulation No. 50 of 2012. In this study, the research design that will be used is a quantitative research design. Quantitative research is an objective and statistical measurement through scientific calculations derived from a sample of people or people who are asked to answer a number of questions about a survey to determine the frequency and percentage of answers from respondents. The study was conducted to collect the data disclosed as a result of the measurement. This research focuses on the level of implementation of the OHS Plan based on Government Regulation No. 50 of 2012 on the Banyuasri people's market revitalization project.

Keywords: Implementation, K3, Banyuasri Market Project, PP No 50 Year 2012,

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri saat ini semakin pesat. Penggunaan teknologi, material berbahaya, prosedur kerja yang kompleks dalam proses produksi mengandung potensi bahaya tinggi jika tidak dikelola dengan baik. Untuk menekankan upaya pengelolaan bahaya dan risiko tersebut sudah dikeluarkan berbagai peraturan perundang-undangan seperti UU No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja serta UU No. 23 tahun 1992 tentang Kesehatan yang mengamanahkan bahwa setiap perusahaan memiliki kewajiban untuk menjaga kesehatan dan keselamatan kerja karyawannya. Setelah itu Pemerintah Indonesia mengeluarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. 05 Tahun 1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan lalu disempurnakan lagi menjadi Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja untuk lebih menekankan efektivitas dalam penerapan SMK3 di Indonesia.

Dari berbagai sumber ataupun acuan tentang penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja di suatu proyek konstruksi, Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja masih belum optimal. Sehingga masih banyaknya angka kecelakaan kerja dalam suatu proyek konstruksi. Oleh karena itu, menerapkan manajemen keselamatan dan kesehatan kerja sangat penting karena bertujuan untuk memberikan suasana lingkungan dan kondisi kerja yang baik, nyaman, aman dan produktif serta dapat menekan terjadinya kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja (PAK).

Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 mengandung 5 unsur. Untuk mengetahui sejauh mana tingkat penerapan SMK3, maka perlu dilakukan penelitian yang hasilnya diharapkan mampu memberikan informasi terukur tentang tingkat penerapan SMK3 beserta kendalanya yang dapat dijadikan dasar untuk melakukan evaluasi dan merancang upaya-upaya peningkatan penerapan SMK3.

METODE

Dalam penelitian ini, rancangan penelitian yang akan digunakan adalah rancangan penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono (2014) Penelitian kuantitatif adalah pengukuran yang objektif dan statistik melalui perhitungan ilmiah berasal dari sampel orang atau orang-orang yang diminta untuk menjawab sejumlah pertanyaan tentang survei untuk menentukan frekuensi dan persentase tanggapan mereka. Penelitian dilakukan untuk mengumpulkan data yang diungkapkan sebagai hasil pengukuran.

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti

untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2010). Populasi dalam penelitian ini adalah proyek revitalisasi pasar Banyuasri. Sampel merupakan bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi (Sugiyono, 2010). Pengambilan sampel dalam penelitian ini dengan memberikan kuesioner kepada *team leader* K3 atau staf yang ada pada proyek revitalisasi pasar Banyuasri.

Metode penelitian data yang tepat, dengan mempertimbangkan penggunaannya berdasarkan jenis data atau sumbernya. Data yang obyektif dan relevan dengan pokok permasalahan penelitian merupakan indikator keberhasilan suatu penelitian. Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan cara pegamatan langsung di lapangan, pengisian kuesioner dengan pihak terkait untuk memperoleh data primer, sesuai dengan tujuan penelitian. Peneliti menemui responden secara langsung, tentunya sesuai dengan peraturan dan tidak mengganggu kelangsungan proses kerja di perusahaan.

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah kuesioner. Dalam penelitian ini, untuk mengukur tingkat pelaksanaan rencana K3 berbasis PP 50 Tahun 2012 pada proyek revitalisasi pasar Banyuasri menggunakan kuesioner yang terdapat pada PP 50 Tahun 2012. Dari kuesioner ini maka variabel yang akan diukur dalam penelitian ini dijumlahkan dan didapatkan rata-rata skornya. Indikator-indikator tersebut dijadikan titik tolak untuk menyusun item-item instrumen yang berupa pertanyaan-pertanyaan yang harus dijawab oleh responden. Metode analisis data ini menggunakan analisis deskriptif sederhana untuk mengetahui rata-rata skor dari hasil pertanyaan pada kuesioner yang telah diberikan kepada subyek di proyek revitalisasi pasar Banyuasri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini rencana K3 diukur melalui komponen Pembuatan dan Pendokumentasian Rencana K3 yang terdiri dari Rencana Strategi K3, Manual SMK3, Peraturan perundangan dan persyaratan lain dibidang K3 dan Informasi K3. Sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Skor Variabel Pembuatan dan Pendokumentasian Rencana K3.

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Rencana strategi K3	30	2.17
2	Manual SMK3	30	2.13
3	Peraturan perundangan dan persyaratan lain	30	2.15

	dibidang K3		
4	Informasi K3	30	2.20
JUMLAH			8.65
RERATA			2.16

Dari tabel 1. di atas dapat di lihat bahwa tingkat rencana K3 di ukur dengan hasil skor variabel dari komponen Pembuatan dan Pendokumentasian Rencana K3 dalam kategori baik dengan rerata skor 2,16. Dalam penelitian ini tingkat pelaksanaan rencana K3 diukur melalui komponen Pengendalian Perancangan dan Peninjauan Kontrak, Pengendalian Dokumen, Pembelian dan Pengendalian Produk, Keamanan Bekerja Berdasarkan SMK3, Standar Pemantauan, Pelaporan dan Perbaikan Kekurangan, Pengelolaan Material dan Perpindahannya, Pengumpulan dan Penggunaan Data, Pemeriksaan SMK3 dan Pengembangan Keterampilan dan Kemampuan. Komponen Pengendalian Perancangan dan Peninjauan Kontrak disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Skor Variabel Pengendalian Perancangan dan Peninjauan Kontrak.

N O.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Pengendalian Perancangan	30	2.05
2	Peninjauan Kontrak	30	2.15
JUMLAH			4.20
RERATA			2.10

Dari tabel 2 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Pengendalian Perancangan dan Peninjauan Kontrak dalam kategori baik dengan rerata skor 2,10. Komponen Pengendalian Dokumen disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Skor Variabel Pengendalian Dokumen.

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Persetujuan, Pengeluaran dan Pengendalian Dokumen	30	2.05

2	Perubahan dan Modifikasi Dokumen	30	2.07
JUMLAH			4.12
RERATA			2.06

Dari tabel 3 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Pengendalian Dokumen dalam kategori baik dengan rerata skor 2,06. Komponen Pembelian dan Pengendalian Produk disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Skor Variabel Pembelian dan Pengendalian Produk

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Spesifikasi Pembelian Barang dan Jasa	30	2.20
2	Sistem Verifikasi Barang dan Jasa Yang Telah Dibeli	30	2.20
3	Pengendalian Barang dan Jasa Yang Dipasok Pelanggan	30	2.20
4	Kemampuan Telusur Produk	30	2.10
JUMLAH			8.70
RERATA			2.18

Dari tabel 4 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Pembelian dan Pengendalian Produk dalam kategori baik dengan rerata skor 2,18.

Tabel 5. Hasil Skor Variabel Keamanan Bekerja Berdasarkan SMK3.

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Sistem Kerja	30	2.10
2	Pengawasan	30	2.12
3	Seleksi dan Penempatan Personil	30	2.10
4	Area Terbatas	30	2.15
5	Pemeliharaan, Perbaikan, dan Perubahan Sarana Produksi	30	2.04
6	Pelayanan	30	2.10

7	Kesiapan Untuk Menangani Keadaan Darurat	30	2.11
8	Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan	30	2.10
9	Rencana dan Pemulihan Keadaan Darurat	30	2.20
JUMLAH			19.02
RERATA			2.11

Dari tabel 5 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Keamanan Bekerja Berdasarkan SMK3 dalam kategori baik dengan rerata skor 2,11. Komponen Standar Pemantauan disajikan pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil Skor Variabel Standar Pemantauan

NO .	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Pemeriksaan Bahaya	30	2.11
2	Pemantauan/Pengukuran Lingkungan Kerja	30	2.20
3	Peralatan Pemeriksaan/Inspeksi, Pengukuran dan Pengujian	30	2.20
4	Pemantauan Kesehatan Tenaga Kerja	30	2.12
JUMLAH			8.63
RERATA			2.16

Dari tabel 6 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Standar Pemantauan dalam kategori baik dengan rerata skor 2,16. Komponen Pelaporan dan Perbaikan Kekurangan disajikan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Skor Variabel Pelaporan dan Perbaikan Kekurangan

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Pelaporan Bahaya	30	2.20
2	Pelaporan Kecelakaan	30	2.20

3	Pemeriksaan dan pengkajian Kecelakaan	30	2.07
4	Penanganan Masalah	30	2.20
JUMLAH			8.67
RERATA			2.17

Dari tabel 7 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Pelaporan dan Perbaikan Kekurangan dalam kategori baik dengan rerata skor 2,17. Komponen Pengelolaan Material dan Perpindahannya disajikan pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Skor Variabel Pengelolaan Material dan Perpindahannya

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Penanganan Secara Manual dan Mekanis	30	2.10
2	Sistem Pengangkutan, Penyimpanan dan Pembuangan	30	2.07
3	Pengendalian Bahan Kimia Berbahaya (BKB)	30	2.08
JUMLAH			6.25
RERATA			2.08

Dari tabel 8 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Pengelolaan Material dan Perpindahannya dalam kategori baik dengan rerata skor 2,08. Komponen Pengumpulan dan Penggunaan Data disajikan pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil Skor Variabel Pengumpulan dan Penggunaan Data

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Catatan K3	30	2.10

2	Data dan Laporan K3	30	2.20
JUMLAH			4.30
RERATA			2.15

Dari tabel 9 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Pengumpulan dan Penggunaan Data dalam kategori baik dengan rerata skor 2,15. Komponen Pemeriksaan SMK3 disajikan pada tabel 10.

Tabel 10 Hasil Skor Variabel Pemeriksaan SMK3

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Audit Internal SMK3	30	2.20
JUMLAH			2.20
RERATA			2.20

Dari tabel 10 di atas dapat di lihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Pemeriksaan SMK3 dalam kategori baik dengan rerata skor 2,20. Komponen Pengembangan Keterampilan dan Kemampuan disajikan pada tabel 11.

Tabel 11 Hasil Skor Variabel Pengembangan Keterampilan dan Kemampuan

NO.	KOMPONEN VARIABEL	N SAMPEL	RATA-RATA
1	Strategi Pelatihan	30	2.06
2	Pelatihan Bagi Manajemen dan Penyelia	30	2.00
3	Pelatihan Bagi Tenaga Kerja	30	2.13
4	Pelatihan Pengenalan dan Pelatihan Untuk Pengunjung dan Kontraktor	30	2.20
5	Pelatihan Keahlian Khusus	30	2.00
JUMLAH			10.39
RERATA			2.08

Dari tabel 11 di atas dapat dilihat bahwa hasil skor variabel dari komponen Pengembangan Keterampilan dan Kemampuan dalam kategori baik dengan rerata skor 2,08.

Hasil skor dari data dan analisis di atas tingkat rencana K3 pada proyek revitalisasi pasar Banyuasri dengan ketetapan Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 dalam kategori baik, sedangkan hasil skor dari data dan analisis tingkat pelaksanaan rencana K3 pada proyek revitalisasi pasar Banyuasri dengan ketetapan Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 juga dalam kategori baik. Jadi dalam hal ini perencanaan K3 pada proyek ini sudah di rencanakan dengan tepat terlebih dahulu, sehingga skor yang di dihasilkan pada tingkat pelaksanaannya juga dalam kategori baik. Untuk merealisasikan rencana tersebut maka harus dilakukan pengendalian dan pelaksanaan rencana. Pelaksanaan rencana dapat berjalan dengan baik itu disebabkan karena rencana yang dibuat sudah sangat matang serta sudah dapat membayangkan sesuatu hal yang akan terjadi kedepannya. Sehingga pelaksanaan rencana K3 sudah memiliki acuan dan target yang tepat karena perencanaan yang baik.

Sering kali juga ditemukan pekerja melakukan perilaku tidak aman saat pelaksanaan pembangunan proyek. Maka, para pekerja harus selalu diawasi agar proyek berjalan dengan baik. Kontraktor wajib memiliki program K3 dan pekerja harus mematuhi aturan K3, sehingga kecelakaan kerja bisa dihindari. Jadi kesalahan perencanaan dan perancangan merupakan faktor yang sangat penting dan vital dimana sangat berpengaruh terhadap keselamatan pekerja yang akan bekerja di lapangan, jika dalam aspek perencanaan dan perancangan pihak manajemen tidak memperhitungkan atau menganalisis maka konsekuensi dan dampak yang dapat ditimbulkan ke depan akan sangat signifikan berpengaruh terhadap terjadinya kecelakaan kerja di lapangan.

Sementara itu kesalahan pelaksanaan merupakan tindak lanjut dari proses perencanaan, dimana dalam tahap pelaksanaan juga memegang peranan penting terhadap kegagalan konstruksi yang tentunya lebih berorientasi kepada pihak pelaksana K3/*safety*. Dalam tahap pelaksanaan faktor-faktor tersebut antara lain dapat dari segi metode pelaksanaan yang salah, kualitas alat pelindung diri yang tidak sesuai spesifikasi dalam kontrak dan perencanaan, penggunaan tenaga kerja yang tidak ahli/berpengalaman, penggunaan alat pelindung diri yang tidak efektif, kurangnya pengawasan dan manajemen proyek yang buruk. Tentunya jika aspek tersebut dapat lebih diperhatikan maka tingkat risiko kecelakaan kerja dari aspek pelaksanaan dapat diminimalisir.

KESIMPULAN

Rencana K3 pada proyek revitalisasi pasar banyuasri sesuai dengan ketetapan Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 dengan rerata 2,16 (kategori Baik). Pelaksanaan Rencana K3 pada proyek revitalisasi pasar Banyuasri dengan ketetapan Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 dengan rerata 2,13 (kategori Baik).

DAFTAR PUSTAKA

- Anizar. (2009). *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Cecep Dani Sucipto. (2014). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Yogyakarta: Gosyen
- Departemen Tenaga Kerja. (1970). *Undang-undang Republik Indonesia No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja*. Jakarta: Departemen Tenaga Kerja.
- Daryanto. (2010). *Keselamatan Kerja Peralatan Bengkel Dan Perawatan Mesin*. Bandung: Alfabeta.
- Moenir, A.S (1987). *Pendekatan Manusia dan Organisasi Terhadap Pembinaan Kepegawaian*. Cetakan Ke-2 Jakarta: Gunung Agung
- OHSAS 18001. 1999. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 05 Tahun 1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif Kualitatif dan R & D)*. Bandung: Alfabeta
- Suma'mur. (1989). *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. Cetakan Keempat. Jakarta : CV. Haji Mas Agung.
- Suma'mur. (1996). *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (HIPERKES)*. Jakarta: Sagung Seto.
- Wowo Sunaryo Kuswana. (2015). *Mencegah Kecelakaan Kerja*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya

**PERAN SAFETY MORNING TALK DALAM MEWUJUDKAN PROGRAM
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3)
DI MASA PANDEMI**

Ida Ayu Putu Sri Mahapatni

Program Studi Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia

Email: mahapatni19@gmail.com

ABSTRAK

Pekerja konstruksi merupakan orang-orang yang sangat berisiko terhadap kecelakaan kerja maupun penyakit akibat kerja. Fenomena yang terjadi adalah belum serempaknya penerapan K3 diterapkan di setiap proyek. Alasan pekerja tidak menggunakan Alat Pelindung Diri adalah adanya rasa tidak nyaman pada waktu melakukan aktifitas proyek. Satu sisi sistem manajemen K3 termasuk penanganan Covid-19 di masa pandemi, sudah dianggarkan oleh pemerintah dan kontraktorpun harus menyiapkan sistem manajemen K3 sesuai yang dianggarkan dan yang tercantum di dalam kontrak. Salah satu persyaratan program K3 adalah pengarahannya K3 (safety morning talk) oleh petugas K3. Berdasarkan fenomena tersebut, maka artikel ini mengkaji tentang pelaksanaan K3 dimasa pandemi dan sejauh mana peran safety morning talk terhadap pelaku konstruksi dalam mewujudkan program K3. Metode yang digunakan metode kualitatif, dengan teknik pengumpulan data purposive dan snowball sampling. Hasil kajian menunjukkan bahwa adanya perbedaan pelaksanaan K3 sebelum pandemi dengan masa pandemi. Sebelum pandemi, penyedia jasa konstruksi hanya menyiapkan sepatu, helm proyek, masker, slop tangan, P3K, dan safety belt. Tetapi dimasa pandemi, setiap pelaku konstruksi wajib melakukan rapid test, menyediakan thermogun, disinfektan, tempat cuci tangan yang portable, sabun cuci tangan, dan hand sanitizer. Sedangkan safety morning talk mempunyai peran yang sangat penting dan mempunyai pengaruh yang besar dalam mewujudkan program K3 di dunia industri konstruksi apabila dilakukan secara terus menerus, secara benar dan terjadwal. Berlakunya punishment dan reward K3 kepada pelaku konstruksi juga sangat mendukung keberhasilan penerapan K3. Penerapan K3 maupun mematuhi protokol kesehatan merupakan sebuah investasi yang besar untuk keberlangsungan proyek yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Safety Morning Talk, K3, Pelaku Konstruksi, Petugas K3, Masa Pandemi

ABSTRACT

Construction workers are people who are very at risk of occupational accidents and occupational diseases. The phenomenon that occurs is that the implementation of OHS has not been implemented simultaneously in each project. The reason workers do not use personal protective equipment is that they feel uncomfortable when carrying out project activities. One side of the OHS management system, including handling Covid-19 during the pandemic, has been budgeted for by the government and the contractor has to prepare an OHS management system as budgeted and stated in the contract. One of the requirements for the OHS program is a safety morning talk by the OHS officer. Based on this phenomenon, this article examines the implementation of OHS during the pandemic and the extent of the role of safety morning talk for construction actors in realizing the OHS program. The method used is qualitative methods, with purposive data collection techniques and snowball sampling. The results of the study show that there are differences in the implementation of OHS before the pandemic and the pandemic period. Before the pandemic, construction service providers only prepared shoes, project helmets, masks, hand slopes, first aid kits, and safety belts. But during a pandemic, every construction actor is required to carry out a rapid test, providing a thermogun, disinfectant, portable hand washing area, hand washing soap, and hand sanitizer. Meanwhile, safety morning talk has a very important role and has a great influence in realizing the OHS program in the world of the construction industry if it is carried out continuously, correctly and on a scheduled basis. The implementation of OHS punishment and reward for construction actors also greatly supports the success of OHS implementation. Implementing OHS and complying with health protocols is a big investment for the sustainability of a sustainable project.

Keywords: Safety Morning Talk, OHS, Construction Actors, OHS Officers, Pandemic Period

PENDAHULUAN

Tahun 2020 merupakan tahun dengan masa-masa sulit, karena di Indonesia bahkan seluruh dunia, muncul Virus yang mematikan yang dinamakan *Coronavirus Disease 2019* (Covid-19). Sehingga merupakan masa pandemi akibat Virus Covid-19. Kesehatan merupakan faktor utama dan kita dianjurkan untuk mematuhi ajuran pemerintah menerapkan protokol kesehatan diantaranya memakai masker kalau keluar rumah, rajin mencuci tangan, menjaga jarak, menghindari kontak fisik dan juga selalu membawa *hand sanitizer*. Begitu juga bagi perusahaan-perusahaan harus memenuhi persyaratan protokol kesehatan. Terutama perusahaan industri jasa konstruksi, semua pelaku konstruksi menerapkan protokol kesehatan.

Proyek konstruksi mempunyai tiga karakteristik yaitu unik, membutuhkan sumber daya dan membutuhkan organisasi (Ervianto 2006)(Santosa 2009). Keunikan proyek konstruksi adalah mempunyai durasi yang sudah ditentukan, sifatnya sementara, antara proyek yang satu dengan proyek yang lainnya tidak ada yang sama. Proyek juga dikatakan membutuhkan sumber daya karena setiap proyek dalam penyelesaiannya didukung oleh manusia, material, mesin, metode pelaksanaan, uang dan juga waktu. Karakteristik yang lainnya adalah membutuhkan organisasi. (Dimiyati, Hamdan dan Nurjaman 2014)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan masalah yang kompleks pada suatu proyek konstruksi. Industri jasa konstruksi merupakan salah satu sektor industri yang memiliki risiko kecelakaan kerja yang cukup tinggi. (Ervianto 2006) Berbagai penyebab utama kecelakaan kerja pada proyek konstruksi adalah hal-hal yang berhubungan dengan karakteristik proyek konstruksi yang bersifat unik, lokasi kerja yang berbeda-beda, terbuka dan dipengaruhi cuaca, waktu pelaksanaan yang terbatas, dinamis dan menuntut ketahanan fisik yang tinggi, serta banyak menggunakan tenaga kerja yang tidak terlatih (Ramli 2010). Menurut (Somad 2013) K3 tidak boleh dipandang sebagai biaya tetapi K3 adalah investasi. Menerapkan K3 dengan baik bisa mengurangi biaya, *claim* cedera yang rendah, premi asuransi yang turun, dan mencegah timbulnya kerugian yang besar serta keuntungan-keuntungan lainnya. Dengan kondisi kerja yang aman dan sehat, maka diharapkan produktivitas kerja meningkat dan dapat mendukung keberhasilan proyek.

Dimasa pandemi akibat Virus Covid 19, menerapkan dan membudayakan K3 sesuai standar, peraturan dan perundangan, mempunyai

peran yang penting dalam rangka keberlangsungan usaha, perlindungan tenaga kerja, pencegahan penyebaran dan penanggulangan Covid-19. Pada pelaksanaan proyek konstruksi, pelaku konstruksi seperti pekerja, tukang, kepala tukang, mandor, pelaksana lapangan, serta pengawas lapangan merupakan orang-orang yang sangat berisiko terhadap kecelakaan kerja konstruksi maupun penyakit akibat kerja konstruksi. (Ramli 2010) Fenomena yang terjadi sampai saat ini, terlebih dimasa pandemi adalah belum serempaknya penerapan K3 diterapkan disetiap proyek. Hal ini disebabkan karena adanya rasa yang tidak nyaman oleh pekerja pada waktu melakukan aktifitas proyek. Padahal alat pelindung diri (APD) seperti helm, rompi, masker, sepatu dan sebagainya, sudah disiapkan oleh kontraktor. Terutama kontraktor yang menangani proyek-proyek pemerintah karena pemerintah sudah menganggarkan biaya untuk sistem manajemen K3. Dengan anggaran biaya manajemen K3, setiap pelaksanaan proyek diwajibkan harus mempunyai ahli K3, baik proyek berskala kecil maupun proyek berskala besar. Persyaratan utama pada pelaksanaan proyek untuk mewujudkan program K3 adalah *safety morning talk*. Menurut (Midiatama 2020) *safety talk* atau *safety meeting* merupakan sebuah cara untuk mengingatkan kepada para pekerja tentang pentingnya K3 diarea kerja. Berdasarkan fenomena tersebut, maka artikel ini akan mengkaji penerapan K3 dimasa pandemi dan sejauh mana peran *safety morning talk* terhadap pelaku konstruksi dalam mewujudkan program K3 pada pelaksanaan proyek konstruksi

KELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3)

Keselamatan kerja atau *Occupational Safety*, dalam istilah sehari-hari sering disebut dengan *safety* saja, secara filosofi diartikan sebagai suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmaniah maupun rohaniah tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya serta hasil budaya dan karyanya. Dari segi keilmuan diartikan sebagai suatu pengetahuan dan penerapannya dalam usaha mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja (Ridley 2004). Menurut (Ramli 2010) Keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja menyangkut segenap proses produksi dan distribusi, baik barang maupun jasa. Salah satu aspek penting

sasaran keselamatan kerja, mengingat risiko bahayanya adalah penerapan teknologi, terutama teknologi yang sudah maju dan mutakhir. Menurut (Ervianto 2006) K3 merupakan suatu permasalahan yang banyak menyita perhatian berbagai organisasi saat ini karena mencakup permasalahan segi perikemanusiaan, biaya dan manfaat ekonomi, aspek hukum, pertanggungjawaban serta citra organisasi itu sendiri.

ALAT PELINDUNG DIRI K3

Menurut (Rijanto 2010), dalam bidang konstruksi, ada beberapa peralatan yang digunakan untuk melindungi seseorang dari kecelakaan ataupun bahaya yang kemungkinan bisa terjadi dalam proses konstruksi. Diantaranya adalah pakaian kerja, sepatu kerja, kacamata kerja, sarung tangan, helm proyek, sabuk pengaman, penutup telinga, masker, tangga, dan P3K. Sedangkan di masa pandemi sesuai dengan anjuran pemerintah, disetiap lokasi proyek harus memenuhi protokol kesehatan. Penyedia jasa konstruksi harus menyiapkan tempat cuci tangan yang *portable*, sabun cuci tangan, *hand sanitizer*, *thermogun* dan *disinfectan*.

SAFETY MORNING TALK

Menurut (Ramli 2010) bentuk komunikasi keselamatan dibagi menjadi dua yaitu komunikasi manusia dengan manusia secara langsung, salah satu contohnya adalah *safety talk*, dan komunikasi manusia dengan manusia melalui alat atau media komunikasi seperti telepon, spanduk, *bulletin* atau bahkan bisa juga dengan *safety letter*. Jadi *safety talk* atau juga disebut *safety morning talk* atau juga *toolbox meeting* adalah merupakan komunikasi secara langsung antara manusia dengan manusia dalam hal ini antara petugas K3 dengan pekerja/pelaku konstruksi, yang isinya tentang pengarahan-pengarahan K3. Menurut (Dwilestari 2019) *safety talk* adalah bentuk komunikasi kepada para pekerja untuk mengenalkan dan mengingatkan segala jenis aturan yang ada di lingkungan kerja agar aktifitas pekerjaan berjalan sesuai dengan sistem K3 yang berlaku,

PERATURAN-PERATURAN TENTANG K3

Ketentuan K3 didalam maupun disekitar tempat kerja tercantum dalam peraturan perundangan diantaranya:

1. Permenaker No 01/197 tentang Keselamatan Kerja
2. PPRI No 50/2012 tentang Penerapan SMK3
3. PerMen PU No 05/2014 tentang Pedoman SMK3 Konstruksi

4. PerMenPUPR No 21/2019 tentang Pedoman SMK3
5. Keputusan Menkes No HK01.07/Menkes/328/2020 tentang Pencegahan dan Pengendalian Covid-19 di tempat kerja
6. Instruksi Menteri PU No 02/IN/M/2020 tentang Protokol Pencegahan Penyebaran Covid-19

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam artikel ini adalah metode penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif pada hakekatnya adalah mengamati orang dalam lingkungan hidupnya, berinteraksi dengan mereka, memahami bahasa dan tafsiran mereka tentang dunia sekitarnya (Sugiyono 2010). Penentuan sumber data dilakukan secara *purposive* yaitu dipilih berdasarkan pertimbangan tertentu dan juga *snowball sampling* yaitu teknik pengambilan sampel sumber data yang pada awalnya jumlahnya sedikit, lama-lama menjadi besar (Sugiyono 2017). Pengamatan dilakukan kepada para pelaku konstruksi seperti pekerja, tukang, kepala tukang, mandor, pelaksana lapangan, pengawas lapangan dan petugas K3 pada pelaksanaan proyek. Teknik pengumpulan data adalah dengan melakukan wawancara yang mendalam kepada para pelaku konstruksi, observasi ke lapangan serta dokumentasi. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis kualitatif dengan mengikuti konsep Miles and Huberman. Dalam (Sugiyono 2017) Miles and Huberman (1984), mengemukakan bahwa analisis kualitatif dilakukan secara interaktif dan berlangsung secara terus menerus sehingga data yang diperoleh sampai tuntas dan jenuh. Aktifitas dalam analisis data adalah *data reduction*, *data display* dan *conclusion drawing/verification*.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN PELAKSANAAN K3 PADA PROYEK KONSTRUKSI DI MASA PANDEMI

Berdasarkan data di lapangan, sistem manajemen K3 yang disiapkan oleh kontraktor sesuai kontrak dimasa pandemi antara lain:

1. Penyiapan Rencana Kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (RK3K) yang mencakup tentang prosedur dan instruksi kerja
2. Sosialisasi dan promosi kerja yang mencakup induksi kerja khusus untuk pekerja baru, pelatihan K3 dan simulasi K3.
3. Alat pelindung kerja seperti jaring pengaman (*safety net*) dan tali keselamatan (*Clife line*)
4. Alat Pelindung Diri
5. Personil K3

6. Fasilitas sarana kesehatan seperti peralatan K3 dan ruang P3K
7. Rambu-rambu
8. Lain-lain terkait pengendalian risiko
9. Penanganan Covid 19 seperti *thermogun*, alat semprot *disinfektan* manual, rapid test antigen, sabun cuci tangan, hand sanitizer, vitamin pekerja, tempat cuci tangan, tabung oksigen lengkap, alat ukur tensi, tempat tidur pasien, meja kursi dokter, ruang klinik dan sosialisasi protap Covid-19 di sekitar proyek.

Mekanisme pelaksanaan K3 dimasa pandemi bersinergi dengan mekanisme protokol pencegahan penyebaran virus Covid-19 sesuai dengan instruksi dari Menteri PUPR. Penyedia jasa konstruksi dianjurkan untuk memenuhi mekanisme protokol pencegahan penyebaran Virus Covid-19 diantaranya:

1. Membentuk satuan tugas pencegahan penyebaran Virus Covid-19.
2. Menyediakan fasilitas pencegahan Covid-19 (*Rapid Test, Thermogun, masker*)
3. Satuan tugas mengedukasi semua orang yang terlibat dalam proyek konstruksi untuk menjaga diri dari Virus Covid-19)

4. Melakukan pengukuran suhu kepada semua pekerja di proyek setiap pagi, siang dan sore hari.
5. Melakukan kerja sama penanganan *suspect* Covid-19 dengan pihak rumah sakit dan puskesmas setempat.
6. Menghentikan sementara pekerjaan apabila tenaga kerja terpapar Virus Covid-19.
7. Melakukan tindakan isolasi dan penyemprotan *disfektan* sarana dan prasarana kantor dan lapangan.

Berdasarkan survey, pelaksanaan K3 pada proyek konstruksi dimasa pandemi, para pekerja proyek konstruksi yang berasal dari Bali, terlebih dahulu *dirapid test*, sedangkan pekerja dari luar Bali, begitu datang ke Bali dikarantina selama 14 hari, setelah itu dilakukan *rapid test*. Seperti yang dilakukan oleh salah satu perusahaan penyedia jasa konstruksi yang bekerja sama dengan puskesmas setempat, melakukan *rapid test*. Dapat dilihat seperti gambar 1.



Gambar 1 Pengecekan Suhu dan *Rapid Test* para Pekerja Konstruksi
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020)

Hasil *Rapid Test*, akan dijadikan bukti sebagai persyaratan administrasi perusahaan telah mematuhi anjuran pemerintah dalam rangka mencegah menyebarnya Virus Covid-19. Pelaksanaan K3 dimasa pandemi merupakan pelaksanaan K3 yang berkelanjutan yang sesuai dengan SNI, dengan menerapkan protokol kesehatan di lapangan kerja, seperti tersedianya fasilitas tempat cuci tangan *portable*, sabun cuci

tangan, *hand sanitizer*, tissue, pengecekan suhu (*thermogun*), rambu-rambu K3 tentang Covid-19, dan penyediaan fasilitas APD yang lengkap sesuai dengan jumlah pekerja (helm proyek, sepatu, rompi, sarung tangan, *safety belt* dan masker). Tersedianya tempat cuci tangan, di depan pintu masuk proyek, di depan *direksi keet* dan juga di bedeng-bedeng pekerja dapat dilihat seperti gambar 2.



Gambar 2 Penyediaan Tempat Cuci Tangan pada Proyek Konstruksi
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020)

PERAN SAFETY MORNING TALK TERHADAP PELAKU KONSTRUKSI

Pelaksanaan K3 dimasa pandemi merupakan momentum bagi perusahaan penyedia konstruksi untuk menerapkan K3 sebagai budaya. Upaya yang telah dilakukan berdasarkan data di lapangan adalah sosialisasi tentang protokol kesehatan dan pengarahan K3 yang dikenal

dengan *safety morning talk*, yang diberikan oleh petugas K3 setiap minggu. *Safety morning talk* diberikan oleh petugas K3, tempatnya di lapangan, waktunya sebelum melakukan aktifitas proyek, dan lamanya sekitar 10 menit sampai 15 menit. Gambar *safety morning talk* oleh petugas K3 dapat dilihat seperti gambar 3.



Gambar 3 *Safety Morning Talk* oleh Petugas K3
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2020)

Tujuan diberikan *safety morning talk* adalah supaya para pekerja lebih memahami tentang manfaat penerapan K3, tata tertib proyek, tata tertib K3, tanggung jawab pekerja di proyek dan juga petugas K3 selalu memberikan pesan K3 kepada pekerja. Masing-masing penyedia jasa konstruksi, mempunyai tata tertib proyek yang sesuai dengan standar yang berlaku. Berdasarkan pengamatan di lapangan, disetiap proyek konstruksi dipasang tata tertib proyek. Tata tertib yang diberlakukan pada proyek, harus dipatuhi oleh semua orang yang terlibat pada proyek konstruksi. Pelanggaran-pelanggaran yang dilakukan akan diberikan sanksi. Tata tertib proyek selain dipajang pada dinding direksi keet, juga dibuatkan banner agar selalu dibaca oleh pekerja. Adapun tata tertib proyek antara lain terdiri dari:

Dilarang keras:

1. Bermain judi
2. Berkelahi
3. Minum-minuman keras/menggunakan obat-obatan terlarang
4. Membawa senjata api
5. Buang air besar atau buang air kecil disembarang tempat
6. Mengeluarkan barang milik proyek tanpa ijin
7. Bekerja di bawah umur (minimal usia 17 tahun)
8. Memasuki lokasi proyek tanpa identitas
9. Memasuki lokasi proyek tanpa APD

Disinilah peran *safety morning talk* yang diberikan oleh petugas K3 kepada para pelaku konstruksi untuk mensosialisasikan tata tertib

yang berlaku dalam hal mendukung program K3. *Safety morning talk*, merupakan persyaratan yang harus diberikan oleh petugas K3 kepada para pelaku konstruksi. Berdasarkan hasil wawancara kepada para pelaku konstruksi, *safety morning talk* mempunyai peran yang penting dalam meminimalisir kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Mereka diberikan pengarahan-pengarahan bagaimana cara menggunakan APD yang benar dan mematuhi protokol kesehatan di masa pandemi, agar terhindar dari Virus Covid-19. Pekerja sebagai pelaku konstruksi yang paling berisiko terhadap kecelakaan kerja. Komunikasi tentang K3 dan penerapan protokol kesehatan dimasa pandemi secara langsung antara petugas K3 berdasarkan pengamatan sangat membantu memberikan kesadaran untuk membudayakan penerapan K3. Arahan-arahan yang diberikan secara terus menerus, terencana dengan mewujudkan *zero accident* akan tercapai. *Safety morning talk* yang diberikan oleh petugas K3 setiap minggu diantaranya juga mensosialisasikan tata tertib K3 yang diberlakukan untuk pelaku konstruksi. Tata tertib K3 yang berlaku untuk pelaku konstruksi antara lain:

1. Setiap orang yang terlibat pada proyek harus menggunakan APD. Para pekerja diberikan *safety morning talk* oleh petugas K3 setiap minggu. Petugas K3 memberikan pengarahan tentang manfaat menggunakan APD. Menggunakan helm proyek supaya terhindar dari cedera kepala, menggunakan sepatu proyek, menghindari kaki terluka karena terkena paku, benda-benda keras dan bahan-bahan kimia, sarung tangan berfungsi untuk menghindari tangan terluka, rompi digunakan sebagai tanda bahwa ada pekerja yang bekerja dan warna rompi harus warna terang, penggunaan masker harus digunakan pada waktu bekerja apalagi berhubungan dengan Virus Covid-19. Penggunaan masker merupakan suatu keharusan untuk mencegah tertularnya Virus Covid-19. Masker juga berfungsi untuk mencegah masuknya debu atau serpihan kayu yang mengakibatkan penyakit akibat kerja terutama penyakit yang berhubungan dengan pernafasan dan paru-paru.
2. Dilarang bergurau di area berbahaya
3. Dilarang merokok sambil bekerja, karena selain mempengaruhi produktivitas, juga mengakibatkan terganggunya teman sekerja.

Safety morning talk yang diberikan oleh petugas K3 juga, memberikan pengarahan-

pengarahan tentang tanggung jawab mereka masing-masing. Tanggung jawab pekerja sebagai pelaku konstruksi adalah tanggungjawab kepada keluarga, dirinya sendiri, rekan sekerja dan lingkungan kerja. Tanggungjawab terhadap keluarga, mereka harus selalu disadarkan bahwa ada keluarga yang menunggu di rumah. Tanggung jawab terhadap diri sendiri karena tiga penyebab kecelakaan adalah “saya tidak lihat, saya tidak berfikir dan saya tidak tahu”. Sehingga tanggungjawab terhadap diri sendiri merupakan hal yang penting supaya terhindar dari kecelakaan kerja. Sebagai makhluk ciptaan Tuhan, agar terhindar dari kecelakaan kerja maka hal yang paling utama dilakukan adalah berdoa. Memohon keselamatan dan kesehatan dalam bekerja dan memohon semoga dalam bekerja terhindar dari kecelakaan kerja. Tanggung jawab kepada rekan sekerja merupakan tanggungjawab bersama, sehingga apabila pekerja melihat teman sekerja dalam kondisi tidak aman, mereka harus membantu dan menegur bahwa teman sekerja dalam kondisi tidak aman supaya terhindar dari kecelakaan kerja. Tanggung jawab terhadap lingkungan kerja, mereka menjaga lingkungan kerja menjadi aman, nyaman dan bersih. Dengan mengingat tanggung jawab, maka semakin menyadarkan mereka betapa pentingnya mengutamakan keselamatan dalam bekerja dan penggunaan APD akan menjadi budaya. Berlakunya *punishment* dan *reward* pada setiap proyek juga sangat mendukung keberhasilan penerapan K3. Memberikan sanksi hukuman berupa denda kepada pekerja yang melanggar peraturan dan memberikan *reward* kepada pekerja bagi yang mentaati peraturan.

Jadi *safety morning talk* mempunyai peran yang sangat penting dan mempunyai pengaruh yang besar dalam mewujudkan program K3 di dunia industri konstruksi apabila dilakukan secara terus menerus, secara benar dan terjadwal. *Safety morning talk* mempunyai peran yang sangat penting karena merupakan salah satu komunikasi secara langsung antara petugas K3 dengan pekerja, tukang, kepala tukang, mandor, pelaksana lapangan dan pengawas lapangan, untuk selalu mengingatkan bagaimana bekerja secara aman sesuai prosedur dan tata tertib yang berlaku dan untuk selalu mengingatkan berdoa sebelum melakukan pekerjaan. Dengan adanya *safety morning talk* maka pelaku konstruksi mengutamakan keselamatan dan selalu mematuhi protokol kesehatan agar terhindar dari Virus Covid-19. Segala upaya yang dilakukan untuk menjadikan penerapan K3 sebagai budaya disetiap

proyek konstruksi, akan memperkecil risiko kecelakaan kerja.

PENUTUP

Berdasarkan kajian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa adanya perbedaan pelaksanaan K3 sebelum pandemi dengan masa pandemi. Sebelum pandemi, penyedia jasa konstruksi hanya menyiapkan APD berupa sepatu, helm proyek, masker, slop tangan, P3K, dan *safety belt*. Tetapi di masa pandemi, selain menyiapkan APD, perusahaan penyedia jasa konstruksi, setiap pelaku konstruksi wajib melakukan *rapid test*, menyediakan *thermogun*, *disinfectan*, tempat cuci tangan yang *portable*, sabun cuci tangan, dan *hand sanitizer*. Untuk memberikan pemahaman tentang manfaat penerapan K3 dan pencegahan virus covid-19 di masa pandemi, pekerja setiap minggu diberikan *safety morning talk* oleh petugas K3. Peran *safety morning talk* terhadap pelaku konstruksi adalah sangat penting dalam mewujudkan program K3 dan mematuhi protokol kesehatan di masa pandemi. *Safety morning talk* yang merupakan komunikasi secara langsung antara pekerja, tukang, kepala tukang, pelaksana lapangan dan pengawas lapangan dengan petugas K3 mempunyai peran yang sangat penting apabila dilakukan secara terus menerus dan terjadwal. Sehingga di masa pandemi ini, penerapan K3 maupun mematuhi protokol kesehatan yang disyaratkan oleh pemerintah akan terwujud. Penerapan K3 dan protokol kesehatan janganlah dianggap sebagai biaya. tetapi justru merupakan

sebuah investasi yang besar untuk keberlangsungan proyek yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dimiyati, Hamdan dan Nurjaman, Kadar. 2014. *Manajemen Proyek*. CV Pustaka.
- Dwilestari, Erika. 2019. *Safety Talk Cara Sederhana Mencegah Kecelakaan Kerja*. Univeritas Padjadjaran.
- Ervianto, W. 2006. *Manajemen Proyek Konstruksi-Edisi Revisi*.
- Midiatama. 2020. *Pentingnya Selalu Canangkan Safety Talk Kepada Seluruh Pekerja*
- Ramli, Soehatman. 2010. *Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001*. Jakarta: PT Dian Rakyat.
- Ridley, John. 2004. *Health & Safety in Brief*. Ketiga. England: Elsevier.
- Rijanto, Boedi. 2010. *Pedoman Praktis Keselamatan, Kesehatan Kerja Dan Lingkungan (K3L) Industri Konstruksi*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Santosa, Budi. 2009. *Manajemen Proyek Konsep Dan Implementasi*. Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Somad, Ismet. 2013. *Teknik Efektif Dalam Membudayakan Keselamatan & Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT Dian Rakyat.
- Sugiyono. 2010. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung.
- . 2017. *Metode Penelitian & Pengembangan Research and Development*. Bandung: Alfabeta.

PENILAIAN DAN PENGENDALIAN RISIKO K3 PEKERJAAN GALIAN TANAH PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG D RSD MANGUSADA

Gustu Chandra Pradipa⁽¹⁾, Ni Komang Armaeni⁽²⁾, dan A.A. Sagung Dewi Rahadiani⁽³⁾

1) Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali
Gustuchandra212@gmail.com

ABSTRACT

Occupational Safety and Health Management System (SMK3) is an integral part of the labor protection system and for construction service workers can minimize and avoid the risk of moral and material losses, loss of working hours, as well as the safety of people and the surrounding environment that can later support effective and efficient performance improvement in the development process. From the ILO data (2003) in Indonesia the level of achievement of the implementation of K3 performance in the company is still very low. Only about 2% (about 317 pieces) of companies have implemented K3. While the remaining about 98% (about 14,700 pieces) of companies have not implemented K3 properly, this can be seen from the data of the Ministry of Transportation in 2012 there were as many as 739 companies managed to win zero accident award (Zero Accident). The number of zero accident companies increased by 44.3% (227 companies) compared to 2011 which amounted to 512 companies. In the event of the COVID-19 pandemic in Indonesia, the implementation of work on construction projects is hampered, such as the use of heavy equipment due to the COVID-19 virus that can risk the spread of the virus to the workforce on the project. Based on the data, occupational safety and health work methods are planned, identify hazards in construction projects, and calculate the cost of K3 on construction projects. The purpose of this study is to find out the level of danger and risk of K3 in the Land Excavation Work Building Development Project D RSD Mangusada and conduct occupational accident prevention and control. Planning of occupational safety and safety management system is a series of several stages, namely, data collection with questionnaire dissemination with sampling techniques to project staff, hazard identification, risk assessment and risk control. The results of the risk assessment there are 8 hazard identification and 16 hazard risk from 3 soil excavation processes. For the percentage of hazard levels obtained only two types namely, a small hazard level of 77% and a medium danger level of 23%. Risk control that can be applied is the use of Personal Protective Equipment (PPE) namely, safety helmets, vests, safety shoes, masks, gloves, safety glasses and the use of Work Protective Equipment (APK) namely, safety line and information signs.

Keywords: Hazard Identification, Risk Assessment and Control

ABSTRAK

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem perlindungan tenaga kerja dan bagi pekerja jasa konstruksi dapat meminimalisasi dan menghindarkan diri dari resiko kerugian moral maupun material, kehilangan jam kerja, maupun keselamatan manusia dan lingkungan sekitarnya yang nantinya dapat menunjang peningkatan kinerja yang efektif dan efisien dalam proses pembangunan. Dari data ILO (2003) di Indonesia tingkat pencapaian penerapan kinerja K3 di perusahaan masih sangat rendah. Hanya sekitar 2% (sekitar 317 buah) perusahaan yang telah menerapkan K3. Sedangkan sisanya sekitar 98% (sekitar 14.700 buah) perusahaan belum menerapkan K3 secara baik, hal ini dapat dilihat dari data Kemenakertrans pada tahun 2012 terdapat sebanyak 739 perusahaan berhasil meraih penghargaan kecelakaan nihil (Zero Accident). Jumlah perusahaan zero accident meningkat sebesar 44,3% (227 perusahaan) di bandingkan tahun 2011 yang berjumlah 512 perusahaan. Dalam kondisi pandemi COVID-19 di Indonesia membuat pelaksanaan pekerjaan pada proyek konstruksi terhambat, seperti penggunaan alat berat karena adanya virus COVID-19 yang dapat berisiko terjadi penyebaran virus terhadap tenaga kerja di proyek. Berdasarkan data tersebut maka direncanakan metode kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja, mengidentifikasi bahaya pada proyek konstruksi, dan menghitung biaya K3 pada proyek konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat bahaya dan risiko K3 pada Pekerjaan Galian Tanah Proyek Pembangunan Gedung D RSD Mangusada dan melakukan pencegahan dan pengendalian

kecelakaan kerja. Perencanaan sistem manajemen keselamatan dan keselamatan kerja merupakan rangkaian dari beberapa tahapan yaitu, pengumpulan data dengan penyebaran kuisioner dengan Teknik sampling kepada staf proyek, identifikasi bahaya, penilaian risiko dan pengendalian risiko, Hasil penilaian risiko terdapat 8 identifikasi bahaya dan 16 risiko bahaya dari 3 proses pekerjaan galian tanah. Untuk presentase tingkat bahaya yang didapat hanya dua jenis yaitu, tingkat bahaya kecil sebesar 77% dan tingkat bahaya sedang sebesar 23%. Pengendalian risiko yang dapat diterapkan adalah penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yaitu, helm safety, rompi, sepatu safety, masker, sarung tangan, kacamata safety dan penggunaan penggunaan Alat Pelindung Kerja (APK) yaitu, safety line dan rambu – rambu informasi.

Kata Kunci: Identifikasi Bahaya, Penilaian dan Pengendalian Risiko

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi di Indonesia saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat dan akan terus meningkat di masa yang akan datang. Tenaga kerja di bidang konstruksi selaku sumber daya yang di butuhkan bagi kelanjutan pembangunan, perlu memperoleh perlindungan keselamatan kerja. Pemerintah sudah melakukan tindakan pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja, dengan melakukan upaya penerbitan UU No.1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja. Dikatakan bahwa ahli K3 telah memiliki eksistensi untuk mengawasi penerapan kegiatan K3 di tempat kerja. Menimbang dari ketentuan undang-undang tersebut, maka ditetapkan Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3), menyebutkan bahwa Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat SMK3 adalah bagian dari sistem manajemen perusahaan secara keseluruhan dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat bahaya dan risiko K3 pada Pekerjaan Galian Tanah Proyek Pembangunan Gedung D RSD Mangusada dan melakukan pencegahan serta pengendalian kecelakaan kerja.

Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya adalah suatu teknik komprehensif untuk mengetahui potensi bahaya dari suatu bahan, alat, atau sistem. Teknik identifikasi bahaya dalam buku (Ramli, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, 2009) ada berbagai macam yang dapat diklasifikasikan, sebagai berikut:

1. Teknik Pasif

Bahaya dapat dikenal dengan mudah jika kita mengalaminya sendiri secara langsung. Metode ini sangat rawan karena tidak semua bahaya dapat menunjukkan

eksistensinya sehingga dapat terlihat. Melakukan identifikasi pasif, ibarat menyimpan bom waktu yang dapat meledak setiap saat.

2. Teknik Semi Proaktif

Teknik ini disebut juga belajar dari pengalaman orang lain karena kita tidak perlu mengalaminya sendiri. Teknik ini lebih baik karena tidak perlu mengalaminya sendiri setelah itu baru mengetahui adanya bahaya. Namun teknik ini juga kurang efektif karena:

- a. Tidak semua bahaya telah diketahui atau pernah menimbulkan dampak kejadian kecelakaan.
- b. Tidak semua kejadian dilaporkan atau diinformasikan kepada pihak lain untuk diambil sebagai pelajaran.
- c. Kecelakaan telah terjadi yang berarti tetep menimbulkan kerugian, walaupun menimpa pihak lain.

3. Metoda Proaktif

Metoda terbaik untuk mengidentifikasi bahaya adalah cara proaktif atau mencari bahaya sebelum bahaya tersebut menimbulkan akibat atau dampak yang merugikan.

Penilaian Risiko

Penilaian risiko adalah upaya untuk menghitung besarnya suatu risiko dan menetapkan apakah risiko tersebut dapat diterima atau tidak. Penilaian risiko (*risk assessment*) mencakup dua tahapan (Ramli, Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 OHS Risk Management, 2010), yaitu:

1. Analisa Risiko (*Risk Analysis*) adalah untuk menentukan besarnya suatu risiko yang merupakan kombinasi antara kemungkinan terjadinya dan keparahan bila risiko tersebut terjadi (*severity* atau *consequences*).
2. Evaluasi Risiko (*Risk Evaluation*) adalah untuk menilai apakah risiko tersebut dapat diterima atau tidak,

dengan membandingkan terhadap standar yang berlaku, atau kemampuan organisasi untuk menghadapi suatu risiko.

sakit akibat kerja, harus mempertimbangkan tentang berapa sering dan berapa lama seorang tenaga kerja terpapar potensi bahaya (Tarwaka, 2017). Tingkat kekerapan atau keseringan (*Probability*) kecelakaan atau sakit dikategorikan menjadi sebagai berikut:

Proses Penilaian Risiko

1. Estimasi Tingkat Kekerapan
Estimasi terhadap tingkat kekerapan atau keseringan terjadinya kecelakaan atau

2. Estimasi Tingkat Keparahan
Tingkat keparahan (*Concequence atau Severity*) kecelakaan atau sakit dapat dikategorikan menjadi 5 (lima) kategori sebagai berikut:

Tabel 1. Tingkat Kekerapan Kecelakaan

Tingkat	Uraian	Penjelasan
4	Sering (<i>Frequent</i>)	Kemungkinan terjadinya sangat sering dan berulang
3	Agak Sering (<i>Probable</i>)	Kemungkinan terjadi beberapa kali
2	Jarang (<i>Occasional</i>)	Kemungkinan jarang terjadi atau terjadinya sekali waktu
1	Jarang Sekali (<i>Remote</i>)	Kemungkinan terjadinya kecil tetapi tetap ada kemungkinan

Sumber: Tarwaka, 2017

Dari kategori tersebut kita dapat memilih salah satu kategori yang paling tepat untuk mengestimasi tingkat kekerapan atau keseringan terjadinya kecelakaan dan sakit dari setiap potensi bahaya yang kita identifikasi.

Tabel 2. Tingkat Keparahan Kecelakaan

Tingkat	Uraian	Penjelasan
5	Bencana (<i>Catastrophic</i>)	Kecelakaan yang banyak menyebabkan kematian
4	Fatal	Kecelakaan yang menyebabkan kematian tunggal
3	Cedera Berat (<i>Critical</i>)	Kecelakaan yang menyebabkan cedera / sakit parah untuk waktu yang lama / cacat tetap
2	Cedera Ringan (<i>Marginal</i>)	Kecelakaan yang menyebabkan cedera / sakit ringan
1	Hampir Cedera (<i>Negligible</i>)	Kejadian hampir celaka / tidak memerlukan perawatan kesehatan

Sumber: Tarwaka, 2017

3. Penentuan Tingkat Risiko
Setelah dilakukan estimasi atau penafsiran terhadap tingkat kekerapan dan keparahan terjadinya kecelakaan atau penyakit yang mungkin timbul, selanjutnya dapat ditentukan tingkat

risiko dari masing-masing *hazards* yang telah diidentifikasi dan dinilai. Cara penentuan tingkat risiko dapat menggunakan matriks (Tarwaka, 2017), seperti pada tabel berikut.

Table 3. Matriks Penilaian Risiko

Konsekuensi	Frekuensi			
	Jarang Sekali 1	Jarang 2	Agak Sering 3	Sering 4
Hampir Cidera 1	Tidak Ada 1	Rendah 2	Rendah 3	Rendah 4
Cidera Ringan 2	Rendah 2	Rendah 4	Sedang 6	Sedang 8
Cidera Berat 3	Rendah 3	Sedang 6	Sedang 9	Tinggi 12
Fatal 4	Rendah 4	Sedang 8	Tinggi 12	Gawat 16
Bencana 5	Sedang 5	Tinggi 10	Gawat 15	Gawat 20

Sumber: Tarwaka, 2017

METODE PENELITIAN

Metode identifikasi bahaya yang digunakan adalah teknik semi proaktif. Teknik semi proaktif ini disebut juga belajar dari pengalaman orang lain karena kita tidak perlu mengalaminya sendiri. Teknik ini lebih baik karena tidak perlu mengalaminya sendiri setelah itu baru mengetahui adanya bahaya

Analisis dalam perencanaan pelaksanaan SMK3 diawali dengan identifikasi bahaya yang dilakukan dengan cara menganalisis dan memperkirakan potensi-potensi bahaya pada setiap pekerjaan berdasarkan metode pekerjaan.

Kemudian dilakukan penilaian risiko dengan cara mengisi kuisisioner yang telah disediakan, hasil dari kuisisioner akan ditabelkan untuk selanjutnya diketahui tingkat risiko dari setiap pekerjaan. Pengendalian risiko dilakukan ketika telah didapatkan hasil dari penilaian risiko sehingga akan terlihat pekerjaan dengan tingkat risiko mulai dari pekerjaan tidak memiliki risiko hingga pekerjaan dengan risiko tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya terhadap pekerjaan galian tanah diuraikan pada Tabel 4 .

Tabel 4. Identifikasi Bahaya Pekerjaan Galian Tanah

No	Kegiatan	Metode Pelaksanaan	Identifikasi Bahaya	Risiko
1.	Galian tanah <i>pile cap</i>	Galian menggunakan alat berat <i>excavator</i>	Terlindas <i>excavator</i>	Luka memar Patah tulang Tidak sadarkan diri Meninggal dunia
			<i>Excavator</i> terguling	Luka memar Tidak sadarkan diri
			Kaki tercangkul	Luka memar Luka robek
		Galian manual dengan cangkul dan skop	Terjatuh ke galian	Luka memar
			Terpapar debu	Gangguan pernapasan

				Iritasi mata
			Kaki tercangkul	Luka memar Luka robek
2.	Galian Tanah <i>Sloof Basement</i>	Galian manual dengan cangkul dan skop	Terjatuh ke galian	Luka memar
			Terpapar debu	Gangguan pernapasan Iritasi mata

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Penilaian Risiko

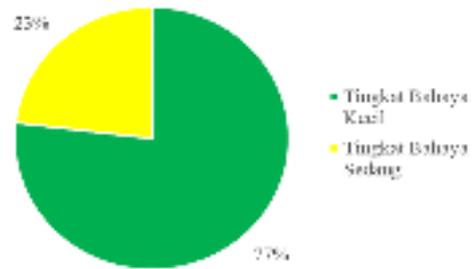
Penilaian risiko berdasarkan identifikasi bahaya yang telah dibuat terhadap pekerjaan tiang pancang diuraikan pada Tabel 5

Tabel 5. Penilaian Risiko Pekerjaan Galian Tanah

No	Kegiatan	Identifikasi Bahaya	Risiko	Frekuensi	Dampak	Tingkat Risiko	Tingkat Bahaya		
1.	Galian tanah <i>pile cap</i>	Terlindas <i>excavator</i>	Luka memar	1	4	4	Tingkat bahaya kecil		
			Patah tulang	1	4	4	Tingkat bahaya kecil		
			Tidak sadarkan diri	1	4	4	Tingkat bahaya kecil		
			Meninggal dunia	1	5	5	Tingkat bahaya sedang		
		Excavator terguling	Luka memar	1	3	3	Tingkat bahaya kecil		
			Tidak sadarkan diri	1	4	4	Tingkat bahaya kecil		
		Kaki tercangkul	Luka memar	1	3	3	Tingkat bahaya kecil		
			Luka robek	1	3	3	Tingkat bahaya kecil		
		Terjatuh ke galian	Luka memar	2	1	2	Tingkat bahaya kecil		
		Terpapar debu	Gangguan pernapasan	3	2	6	Tingkat bahaya sedang		
			Iritasi mata	3	1	3	Tingkat bahaya kecil		
		2.	Galian Tanah <i>Sloof Basement</i>	Kaki tercangkul	Luka memar	1	2	2	Tingkat bahaya kecil
					Luka robek	2	2	4	Tingkat bahaya kecil
				Terjatuh ke galian	Luka memar	2	3	6	Tingkat bahaya sedang
Terpapar debu	Gangguan pernapasan			3	2	6	Tingkat bahaya sedang		
	Iritasi mata	3	1	3	Tingkat bahaya kecil				

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Hasil Penilaian berdasarkan penilaian risiko terdapat 16 risiko bahaya dalam pekerjaan tiang pancang. Untuk presentase tingkat bahaya yang didapat hanya dua jenis yaitu, tingkat bahaya kecil sebesar 77% dan tingkat bahaya sedang sebesar 23%. Persentase hasil penilaian risiko dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Presentase Risiko Pekerjaan Galian Tanah
(Sumber: Hasil Analisis, 2020)

Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko bertujuan untuk meminimalkan tingkat risiko dari potensi yang ada. Hasil pengendalian risiko disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengendalian Risiko Pekerjaan Galian Tanah

No	Kegiatan	Identifikasi Bahaya	Risiko	Pengendalian Risiko
1.	Galian tanah pile cap	Terlindas excavator	Luka memar	APD: Helm safety, Rompi, Sepatu safety, Masker medis APK : safetyline Rambu - rambu: Rambu informasi
			Patah tulang	
			Tidak sadarkan diri	
		Excavator terguling	Meninggal dunia	
			Luka memar	
			Tidak sadarkan diri	
Kaki tercangkul	Luka memar	APD: Helm safety, Rompi, Sepatu safety, Masker medis, Kacamata safety, Sarung tangan APK : safetyline Rambu - rambu: Rambu informasi		
	Luka robek			
	Terjatuh ke galian			
Terpapar debu	Gangguan pernapasan	Rambu - rambu: Rambu informasi		
	Iritasi mata			
2.	Galian Tanah Sloof Basement	Kaki tercangkul	Luka memar	APD: Helm safety, Rompi, Sepatu safety, Masker medis, Kacamata safety, Sarung tangan APK : safetyline Rambu - rambu: Rambu informasi
			Luka robek	
		Terjatuh ke galian	Luka memar	
			Gangguan pernapasan	
Terpapar debu	Iritasi mata			

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Upaya yang dilakukan untuk mengurangi tingkat risiko adalah dengan:

1. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yaitu, helm safety, rompi, sepatu safety, masker, sarung tangan, kacamata safety.
2. Penggunaan Alat Pelindung Kerja (APK) yaitu, safety line dan rambu - rambu informasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Hasil penilaian risiko terdapat 8 identifikasi bahaya dan 16 risiko bahaya dari 3 proses pekerjaan galian tanah. Untuk presentase tingkat bahaya yang didapat hanya dua jenis yaitu, tingkat bahaya kecil sebesar 77% dan tingkat bahaya sedang sebesar 23%. Pengendalian risiko

yang dapat diterapkan adalah penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) yaitu, helm *safety*, rompi, sepatu *safety*, masker, sarung tangan, kacamata *safety* dan penggunaan penggunaan Alat Pelindung Kerja (APK) yaitu, *safety line* dan rambu – rambu informasi.

Saran

Dari hasil yang didapat untuk pengendalian risiko dapat disarankan untuk membuat pengendalian yang lebih detail agar penanganan risiko yang dilakukan lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia, No. 44 Tahun 2015. (2015). *Penyelenggaraan Program Jaminan Kecelakaan Kerja dan Jaminan Kematian Bagi Pekerja Harian, Lepas, Borongan, dan Perjanjian Kerja Waktu Tertentu pada Sektor Usaha Jasa Konstruksi*.
- Ramli, S. (2009). *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Ramli, S. (2010). *Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 OHS Risk Management*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Ramli, S. (2010). *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Rawis, T. D., Tjakra, J., & Arsjad, T. T. (2016, April). Perencanaan Biaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Konstruksi Bangunan (Studi Kasus: Sekolah ST.Ursula Kotamobagu). *Jurnal Sipil Statik*, 241-246.
- Tarwaka. (2017). Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja. Dalam *Keselamatan dan Kesehatan Kerja* (hal. 10). Surakarta: Harapan Press.

ANALISIS FAKTOR KONFIRMATORI KINERJA TIM PROYEK DESIGN AND BUILD DI INDONESIA

Made Novia Indriani
Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia
Jl. Sangalangit, Tembau, Penatih
madenovia@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan kontrak Desain and Build untuk memaksimalkan waktu perencanaan dan pelaksanaan konstruksi oleh kontraktor dengan mengoptimalkan waktu design dan detail perubahannya serta pelaksanaan konstruksi, selain meminimalkan risiko yang terjadi, sehingga hal tersebut menjadi kendala pada proyek DB. Untuk mengatasi hal tersebut, kontraktor DB lebih memaksimalkan kinerja tim proyek DB (divisi perencanaan/design dan divisi pelaksanaan/konstruksi). Dimensi kinerja tim proyek antara lain : variabel yang berhubungan dengan gaya kepemimpinan, variabel yang berhubungan dengan tugas, variabel yang berhubungan dengan anggota tim, variabel yang berhubungan dengan organisasi. Data lapangan yang dikumpulkan dari penyebaran 120 kuesioner pada 40 proyek design and build di beberapa kota di Indonesia. Data atau variabel yang berpengaruh signifikan dianalisis dengan teknik Confirmatory Factor Analysis (CFA) menggunakan PLS (Partial Least Square) dengan SmartPLS 3.0. Variabel atau konstruk kinerja tim proyek DB merupakan konstruk multidimensional dimana konstruk yang dibentuk dari konstruk laten dimensi yang didalamnya termasuk undimensional dengan arah indikatornya reflektif. Sehingga dilakukan pengujian second order konstruk dimana indikator konstruk dikatakan valid, jika nilai loading factor > 0,70 dan reliabel jika nilai AVE yang dihasilkan oleh semua konstruk yaitu > 0,50. Adapun hasil analisis CFA pada kinerja tim proyek DB bahwa terdapat beberapa indikator konstruk pada first order dan second order tidak valid, yang artinya beberapa indikator konstruk tersebut tidak mampu menggambarkan variabel kinerja tim proyek DB, sehingga model di run kembali sampai semua konstruk first order merupakan konstruk dimensi pembentuk konstruk kinerja tim proyek DB. Kinerja tim proyek design and build pada variabel yang berhubungan dengan anggota tim (Y3.3), yaitu segala sesuatu yang berhubungan dengan anggota tim didalam proses menyelesaikan pekerjaan memiliki kontribusi terbesar dalam pencapaian kinerja tim proyek design and build.

Kata Kunci : CFA, kinerja, tim proyek, design and build

ABSTRACT

The objective of the DB contract is to maximize the planning and construction time by the contractor by optimizing the design time and details of the changes as well as the construction implementation, in addition to minimizing the risks that occur, so that this becomes an obstacle to the DB project. To overcome this, the DB contractor maximizes the performance of the DB project team (planning / design division and implementation / construction division). The project team performance dimensions include: variables related to leadership style, variables related to tasks, variables related to team members, variables related to the organization. Field data were collected from distributing 120 questionnaires to 40 design and build projects in several cities in Indonesia. Data or variables that have a significant effect are analyzed using the Confirmatory Factor Analysis (CFA) technique using PLS (Partial Least Square) with SmartPLS 3.0. The DB project team performance variable or construct is a multidimensional construct where the construct is formed from a latent dimensional construct which includes undimensional with the direction the indicator is reflective. So that a second order construct is tested where the construct indicator is said to be valid, if the loading factor value is > 0.70 and reliable if the AVE value generated by all constructs is > 0.50. The results of the CFA analysis on the performance of the DB project team show that there are several construct indicators in the first order and second order that are invalid, which means that some of these construct indicators are not able to describe the performance variables of the DB project team, so the model is run back until all the first order constructs are constructs. the constructing dimensions of the performance of the DB project team. The performance of the design and build project team on variables related to team members (Y3.3), namely everything related to team members in the process of completing work has the largest contribution in achieving the performance of the design and build project team.

Keywords: CFA, performance, project team, design and build

PENDAHULUAN

Terjadinya peningkatan popularitas pada tim proyek terintegrasi, dalam beberapa tahun terakhir (Heedae *et al.*, 2011; Xiaolong *et al.*, 2010). Tim tersebut memerlukan koordinasi tingkat tinggi, dengan anggota tim bekerja bersama dan berbagi pengetahuan sebagai sumber daya untuk mencapai tujuan bersama (Matthews & Howell, 2005; Kent & Becerik 2010). Proyek terintegrasi *design and build*, merupakan proyek kompleks dimana tanggung jawab desain dan konstruksi diintegrasikan atau disatukan dengan kriterianya antara lain adanya proses yang cepat dalam pelaksanaan konstruksi, cepat dimulainya proyek, komunikasi yang efektif antara pihak-pihak proyek, fleksibilitas perubahan desain, satu titik tanggung jawab, kompleksitas desain, mentransfer resiko pada kontraktor (Ghadamsi, 2016). Selain itu fleksibilitas perubahan desain yang merupakan salah satu kriteria proyek *design and build*, menurut Memon *et al.* (2011), mengatakan bahwa frekuensi perubahan desain menduduki peringkat pertama pada faktor keterlambatan proyek. Untuk mengoptimalkan waktu *design* dan detail perubahannya serta pelaksanaan konstruksi, selain meminimalkan risiko yang terjadi pada tim proyek *design and build* dimana antara perencanaan dan pelaksanaan terintegrasi, yang merupakan faktor terpenting dalam kesuksesan proyek, memerlukan komunikasi dan koordinasi yang baik antar bagian-bagian organisasi kerja kontraktor.

Menurut Mathis & Jackson (2006), penilaian kinerja didefinisikan sebagai proses mengevaluasi seberapa baik karyawan melakukan pekerjaan mereka jika dibandingkan dengan seperangkat standar dan kemudian mengkomunikasikan informasi tersebut kepada karyawan. Standar yang dimaksud adalah kualitas kerja, kuantitas, keandalan, pengetahuan serta hubungan kerja mereka. Penilaian kinerja merupakan dasar yang digunakan dalam penentuan kompensasi. Penilaian kinerja ini (*performance appraisal*) pada dasarnya merupakan faktor kunci guna mengembangkan suatu organisasi secara efektif dan efisien. Menurut Handoko (2001), penilaian prestasi kerja (*performance appraisal*) adalah proses evaluasi organisasi atau menilai prestasi kerja karyawan.

Kinerja Tim Proyek

Proyek adalah *system social* dan mencakup beberapa area yang berfokus pada perilaku organisasi, kepemimpinan, komunikasi, pembangunan tim dan manajemen sumber daya manusia (Nauman & Khan, 2011). Kinerja

didefinisikan sebagai gambaran tingkat pencapaian pelaksanaan kegiatan, program serta kebijakan dengan menggunakan sejumlah daya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan (Sembiring, 2012). Kinerja (*performance*) menurut Daft (2010), adalah kemampuan untuk pencapaian tugas organisasi dengan menggunakan sumber daya secara efektif dan efisien. Sumber daya yang dimaksudkan meliputi sumber daya manusia, seluruh kekayaan, kapabilitas, proses organisasi, atribut perusahaan, informasi serta pengetahuan yang dikendalikan perusahaan. Kinerja merupakan hasil yang dicapai dari perilaku anggota organisasi (Gibson, 1984). Hasil yang diinginkan organisasi dari perilaku orang-orang yang ada di dalamnya disebut sebagai kinerja organisasi. Menurut Mulyadi (2007), kinerja organisasi adalah keberhasilan personel, tim atau organisasi dalam mewujudkan sasaran strategis yang telah ditetapkan sebelumnya dengan perilaku yang diharapkan

Pemahaman dan definisi tentang kinerja organisasi dalam literatur akademik dan beberapa penelitian manajemen sangat beragam, sehingga tetap menjadi isu dan terus mengalami perkembangan (Barney, 1991). Dalam perkembangannya terkait konsep meliputi efektifitas, efisiensi, ekonomi, kualitas, konsistensi perilaku, dan tindakan normatif (Ricardo & Wade, 2001).

Menurut Nguyen *et al.* (2004), sifat-sifat yang paling tinggi untuk manajer proyek yang efektif dan untuk proyek yang berhasil adalah membangun tim, komunikasi, menunjukkan kepercayaan dan fokus atas hasil-hasil diantara bawahan selain itu kepemimpinan (*leadership*) juga merupakan suatu aspek yang sangat penting dalam manajemen proyek.

Terdapat tiga kelompok utama yang mempengaruhi kinerja berdasarkan *theory of action and job performance* Boyatzis (2008), yaitu :

1. Faktor pertama adalah individu yang terdiri dari visi, nilai-nilai, filosofi, pengetahuan, sifat, kompetensi, jenjang karir, gaya dan minat.
2. Faktor kedua adalah lingkungan organisasi terdiri dari budaya dan iklim, struktur dan sistem kedewasaan industri, posisi strategis organisasi, kompetensi inti, dan konteks yang lebih besar.
3. Faktor ketiga adalah permintaan pekerjaan terdiri dari tugas, fungsi dan peran masing-masing anggota pada organisasi.

Theory of action and job performance mengindikasikan bahwa kinerja terbaik (*best*

fit) dapat diwujudkan dari irisan faktor individu, lingkungan serta peran dan tugas yang dilaksanakan oleh sumber daya manusia, termasuk pimpinan pada suatu organisasi (Boyatzis, 2008). Nilai-nilai, sifat, gaya dan pengetahuan didukung oleh lingkungan organisasi dapat menggerakkan peran pemimpin dalam menyelesaikan tugas dan fungsi menuju pencapaian kinerja organisasi yang terbaik. Tenaga kerja yang memiliki ketrampilan dan pengetahuan dapat mempengaruhi peningkatan kinerja organisasi. Tim merupakan sebuah bagian formal dari suatu struktur organisasi, sebuah unit yang lebih spesifik. Tim bukan hanya sebuah label untuk menjelaskan atau menandai dan memberikan suatu nomor tertentu kepada para anggotanya yang bekerja pada suatu area atau yang mempunyai kesamaan tanggung jawab. Anggota tim harus mempunyai satu kemampuan untuk memahami timnya, mengakui dan memahami keberadaan anggota tim lainnya, dan juga memahami akan posisi masing-masing individu dalam tim terhadap personel lainnya pada masing-masing posisi dalam tim tersebut (Curtis, 1994). Menurut Davis *et al.* (2001), yang dimaksud dengan tim proyek adalah sebuah tim multidisipliner, yang merupakan paduan yang efektif dari kecakapan, pengetahuan, dan bakat. Tim ini terdiri dari orang-orang terbaik yang dipilih untuk menangani sebuah proyek, dengan menuangkan seluruh kecakapan dan keahliannya. Kenneth & Allan (1999), menjelaskan bahwa tim proyek adalah suatu kelompok yang biasanya bersifat sementara, dan dipakai pada suatu periode terbatas untuk memecahkan masalah-masalah yang spesifik atau untuk mengembangkan suatu produk baru. Nurick *et al.* (1999), menjelaskan yang dimaksud dengan sebuah tim adalah proses pengambilan atau pengumpulan individu-individu dengan kebutuhan yang berbeda-beda, dari berbagai latar belakang, dan keahlian kemudian mengubah bentuknya kedalam sebuah penggabungan, untuk membentuk sebuah unit yang efektif. Menurut Stott & Walker (1995), tim proyek merupakan suatu kelompok yang biasanya bersifat sementara dan dipakai pada suatu periode terbatas untuk memecahkan masalah-masalah yang spesifik atau untuk mengembangkan produk baru. Tim proyek bila ditinjau secara luas dapat diartikan sebagai semua pihak atau peserta yang berkepentingan dan terlibat dalam penyenggaraan dan hasil proyek, sering pula disebut sebagai *stake holder*. Pihak-pihak ini mempunyai peranan dan kepentingan tertentu atas keberhasilan proyek

dan menurut Soeharto (1997), dikelompokkan menjadi :

- a. Peserta I : Pemilik proyek, pemakai produk (*end-user*);
- b. Peserta II : Organisasi atau perusahaan yang melaksanakan pembangunan proyek;
- c. Peserta III : Subkontraktor, supplier, konsultan, dan lain-lain

Menurut Algeo *et al.* (2013), dalam buku *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK 5th edition)*, mengatakan bahwa keanggotaan dalam tim proyek termasuk manajer proyek dan kelompok individu yang bertindak bersama dalam melakukan pekerjaan proyek untuk mencapai tujuannya. Tim proyek mencakup manajer proyek, staf manajemen proyek, dan anggota tim lainnya yang melaksanakan pekerjaan tetapi tidak perlu terlibat dengan manajemen proyek. Tim ini terdiri dari individu-individu dari kelompok yang berbeda dengan pengetahuan materi pelajaran tertentu atau dengan keterampilan khusus yang ditetapkan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek. Struktur dan karakteristik tim proyek dapat sangat bervariasi, tetapi satu konstanta adalah peran manajer proyek sebagai pemimpin tim, terlepas dari otoritas apa yang mungkin dimiliki manajer proyek atas anggotanya. Dalam tim proyek mencakup peran antara lain : staf manajemen proyek, staf proyek, pakar pendukung, perwakilan pengguna atau pelanggan, penjual/*supplier*, anggota mitra bisnis dan mitra bisnis.

Tim tersebut bertanggung jawab atas perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Tim proyek merupakan salah satu struktur inti dari organisasi perusahaan konstruksi. Setidaknya ada dua alasan mengapa tim proyek ditempatkan sebagai struktur inti yaitu tim proyek merupakan *one of the real profit makers* perusahaan konstruksi, dan organisasi proyek sebagai induk dari tim proyek dengan segala keluasaan dan kerumitan permasalahan dan tantangannya merupakan lahan terbaik bagi kaderisasi calon-calon pimpinan perusahaan konstruksi dimasa mendatang. Menurut Gustiandi (2004), menjelaskan bahwa *individual professionalism* (kemampuan profesional individu) dan *team synergy* (keterpaduan tim) adalah kata kunci untuk *quick organization* seperti ini. Ini berarti bahwa sebagai individu, setiap anggota tim proyek selayaknya memiliki kemampuan intelektual, keterampilan teknis, dan semangat profesionalisme yang dapat diandalkan. Sebagai bagian dari suatu kelompok, setiap anggota tim harus dapat memfungsikan dirinya untuk

bersama-sama anggota tim lainnya membantu satu kesatuan kolektif yang solid.

Menurut Dinsmore & Cabanis (2014), kerjasama sebuah tim sangat bergantung pada kualitas hubungan antar anggota tim. Tingkat interaksi antar anggota tim, dapat meningkatkan kualitas hubungan antar anggota. Apabila ingin membentuk sebuah tim yang bagus, maka anggota tim harus mempunyai keterlibatan yang tinggi dengan tim, *interest* dengan pekerjaannya, semangat yang tinggi, kemampuan memecahkan masalah, komunikasi yang baik, keinginan untuk berprestasi besar, saling percaya, kemampuan untuk mengembangkan diri, dan kemampuan berorganisasi yang baik.

Tim proyek sebagai organisasi yang secara penuh bertugas menyelenggarakan pekerjaan membangun proyek, baik di lapangan maupun di kantor pusat, tim tersebut akan terdiri dari unsur-unsur berikut.

- a. Pimpro sebagai kepala kelompok tim inti
- b. Anggota tim inti yang bertugas penuh (*full time*) untuk proyek, yang sering disebut sebagai staf pimpro atau personil kantor proyek (*project office*)
- c. Bidang-bidang fungsional / pihak ketiga peserta proyek

Kemudian Nurick *et al.*(1999), menerangkan ada 4 (empat) variabel yang spesifik yang akan mempengaruhi kinerja sebuah tim proyek dapat berprestasi, yaitu variabel kepemimpinan (*leadership variables*), variabel yang berhubungan dengan tugas atau pekerjaan (*task-related variables*), yang berhubungan dengan anggotanya (*people-related*), dan variabel organisasi atau perusahaan (*organizational variables*).

1. Variabel yang berhubungan dengan kepemimpinan
Menurut Bubshait & Farooq (1994), kepemimpinan berada dibelakang setiap keberhasilan program yang dijalankan oleh tim, dan kepemimpinan harus mampu mengawasi dan mengarahkan tim dari atas. Pemimpin tim (*team leaders*) yang berhasil dengan sendirinya akan mengetahui bahwa hasil yang diperoleh oleh timnya merupakan sesuatu yang penting, bukan karena hasil individu dari kerja kerasnya sendiri atau hasil dari anggotanya, tetapi karena kerjasama antara anggota tim dan pemimpinnya. Stoner *et al.*(1996), menjelaskan, pemimpin sebuah tim proyek ada dua yaitu pemimpin formal dan pemimpin informal.
2. Variabel yang berhubungan dengan tugas
Menurut Nurick *et al.*(1999), variabel yang berhubungan dengan tugas adalah sesuatu

yang dapat mempengaruhi hasil tugasnya, seperti kemauan untuk menyelesaikan pekerjaan atau tugasnya selesai tepat waktu dan tepat biaya (*on budget*), mau melakukan inovasi terhadap pekerjaan, kemampuan untuk menghadapi perubahan dilapangan. Kemudian Nurick *et al.*(1999), menjelaskan, karakteristik sebuah tim yang baik adalah apabila semua anggotanya mempunyai komitmen terhadap pekerjaannya, lebih memperhatikan pada hasil pekerjaannya, inovatif dan kreatif, kemampuan untuk menghadapi perubahan dilapangan, mementingkan kualitas yang diraih pada pekerjaannya, mempunyai kemampuan untuk memprediksi *trend* akan berkembang.

3. Variabel yang berhubungan dengan anggota tim
Menurut Soeharto (1997), salah satu cara untuk meningkatkan kerjasama antara anggota tim adalah mendorong terselenggaranya komunikasi dan interaksi antar anggota tim, serta pembinaan yang intensif sehingga masing-masing anggota mengetahui peranannya dalam tim, setiap anggota merasa saling diperlukan, anggota merasakan bahwa kerjasama sebagai satu tim akan menghasilkan lebih besar daripada bekerja sendiri-sendiri secara terpisah. Menurut Nurick *et al.*(1999), apabila ingin membentuk sebuah tim yang bagus, maka anggota tim harus mempunyai keterlibatan yang tinggi terhadap tim, *interest* terhadap pekerjaannya, semangat yang tinggi, kemampuan memecahkan masalah, komunikasi yang baik, keinginan untuk berprestasi besar, saling percaya, kemampuan untuk mengembangkan tim, dan kemampuan berorganisasi yang baik.
4. Variabel yang berhubungan dengan organisasi
Menurut Nurick *et al.*(1999), variabel yang berhubungan dengan organisasi adalah segala sesuatu tentang iklim organisasi, struktur organisasi, kebijakan organisasi, prosedur yang diterapkan dalam pekerjaan, budaya yang berkembang dalam organisasi, peraturan organisasi, kondisi ekonomis perusahaan. Menurut Nurick *et al.*(1999), keefektifan tim dipengaruhi oleh budaya nasional dan iklim organisasi. Iklim organisasi inilah yang mendukung suatu tim mencapai prestasi yang gemilang. Berdasarkan uraian tersebut, dapat diuraikan menjadi definisi operasional variabel. Definisi operasional variabel yang digunakan pada variabel *kinerja tim proyek (Y3)* yang terdiri dari empat dimensi yaitu :

Kinerja tim proyek merupakan keluaran dan kemampuan tim proyek untuk mencapai prestasi yang diindikasikan dengan beberapa indikator dari dimensi yang berhubungan dengan kepemimpinan, tugas, anggota tim dan organisasi.

a. Berhubungan dengan kepemimpinan (Y3.1), adalah kepemimpinan berada dibelakang setiap keberhasilan program yang dijalankan oleh tim. Indikator-indikator yang berhubungan dengan kepemimpinan terdiri dari :

- 1) Pemimpin tim (*team leaders*), mampu mengawali dan mengarahkan tim dari atas (Y3.1.1), adalah kemampuan pemimpin tim proyek dalam mengawali atau memberi teladan dan mengarahkan serta memotivasi tim.
- 2) Pemimpin tim (*team leaders*) mengetahui bahwa hasil yang diperoleh oleh timnya merupakan sesuatu yang penting (Y3.1.2), adalah setiap hasil yang diperoleh oleh anggota tim dalam menyelesaikan masalah merupakan sesuatu yang penting diketahui oleh *team leaders*.
- 3) Pemimpin tim (*team leaders*) mengetahui bahwa hasil yang diperoleh oleh timnya merupakan kerjasama antara anggota tim (Y3.1.3), adalah *team leaders* sebagai fasilitator mengetahui bahwa hasil yang diperoleh bukan karena hasil individu atau dari kerja kerasnya sendiri atau hasil dari anggotanya, tetapi karena kerjasama antara anggota tim.
- 4) Terdapat dua pemimpin dalam tim proyek yaitu pemimpin formal dan pemimpin informal (Y3.1.4), adalah adanya hubungan atau interaksi yang baik dengan anggota lain dan kemampuan mengatasi perbedaan dengan adanya pemimpin yang berdasarkan posisi dan berdasarkan pengalaman.

b. Berhubungan dengan tugas (Y3.2), yaitu kemauan untuk menyelesaikan pekerjaan atau tugasnya. Indikator-indikator yang berhubungan dengan tugas, terdiri dari :

- 1) Selesai tepat waktu (*on time*) (Y3.2.1), adalah proyek diselesaikan sesuai *time schedule* atau tepat waktu.

- 2) Selesai tepat biaya (*on budget*) (Y3.2.2), adalah proyek diselesaikan sesuai dengan anggaran biaya yang direncanakan.

- 3) Melakukan inovasi dan kreatif terhadap pekerjaan (Y3.2.3), adalah melakukan perubahan yang kreatif pada proses, layanan maupun produk.

- 4) Kemampuan untuk menghadapi perubahan dilapangan (Y3.2.4), adalah kemampuan untuk menghadapi pekerjaan akibat terjadinya perubahan dilapangan.

- 5) Mempunyai komitmen terhadap pekerjaannya (Y3.2.5), adalah komitmen dan rasa memiliki serta tanggung jawab yang dimiliki terhadap pekerjaannya.

- 6) Memperhatikan pada hasil pekerjaannya yang mementingkan kualitas atau mutu pekerjaannya (Y3.2.6), adalah hasil pekerjaan yang dilakukan sesuai dengan rencana kerja dan syarat serta spesifikasi teknis yang ditetapkan.

- 7) Mempunyai kemampuan untuk memprediksi *trend* yang akan berkembang (Y3.2.7), adalah untuk memprediksi model *design* sesuai *trend* yang berkembang.

c. Berhubungan dengan anggota tim (Y3.3), yaitu segala sesuatu yang berhubungan dengan anggota tim didalam proses menyelesaikan pekerjaan. Indikator-indikator yang berhubungan dengan anggota tim terdiri dari :

- 1) Terselenggaranya komunikasi dan interaksi antar anggota tim (Y3.3.1), adalah adanya komunikasi dan interaksi antar anggota tim.

- 2) Pembinaan yang intensif (Y3.3.2), adalah pembinaan intensif yang dilakukan sehingga masing-masing anggota mengetahui peranannya dalam tim.

- 3) Setiap anggota merasa saling diperlukan dengan bekerja sama (Y3.3.3), adalah anggota merasakan bahwa kerjasama

- sebagai satu tim akan menghasilkan lebih besar daripada bekerja sendiri-sendiri secara terpisah.
- 4) Adanya keterlibatan yang tinggi terhadap tim (Y3.3.4), adalah anggota tim berperan serta aktif terhadap timnya.
 - 5) *Interest* terhadap pekerjaannya (Y3.3.5), adalah ketertarikan anggota tim terhadap pekerjaannya.
 - 6) Semangat yang tinggi (Y3.3.6), adalah anggota tim memiliki semangat yang tinggi dalam pekerjaannya.
 - 7) Kemampuan memecahkan masalah (Y3.3.7), adalah anggota tim mampu memecahkan masalah yang terjadi.
 - 8) Keinginan untuk berprestasi besar (Y3.3.8), adalah adanya keinginan dan motivasi anggota tim untuk berprestasi
 - 9) Saling percaya (Y3.3.9), adalah adanya rasa saling percaya pada anggota tim, sehingga tercipta suasana kerja yang baik.
 - 10) Kemampuan untuk mengembangkan tim (Y3.3.10), adalah anggota tim mampu mengembangkan diri dalam timnya.
 - 11) Kemampuan berorganisasi yang baik (Y3.3.11), adalah anggota tim mampu berorganisasi dengan baik.
- d. Berhubungan dengan organisasi (Y3.4) yaitu segala sesuatu tentang iklim organisasi. Indikator-indikator yang berhubungan dengan organisasi terdiri dari :
- 1) Struktur organisasi (Y3.4.1), adalah struktur tim yang terlibat dalam proyek.
 - 2) Kebijakan organisasi (Y3.4.2), merupakan kebijakan organisasi proyek yang diterapkan.
 - 3) Prosedur yang diterapkan dalam pekerjaan (Y3.4.3), merupakan standar operasional prosedur yang diterapkan dalam pekerjaan
 - 4) Budaya yang berkembang dalam organisasi (Y3.4.4), adalah budaya atau kebiasaan

- yang berkembang dalam tim proyek.
- 5) Peraturan organisasi (Y3.4.5), adalah peraturan atau ketentuan yang digunakan pada proyek *design and build*.
 - 6) Kondisi ekonomis perusahaan (Y3.4.6), adalah kondisi ekonomi perusahaan yang melaksanakan pekerjaan proyek.
 - 7) Budaya nasional (Y3.4.7), adalah budaya nasional yang sedang terjadi dan berdampak pada tim proyek.
 - 8) Iklim organisasi pada keefektifan tim sehingga mendukung suatu tim mencapai prestasi yang gemilang (Y3.4.8), adalah adanya suasana yang baik pada tim proyek sehingga mendukung tim mencapai prestasi yang gemilang.

Menurut Peraturan Menteri PUPR RI Nomor 1 (2020), pekerjaan konstruksi rancang dan bangun (*design and build*) adalah seluruh pekerjaan yang berhubungan dengan pelaksanaan konstruksi bangunan atau pembuatan wujud fisik lainnya, dimana pekerjaan perencanaan terintegrasi dengan pelaksanaan konstruksi kontrak pekerjaan konstruksi rancang dan bangun (*design and build*).

Penelitian bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap kinerja pada tim proyek *design and build*. Selanjutnya dapat dibuat suatu rekomendasi teknis terkait penerapan indikator variabel kinerja tim proyek yang berhubungan dengan kepemimpinan, tugas, anggota tim dan organisasi pada kinerja tim proyek *design and build*.

METODE

Sumber data dalam penelitian ini adalah pada proyek *design and build* yang ada di beberapa kota di Indonesia, dengan subyek penelitian adalah pihak-pihak dalam kontraktor utama yang terlibat dalam proyek *design and build*. Dalam penelitian ini, sumber data didapat melalui metode survei dengan menggunakan instrumen, seperti kuesioner, wawancara dan observasi. Jumlah sampel sebanyak 120 responden yang tersebar pada 40 proyek *design and build* di beberapa kota di Indonesia. Data atau variabel yang berpengaruh signifikan dianalisis dengan teknik *Confirmatory Factor Analysis* (CFA) menggunakan PLS (*Partial Least Square*) dengan *SmartPLS 3.0*.

Confirmatory Factor Analysis (CFA)

Dalam model persamaan struktural, penting untuk memahami dimensionalitas suatu konstruk. Secara teoritis, dimensi suatu konstruk dapat berbentuk undimensional dan multidimensional. Perbedaan tersebut terjadi karena tiap konstruk memiliki level abstraksi yang berbeda sehingga menuntut perlakuan yang berbeda pula dalam pengujian statistiknya.

1. **Konstruk undimensional**

Konstruk undimensional adalah konstruk yang dibentuk langsung dari manifest variabelnya dengan arah indikatornya dapat berbentuk refleksif maupun formatif. Pada model struktural yang menggunakan konstruk undimensional, analisis faktor konfirmatori untuk menguji validitas konstruk dapat dilakukan langsung melalui *first order construct* yaitu konstruk laten yang direfleksikan oleh indikator-indikatornya.

2. **Konstruk multidimensional**

Konstruk multidimensional adalah konstruk yang dibentuk dari konstruk laten dimensi yang didalamnya termasuk konstruk dimensional dengan arah indikatornya dapat berbentuk refleksif maupun formatif. Pada model struktural yang menggunakan konstruk multidimensional, analisis faktor konfirmatori untuk menguji validitas konstruk dilakukan melalui dua tahap, yaitu analisis pada *first order construct* dimana konstruk laten dimensi yang direfleksikan atau dibentuk oleh indikator-indikatornya dan analisis pada *second order construct* yaitu konstruk yang direfleksikan atau dibentuk oleh konstruk laten dimensinya.

Analisis faktor konfirmatori atau sering disebut *Confirmatory Factor Analysis* (CFA) digunakan untuk menguji dimensionalitas suatu konstruk. Pada umumnya sebelum melakukan analisis model struktural, terlebih dahulu harus melakukan pengukuran model (*measurement model*) untuk menguji validitas dan reliabilitas dari indikator-indikator pembentuk konstruk laten tersebut dengan melakukan analisis faktor konfirmatori (CFA). *Outer model* dengan indikator refleksif dievaluasi melalui validitas *convergent* dan *discriminant* dari indikator pembentuk konstruk laten dan *composite reliability* serta *cronbach alpha* untuk blok indikatornya.

Tahapan analisis inferensial terdiri dari beberapa langkah, analisis faktor konfirmatori atau *confirmatory factor analysis* (CFA), merupakan langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan melakukan evaluasi model

pengukuran (*outer model*) untuk mengetahui validitas dan reliabilitas indikator-indikator yang membentuk masing-masing variabel laten. Namun sebelumnya terlebih dahulu dilakukan bertujuan untuk menguji dimensionalitas suatu konstruk, melalui pengukuran model (*measurement model*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan evaluasi model pengukuran (*outer model*), terlebih dahulu harus melakukan pengukuran model (*measurement model*) untuk menguji validitas dan reliabilitas dari indikator-indikator pembentuk konstruk laten tersebut dengan melakukan analisis faktor konfirmatori (CFA).

1. *Confirmatory factor analysis* (CFA) variabel kinerja tim proyek.

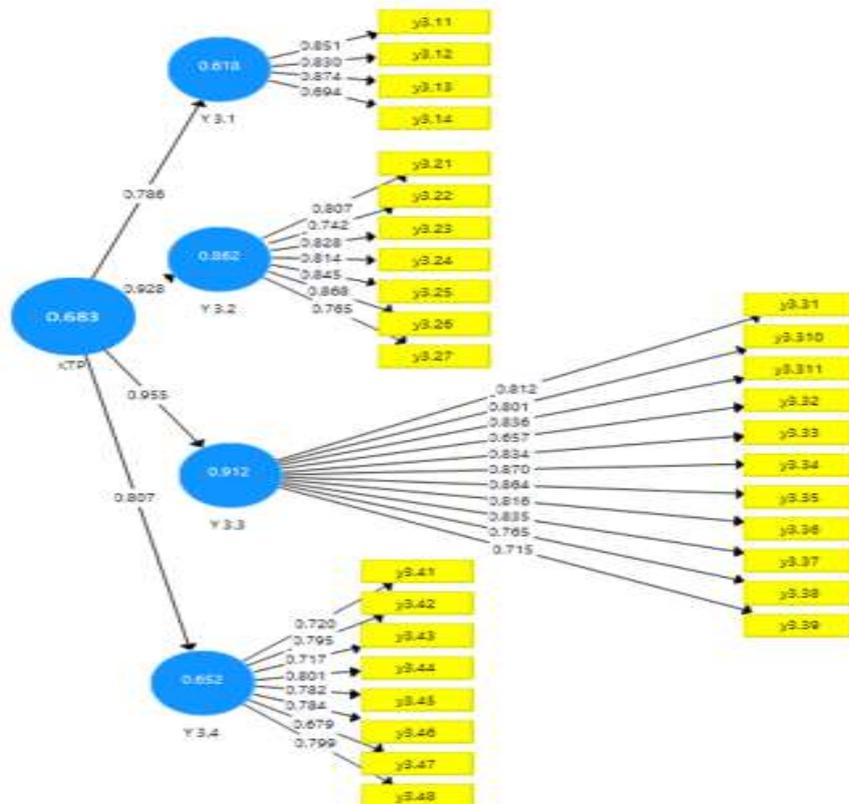
Variabel atau konstruk kinerja tim proyek merupakan konstruk multidimensional dimana konstruk yang dibentuk dari konstruk laten dimensi yang didalamnya termasuk undimensional dengan arah indikatornya reflektif. Sehingga dilakukan pengujian *second order konstruk* dimana indikator konstruk dikatakan valid, jika nilai *loading factor* > 0,70 dan reliabel jika nilai AVE yang dihasilkan oleh semua konstruk yaitu > 0,50. Adapun hasil analisis *confirmatory factor analysis* pada kinerja tim proyek dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1 *Final results outer loadings*

	KTP	Y3.1	Y3.2	Y3.3	Y3.4
y3.11		0.851			
y3.11	0.745				
y3.12		0.830			
y3.12	0.626				
y3.13		0.874			
y3.13	0.699				
y3.14		0.694			
y3.14	0.437				
y3.21			0.807		
y3.21	0.731				
y3.22			0.742		
y3.22	0.643				
y3.23			0.828		
y3.23	0.791				
y3.24			0.814		
y3.24	0.768				
y3.25			0.845		
y3.25	0.842				

y3.26	0.868
y3.26	0.767
y3.27	0.765
y3.27	0.705
y3.31	0.812
y3.31	0.781
y3.310	0.801
y3.310	0.798
y3.311	0.836
y3.311	0.819
y3.32	0.657
y3.32	0.620
y3.33	0.834
y3.33	0.791
y3.34	0.870
y3.34	0.799
y3.35	0.864
y3.35	0.805
y3.36	0.816
y3.36	0.763
y3.37	0.835

y3.37	0.806
y3.38	0.765
y3.38	0.736
y3.39	0.715
y3.39	0.687
y3.41	0.605
y3.41	0.720
y3.42	0.610
y3.42	0.795
y3.43	0.623
y3.43	0.717
y3.44	0.685
y3.44	0.801
y3.45	0.581
y3.45	0.782
y3.46	0.602
y3.46	0.784
y3.47	0.512
y3.47	0.679
y3.48	0.672
y3.48	0.799



Gambar 1 Path diagram kinerja tim proyek (analisis CFA pertama)

Dari hasil analisis *outer loadings* dan *path diagram* diatas dapat dilihat bahwa beberapa indikator konstruk pada *first order* tidak valid

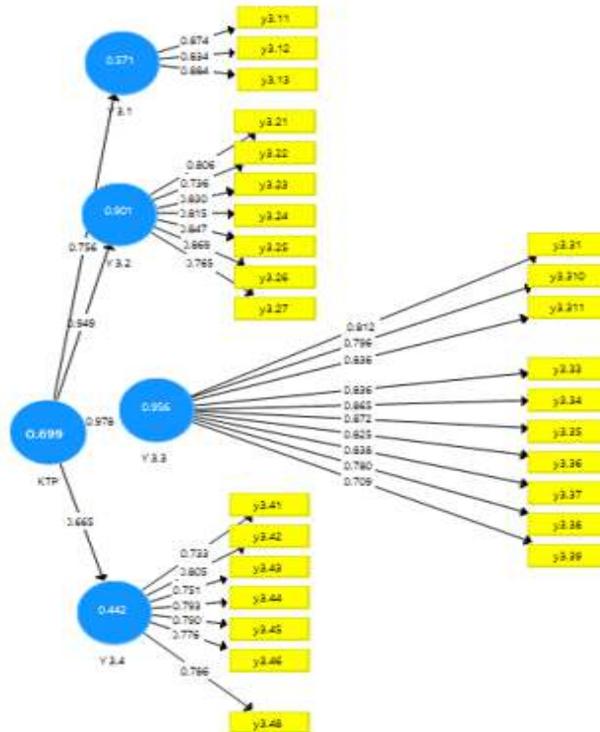
yaitu y3.14, y3.32 dan y3.47 dimana nilai *loading factor* nya < 0,70 yang artinya indikator konstruk *first order* tersebut tidak mampu

menggambarkan variabel y3.1, y3.3 dan y3.4. Sedangkan indikator konstruk pada *second order* yaitu y3.12, y3.13, y3.14, y3.22, y3.32, y3.39, y3.41, y3.42, y3.43, y3.44, y3.45, y3.46, y3.47 dan y3.48 tidak valid dimana *loading factor* yang dihasilkan < 0,70 yang artinya indikator konstruk *second order* tersebut tidak mampu menggambarkan variabel y3.1, y3.2, y3.3 dan y3.4. Sehingga indikator-indikator konstruk pada *first order* tersebut tidak mampu merefleksikan dimensi variabel kinerja tim proyek *design and build*, begitu juga indikator-indikator konstruk pada *second order* tersebut lebih tepat pada variabel kinerja tim proyek *design and build* melalui dimensi-dimensi variabelnya, kemudian indikator konstruk pada *first order* dan *second order* tersebut kita *drop* dan model di *run* kembali. Adapun hasil analisis *confirmatory factor analysis* pada *knowledge sharing* setelah model di *run* kembali, maka dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2 Final results outer loadings

	KTP	Y 3.1	Y 3.2	Y 3.3	Y 3.4
y3.11		0.874			
y3.11	0.743				
y3.12		0.834			
y3.13		0.884			
y3.21			0.806		
y3.21	0.751				
y3.22			0.736		
y3.23			0.830		
y3.23	0.825				
y3.24			0.815		
y3.24	0.785				

y3.25		0.847
y3.25	0.860	
y3.26		0.869
y3.26	0.806	
y3.27		0.765
y3.27	0.721	
y3.31		0.812
y3.31	0.826	
y3.310		0.796
y3.310	0.792	
y3.311		0.836
y3.311	0.833	
y3.33		0.836
y3.33	0.829	
y3.34		0.865
y3.34	0.844	
y3.35		0.872
y3.35	0.844	
y3.36		0.825
y3.36	0.794	
y3.37		0.838
y3.37	0.816	
y3.38		0.780
y3.38	0.748	
y3.39		0.709
y3.41		0.733
y3.42		0.805
y3.43		0.751
y3.44		0.793
y3.45		0.790
y3.46		0.776
y3.48		0.786



Gambar 2 Path diagram kinerja tim proyek (analisis CFA pertama setelah model dirun kembali)

Dari hasil analisis *outer loading* dan *path diagram* diatas dapat dilihat bahwa semua konstruk menghasilkan nilai *loading factor* > 0,70 yang berarti bahwa semua indikator konstruk adalah valid. sehingga dapat dikatakan bahwa semua indikator konstruk pada *first order* dan *second order* pada variabel kinerja tim proyek *design and build* valid. Begitu juga pada

nilai AVE yang dihasilkan oleh semua konstruk yaitu di atas > 0,50 sehingga memenuhi persyaratan reliabilitas. Kemudian untuk nilai *composite reliability* yang dihasilkan semua konstruk sangat baik yaitu di atas > 0,70 sehingga dapat disimpulkan bahwa semua indikator konstruk adalah reliabel atau memenuhi uji reliabilitas.

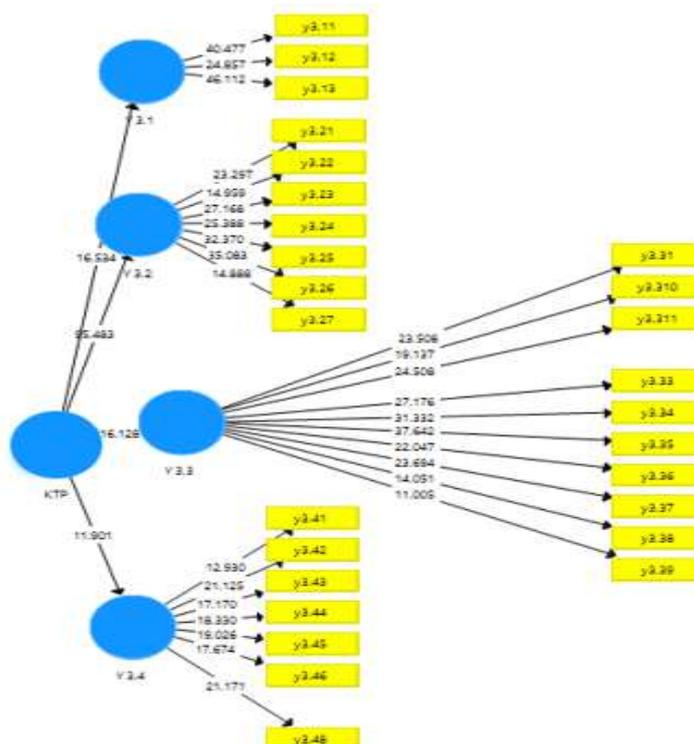
Tabel 2 Nilai *composite reliability* dan AVE kinerja tim proyek *design and build*

	<i>Composite reliability</i>	<i>Average Variance Extracted (AVE)</i>
KTP	0.966	0.643
Y3.1	0.899	0.747
Y3.2	0.931	0.657
Y3.3	0.953	0.669
Y3.4	0.914	0.603

Kemudian untuk mengetahui signifikansi *first order* konstruk, dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3.

Tabel 3 Final Results Path Coefficients
Mean, STDEV, T-Values, P-Values

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T Statistics (O/STDEV)	P Values
KTP -> Y 3.1	0.756	0.759	0.046	16.534	0.000
KTP -> Y 3.2	0.949	0.950	0.010	95.483	0.000
KTP -> Y 3.3	0.978	0.978	0.005	216.128	0.000
KTP -> Y 3.4	0.665	0.670	0.056	11.901	0.000



Gambar 3 Path diagram kinerja tim proyek design and build (analisis CFA kedua)

Dari hasil path diagram dapat dilihat bahwa semua indikator konstruk dalam model valid dimana nilai t-statistics yang dihasilkan > 1,96. Kemudian dari hasil path coefficients, bahwa semua first order konstruk berpengaruh signifikan terhadap second order konstruk kinerja tim proyek

dimana nilai t-statistics yang dihasilkan untuk semua first order konstruk > 1,96. Hal ini berarti bahwa semua konstruk first order merupakan konstruk dimensi pembentuk konstruk kinerja tim proyek. Adapun nilai path coefficients, sesuai pada Tabel 4.

Tabel 4 Path coefficients CFA kinerja tim proyek

	Path coefficients	t-statistics	p-value
KTP → Y3.1	0.756	16.534	0.000
KTP → Y3.2	0.949	95.483	0.000
KTP → Y3.3	0.978	216.128	0.000
KTP → Y3.4	0.665	11.901	0.000

KESIMPULAN

Semua indikator konstruk pada first order dan second order menghasilkan nilai loading factor > 0,70 yang berarti bahwa semua indikator konstruk adalah valid, sehingga dapat dikatakan bahwa semua indikator konstruk pada first order dan second order pada variabel kinerja tim proyek design and build valid. Begitu juga pada nilai AVE yang dihasilkan oleh semua konstruk yaitu di atas > 0,50 sehingga memenuhi persyaratan reliabilitas. Kemudian untuk nilai composite reliability yang dihasilkan semua konstruk sangat baik yaitu di atas > 0,70 sehingga dapat disimpulkan bahwa semua indikator konstruk adalah reliabel atau memenuhi uji reliabilitas. Semua indikator konstruk dalam model valid dimana nilai t-

statistics yang dihasilkan > 1,96. Kemudian dari hasil path coefficients, bahwa semua first order konstruk berpengaruh signifikan terhadap second order konstruk kinerja tim proyek dimana nilai t-statistics yang dihasilkan untuk semua first order konstruk > 1,96. Hal ini berarti bahwa semua konstruk first order merupakan konstruk dimensi pembentuk konstruk kinerja tim proyek design and build. Kemudian kinerja tim proyek design and build pada variabel yang berhubungan dengan anggota tim (Y3.3), yaitu segala sesuatu yang berhubungan dengan anggota tim didalam proses menyelesaikan pekerjaan dan berhubungan dengan tugas (Y3.2), yaitu kemauan untuk menyelesaikan pekerjaan atau

tugasnya memiliki kontribusi besar dalam pencapaian kinerja tim proyek *design and build*.

DAFTAR PUSTAKA

- Algeo, Chivionne G, L. (2013) *A Guide to the Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guide)*. Fifth Edit. Project Management Institute, Inc.
- Barney, J. (1991) 'Firm Resources and Sustained Competitive Advantage', *Journal of Management*, 17(1), pp. 99–120.
- Boyatzis, R. . (2008) 'Competencies in the 21 st century', *Journal of Management Development*, 27(1), pp. 5–12.
- Bubshait and Farooq (1994) 'Team Building and Project Success', *Cost Engineering*, 41(7), pp. 34–38.
- Curtis, T. (1994) *Business and Marketing For Engineers And Scientist*. Mc Graw Hi. Singapore: McGraw-Hill Book Co Ltd.
- Daft, R. . (2010) *Era Baru Manajemen*. Jakarta: Salemba Empat.
- Davis, J., Millburn, P., Murphy, T., Woodhouse, M. (2001) *Successfull Team Building*. Jakarta: Gramedia.
- Dinsmore, P. . and Cabanis-Brewin, J. (2014) *The AMA Handbook of Project Management*. New York: AMACOM.
- Ghadamsi, A. (2016) 'Criteria For Selection Of Design And Build Procurement Method', (July).
- Gibson, J. . (1984) *Organisasi dan Manajemen Perilaku Struktur Proses (terjemahan Djoerban Wahid)*. Jakarta: Erlangga.
- Gustiandi, E. (2004) 'Pahamilah Tim Proyek Anda', *Konstruksi*.
- Handoko, T. H. (2001) *Manajemen Personalia dan Sumberdaya Manusia*. 2nd edn. Yogyakarta: BPFE.
- Heedae, P. et al. (2011) 'Social Network Analysis of Collaborative Ventures for Overseas Construction Projects', *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(5), pp. 344–355. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000301.
- Kenneth, S & Allan, W. (1999) *Teams, Teamwork & Teambuilding*. Singapore: Prentice-Hall.
- Kent, D. and Becerik G, B. (2010) *Understanding Construction Industry Experience and Attitudes toward Integrated Project Delivery*, *Journal of Construction Engineering and Management-asce - J CONSTR ENG MANAGE-ASCE*. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000188.
- Mathis, R. L. and Jackson, J. H. (2006) *Human Resource Management*. Kesepuluh. Jakarta: Salemba Empat.
- Matthews, O. and Howell, G. (2005) *Integrated project delivery: An example of relational contracting*, *Lean Construction Journal*.
- Memon, A. H. et al. (2011) 'Time Overrun in Construction Projects from the Perspective of Project Management Consultant (PMC)', *Journal of Surveying, Construction & Property*, 2(1), pp. 54–66.
- Mulyadi (2007) *Sistem Akuntansi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Nauman, S. and Khan, A. M. (2011) 'Patterns of Leadership for Effective Project Management', *Journal of Quality and Technology Management*, pp. 1–14.
- Nguyen, L. D., Ogunlana, S. O. and Lan, D. T. X. (2004) 'A study on project success factors in large construction projects in Vietnam', *Engineering, Construction and Architectural Management*, 11, pp. 404–413. doi: 10.1108/09699980410570166.
- Nurick, A. J., Thamhain, H. J., Cleland, D. (1999) *Strategic Project Management*. McGraw-Hill.
- PUPR, M. (2020) 'Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2020 Tentang Standar dan Pedoman Pengadaan Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi Rancang Bangun Melalui Penyedia'. Indonesia.
- Ricardo, R., and Wade, D. (2001) *Corporate Performance Management: How to build a better organization through measurement-driven, strategic alignment (Improving Human Performance)*.
- Sembiring, M. (2012) *Budaya and Kinerja Organisasi (Perspektif Organisasi Pemerintah)*. Bandung: Fokusmedia.
- Soeharto, I. (1997) *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Cetakan.2. Edited by S. . Yati Sumiharti. Jakarta: Erlangga.
- Stoner, J. A. ., Freeman, R. E. and Sindoro, D. R. G. alih bahasa A. (1996) *Manajemen Jilid 1 ; alih bahasa Alexander Sindoro, Prenhallindo*. Jakarta.
- Stott, K., & Walker, A. (1995) *TEAMS: Teamwork and teambuilding*. Prentice Hall, Singapore.
- Xiaolong, X., Qiping, S. and Zhaomin, R. (2010) 'Critical Review of Collaborative Working in Construction Projects: Business Environment and Human Behaviors', *Journal of Management in Engineering*, 26(4), pp. 196–208. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000025.

IDENTIFIKASI DAN PENGENDALIAN RISIKO K3 PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG

Studi kasus : Pembangunan Ruang Makan Proyek di Kampus Politeknik Transportasi Darat Bali – Tabanan Bali

Ni Kadek Astariani,¹ I Komang Alit Astrawan Putra,² I Gusti Made Sudika³ dan Nyoman
Sukarna⁴

^{1,2,3,4}Universitas Ngurah Rai

ABSTRAK

PT. Bianglala Bali yang sedang membangun rumah makan proyek Gedung kampus politeknik dengan nilai proyek sebesar Rp 15.890.209.000,00, dengan lokasi pekerjaan konstruksi dilakukan di area sawah ditepi tebing dimana pembangunan ini memerlukan analisis terhadap aktivitas pekerja melakukan pekerjaan konstruksi, untuk mengetahui bahaya yang terjadi. Dengan analisis metode menggunakan identifikasi risiko dan penilaian risiko yang diklasifikasikan sesuai dengan risiko rendah (low risk), risiko sedang (medium risk), risiko tinggi (high risk) dan ekstrim. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa pembangunan proyek rumah makan di kampus politeknik dapat mengakibatkan risiko kecelakaan kerja memiliki nilai sebesar 9 (sembilan) dengan risiko sedang, faktor peralatan kerja memiliki nilai 16 (enam belas) yg disebabkan oleh alat berat conret farm, pengangkutan material memiliki nilai 9 (sembilan) risiko yang sangat tinggi memiliki nilai 20 (dua puluh) pada longsor tanah, faktor sumber daya manusia memiliki tingkat risiko sedang dengan nilai 6 (enam) dan 9 (sembilan) yang disebabkan oleh tenaga sebagai penyebab terjadi kecelakaan kerja dapat dilakukan pengendalian dengan metode plan, do check dan action.

Kata Kunci: *pekerja konstruksi, identifikasi risiko, nilai proyek, alat berat*

ABSTRACT

PT. Bianglala Bali which is building a restaurant for a polytechnic campus building project with a project value of Rp. 15,890,209,000.00, with the construction work being carried out in a rice field area on the edge of a cliff where this development requires an analysis of the activities of workers carrying out construction work, to determine the hazards that occur. With method analysis using risk identification and risk assessment which is classified according to low risk, medium risk, high risk, and extreme risk. From the results of the research, it was found that the construction of a restaurant project at a polytechnic campus could result in the risk of work accidents having a value of 9 (nine) with moderate risk, the work equipment factor had a value of 16 (sixteen) which was caused by the concrete farm heavy equipment transporting the material having a value of 9 (nine) very high risk has a value of 20 (twenty) inland landslides, the human resource factor has a moderate risk level with a value of 6 (six) and 9 (nine) caused by energy as the cause of work accidents can be controlled using the planned method, do check and action.

Keywords: *construction workers, risk identification, project value, heavy equipment*

PENDAHULUAN

Pembangunan proyek pekerjaan konstruksi bangunan senantiasa mengandung potensi bahaya yang cukup signifikan. Bahaya ini mengancam keselamatan tenaga kerja atau orang lain yang berada di tempat kerja yang diakibatkan proses pekerjaan, instalasi/ peralatan proyek, lingkungan kerja atau dari tenaga kerja itu sendiri. Industri konstruksi bangunan banyak menggunakan peralatan yang mengalami perkembangan baik dalam bentuk dan teknologi yang digunakan. Dalam hal ini kecelakaan kerja dapat terjadi akibat kondisi bahaya yang berkaitan dengan mesin, lingkungan kerja, proses produksi, sifat pekerjaan, dan cara kerja. Karakter dan sifat pekerja menentukan angka kecelakaan dalam bekerja, ketidaktahuan serta

minimnya pengetahuan pekerja dalam menguasai bidang kerja akan membahayakan peralatan serta pekerja itu sendiri.

Menurut Suma'mur, pengertian kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang berhubungan dengan kegiatan pada perusahaan, yang berarti bahwa kecelakaan yang terjadi dikarenakan oleh pekerjaan dan pada waktu melakukan pekerjaan serta kecelakaan yang terjadi pada saat perjalanan ke dan dari tempat kerja (Suma'mur 2011). Berdasarkan Undang-Undang RI No. 25 Tahun 1997 (Indonesia 1997) Tentang Ketenagakerjaan, dalam peraturan ini diatur bahwa setiap pekerja berhak memperoleh perlindungan atas Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

Menurut data statistik kecelakaan kerja PT Jamsostek yang saat ini berubah menjadi Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) ketenaga kerjaan dalam setiap tahun angka jumlah kecelakaan kerja selalu naik. Jumlah kecelakaan kerja di Indonesia pada tahun 2020 sebesar 177.000 kasus (BPJS 2020). Sedangkan kecelakaan kerja pada tahun 2019 meningkat menjadi 129.111 kasus atau naik sebesar 27,05 %. Menurut Direktur pelayanan dan pengaduan BPJS ketenaga kerjaan Ahmad Riadi bahwa dari jumlah kecelakaan tersebut sebagian besar atau sekitar 69,59% terjadi didalam perusahaan pada saat bekerja. Sedangkan yang diluar perusahaan sebanyak 10,26% dan sisanya atau sekitar 20,15% merupakan kecelakaan lalu lintas yang dialami para pekerja. Sementara itu, penyebab kecelakaan yang terjadi didalam perusahaan yaitu sebanyak 34,43% disebabkan karena posisi tidak aman atau ergonomis dan sebanyak 32,12% pekerja tidak memakai peralatan safety. Hal tersebut merupakan indikasi bahwa kesadaran untuk melaksanakan program keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di lingkungan industri atau kerja masih perlu ditingkatkan (Purwanto, Handayani, and Hardiyono 2015).

Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang konstruksi gedung PT. Bianglala Bali yang saat ini sedang mengerjakan proyek pembangunan Gedung Ruang Makan di Tabanan. Pembangunan Gedung Ruang Makan pada Proyek Kampus Politeknik Transportasi Tabanan-Bali merupakan jenis pekerjaan konstruksi yang cukup besar, dilihat dari nilai proyek Rp 15.890.209.000,00, sehingga membutuhkan sumber daya manusia yang cukup besar pada saat ini pekerjaan konstruksi dilakukan di area sawah tepi tebing dimana pembangunan ini menjadi perhatian disetiap penempatan material sehingga tidak mengganggu aktivitas pekerja melakukan pekerjaan konstruksi, sehingga pekerja terhindar bahaya.

Arti istilah K3 adalah suatu ilmu pengetahuan untuk mencegah terjadinya kecelakaan dan penyakit di tempat kerja, khususnya dalam bidang Jasa Konstruksi. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan upaya mengatasi resiko kecelakaan yang mungkin terjadi, kecelakaan nihil (*zero accident*) dan kerugian nihil (*zero losses*) merupakan adalah pencapaian bagi setiap perusahaan (Novianto, Sugiyarto, and Sri 2016). Setiap proyek besar hampir tidak pernah bebas dari kecelakaan kerja yang sering memakan korban jiwa dan harta benda yang tidak sedikit.

Setiap perusahaan sewajarnya memiliki strategi memperkecil atau bahkan menghilangkan kejadian kecelakaan dan penyakit kerja di kalangan pekerja sesuai dengan kondisi perusahaan Misalnya terlihat dari keadaan finansial perusahaan, kesadaran pekerja tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja, serta tanggung jawab perusahaan dan pekerja,

maka perusahaan bisa jadi memiliki tingkat perlindungan minimum bahkan maksimum. Proaktif berarti pihak manajemen perlu memperbaiki terus menerus prosedur dan rencana sesuai dengan kebutuhan perusahaan dan pekerja. Manajemen dapat menggunakan tingkat derajat Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang tinggi sebagai faktor promosi perusahaan ke khalayak luas.

Berdasarkan pengamatan berbagai kecelakaan kerja yang terjadi, maka ada dua penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja yaitu: sifat dan sarana pekerja dan sikap kerja pekerja. Penerapan Program K3 dalam perusahaan akan selalu terkait dengan landasan hukum program K3 itu sendiri. Landasan hukum tersebutlah yang menjadi pijak utama dalam menafsirkan aturan dalam menentukan seperti apa ataupun bagaimana program K3 tersebut harus diterapkan. Oleh karena itu, pada saat pelaksanaan pekerjaan konstruksi diwajibkan untuk menerapkan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di lokasi kerja dimana masalah keselamatan dan kesehatan kerja ini juga merupakan bagian dari perencanaan dan pengendalian proyek (Ervianto 2005).

Latar belakang yang berbeda dari para tenaga kerja, menimbulkan keberagaman tenaga kerja. Pekerja konstruksi adalah tenaga kerja yang bekerja dalam suatu proyek yang digunakan untuk menjalankan suatu kegiatan dalam proyek konstruksi. Tenaga kerja borongan, tenaga kerja berdasarkan ikatan kerja yang ada antara perusahaan penyedia ikatan tenaga kerja dengan kontraktor untuk jangka waktu tertentu. Tenaga kerja langsung yaitu tenaga kerja yang direkrut dan menandatangani ikatan kerja perorangan dengan perusahaan kantor.

Definisi dari resiko secara sederhana yaitu kemungkinan akan terjadi akibat buruk maupun material yang dirugikan. Menurut Salim dan Djojosoedarso mendefinisikan resiko sebagai ketidak pastian atas terjadinya suatu peristiwa (Salim, n.d.; Djojosoedarso 2008). Identifikasi Berdasarkan standard ISO/IEC 31000:2009, identifikasi resiko memegang peranan penting pada penilaian resiko. Baik identifikasi maupun penilaian resiko merupakan rangkaian tahap dari manajemen resiko. Identifikasi resiko penting sebagai tahap pertama yang harus dilakukan sebelum penilaian karena dalam tahap ini dilakukan penentuan resiko beserta karakteristiknya yang mungkin akan mempengaruhi proyek. Jenis pekerjaan konstruksi yaitu keseluruhan atau sebagian kegiatan yang meliputi pembangunan, pengoperasian, pemeliharaan, pembongkaran dan pembangunan. Tingkat kemungkinan/ probability yang ditunjukkan pada Tabel 2 adalah tingkatan kemungkinan suatu kejadian dapat terjadi selama periode pelaksanaan kegiatan. Khusus untuk *probability* bahaya kesehatan merupakan fungsi dari kemungkinan paparan berdasarkan

Occupational Exposure Limit dan periode paparan (AS/NZS4360 2004). Sedangkan penilaian identifikasi terhadap risiko kecelakaan kerja dilakukan dengan cara matrik risiko terdapat pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 2 Tingkat Kemungkinan/ probability Pada Standard AS/NZS 4360

Tingkatan	Kriteria	Penjelasan
A	<i>Almost certain/ Hampir pasti</i>	Suatu kejadian pasti akan terjadi pada semua kondisi/ setiap kegiatan yang dilakukan.
B	<i>Likely / Mungkin terjadi</i>	Suatu kejadian mungkin akan terjadi pada hampir semua kondisi.
C	<i>Moderate / Sedang</i>	Suatu kejadian akan terjadi pada beberapa kondisi tertentu
D	<i>Unlikely/ Kecil kemungkinannya</i>	Suatu kejadian mungkin terjadi pada beberapa kondisi tertentu, namun kecil kemungkinan terjadinya.
E	<i>Rare/ Jarang sekali</i>	Suatu insiden mungkin dpt terjadi pada suatu kondisi yang khusus/ luarbiasa/ setelah bertahun-tahun.

Tabel 3 Matrik Penilaian Risiko

Peluang	Akibat				
	1	2	3	4	5
5	S	T	T	E	E
4	R	S	T	T	E
3	R	S	S	T	T
2	R	R	S	S	T
1	R	R	R	R	S

Keterangan:

E: Ekstrim memerlukan perencanaan khusus ditingkat manajemen puncak, dan penanganan dengan segera/ kondisi darurat.

T: Tinggi, memerlukan perhatian dari pihak manajemen dan melakukan tindakan perbaikan secepat mungkin.

S: Sedang, tidak melibatkan manajemen puncak, namun sebaiknya segera diambil tindakan penanganan / kondisi bukadarurat

R: Rendah, risiko cukup ditangani dengan prosedur rutin yang berlaku.

Tabel 4 Penilaian Risiko

Tingkat kemungkinan	Tingkat konsekuensi				
	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Keterangan:

17-25 (Risiko Ekstrim) :Tidak diijinkan

10-16 (Risiko Tinggi) :Diijinkan dengan pembatasan
 5-9 (Risiko Sedang) :Diijinkan dengan pembatasan
 1-4 (Risiko Rendah) : Diijinkan

Tabel 5 Tingkat Kemungkinan/ probability Pada Standard AS/NZS 4360

Tk	Kriteria	Penjelasan
A	<i>Almost certain/ Hampir pasti</i>	Suatu kejadian pasti akan terjadi pada semua kondisi/ setiap kegiatan yang dilakukan.
B	<i>Likely / Mungkin terjadi</i>	Suatu kejadian mungkin akan terjadi pada hampir semua kondisi.
C	<i>Moderate / Sedang</i>	Suatu kejadian akan terjadi pada beberapa kondisi tertentu
D	<i>Unlikely/ Kecil kemungkinan lainnya</i>	Suatu kejadian mungkin terjadi pada beberapa kondisi tertentu, namun kecil kemungkinan terjadinya.
E	<i>Rare/ Jarang sekali</i>	Suatu insiden mungkin dpt terjadi pada suatu kondisi yang khusus/ luarbiasa/ setelah bertahun-tahun.

Tabel 6 Skala "Severity" Pada Standard AS/NZS 4360

Tingkatan	Kriteria	Penjelasan
1	Sangat Kecil	Tidak ada kerugian material sangat kecil
2	Kecil	Cidera ringan memerlukan perawatan P2K3 langsung dapat ditangani di lokasi kejadian kerugian material sedang
3	Sedang	Hilang hari kerja, memerlukan perawatan medis, kerugian material cukup besar
4	Besar	Cidera mengakibatkan cacat atau hilang fungsi tubuh secara total kerugian material besar
5	Sangat Besar	Menyebabkan bencana material sangat besar

Ketika mendefinisikan kontrol atau membuat perubahan yang sudah ada, organisasi perlu memperhitungkan hierarki kontrol/ pengendalian bahaya. Penerapan dan pemeliharaan prosedur yang berhubungan dengan risiko material,

peralatan kerja, metode kerja dan tenaga kerja, mengkomunikasikan prosedur-prosedur tersebut kepada pihak terkait. Untuk mengendalikan risiko kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh material, banyak perusahaan yang hanya berfokus pada penggunaan alat bantu mekanik, seperti *trolley*, *forklift* atau *conveyer*. Setiap penggunaan peralatan kerja pada proyek konstruksi harus terintegrasi dalam strategi penanganan pencegahan risiko kecelakaan pada alat kerja, agar alat kerja atau peralatan kerja perusahaan harus memenuhi persyaratan K3, saat penggunaan barang atau alat ditempat kerja. Organisasi harus dapat menjelaskan kepada semua pihak yang akan menggunakan barang atau alat kerja tersebut mengenai identifikasi bahaya, penilaian dan pengendalian risiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang dapat terjadi.

Siklus PDCA adalah singkatan dari *Plan*, *Do*, *Check* dan *Act* yaitu siklus peningkatan proses yang berkesinambungan atau secara terus menerus seperti lingkaran yang tidak ada akhirnya (Gambar 1). Salah satu hal yang terkait dalam hal ini adalah dalam penerapan sistem manajemen mutu adalah adanya perbaikan berkelanjutan (Putri 2020). Tahap *Plan* adalah tahap untuk menetapkan target atau sasaran yang ingin dicapai dalam peningkatan proses ataupun permasalahan yang ingin dipecahkan, kemudian menentukan metode yang akan digunakan untuk mencapai target atau sasaran yang telah ditetapkan tersebut. Dalam Tahap *plan* ini juga meliputi pembentukan tim peningkatan proses dan melakukan pelatihan-pelatihan terhadap sumber daya manusia yang berada di dalam tim tersebut serta batas-batas waktu yang diperlukan untuk melakukan perencanaan-perencanaan yang telah ditentukan. Perencanaan terhadap penggunaan sumber daya lainnya seperti



Gambar 1 Siklus PDCA

Biaya dan Mesin juga perlukan dipertimbangkan. Tahap *do* adalah tahap penerapan atau melaksanakan semua yang telah direncanakan di tahap *plan* termasuk menjalankan proses-nya, memproduksi serta melakukan pengumpulan data yang kemudian akan digunakan untuk tahap *check* dan *action*.

METODE

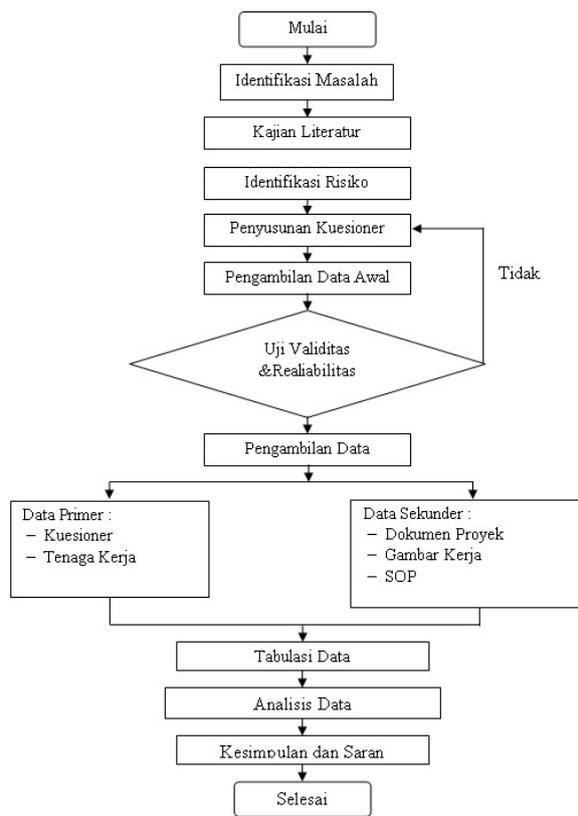
Lokasi penelitian yang akan dilakukan adalah Proyek konstruksi pada Ruang Makan yang berlokasi di Desa Samsam, Kecamatan Kerambitan,

Kabupaten Tabanan, Bali. Uji statistik meliputi uji validitas dan reliabilitas.

Analisis data dilakukan terhadap sampel yang telah terpilih dengan tahapan analisis sebagai berikut: Identifikasi risiko terhadap faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja tabel yaitu jenis pekerjaan yang dikerjakan pada proyek konstruksi pada Rumah makan, analisis pengendalian risiko bersumber dari identifikasi risiko kemudian dilakukan penilaian risiko dengan cara menilai risiko berdasarkan mengalikan keparahan dan probabilitas risiko seperti pada tabel yang telah disediakan. Hasil analisis ini berupa klasifikasi risiko sesuai dengan besarnya nilai risiko dari masing-masing risiko yang teridentifikasi. Klasifikasi risiko tersebut adalah risiko rendah (*low risk*), risiko sedang (*medium risk*), risiko tinggi (*high risk*) dan ekstrim sesuai dengan Tabel 5 dan 6 kemudian dikendalikan sesuai dengan Tabel 7 pengendalian pada proyek konstruksi.

Tabel 7 Pengendalian PDCA Pada Proyek Konstruksi

Plan	Do	Check	Action
1. Sumber Daya Manusia	• Digunakan tenaga yg terampil	• Cek kembali tenaga kerja yang	Sudah akan
2. Peralatan	• Setiap material	dipekerjakan sudah sesuai dengan	sesuai dengan
3. Material	datang agar ditaruh	prosedur yang berlaku	rencana
4. Metode Kerja	sesuai dengan tempat yang tidak menghalangi aktivitas pekerjaan lain	• Cek kembali alat yang dipergunakan setelah tiba dilokasi proyek sesuai dengan SOP	awal
5. Lingkungan Kerja	• Setiap pekerjaan wajib memasang rambu-rambu		



Gambar 2 Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kontraktor

PT. Bianglala Bali bekerjasama dengan Kementerian Perhubungan Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan Politeknik Transportasi Darat Bali, dengan menggunakan teknologi komputer khususnya internet. Manajemen memandang bahwa penyediaan jasa yang sesuai dengan keinginan pelanggan merupakan modal utama untuk dapat bersaing dalam persaingan global. Bianglala Bali memiliki kualifikasi usaha besar dengan kualifikasi grade-6 dengan karakteristik dapat mengerjakan delapan paket pekerjaan memiliki penanggung jawab badan usaha satu orang, memiliki penanggung jawab teknik satu orang, berpendidikan S1, bersertifikat keahlian kerja dan pengalaman kerja minimal lima tahun. Sistem pemilihan penyedia jasa dengan pelelangan umum.

Sumber Dana

Sumber dana proyek pembangunan gedung ruang makan di Jalan Cempaka Putih Desa Samsam Kecamatan Kerambitan Kabupaten Tabanan-Bali berasal dari dana APBN Kementerian Perhubungan Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan Politeknik Transportasi Darat Bali,

proyek ini akan dibangun 3 Lantai 1 Basement dengan anggaran dana Rp. 15.890.209.000,00 (Lima Belas Milyar Delapan Ratus Sembilan Puluh Juta Dua Ratus Sembilan Ribu Rupiah) dengan nomor kontrak KU.00/003/2/2 Poltrada 2020.

Uji Validitas

Validitas menunjukkan sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi dari pengukurannya. Alat yang digunakan untuk menguji validitas dalam penelitian ini adalah korelasi *product moment* antara variabel dengan item. Hasil pengujian validitas dirangkum pada tabel, dan perhitungan r. Hasil uji validitas pada penelitian ini terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil Uji Validitas

Variabel	Item	R hitung	R tabel	Keterangan
Faktor Metode Kerja (X1)	X1.1	0.756	0.361	Valid
	X1.2	0.750	0.361	Valid
	X1.3	0.694	0.361	Valid
	X1.4	0.568	0.361	Valid
	X1.5	0.678	0.361	Valid
Faktor Peralatan Pekerja (X2)	X2.1	0.658	0.361	Valid
	X2.2	0.662	0.361	Valid
	X2.3	0.765	0.361	Valid
	X2.4	0.639	0.361	Valid
	X2.5	0.638	0.361	Valid
Faktor Material Terhadap Pekerja (X3)	X3.1	0.688	0.361	Valid
	X3.2	0.764	0.361	Valid
	X3.3	0.744	0.361	Valid
	X3.4	0.833	0.361	Valid
	X3.5	0.781	0.361	Valid
Faktor Lingkungan Kerja (X4)	X4.1	0.624	0.361	Valid
	X4.2	0.707	0.361	Valid
	X4.3	0.755	0.361	Valid
	X4.4	0.756	0.361	Valid
	X4.5	0.710	0.361	Valid
Faktor Sumber Daya Manusia Proyek Konstruksi	X5.1	0.648	0.361	Valid
	X5.2	0.713	0.361	Valid
	X5.3	0.698	0.361	Valid
	X5.4	0.700	0.361	Valid

Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas ini digunakan untuk melihat apakah alat ukur yang digunakan berupa kuesioner menunjukkan konsistensi di dalam mengukur keadaan yang sama. Variabel dikatakan reliabel jika memiliki nilai *Alpha Cronbach* di atas 0,6. Hasil pengujian reliabilitas dirangkum pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil Uji Reliabilitas

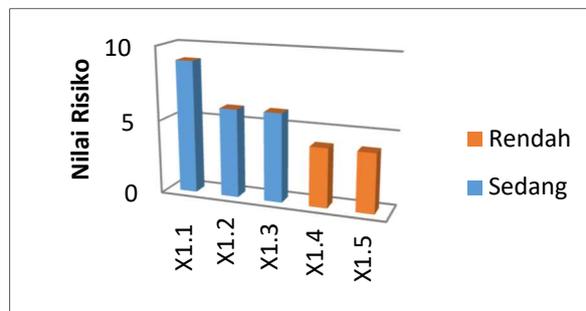
No	No. Pertanyaan										Jml	Kdr
	1	Kdr	2	Kdr	3	Kdr	4	Kdr	5	Kdr		
1	4	16	5	25	4	16	5	25	5	25	23	529
2	3	9	3	9	3	9	5	25	2	4	16	256
3	4	16	5	25	4	16	4	16	3	9	20	400
4	4	16	3	9	4	16	5	25	4	16	20	400
5	4	16	3	9	4	16	4	16	3	9	18	324
6	4	16	5	25	4	16	4	16	4	16	21	441
7	2	4	4	16	3	9	3	9	4	16	16	256
8	4	16	4	16	4	16	5	25	4	16	21	441
9	4	16	4	16	5	25	4	16	4	16	21	441
10	4	16	5	25	4	16	4	16	4	16	21	441
11	2	4	3	9	3	9	4	16	4	16	16	256
12	4	16	5	25	4	16	4	16	5	25	22	484
13	3	9	5	25	4	16	4	16	4	16	20	400
14	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
15	3	9	3	9	2	4	4	16	3	9	15	225
16	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
17	3	9	5	25	4	16	4	16	5	25	21	441
18	4	16	4	16	5	25	4	16	4	16	21	441
19	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
20	2	4	3	9	4	16	4	16	4	16	17	289
21	3	9	4	16	3	9	4	16	4	16	18	324
22	4	16	4	16	5	25	4	16	5	25	22	484
23	3	9	4	16	4	16	4	16	4	16	19	361
24	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
25	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16	20	400
26	4	16	5	25	4	16	4	16	4	16	21	441
27	4	16	4	16	3	9	4	16	4	16	19	361
28	4	16	5	25	4	16	4	16	4	16	21	441
29	4	16	5	25	4	16	4	16	4	16	21	441
30	4	16	5	25	4	16	4	16	4	16	21	441
Σx	10	402	12	537	116	460	12	509	11	483	591	11759

Faktor-faktor Risiko yang Terjadi Pada Proyek Pembangunan RM Di Desa Samsam Tabanan

Faktor metode kerja teridentifikasi lima instrumen yang mempunyai tingkat risiko terhadap kecelakaan kerja, dengan katagori risiko sedang dan rendah. Lima instrumen yang teridentifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 3 dibawah ini:

Tabel 10 Tingkat Risiko Terhadap Faktor Metode Kerja

No	Variabel	Nilai Risiko	Tingkat Risiko
1	X1.1 Pemasangan perancah pada pengecoran kurang kuat	9	Sedang
	X1.2 Pekerjaan tiang pancang, pekerja bisa terbentur	6	Sedang
3	X1.3 Pekerjaan pembesian yaitu ujung besi mencuat	6	Sedang
4	X1.4 Pekerjaan begesting terdapat debu	4	Rendah
5	X1.5 Pekerjaan beton mengakibatkan terjadinya iritasi kulit	4	Rendah



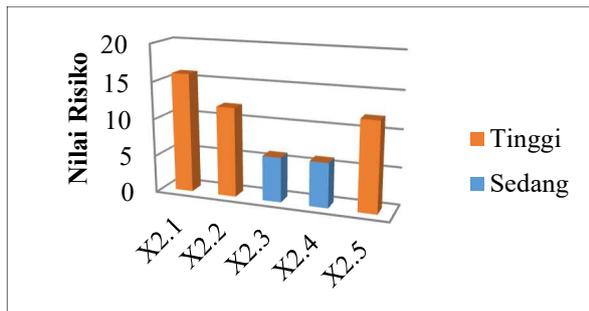
Gambar 3 Tingkat Risiko Terhadap Faktor Metode Kerja

Sumber : hasil analisis

Faktor peralatan kerja teridentifikasi lima instrumen yang memiliki tingkat risiko terhadap kecelakaan kerja, dengan katagori risiko tinggi dan sedang. Lima instrumen yang teridentifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 4 dibawah ini:

Tabel 11 Tingkat Risiko Terhadap Faktor Peralatan Kerja

No	Variabel	Nilai Risiko	Tingkat Risiko
1	X2.1 Alat berat concrete farm pada pengecoran tidak terparkir dengan stabil	16	Tinggi
2	X2.2 Penggunaan gerinda pada pemotongan besi dapat mengakibatkan tangan terputus	12	Tinggi
3	X2.3 Pekerjaan pengelasan besi dapat menyebabkan tangan panas	6	Sedang
4	X2.4 Kabel terkelupas pada pekerjaan pencahayaan dimalam hari	6	Sedang
5	X2.5 Seling lepas dari Crine	12	Tinggi



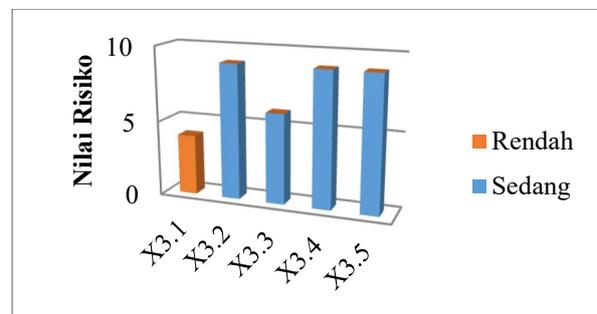
Gambar 4 Tingkat Risiko Terhadap Faktor Peralatan Kerja
Sumber : hasil analisis

Faktor material terhadap pekerja dapat identifikasi dengan masing-masing mempunyai tingkat risiko yaitu tingkat risiko sedang dan rendah. Lima instrumen yang teridentifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 5 dibawah ini:

Tabel 12 Tingkat Risiko Terhadap Faktor Material Pekerja

No	Variabel	Nilai Risiko	Tingkat Risiko
1	X3.1 Terjadinya eskalasi atau kenaikan harga bahan bangunan selama masa pelaksanaan proyek.	4	Rendah

2	X3.2 Terjadinya kelalaian pekerja dalam pengangkutan material sehingga mengalami kecelakaan kerja.	9	Sedang
3	X3.3 Penempatan material tidak sesuai dengan tempat	6	Sedang
4	X3.4 Penurunan material dari armada/kendaraan sehingga menyebabkan kecelakaan kerja	9	Sedang
5	X3.5 Penggunaan material pada semen dapat menyebabkan sesak nafas	9	Sedang

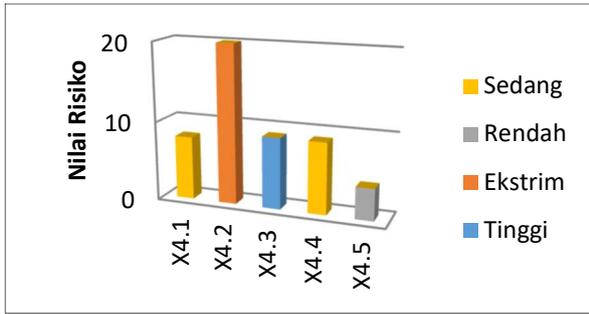


Gambar 5 Tingkat Risiko Faktor Material terhadap Pekerja
Sumber : hasil analisis

Faktor lingkungan terhadap pekerja dapat identifikasi dengan masing-masing mempunyai tingkat risiko yaitu tingkat risiko ekstrim, tinggi, sedang, dan rendah. Lima instrumen yang teridentifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 6 dibawah ini:

Tabel 13 Tingkat Risiko Terhadap Faktor Lingkungan Pekerja

No	Variabel	Nilai Risiko	Tingkat Risiko
1	X4.1 Adanya bangunan disebelah rusak	8	Sedang
2	X4.2 Adanya longsoran tanah pada saat penggalian lantai basement	20	Ekstrim
3	X4.3 Muka air tanah tinggi pada galian basement	12	Tinggi
4	X4.4 Adanya ceceran tanah bekas galian pada saat pengangkutan keluar lokasi proyek	9	Sedang
5	X4.5 Terhambatnya pekerjaan akibat cuaca (hujan)	4	Rendah

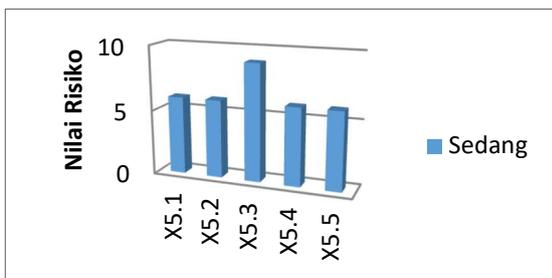


Gambar 6 Tingkat Risiko Terhadap Faktor Lingkungan kerja
 Sumber : hasil analisis

Faktor sumber daya manusia dapat idenfikasi dengan masing-masing mempunyai tingkat risiko yaitu tingkat risiko sedang, tinggi dan risiko ekstrim. Lima instrumen yang teridentifikasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 14 dan Gambar 7 dibawah ini:

Tabel 14 Tingkat Risiko Terhadap Sumber Daya Manusia

No	Variabel	Nilai Risiko	Tingkat Risiko
1	X5.1 Kelelahan akibat banyaknya pekerjaan yang dilakukan secara lembur.	6	Sedang
2	X5.2 Komunikasi yang kurang baik sesama Pekerja	6	Sedang
3	X5.3 Tenaga kerjayang ditugaskan tidak sesuai dengan kualifikasinya	9	Sedang
4	X5.4 Kurangnya fasilitas sanitasi pada areal penampungan tenaga kerja	6	Sedang
5	X5.5 Keterlambatan kedatangan tenaga kerja akibat libur hari raya	6	Sedang



Gambar 7 Tingkat Risiko Terhadap Faktor Sumber Daya Manusia
 Sumber : hasil analisis

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari lima faktor yang diidentifikasi dapat mengakibatkan risiko kecelakaan kerja, faktor metode kerja memiliki nilai sebesar 9 (sembilan) dengan risiko sedang, pada pemasangan perancah yang kurang kuat dipekerjaan pengecoran. Faktor peralatan kerja memiliki nilai 16 (enam belas) yg disebabkan oleh alat berat *concrete farm* pada pengecoran tidak terparkir dengan stabil kemudian faktor material kerja terdapat identifikasi yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja pada kelalaian pekerja dalam pengangkutan material memiliki nilai 9 (sembilan) sehingga mengalami kecelakaan kerja. Faktor lingkungan kerja terdapat risiko yang sangat tinggi memiliki nilai 20 (dua puluh) pada longsor tanah pada saat penggalian lantai *basement* dan faktor sumber daya manusia memiliki tingkat risiko sedang dengan nilai 6 (enam) dan 9 (sembilan) yang disebabkan oleh tenaga kerja yang ditugaskan tidak sesuai dengan kualifikasinya sebagai penyebab terjadi kecelakaan kerja.
2. Dari lima faktor yang teridentifikasi berisiko mengakibatkan kecelakaan kerja pada pekerja dapat dilakukan pengendalian dengan metode *plan, do, check* dan *action* (PDCA). Risiko faktor metode kerja dilakukan pengendalian dengan menyiapkan petugas K3, sedangkan faktor penggunaan peralatan kerja dikendalikan dengan menggunakan APD. Faktor risiko material terhadap pekerja dapat dikendalikan dengan memasang rambu-rambu K3 pada lingkungan proyek dan faktor lingkungan kerja dilakukan metode pengendalian dengan menguji kondisi tanah yang dapat menyebabkan longsor. Selain itu risiko faktor sumber daya manusia dalam pelaksanaan pekerjaan dilakukan pengendalian dengan sistem seleksi atau penilaian pekerja yang sesuai keterampilan dan pekerjaan, untuk menjaga mutu dan kualitas pekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- AS/NZS4360. 2004. "Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004." *Nature* 428 (6983): 592-592. <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/428592a>.
- BPJS 2020. n.d. <https://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/berita/27290/BPJAMSOSTEK-Sudah-Tangani-129.305-Kasus-Kecelakaan-Kerja>.
- Djojosoedarso, S. 2008. *Prinsip-Prinsip Manajemen Risiko Asuransi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Ervianto, WI. 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Indonesia, Republik. 1997. "Www.Bphn.Go.Id."
- Novianto, AE, Sugiyarto, and FH Sri. 2016. "Analisis Pengaruh Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Terhadap Kinerja Pekerja Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Fly Over Palur." *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, no. April 2011: 1094-1102.
- Purwanto, A, DI Handayani, and J Hardiyo. 2015. "Mitigasi Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3)." *Dinamika Teknik IX* (1): 38-47.
- Putri, Kartika Nur Rahma. 2020. "Kajian Pelaksanaan Perbaikan Berkelanjutan Filosofi Kaizen Pada Proyek Konstruksi Di Indonesia." *Media Komunikasi Teknik Sipil* 26 (2): 128-39.
- Salim, A. n.d. *Asuransi Dan Manajemen Risiko*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Suma'mur. 2011. *Keselamatan Kerja Dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: CV Haji Mas Agung. <http://kin.perpusnas.go.id/DisplayData.aspx?pId=99&pRegionCode=PLTKB&pClientId=133>.

PENERAPAN MANAJEMEN RISIKO PADA PENGELOLAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL DI KELURAHAN UBUNG KECAMATAN DENPASAR UTARA KOTA DENPASAR

I Wayan Muka¹, AAA Cahaya Wardani², I Putu Nova Adi Setyadi³

^{1,2,3}Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia

e-mail : wayanmuka@unhi.ac.id; agungmadecahaya@yahoo.com; n0v4adi@gmail.com

ABSTRAK

Risiko dalam sebuah pengelolaan merupakan suatu hal yang terjadi diluar perhitungan yang kondisinya tidak pasti dan memiliki dampak terhadap ruang lingkup oprasional dan pemeliharaan. Walaupun suatu kegiatan sudah direncanakan sebaik mungkin, namun tetap mengandung ketidakpastian bahwa nanti akan berjalan sepenuhnya sesuai rencana. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, melakukan penilaian terhadap risiko, serta melakukan respon risiko atau mitigai terhadap risiko yang paling dominan pada pengelolaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Pucuk sari Kelurahan Ubung Denpasar Utara Kota Denpasar.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kombinasi kualitatif dan kuantitatif, pengumpulan data dilakukan secara langsung terhadap responden. Teknik penentuan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* dengan menggunakan analisis statistik deskriptif melalui program *SPSS 22 for windows*.

Hasil analisis teridentifikasi 25 risiko yang bersumber dari Lingkungan, Sosial, Kesehatan dan keselamatan kerja, Manajemen pengelolaan, Keuangan, Teknis, Hukum, Kontruksi dan Peran serta masyarakat. Sedangkan 20 risiko masuk dalam kategori tidak diharapkan (*Undiserable*), dan 5 risiko masuk dalam kategori dapat diterima. Jadi risiko dominan yang muncul dengan kategori tidak diharapkan (*Undiserable*) sebesar 80% yang harus dilakukan penanganan pada pengelolaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Pucuk sari Kelurahan Ubung Denpasar Utara Kota Denpasar.

Kata kunci: *Risiko, Pengelolaan, Instalasi Pengolahan Air Limbah*

ABSTRACT

Risk in a management is something that occurs outside the calculation whose conditions are uncertain and have an impact on the scope of operations and maintenance. Although an activity was planned as possible, but still bears the uncertainty that will be run entirely according to plan. This study aims to identify, conduct an assessment of risk, and carry out risk responses or mitigation of the most dominant risk in the management of the Pucuk Sari wastewater treatment plant, Ubung sub-district, Denpasar Utara sub-district, Denpasar city.

The method used is combination of qualitative and quantitative methods, data collection is carried out directly on the respondents, the sampling technique uses *purposive sampling* technique using descriptive analysis through the *SPSS 22 for windows* program.

The results of the analysis identified 25 risks originating from environmental, social, occupational health and safety, management, finance, technical, legal, construction and community participation. While 20 risks fall into the undesired category (*Undiserable*), and 5 risks fall into the acceptable category (*Acceptable*). So the dominant risk that appears in the undesired (*Undiserable*) category is 80% which must be handled in the management of the Pucuk Sari wastewater treatment plant, Ubung sub-district, Denpasar Utara sub-district, Denpasar city.

Keywords: *Risk, Management, wastewater treatment plant.*

1. Pendahuluan

Kota Denpasar berperan sebagai pusat pengembangan wilayah Bali dan merupakan salah satu daerah tujuan wisata untuk wilayah Indonesia. Seiring dengan perandan fungsinya, maka Kota Denpasar menjadi pusat pertumbuhan ekonomi, pusat distribusi, perdagangan, pelayanan pendidikan, kesehatan serta budaya. Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan penduduk Kota Denpasar terus mengalami peningkatan yang cepat. Tingginya pertumbuhan penduduk menjadi salah satu risiko penyebab terciptanya kawasan padat pemukiman kumuh dengan sarana sanitasi yang kurang memadai.

Salah satu solusi dalam menangani permasalahan sanitasi ini adalah dengan pembuatan akses sanitasi bersamayang dapat mengatasi keterbatasan infrastruktur Mandi Cuci Kakus (MCK) secara sistematis yaitu melalui pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal atau yang lebih dikenal dengan nama Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS). Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal, yang selanjutnya akan di singkat IPAL Komunal, merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat yaitu terdapat bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik yang difungsikan secara komunal (digunakan oleh sekelompok rumah tangga) agar lebih aman pada saat di buang ke lingkungan, sesuai dengan baku mutu lingkungan Karyadi (2010:67).

Komunal kota Denpasar telah melaksanakan pembangunan SANIMAS di 7 (tujuh) lokasi di wilayah Kota Denpasar. Pembangunan SANIMAS ini dibarengi juga oleh pembentukan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) yang selanjutnya bertanggung jawab untuk melaksanakan operasional dan pemeliharaan (OP) terhadap SANIMAS yang ada di daerah mereka masing-masing. Sebuah program berbasis masyarakat dan dirancang dengan pendekatan yang tanggap terhadap kebutuhan adalah sesuatu yang akan sangat bermanfaat bagi kelompok sasaran.

Tujuan pokok dari program SANIMAS berupa pemberdayaan masyarakat dan berusaha untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat, baik secara individu maupun kelompok dan pentingnya keberadaan SANIMAS dan KSM sebagai wadah pengelola perlu mendapat perhatian khusus sehingga keberlangsungan pengelolaan sanitasi khususnya air limbah melalui unit SANIMAS dapat terjaga. Maka dari itu perlunya mengetahui faktor-faktor risiko pada sistem pengelolaan pada instalasi pengolahan air limbah guna mencegah hal-hal yang dapat menurunkan kinerja pada IPAL Komunal itu sendiri.

Risiko dapat dikatakan merupakan akibat yang mungkin terjadi secara tak terduga. Walaupun suatu kegiatan telah direncanakan sebaik mungkin, namun tetap mengandung ketidakpastian bahwa nanti akan berjalan sepenuhnya sesuai rencana (Kangari, 1995). Bila risiko terjadi akan berdampak pada terganggunya kinerja pada pengelolaan IPAL Komunal sehingga dapat menggagu operasional dan pemeliharaan pada IPAL itu sendiri sehingga menurunkan kualitas *effluent* atau hasil akhir pada pengolahan air limbah tersebut, dalam manajemen risiko, risiko adalah efek kumulasi dari peluang kejadian yang tidak pasti, yang memengaruhi sasaran dan tujuan sebuah kegiatan. Risiko adalah variasi dalam hal-hal yang mungkin terjadi secara alami atau kemungkinan terjadi peristiwa diluar yang diharapkan yang merupakan ancaman terhadap properti dan keuntungan finansial akibat bahaya yang terjadi. Secara umum risiko dapat diklarifikasikan menurut berbagai sudut pandang yang tergantung dari kebutuhan dalam penanganannya (Rahayu, 2001).

Dari uraian diatas, penulis mencoba melakukan penelitian penerapan manajemen risiko pada pengelolaan IPAL Komunal di KSM Pucuk Sari Kelurahan Ubung dengan mengangkat judul "Penerapan Manajemen Risiko pada Pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kelurahan Ubung Kecamatan Denpasar Utara Kota Denpasar"

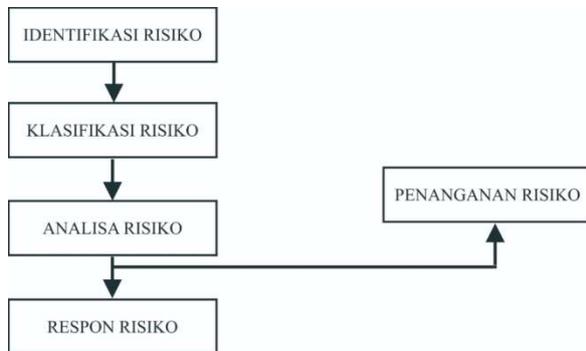
2. LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Risiko

Risiko bisa terjadi pada semua kegiatan dan tidak dapat diabaikan namun dapat dikurangi dan dipindahkan sehingga dapat dikontrol. Pemahaman akan risiko sangat penting dan sangat diperlukan dalam mengidentifikasi dan menganalisis secara sistematis, menangani dan melakukan pengontrolan sehingga mencapai tujuan yang seharusnya, sesuai dengan waktu (*time*), biaya (*cost*) dan kualitas (*quality*). Manajemen risiko merupakan aplikasi manajemen umum yang berhubungan dengan berbagai aktivitas yang dapat menimbulkan risiko. Manajemen risiko memiliki tujuan untuk dapat mengenali risiko sehingga nantinya dapat direncanakan strategi penanganan yang akan dilakukan terhadap risiko yang akan muncul.

Manajemen risiko seharusnya dilihat sebagai tanggapan dalam mengelola risiko daripada menanggapi peristiwa setelah risiko terjadi. Tahapan-tahapan dalam melakukan manajemen risiko yaitu terlebih dahulu melakukan identifikasi, mengklasifikasikan risiko yang akan terjadi, melakukan analisis atas risiko-risiko yang telah teridentifikasi dan pada tahap akhir melakukan

penanganan-penanganan yang perlu dilakukan berdasarkan berbagai macam pertimbangan untuk meminimalisir atau menghilangkan risiko, seperti yang terdapat pada gambar 2.1.

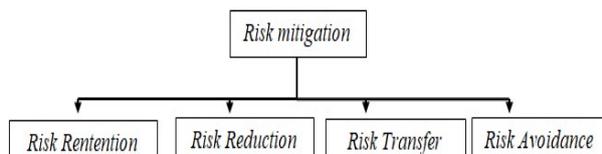


Gambar 2.1 Alur Manajemen Risiko
 Sumber : Flanagan dan Norman (1993)

Identifikasi risiko dilakukan untuk menentukan sumber-sumber serta tipe risiko. Klasifikasi risiko dilakukan untuk menentukan tipe risiko dan efeknya, baik dalam pengelolaannya maupun organisasi yang menanganinya, setelah risiko diklasifikasikan maka selanjutnya dilakukan analisis risiko yang gunanya untuk mengevaluasi dari konsekuensi serta akibat yang muncul dari tipe-tipe risiko atau kombinasi dari banyak risiko dengan menggunakan teknis analisis serta memperkirakan akibat dari risiko menggunakan berbagai macam metode pengukuran risiko. Segala jenis keputusan untuk melakukan penangan risiko tergantung kepada pihak yang membuat keputusan, dan respon risiko mempertimbangkan bagaimana risiko tersebut akan ditangani dengan cara mentransfer risiko ke berbagai pihak maupun menahan risiko tersebut.

2.2 Penanganan/Mitigasi Risiko (Risk Mitigation)

Setelah risiko-risiko yang timbul akibat suatu aktivitas sudah teridentifikasi, maka selanjutnya akan dilakukan tindakan mitigasi risiko (risk mitigation). Mitigasi/penanganan risiko adalah tindakan yang dilakukan untuk mengurangi risiko-risiko yang timbul, risiko-risiko yang timbul kadang-kadang tidak dapat dihilangkan sama sekali tetapi hanya dapat dikurangi sehingga akan timbul residual risk (risiko sisa).



Gambar 2.5 Mitigasi Risiko
 Sumber: Flanagan dan Norman, 1993

Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam penanganan risiko berdasarkan Gambar 2.5 ialah:

1. Menahan Risiko (*Risk Retention*)
 Sikap untuk menahan risiko sangat erat kaitannya dengan keuntungan (*gain*) yang terdapat dalam suatu risiko. Tindakan untuk menerima/menahan risiko ini karena dampak dari suatu kejadian yang meugikan masih dapat diterima (*acceptable*).
2. Mengurangi Risiko (*Risk Reduction*)
 Mengurangi risiko dilakukan dengan mempelajari secara mendalam risiko itu sendiri dan melakukan usaha-usaha pencegahan pada sumber risiko atau mengkombinasikan usaha agar risiko yang diterima tidak terjadi secara simultan. Dengan melakukan tindakan ini kadang-kadang masih ada risiko sisa (*residual risk*) yang perlu dilakukan penilaian (*assessment*)
3. Memindahkan Risiko (*Risk Transfer*)
 Sikap pemindahan risiko dilakukan dengan cara mengasuransikan risiko yang dilakukan dengan memberikan sebagian atau seluruhnya kepada pihak lain. Usaha atau pekerjaan yang risikonya tinggi dipindahkan kepada pihak yang mempunyai kemampuan menangani dan mengendalikannya.
4. Menghindari Risiko (*Risk Avoidance*)
 Sikap menghindari risiko adalah cara menghindari kerugian dengan menghindari aktivitas yang tingkat kerugiannya tinggi. Menghindari risiko dapat dilakukan dengan melakukan penolakan. Salah satu contoh penghindaran risiko pada proyek konstruksi adalah dengan memutuskan hubungan kontrak (*breach contract*).

2.3 Definisi air limbah

Air limbah adalah persoalan kontemporer yang seiring dengan kepadatan penduduk yang semakin meningkat. Pada dasarnya rumah yang berada di daerah perkotaan pasti akan membutuhkan tempat pembuangan air limbah. Sebagian besar membuang air limbahnya di sungai, got, selokan, atau badan air lainnya. Air limbah mengandung senyawa-senyawa polutan yang dapat merusak ekosistem air. Air limbah bila tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan, baik terhadap lingkungan maupun terhadap kehidupan yang ada. (Sugiarto, 2008) menyebutkan bahwa limbah merupakan sumber daya alam yang telah kehilangan fungsinya, yang keberadaannya mengganggu kenyamanan dan keindahan lingkungan.

Limbah dihasilkan dari sisa proses produksi baik industri maupun domestik/rumah tangga. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha atau kegiatan pemukiman, rumah makan,

perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Beberapa bentuk dari air limbah ini berupa tinja, air seni, limbah kamar mandi dan juga sisa kegiatan dapur rumah tangga. Air limbah yang bersumber dari rumah tangga, menurut Notoatmodjo (2003), yaitu buangan yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah terdiri dari excreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik.

Air dikatakan tercemar jika adanya penambahan makhluk hidup, energi atau komponen lainnya baik sengaja maupun tidak, kedalam air baik oleh manusia ataupun proses alam yang menyebabkan kualitas air turun sampai tingkat yang menyebabkan air tidak sesuai peruntukannya. Limbah adalah bahan sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan proses produksi, dari berbagai skala rumah tangga layaknya industri pertambangan, dan hasil produksi lainnya. Limbah dianggap lebih banyak menghasilkan hal negatif dibandingkan positif sehingga menjadi limbah yang mengganggu. Baku mutu air limbah merupakan ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan. Baku Mutu Air Limbah Domestik yang diatur dalam Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2.6 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Ph	-	6-9
BOD	Mg/L	30
COD	Mg/L	100
TSS	Mg/L	30
Minyak & lemak	Mg/L	5
Amoniak	Mg/L5	10
Total Coliform	Jumlah/100ml	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : PERMEN LHK No. 68 Tahun 2018

3. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kota Denpasar, yaitu Kecamatan Denpasar Utara Kelurahan Ubung yang terdapat IPAL Komunal KSM Pucuk Sari: Jl. Cokroaminoto, Gg. Katalia III, Br. Batur, Kelurahan Ubung, Kecamatan Denpasar Utara

4. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan suatu cara atau proses yang sistematis dalam pengumpulan, pencatatan dan penyajian fakta untuk mencapai

tujuan. Dan pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer di peroleh dari survey lapangan untuk mendapatkan data sesuai dengan kebutuhan, meliputi:

- a. Survey dengan cara pengamatan (observasi) dan wawancara dengan pengelola KSM tentang:
 - 1. Kondisi sarana dan prasarana fisik SANIMAS (sistem jaringan dan bangunan pengolahan air limbah).
 - 2. Permasalahan aspek teknis dalam operasional pengelolaan SANIMAS.
 - 3. Permasalahan aspek social (pengelola atau lembaga KSM, kondisi keuangan dan partisipasi masyarakat) dalam pengelolaan SANIMAS.
- b. Survey dengan cara Deep Interview dan kusioner, kepada masyarakat tentang tingkat pelayanan, kualitas pelayanan dan kebermanfaatan SANIMAS.
- c. Survey dengan cara kusioner kepada masyarakat tentang peran serta masyarakat dalam keikutsertaan dalam pengelolaan SANIMAS.

2. Data Sekunder

- a. Data sekunder dilaksanakan untuk mendapatkan data dari instansi terkait dalam mendukung pelaksanaan penelitian. yang meliputi : Inventarisasi data sanimas di Kota Denpasar.
- b. Inventarisasi data mengenai kewilayahan, jumlah penduduk, kepadatan penduduk serta data penunjang lainnya di Kota Denpasar.

5. Kisi- Kisi Variabel Penelitian

Variabel – variabel yang digunakan adalah variabel yang diperoleh dari studi literatur dan dapat ditentukan variabel – variabel dari faktor – faktor risiko yang dapat muncul dalam penelitian tersebut. Studi literatur menggunakan beberapa jenis penelitian terdahulu. Hasil penelitian ini selanjutnya dirangkum dan digunakan sebagai acuan dalam menentukan variabel yang akan digunakan dalam proses pengambilan data. Berikut ini adalah variabel – variabel yang digunakan sebagai bahan dalam penyusunan kusioner:

3.1 Tabel Kisi – Kisi Variabel Penelitian

No.	Sumber Risiko	Faktor Risiko	Referensi
1.	Lingkungan	Bencana Alam	Al-Bahar dan Crandall(1990), (Octavio P.M Marques, I.M., Alit K. Salain, I W. Yansen, 2014)
		Cuaca Buruk	
2.	Sosial	Protes dari masyarakat	Al-Bahar dan Crandall (1990), Flanagan dan Norman, Chileshe (2012), Kim dan Bajaj (2000), Zhi (1995)
		Pencurian	
		Penolakan sambungan SR	
3.	Kesehatan dan keselamatan kerja	Kecelakaan	Sangan, 2011)
		Kurangnya APD	
4.	Manajemen Pengelolaan	Koordinasi yang buruk	(Reyner R. Rumimper, Bonny F. Sompie, Marthin D.J Sumajouw, 2015), Chileshe (2012), Zhi (1995) Al-Bahar dan Crandall(1990), Flanagan dan Noman,
		Keterlambatan dalam merespon masalah	
		Kesalahan penjadwalan	
		Tidak konsistennya biaya, waktu dan lingkup pekerjaan	
5.	Keuangan	Korupsi	Al-Bahar dan Crandall(1990), (Octavio P.M Marques, I.M., Alit K. Salain, I W. Yansen, 2014)
		Kurangnya biaya oprasional dan pemeliharaan	
		Keterlambatan membayar restribusi	
		Pengeluaran tak terduga	
6.	Teknis	Penyumbatan saluran pipa	Al-Bahar dan Crandall(1990), (Octavio P.M Marques, I.M., Alit K. Salain, I W. Yansen, 2014)
		Kurangnya tingkat kemiringan pipa	
		Penggunaan bak tampung yang tidak sesuai jadwal	
		Volume pelayanan yang melebihi kapasitas	
7.	Hukum	Lemahnya hukum adat yang mengikat	(Reyner R. Rumimper, Bonny F. Sompie, Marthin D.J Sumajouw, 2015), Chileshe (2012), Zhi (1995)
		Tidak adanya perlindungan atau sk dan Desa	
8.	Kontruksi	Kerusakan pada struktur	Al-Bahar dan Crandall(1990), (Octavio P.M Marques, I.M., Alit K. Salain, I W. Yansen, 2014)
		Kontruksi manhole yang sering rusak/pecah	
9.	Peran masyarakat	Tidak adanya keterlibatan masyarakat	(Reyner R. Rumimper, Bonny F. Sompie, Marthin D.J Sumajouw, 2015), Chileshe (2012), Zhi (1995)
		Adanya masyarakat yang tidak mau membayar retribusi	
		Masih adanya warga yang membuang limbah padat ke saluran pembuangan	

Sumber : Penelitian terdahulu.

6. Penyusunan Kuesioner

Variabel-variabel risiko yang digunakan dalam penyusunan kuesioner ini adalah variabel yang disesuaikan dengan kondisi pengelolaan IPAL di Kota Denpasar. Dalam penelitian ini adalah menggunakan skala Likert antara rentan skala 1-5. Lima pilihan skala pengukuran yang terdapat dalam kuesioner adalah format seperti:

- a. Tidak Pernah = 1
- b. Sangat Jarang = 2
- c. Jarang = 3
- d. Sering = 4
- e. Sangat sering = 5

Cara menghitung skor dan persentase penggolongan skor penilaian adalah sebagai berikut:

1. Cara menghitung skor
 Skor = frekuensi x bobot
 Jumlah skor = jumlah skor skala penilaian 1 sampai 5
2. Cara perhitungan persentase penggolongan skor penilaian
 Penggolongan skor penilaian dilakukan berdasarkan skor ideal, dimana nilainya tergantung pada jumlah responden yang ingin dilihat. Misalnya jika dibandingkan dengan jumlah responden 10, maka:

Skor ideal (skor tertinggi) = 10 x bobot nilai tertinggi = 10x5 =50

Skor terendah = 10 x bobot nilai terendah = 10x1 =10

Sehingga persentase penggolongan skor penilaian adalah:

$$\frac{\text{jumlah skor}}{\text{skor ideal}} \times 100\% = \frac{\text{jumlah skor}}{50} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

Sehingga kriteria interpretasi skor berdasarkan persentase kelompok responden:

- 1. Angka 0 % - 20 % = Tidak Pernah (TP)
- 2. Angka 21 % - 40 % = Sangat Jarang (SJ)
- 3. Angka 41 % - 60 % = Jarang (J)
- 4. Angka 61 % - 80 % = Sering (S)
- 5. Angka 81 % - 100 % = Sangat Sering (SS)

Misalnya rata-rata faktor risiko sebesar 35,25 maka tingkat pengaruh risiko adalah (35,25:50) x 100% = 70,5 %

7. Hasil Jawaban Responden

Hasil dari jawaban dari 25 responden terhadap pertanyaan-pertanyaan yang diajukan dalam kuesioner yang diberikan sesuai dengan skala likert yang digunakan sebagai skala penilaian, yaitu skala 1 (sangat jarang), skala 2 (jarang), skala 3 (kadang-kadang), skala 4 (sering) dan skala 5 (sangat sering). Tabulasi hasil dari jawab jawaban dari 25 responden terhadap 25 pertanyaan yang diajukan terhadap frekuensi risiko dan konsekuensi risiko dapat dilihat pada lampiran 4 dan Jawaban dari responden dalam kuesioner yang telah diisi kemudian ditabulasikan selanjutnya dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif dengan bantuan software *Statistical Product and Service Solution* (SPSS0 versi 22. Output yang didapat dari program SPSS berupa nilai modus dari masing-masing sumber risiko yang ada. Nilai modus dari masing-masing pertanyaan pada kolom frekuensi dalam kolom konsekuensi risiko selanjutnya akan dikalikan untuk mendapatkan nilai *risk index* (RI) untuk masing-masing pertanyaan. risk indeks dicari menggunakan rumus $RI = P \times I$ dimana $RI = Risk Index$, $P = Probability$ atau kemungkinan (*Likelihood*), $I = Impact$ atau dampak (*Consequence*). dari hasil perhitungan *risk index* yang dilakukan maka nilai indeks yang di dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan penerimaan masing-masing risiko sesuai dengan tabel 2.4 Penilaian dan tingkat penerimaan risiko dengan skala yang telah ditentukan sesuai dengan tabel 2.5 Skala penerimaan Risiko perhitungan analisa risiko dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Analisis Risiko

A	Lingkungan	Nilai		Risk Index	Penerimaan Risiko
		Frekuensi	Konsekuensi		
1	Terjadi di hal-hal tak terduga seperti tanah longsor, banjir, gempa bumi & bencana alam (<i>forcemajeur</i>) lainnya	2	3	6	<i>Undesirable</i>
2	Terganggunya pelaksanaan pekerjaan akibat cuaca buruk yang sulit diprediksi	2	3	6	<i>Undesirable</i>
B Sosial					
3	Mendapat protes dari masyarakat akibat bau yang mungkin dihasilkan dari pengolahan limbah atau akibat galian pipa	1	3	3	<i>Acceptable</i>
4	Terjadi di pencurian terhadap peralatan operasional yang ada di lapangan	2	3	6	<i>Undesirable</i>
5	Penolakan sambungan pipa saluran rumah tangga (SR) oleh masyarakat	2	3	6	<i>Undesirable</i>
C Kesehatan dan keselamatan kerja					
6	Terjadi dinya kecelakaan kerja dalam pengoperasionalan/pemeliharaan IPAL	1	3	3	<i>Acceptable</i>
7	Kurangnya perlengkapan APD (Alat Pelindung Diri) untuk pekerja guna menunjang kesehatan dan keselamatan kerja	2	3	6	<i>Undesirable</i>
D Manajemen Pengelolaan					
8	Koordinasi dan komunikasi yang buruk, serta rendahnya komitmen dan tim terhadap pencapaian dan pelaksanaan waktu serta penugasan dalam pengelolaan IPAL	3	3	9	<i>Undesirable</i>
9	Keterlambatan dalam merespon permasalahan yang terjadi di lapangan	3	3	9	<i>Undesirable</i>

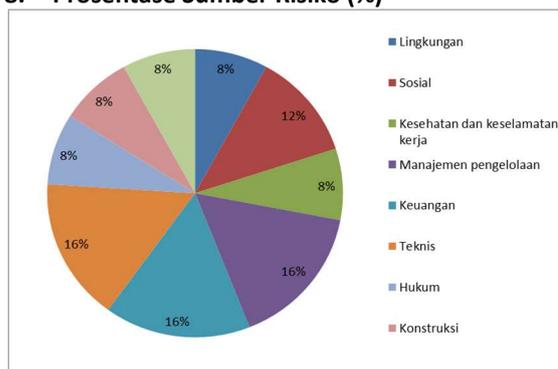
10	Kurang tepatnya penentuan prioritas kegiatan dan jadwal kerja operasional	3	3	9	<i>Undesirable</i>
11	Tidak konsistennya biaya, waktu dan lingkup pekerjaan dalam pemeliharaan IPAL	3	3	9	<i>Undesirable</i>
E Keuangan					
12	Adanya tindak penyalahgunaan uang dalam pengelolaannya	2	4	8	<i>Undesirable</i>
13	Anggaran yang tidak mencukupi untuk biaya operasional IPAL	3	3	9	<i>Undesirable</i>
14	Keterlambatan pembayaran retribusi dari pengguna IPAL sehingga mengganggu dalam anggaran operasional	3	3	9	<i>Undesirable</i>
15	Pengeluaran yang tidak terduga yang mungkin terjadi karena kerusakan Struktur IPAL yang disebabkan oleh bencana alam atau lainnya	2	4	8	<i>Undesirable</i>
F Teknis					
16	Terjadi dinya penyumbatan pada saluran pipa yang disebabkan karena tersedat limbah padat	1	3	3	<i>Acceptable</i>
17	Kemiringan pipa yang tidak sesuai standar sehingga terjadi luapan limbah pada manhole dan saluran pembuangan pengguna IPAL	2	3	6	<i>Undesirable</i>
18	Tidak sesuai nya jadwal atau keterlambatan pengurasan bak tampung sehingga terjadi luapan limbah yang dikamakan biaya atau koordinasi	2	2	4	<i>Acceptable</i>
19	Sambungan layanan IPAL yang melebihi kapasitas volume bangunan IPAL	1	3	3	<i>Acceptable</i>

20	Lemahnya hukum adat atau awig-awig yang mengharuskan masyarakat pengguna IPAL untuk mengikuti peraturan dan turut serta menjaga	2	3	6	<i>Undesirable</i>
21	Tidak adanya perlindungan atau SK dan pemerintah setempat atau desa untuk memperkuat legalitas kelompok swakelola masyarakat	2	4	8	<i>Undesirable</i>
H Kontruksi					
22	Kerusakan struktur bangunan IPAL yang mungkin terjadi di kama kesalahan kontruksi atau kama bencana alam	3	3	9	<i>Undesirable</i>
23	Kontruksi bangunan manhole atau bak kontrol yang sering rusak/pecah karena terlindihan ban mobil atau sebaninya	2	4	8	<i>Undesirable</i>
I Peran serta masyarakat					
24	Tidak adanya keterlibatan masyarakat dalam pemeliharaan IPAL	2	3	6	<i>Undesirable</i>
25	Masih adanya masyarakat pengguna IPAL yang membuang limbah pada katke saluran pembuang yang menyebatkan mampetnya saluran pipa	2	3	6	<i>Undesirable</i>

Sumber : Output SPSS 22, 2021

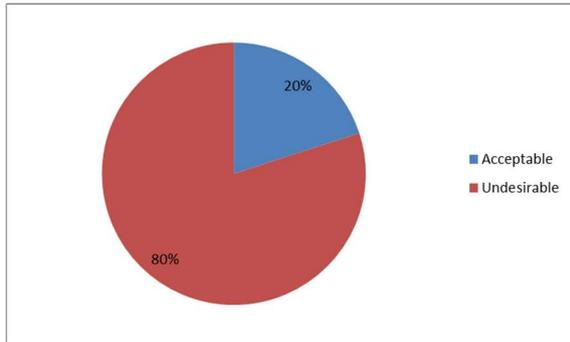
Berdasarkan hasil penilaian tingkat penerimaan risiko yang terdapat pada tabel di atas, terdapat Risiko yang masuk kategori tidak diharapkan (*undesireable*) sebanyak 20 risiko, dapat diterima (*acceptable*) sebanyak 5 risiko. Prosentase sumber risiko pada tabel diatas juga dapat dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 dibawah ini.

8. Prosentase Sumber Risiko (%)



Gambar 4.4 Prosentase Sumber Risiko

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa sumber risiko yang paling dominan berasal dari sumber risiko manajemen pengelolaan, keuangan dan teknis dengan jumlah prosentase masing-masing sebesar 16% dan seluruh sumber risiko.



Gambar 4.5 Persentase Penerimaan Risiko

Berdasarkan Gambar 4.5 atas diketahui bahwa risiko yang tidak diharapkan (undisireable) memiliki persentase jumlah 80% dari seluruh pertanyaan, Risiko yang dapat diterima acceptable sebesar 20% risiko dapat diterima.

9. Penanganan Risiko (Mitigasi)

Penanganan risiko risiko yang termasuk dalam major risk, dibutuhkan karena risiko-risiko tersebut berdampak besar bagi kelancaran pengelolaan instalasi pengolahan air limbah komunal. Beberapa penanganan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak risiko yang muncul didapat dari hasil wawancara dengan ketua KSM dan para orang ahli didalam bidang pengolahan air limbah dan sistem pengelolaan IPAL Komunnal dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Penanganan risiko dominan berdasarkan sumber risiko

NO	PERTANYAAN	SUMBER RISIKO	PENANGANAN RISIKO
1	Adanya tindak penyalahgunaan uang dalam pengelolaannya	Keuangan	Melakukan audit atau laporan keuangan kepada ketua KSM atau penanggung jawab KSM
2	Keterlambatan pembayaran retribusi dari pengguna IPAL sehingga mengganggu dalam anggaran operasional		Menghimbau kepada masyarakat pengguna IPAL dan memberi pengertian tentang kondisi pengelolaan
3	Pengeluaran yang tidak terduga yang mungkin terjadi karena kerusakan Struktur IPAL yang disebabkan oleh bencana alam atau lainnya		Mengevaluasi terhadap pembiayaan dengan memasukkan klausul biaya tak terduga
4	Anggaran yang tidak mencukupi untuk biaya operasional IPAL		
5	Koordinasi dan komunikasi yang buruk, serta rendahnya komitmen dari tim terhadap pencapaian dan pelaksanaan waktu serta penugasan dalam pengelolaan IPAL	Manajemen Pengelolaan	Mengevaluasi kinerja KSM yang di prakarsai oleh ketua KSM setiap 6 bulan sekali Mengganti anggota KSM jika tidak berkompeten dan tidak mematuhi SOP pengelolaan IPAL.
6	Keterlambatan dalam merespon permasalahan yang terjadi dilapangan		Meningkatkan koordinasi dilapangan dan menyelesaikan secara cepat dan tepat segala masalah yang timbul
7	Kurang tepatnya penentuan prioritas kegiatan dan jadwal kerja operasional		Melakukan rapat evaluasi terhadap jadwal pekerjaan operasional dan pemeliharaan IPAL
8	Tidak konsistennya biaya, waktu dan lingkup pekerjaan dalam pemeliharaan IPAL		Evaluasi terhadap alokasi dana serta membuat perencanaan yang matang
9	Kemiringan pipa yang tidak sesuai standar sehingga terjadinya luapan limbah pada manhole dan saluran pembuangan pengguna IPAL	Teknis	Melakukan evaluasi terhadap kemiringan pipa
10	Penolakan sambungan pipa saluran rumah tangga (SR) oleh masyarakat	Sosial	Melakukan penyuluhan tentang pentingnya fungsi IPAL dengan melibatkan instansi terkait seperti dinas lingkungan hidup, dinas kesehatan, dinas pupr, Pokja AMPL Daerah DLL. Memberikan jaminan bahwa penyambungan pipa SR tidak merusak bangunan rumah itu sendiri.
11	Terjadi pencurian terhadap peralatan operasional yang ada dilapangan		Mengajak masyarakat setempat untuk ikut menjaga keamanan dan menghimbau jika terjadi pencurian akan dituntut secara hukum.
12	Terjadi hal-hal tak terduga seperti tanah longsor, banjir, gempa bumi & bencana alam (<i>forcemajeur</i>) lainnya	Lingkungan	Melakukan pengecekan kerusakan pada bangunan ipal, aksesoris dan peralatan penunjang lainnya Melakukan pembersihan dari pencemaran lingkungan yang terjadi akibat kerusakan bangunan IPAL dan fasilitas penunjang lainnya -Melakukan revitalisasi perbaikan kerusakan dengan pembiayaan dikordinasikan dengan pemerintah Desa, daerah maupun pusat
13	Terganggunya pelaksanaan pekerjaan akibat cuaca buruk yang sulit diprediksi		Melakukan pemantauan dibagian manhole terutama yang memiliki kemungkinan penyumbatan yang tinggi Menghimbau masyarakat agar tidak membuka manhole pada saat hujan
14	Lemahnya hukum adat atau awig-awig yang mengharuskan masyarakat pengguna IPAL untuk mengikuti peraturan dan turut serta menjaga	Hukum	Melakukan rapat kordinasi dengan pemerintah desa agar IPAL tersebut masuk dalam perarem dan terintegrasi sebagai program desa
15	Tidak adanya perlindungan atau SK dari pemerintah setempat atau desa untuk memperkuat legalitas kelompok swakelola masyarakat		
16	Kerusakan struktur bangunan IPAL		Mengecek kembali struktur dan perencanaan
	yang mungkin terjadi karna kesalahan konstruksi atau karna bencana alam	Kontruksi	bangunan IPAL dan mengantisipasi anggaran tak terduga
17	Konstruksi bangunan manhole atau bak kontrol yang sering rusak-pecah karena terimadah ban mobil atau sebamnya		Penempatan posisi manhole tidak diletakan ditengah jalan atau memberikan tanda pada setiap manhole
18	Tidak adanya keterlibatan masyarakat dalam pemeliharaan IPAL	Peran serta masyarakat	Merekomendasikan dan melakukan koordinasi pada pihak KSM, Banjar, dan Pemerintah Desa agar bisa memberikan arahan baru yang mencakup sangsi baik sosial administratif DLL.
19	Masih adanya masyarakat pengguna IPAL yang membuang limbah padat ke saluran pembuang yang menyebabkan mampetnya saluran pipa		
20	Kurangnya perlengkapan APD (Alat Pelindung Diri) untuk pekerja guna menunjang kesehatan dan keselamatan kerja	Kesehatan dan keselamatan kerja	Merekomendasikan kepada anggota KSM untuk menyediakan APD secara pribadi.

Sumber : Hasil Analisis 2021

Penanganan risiko yang dilakukan berbeda-beda pada masing-masing sumber risiko. Namun hal yang terpenting dalam melakukan penanganan suatu risiko adalah melakukan koordinasi dan komunikasi dengan baik antar pihak terkait serta selalu mengikuti kesepakatan-kesepakatan yang telah disetujui sebelumnya.

10. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan hasil analisis diatas, maka kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Risiko-risiko yang teridentifikasi pada Pengelolaan IPAL Sanimas KSM Pucuk sari Denpasar Utara Kota Denpasar adalah sebanyak 25 risiko antara lain bersumber dari risiko lingkungan sebanyak dua risiko (8%), sosial sebanyak tiga risiko (12%), kesehatan dan keselamatan kerja sebanyak dua risiko (8%), manajemen pengelolaan sebanyak empat risiko (16%), keuangan sebanyak empat risiko (16%), teknis sebanyak empat risiko (16%), hukum sebanyak dua risiko (8%), kontruksi sebanyak dua risiko (8%), dan peran serta masyarakat sebanyak tiga risiko (8%).
2. Risiko dominan yang muncul dalam pengelolaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal di Kelurahan Ubung Kecamatan Denpasar Utara Kota Denpasar adalah risiko yang memiliki kategori *undesirable* yang berjumlah 20 risiko dengan prosetase 80% yang harus dilakukan penanganan.
3. Kepemilikan risiko yang paling dominan pada pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Bersih Pucuk Sari Kelurahan Ubung menjadi tanggung jawab KSM Pucuk sari sebagai pengelola karena memiliki peranan penting dalam pengelolaan IPAL Komunal Pucuk Sari. Cara penanganan respon risiko yang paling dominan yang bersumber dari manajemen pengelolaan dengan prosentase sebesar 20% dengan kategori *undesireable* dilakukan dengan mengevaluasi kinerja KSM yang di prakarsai oleh ketua KSM setiap 6 bulan sekaligus mengganti anggota KSM jika tidak berkompeten dan tidak mematuhi SOP pengelolaan IPAL, meningkatkan koordinasi dilapangan dan menyelesaikan secara cepat dan tepat segala masalah yang timbul, mengevaluasi terhadap alokasi dana serta membuat perencanaan yang matang.

11. Saran

Berdasarkan pada simpulan yang ada maka saran saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Melakukan pengecekan kerusakan pada bangunan ipal, aksesoris dan peralatan penunjang lainnya dan mengevaluasi terhadap pembiayaan dengan memasukan klausul biaya tak terduga
2. Koordinasi dan komunikasi yang baik antara Pemerintah Desa dengan anggota KSM dalam menentukan hal-hal serta keputusan mengenai permasalahan dalam perencanaan, pelaksanaan, keamanan, serta penjadwalan kegiatan dalam oprasional dan pemeliharaan IPAL Komunal Pucuk Sari.

3. Melakukan audit atau laporan keuangan kepada ketua KSM atau penanggung jawab KSM mengevaluasi terhadap biaya pengeluaran dan restrebusi dan memposisikan atau melibatkan warga dengan latar belakang pendidikan dalam penugasan keuangan.
4. Melakukan penyuluhan dan sosialisasi tentang pentingnya fungsi dan perawatan IPAL dengan menggandeng instansi terkait mengenai pengolahan air limbah.

12. Daftar Pustaka

- Arifin, Z. 2013. *Evaluasi dan Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik Kota Bandung – Jawa Barat*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Arikunto, S. 2006. *Metode Penelitian Kualitatif*. Jakarta: Bumi Aksara
- Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Denpasar. 2016. *Kajian Optimalisasi Pemanfaatan IPAL Komunal Di Kota Denpasar*.
- Budiharjo, Eko (Ed.), 1997, *Arsitektur Pembangunan dan Konservasi*, Penerbit Djambatan, Jakarta
- Djarwanto, PS. dan Subagyo Pangestu., 1998. *“Statistik Induktif”*, BPFE, Jakarta
- Flanagan, R & Norman, G.1993, *Risk Management and Construction*. Blackwell Science, London.
- Ginanjari, dkk. 2015. *Kinerja Pengelolaan IPAL Berbasis Masyarakat Program USRI Kelurahan Ngijo Kecamatan Gunung Pati Kota Semarang*. Jurnal Ilmu Lingkungan.
- Godfrey, P., Halcrow, W. S., & Partners, L. (1996). *Control of Risk A Guide to Systematic Management of Risk from Construction*. Westminster, London: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA).
- Husen, Abrar. 2009, *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Jermias Tjakra, Freyke Sangari. 2011. *Analisis Resiko pada Proyek Konstruksi Perumahan di Kota Manado*. Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol. 1, No.1
- Karyadi, L. 2010. *Partisipasi masyarakat Dalam Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Di Rt 30 Rw 07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta*. Skripsi. Fakultas Ilmu Sosial Dan Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kangari, R. 1995. *“Risk Management Perception and Trends of US Contruction”*, *Journal of Countruction Engineering and Management* , ASCE. 106(CO3).

- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku mutu Air Limbah Domestik.
- Meylani, Rizka, 2018, *Analisa Risiko Konstruksi Pada Proyek Pembangunan Gedung*
- Notoatmodjo. 2003. *Ilmu Kesehatan Masyarakat Prinsip-Prinsip Dasar*. Jakarta : PT. Rineka Cipta.
- Norken, I Nyoman., Purbawijaya, Ida Bagus Ngurah., Suputra, I G N Oka., 2015. *Pengantar Analisis dan Manajemen Risiko pada Proyek Konstruksi*. Udayana University Press.
- Nasrul. 2015. *Manajemen Risiko Dalam Proyek Konstruksi Ditinjau Dari Sisi Manajemen Waktu*. Padang . Jurnal Momentum
- Nurlela, Heri Suprpto. (2014). *Identifikasi dan Analisis Manajemen Risiko*
- Octavio P.M Marques. I.M. Alit K. Salain dan I W. Yansen. *Manajemen Risiko pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung Pemerintah di Kota Dili-Timor Leste*. Jurnal Spektran Vol. 2. No. 2, Juli 2014
- Palangda, Diaz. 2015. *Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Berbasis Masyarakat di Kecamatan Tallo Kota Madya Makassar*. Jurnal Teknik Sipil.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Peraturan Gubernur Bali Nomor 8 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Lingkungan Hidup Dan Kriteria Baru Kerusakan Lingkungan Hidup.
- Roscoe, 1975, dikutip dari Uma Sekaran, 2006, *Metode Penelitian Bisnis*, Salemba Empat, Jakarta.
- Rahayu, P.H. 2001. *Asuransi Contractor's All Risk sebagai Alternatif Pengalihan Risiko Proyek Dalam Industri Konstruksi Indonesia*.
- Seminar Nasional Manajemen Konstruksi 2001. Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Subandiyah. 2013. *Evaluasi Sistem Pengelolaan IPAL Komunal (Studi Kasus : Kecamatan Bantul, Kabupaten Bantul Provinsi D.I Yogyakarta)*.
- Sugiarto. 2008. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta : UI Press.
- Soeharto I, (1995), *Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Sugiyono Prof. Dr., 2010. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*, Bandung : Cv. Alfa Beta.
- Suputra, I G N Oka., 2005, *Identifikasi Risiko pada Pelaksanaan Pembangunan Denpasar Sewerage Development Project (DSDP) di Denpasar*, Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Udayana, Denpasar.
- Thompson, P., & Perry, J. (1991). *Engineering Construction Risk*. London: Thomas Telford Ltd.
- Williams, T. (1995). *A Classified Bibliography of Recent Research Relating to Project Risk Management*. European Journal of Operational Research, 85(1), 18–38. doi:10.1016/0377-2217(93)E0363-3
- Wideman, R. Max, 1992, *Project and Program Risk Management: A Guide to Managing Project Risks and Opportunities (PMBOK Handbooks)*, Project Management Institute, Philadelp

**PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN KESEHATAN KERJA (SMK3)
PADA FASILITAS PROYEK KONTRUKSI PEMBANGUNAN GEDUNG
ASRAMA HAJI PADANG PARIAMAN**

Wendi Boy¹, Teguh Muhammad Ickrar² dan Utami Dewi Arman³

- 1) Staff Pengajar Prodi Teknik Sipil Universitas Dharma Andalas Padang Sumatera Barat. email: wendi@unidha.ac.id
- 2) Alumni Prodi Teknik Sipil Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang Sumatera Barat
- 3) Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang Sumatera Barat

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar tingkat risiko kecelakaan kerja pada Proyek Kontruksi Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman. Hasil penelitian yang diperoleh adalah (a) Dari hasil Uji Validitas menggunakan SPSS 21. Menunjukkan Bahwa setiap butir dari variable secara keseluruhan menunjukkan nilai hitung lebih besar dari nilai tabel (r-tabel), pada taraf signifikansi (P) 5% dan $df = 10$ yang menunjukkan angka tabel 0,576 dan dari perbandingan tersebut maka butir-butir pertanyaan dari variable tahapan perencanaan dinyatakan 16 valid dan 1 tidak valid. (b) Dari hasil Uji Reliabilitas menggunakan SPSS 2.1. dapat disimpulkan bahwa dari Statistics terdapat 17 pertanyaan yang reliable (handal), dikatakan handal karena hasil Statistics keseluruhan variable nilai alpha besar dari $>0,6$. (c) dan dari hasil pengolahan data Metode HIRARC, dapat disimpulkan bahwa penggolongan Matriks Risiko di peroleh 4 Variabel dengan level risiko yang Ekstrem (23,53%), dan Level risiko High (76,47%) diperoleh 13 Variabel

Akhirnya penulis menyarankan para pekerja pada proyek “Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman” untuk memperhatikan kebijakan, kelengkapan “APD” dan lingkungan kerja agar dapat memberikan perlindungan kepada setiap pekerja di lapangan, dapat meminimalisir terjadinya kecelakaan kerja yang berat dapat meningkatkan produktifitas kerja di dalam proyek.

Kata kunci : identifikasi indeks risiko, K3, ekstrem, high, medium.

Latar Belakang

Tingginya angka kecelakaan kerja di Indonesia, membawa pemerintah pada misi agar seluruh perusahaan di Indonesia berbasis Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada tahun 2015. Kenyataannya, sampai saat ini, sebesar 55% perusahaan di Indonesia belum menerapkan SMK3, Salah satu perusahaan yang belum menerapkan SMK3 adalah PT Rimbo Peraduan. Penerapan sistem manajemen K3 pada perusahaan ini kurang mendapatkan perhatian dari manajemen, sedangkan jumlah pekerja sudah banyak karyawan. Perusahaan ini belum memiliki divisi khusus yang menangani permasalahan mengenai K3, sehingga tidak ada pendokumentasian dan pengorganisasian yang baik mengenai sistem manajemen K3 secara keseluruhan (Luckyta. 2015).

Salah satu jenis bahaya yang muncul dalam dunia industri adalah bahaya fisik seperti kebisingan, pencahayaan, dan suhu

panas. Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran mengenai kebisingan, pencahayaan, serta suhu dan kelembapan. Selanjutnya dilakukan identifikasi potensi bahaya berdasarkan jenis kecelakaankerja yang mungkin terjadi di setiap kelompok kerja sekaligus cara penanggulangan bahayanya.

Tujuan Proyek pembangunan Asrama Haji Padang Pariaman yaitu untuk meningkatkan fasilitas-fasilitas haji atau tempat perkumpulan para jamaah haji Sumatera Barat, maka di buatlah tempat yang lebih besar dan nyaman untuk para jamaah haji. Maka perusahaan dituntut agar dapat lebih memperhatikan keselamatan dan kesehatan kerja para Pekerjaannya dan yang ada didalam lingkungan proyek, agar mereka dapat mampu mewujudkan tujuan dari Proyek tersebut. Pekerja merupakan aset yang terpenting bagi perusahaan, sehingga perusahaan juga harus berupaya untuk lebih meningkatkan keselamatan para pekerjaannya. Untuk mengurangi dan mencegah potensi kecelakaan sekaligus juga membantu perusahaan dalam

menangani Pekerja dengan cepat dan tepat, maka diperlukan adanya Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) di suatu perusahaan. Selain tenaga kerja merasa aman dan tenang dalam melakukan pekerjaannya, perusahaan juga telah memperhatikan keselamatan dan kesehatan mereka dan memberikan jaminan jika terjadi kecelakaan akibat kerja itu, maka secara tidak langsung para pekerja akan termotivasi untuk menjalankan pekerjaannya dengan baik sehingga yang dikerjakan dapat dihasilkan akan berkualitas dan produktivitas pekerjaannya juga akan meningkat.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk :

- 1 Untuk Mengetahui penerapan manajemen keselamatan dan kesehatan kerja.
- 2 Untuk Mengetahui Risiko-risiko K3 pada pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman.
- 3 Untuk melakukan penilaian serta pengendalian Risiko K3 pada pembangun Gedung Asrama Haji Padang Pariaman.

2.1 Pengertian Keselamatan Dan Kesehatan Kerja

2.1.1 Keselamatan Dan Kesehatan Kerja

Kamus Besar Bahasa Indonesia Kesehatan dan Keselamatan Kerja adalah suatu kondisi kerja yang terbebas dari ancaman bahaya yang mengganggu proses aktivitas dan mengakibatkan terjadinya cedera, penyakit, kerusakan harta benda, serta gangguan lingkungan.

Kesehatan kerja adalah Usaha-usaha yang bertujuan untuk menjamin keadaan, keutuhan dan kesempurnaan tenaga kerja (baik jasmaniah maupun rohaniah), beserta hasil karyanya dan alat-alat kerja yang di tempat kerja. Usaha-usaha tersebut harus dilaksanakan oleh semua unsur yang terlibat dalam proses kerja, yaitu pekerja itu sendiri, pengawas/kepala kelompok kerja, perusahaan, pemerintah dan masyarakat pada umumnya (Josephus, 2016).

2.1.2 Kecelakaan Kerja

Dalam UU No. 1 Tahun 1970, yang di maksud tempat kerja adalah tiap ruang atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap, tempat tenaga kerja bekerja, atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha dan terdapat sumber-sumber

bahaya. kecelakaan kerja adalah kecelakaan atau penyakit yang menimpa tenaga kerja karena hubungan kerja di tempat kerja (Todingan, 2015).

Pada setiap kegiatan kerja, selalu ada kemungkinan kecelakaan-kecelakaan selalu dapat terjadi karena berbagai sebab, yang dimaksud dengan kecelakaan adalah kejadian yang merugikan yang tidak terduga dan tidak di harapkan dan tidak ada unsur kesengajaan, kecelakaan kerja dimaksudkan sebagai kecelakaan yang terjadi di tempat kerja, yang diderita oleh pekerja dan kecelakaan kerja dapat disebabkan oleh dua golongan :

1. Tindakan perbuatan manusia yang tidak memenuhi keselamatan (*Unsafe Human Acts*).
2. Keadaan-keadaan lingkungan yang tidak aman (*Unsafe Condition*). Walaupun manusia telah berhati-hati, namun apabila lingkungan tidak menunjang (tidak aman), maka kecelakaan dapat pula terjadi, begitu pula sebaliknya. Oleh karena itulah diperlukan pedoman bagaimana bekerja memenuhi prinsip-prinsip keselamatan.

2.2 Risiko K3

Kata risiko berasal dari bahasa Arab yang berarti hadiah yang tidak diharapkan-datangnya dari surga. Risiko adalah sesuatu yang mengarah pada ketidakpastian atas terjadinya suatu peristiwa selama selang waktu tertentu yang mana peristiwa tersebut menyebabkan suatu kerugian baik itu kerugian kecil yang tidak begitu berarti maupun kerugian besar yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup dari suatu perusahaan (Wiyasa, 2015).

Risiko pada umumnya dipandang sebagai sesuatu yang negatif, seperti kehilangan, bahaya, dan konsekuensi lainnya. Kerugian tersebut merupakan

bentuk ketidakpastian yang seharusnya dipahami dan dikelola secara efektif oleh organisasi sebagai bagian dari strategi sehingga dapat menjadi nilai tambah dan mendukung pencapaian tujuan organisasi.

2.2.1 Sumber-sumber Penyebab Risiko

Menurut sumber-sumber penyebabnya, risiko dapat dibedakan sebagai berikut (Soputan, 2014) :

- 1 Risiko Internal, yaitu risiko yang berasal dari dalam perusahaan itu sendiri.
- 2 Risiko Eksternal, yaitu risiko yang berasal

dari luar perusahaan atau lingkungan luar perusahaan.

- 3 Risiko Keuangan, adalah risiko yang disebabkan oleh faktor-faktorekonomi dan keuangan, seperti perubahan harga, tingkat bunga, dan mata uang.
4. Risiko Operasional, adalah semua risiko yang tidak termasuk risikokeuangan. Risiko operasional disebabkan oleh faktor-faktor manusia, alam, dan teknologi.

B. Manajemen Risiko

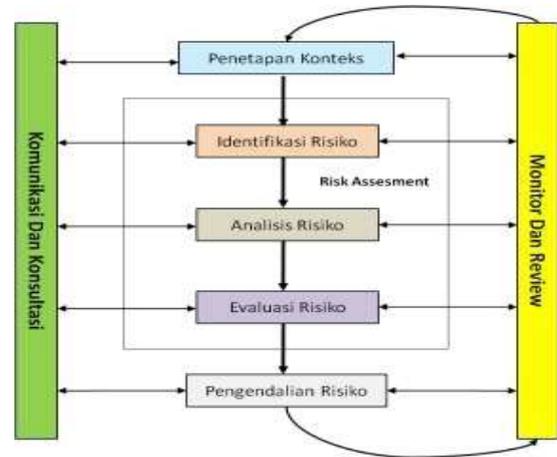
Secara umum Manajemen Risiko didefinisikan sebagai proses, mengidentifikasi, mengukur dan memastikan risiko dan mengembangkan strategi untuk mengelola risiko tersebut. Dalam hal ini manajemen risiko akan melibatkan proses-proses, metode dan teknik yang membantu manajer proyek maksimumkan probabilitas dan konsekuensi dari *event* positif dan minimasiprobabilitas dan konsekuensi *event* yang berlawanan. Dalam manajemen proyek, yang dimaksud dengan manajemen risikoprojek adalah seni dan ilmu untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan merespon risiko selama umur proyek dan tetap menjamin tercapainya tujuan proyek (Soputan, 2014).

C. Proses Manajemen Risiko

Proses yang dilalui dalam manajemen risiko antara lain:

- 1 Perencanaan Manajemen Risiko, perencanaan meliputi langkahmemutuskan bagaimana mendekati dan merencanakan aktivitasmanajemen risiko untuk proyek.
1. Identifikasi Risiko, tahapanselanjutnya dari proses identifikasi risiko adalah mengenalijenis-jenis risiko yang mungkin (danumumnya) dihadapi oleh setiappelaku bisnis.
2. Analisis Risiko Kualitatif, analisis kualitatif dalam manajemen risiko adalah proses menilai (*assessment*) dampak dan kemungkinan dari risiko yang sudah diidentifikasi. Proses ini dilakukan dengan menyusun risiko berdasarkan efeknya terhadap tujuan proyek.
3. Perencanaan Respon Risiko, *Riskresponse planning* adalah proses yang dilakukan untuk meminimalisasi tingkat risiko yang dihadapi sampai batas yang dapat diterima.
4. Pengendalian dan Monitoring Risiko, langkah ini adalah proses mengawasi risiko yang sudahdiidentifikasi, memonitor risiko

yang tersisa, danmengidentifikasi risiko baru, memastikan pelaksanaan risk management plan dan mengevaluasi keefektifannya dalam mengurangi risiko. Proses manajemen risiko dapat dilihat pada gambar. 1 berikut ini.



Gambar .1. Bagan Proses ManajemenRisiko

D. Penilaian Risiko

Penilaian risiko berdasarkan atas data primer dan sekunder yang merupakan data hasil wawancara, kuisisioner dan pengamatan langsung dilapangan mengenai risiko-risiko yang terjadi pada proyek pembangunan. Risiko diformulasikan sebagai fungsi dari kemungkinan terjadi (*likelihood*) dan dampak negatif (*impact*). Atau

$$\text{Indeks Risiko} = \text{Probabilitas (Likelihood) X Dampak (Impact)(1)}$$

Risiko yang potensial adalah risikoyang perlu diperhatikan karena memiliki probabilitas terjadi yang tinggi dan memiliki konsekuensi negatif yang besar.

E. Manajemen Risiko Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Manajemen Risiko K3 adalah suatu upaya mengelola risiko untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang tidak diinginkan secara komprehensif, terencana dan terstruktur dalam suatu kesisteman yang baik. Sehingga memungkinkan manajemen untuk meningkatkan hasil dengan cara mengidentifikasi dan menganalisis risiko yang ada.

F. Pengendalian Risiko K3

Pengendalian risiko merupakan langkah penting dan menentukan dalam keseluruhan manajemen risiko. Pengendalian risiko berperan dalam meminimalisir/ mengurangi tingkat risiko yang ada sampai tingkat terendah

atau sampai tingkatan yang dapat ditolerir.

Cara pengendalian risiko dilakukan melalui:

- 1 Eliminasi : pengendalian ini dilakukan dengan cara menghilangkan sumber bahaya (*hazard*).
- 2 Substitusi : mengurangi risiko dari bahaya dengan cara mengganti proses, mengganti input dengan yang lebih rendah risikonya.
- 3 *Engineering* : mengurangi risiko dari bahaya dengan metode rekayasa teknik pada alat, mesin, infrastruktur, lingkungan, dan atau bangunan.
- 4 Administratif : mengurangi risikobahaya dengan cara melakukan pembuatan prosedur, aturan, pemasangan rambu (*safety sign*), tanda peringatan, training dan seleksi terhadap kontraktor, material serta mesin, cara pengatasan, penyimpanan dan pelabelan.
- 5 Alat Pelindung Diri : mengurangi risiko bahaya dengan cara menggunakan alat perlindungan diri misalnya *safety helmet*, masker, sepatu *safety*, *coverall*, kacamata keselamatan, dan alat

pelindung diri lainnya yang sesuai dengan jenis pekerjaan yangdilakukan.

2.3 HIRARC (*Hazzard Identification and Risk Assesment Control*)

Metode (HIRARC) *Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control* merupakan rangkaian proses identifikasi bahaya dalam aktivitas rutindan non rutin. HIRARC adalah usaha pencegahan dan pengurangan potensi terjadinya kecelakaan kerja, menghindari dan meminimalkan risiko yang terjadi secara tepat dengan cara menghindari dan meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan kerja serat pengendaliannya dalam rangka melakukan proses kegiatan sehingga prosesnya menjadi aman. Identifikasi bahaya, penilaian risiko dan pengendaliannya merupakan bagian sistem manajemen risiko yang merupakan dasar dari Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (SMK3), yang terdiri dari identifikasi bahaya (*hazard identifikasi*), penilaian risiko (*risk assesment*) dan pengendalian risiko (*Risk Control*). (Ramadan, 2017).

Tabel 2, berikut ini merupakan tabel *Consequence*, tabel *Likelihood* dan *Risk Matrix* sebagai berikut :

Tabel 2. Kriteria *Consequense*

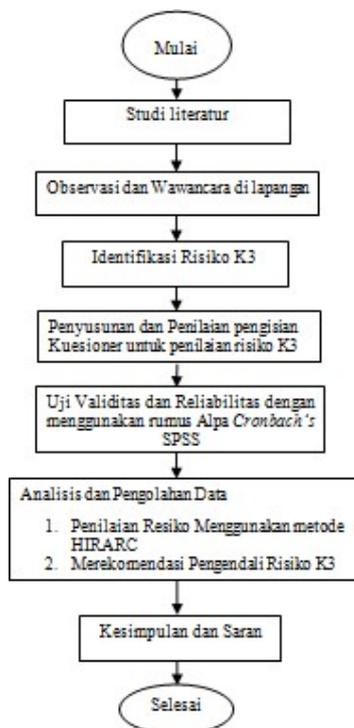
Level	Keteria	Penjelasan
1	<i>Insignification</i>	Tidak terjadi cedera, kerugian finansial kecil
2	<i>Minor</i>	P3K, penangananditempat, dan kerugian Finansial sedang
3	<i>Moderate</i>	Cidera berat, kehilangan kemampuan produksi, Penanganan luar area tanpa efek negative, kerugianfinancial besar Cidera berat, kehilangan kemampuan
4	<i>Major</i>	produksi, penanganan luar area negatif, kerugian finansial besar
5	<i>Catastrophic</i>	Kematian, keracunan hinggakeluar area dengan efek gangguan, kerugian finansial besar

Tabel 3. Kriteria *Likelihood*

Level	Keteria	Penjelasan
1	<i>Almost Certain</i>	Terjadi hampir disemua ke adaan
2	<i>Likely</i>	Sangat mungkingterjadi hampir disemua keadaan
3	<i>Possible</i>	Dapat terjadi sewaktu-waktu
4	<i>Unlikely</i>	Kemungkinan jarang terjadi
5	<i>Rare</i>	Hanya dapat terjadi pada keadaan tertentu

Tabel 4. Risk Matrix

Likelihood	Consequence				
	1	2	3	4	5
5	H	H	E	E	E
4	M	H	H	E	E
3	L	M	H	E	E
2	L	L	M	H	E
1	L	L	M	H	H



A. Identifikasi Bahaya (Hazard Identification)

Identifikasi bahaya dilakukan dengan mengidentifikasi potensi sumber bahaya yang ada di lingkungan dan aktivitas kerja yang dilakukan. Risiko dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu bahaya fisik, bahaya kimia, bahaya mekanik, bahaya elektrik, bahaya ergonomi, bahaya kebiasaan, bahaya lingkungan, bahaya biologi, dan bahayapsikologi. pada “Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman”.

3.1 Objek Dan Lokasi Penelitian

Penelitian mengamati pelaksanaanSMK3 pada perusahaan kontruksi dan melakukan penilaian pengendalian resiko K3 pada pembangunan gedung Asrama Haji Padang Pariaman,

menjadi acuan penelitian ini, yang meliputi manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3)pada proyek tersebut.

3.2 Bagan alur penelitian

Gambar 2 berikut ini adalah gambar akur penelitian ini

Gambar 2. Bagan alur metode penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Dalam melakukan penelitian ilmiah harus dilakukan teknik penyusunan yang sistematis untuk memudahkan langkah- langkah yang akan diambil. begitu pula yang dilakukan penulis dalam penelitian ini, langkah yang pertama yaitu studi literatur pada buku-buku yang membahas tentang peran konsultan manajemen kontruksi, jurnal dan penelitian yang telah dilakukan. data yang dapat dari studi literatur ini akan di gunakan sebagai acuan membuatkuesioner penelitian.

3.3.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan data sebagi berikut :

1. Observasi lapangan Melihat dan mengidentifikasi bahaya dan Resiko K3 pada semua kegiatan Proyek di Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman.
2. Pembuatan kuesioner dan pengisian kuesioner Melakukan kuesioner untuk penilaian variabel *Likelihood* dan *Consequense* risiko K3, dengan 12 responden yaitu, Direktur, Kontraktor, Konsultan Perencanaan, HSE, dan PengawasLapangan.

3.4 Teknik Pengujian Instrumen

3.4.1 Uji Validitas

Validitas adalah ketepatan atau kecermatan suatu instrumen dalam mengukur apa yang di ingin di ukur. Dalam pengujian instrumen pengumpulan data, fasilitas bisa dibedakan menjadi validitas faktor dan validitas item.

3.4.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas di gunakan untuk mengetahui konsisten ukur, apakah alat pengukur yang digunakan di andalkan dan tetap konsisten jika pengukuran tersebut di ulang.

3.5 Analisa Dan Pengolahan Data

3.5.1 Penilaian Dan Pengendali Risiko K3 Dengan Menggunakan Metode HIRARC

Metode (HIRARC) *Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control* merupakan rangkaian proses identifikasi bahaya dalam aktivitas rutindan non rutin. HIRARC adalah usaha pencegahan dan pengurangan potensi terjadinya kecelakaan kerja, menghindari dan meminimalkan risiko yang terjadi secara tepat dengan cara menghindari dan meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan kerja seraf pengendaliannya dalam rangka melakukan proses kegiatan sehingga prosesnya menjadi aman. Identifikasi bahaya, penilaian risiko dan pengendaliannya merupakan bagian sistem manajemen risiko yang merupakan dasar dari Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (SMK3), yang terdiri dari identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*) dan pengendalian risiko (*Risk Control*). (Ramadan, 2017).

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Penerapan SMK3K Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman

Pada Pelaksanaan penelitian di proyek “Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman” ini dokumen RK3K nya tidak lengkap. Untuk penerapan SMK3K telah di atur Permen PU No 05/2014.

4.2 Identifikasi Dan Analisis Penilaian Risiko K3 Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman

4.2.1 Karakteristik Responden Kuesioner

1. Karakteristik berdasarkan jenis kelamin

Tabel 5. Karakteristik Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
laki-laki	9	75.0	75.0	75.0
Perempuan	3	25.0	25.0	100.0
Valid Total	12	100.0	100.0	

Dari tabel 5. di diatas menunjukkan bahwa dari 12 responden yang diambil sampel penelitian terdapat responden yang berusia berjenis kelamin laki-laki sebanyak 9 orang dengan persentase (75.0%), dan yang berjenis kelamin perempuan sebanyak 3 orang dengan persentase (25,0%), maka totalnya 12 dengan persentase (100,0%). Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas yang bekerja pada Kontruksi “Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman” mayoritas berjenis kelamin laki-laki.

2. Karakteristik Responden Berdasarkan Usia

Tabel 6. Karakteristik Berdasarkan Usia

Usia	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
20-30 thn	3	25.0	25.0	25.0
>30-35 thn	4	33.3	33.3	58.3
>35-40 thn	3	25.0	25.0	83.3
>40-45 thn	2	16.7	16.7	100.0
Valid Total	12	100.0	100.0	

Tabel 6. diatas menunjukkan bahwa dari 12 responden yang diambil sampel penelitian terdapat responden yang berusia 20-30 tahun sebanyak 3 orang (25,0%), >30-35 tahun sebanyak 4 orang (33,3%), >35-40 tahun sebanyak 3 orang (35,0%), dan >40-45 tahun sebanyak 2 orang (16,7%), maka totalnya 12 dengan persentase

(100,0%). Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas umur pekerja pada Kontruksi “pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman” adalah berusia >30-35 tahun.

3. Karakteristik Responden Berdasarkan Pendidikan Terakhir

Tabel 7. Karakteristik Berdasarkan Pendidikan terakhir

Pendidikan terakhir	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid S1	12	100.0	100.0	100.0

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa dari 12 responden yang di ambil sebagai sampel peneliti terdapat responden Pendidikan terakhir sebanyak 12 (8,3%). Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas Pendidikan Terakhir Kontruksi “pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman” adalah S1.

4. Karakteristik Responden Berdasarkan Jabatan/Posisi

Tabel 8 Karakteristik Berdasarkan Jabatan/Posisi

Posisi/jabatan	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid Direktur	1	8.3	8.3	8.3
Konsultan perencanaan	1	8.3	8.3	16.7
HSE	5	41.7	41,7	41.7
Konsultan pengawas	3	25.0	25,0	83.3
Mandor	2	16.7	16.7	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Dari table 8. menunjukkan bahwa dari 12 responden yang diambil sebagai sampel penelitian terdapat responden yang jabatannya Direktur sebanyak 1 orang (8,3%), Konsultan Perencanaan 1 orang (8,3%), Konsultan Manajemen sebanyak 5 orang (41,7%), Konsultan Pengawas 3 orang (25,0%) dan

Operator sebanyak 2 orang (15,7%), maka totalnya 12 dengan persentase (100,0%). Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas Jabatan pada Kontruksi “pmbangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman” adalah Konsultan Manajemen .

5. Karakteristik Responden Berdasarkan Pengalaman Bekerja

Tabel 9. Karakteristik Berdasarkan Pengalaman Bekerja

Usia	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 1-5 thn	8	80.0	80.0	80.0
>5-10 thn	4	20.0	20,0	20.0
Total	12	100.0	100.0	

Dari tabel 9. di atas menunjukkan bahwa dari 12 responden yang diambil sebagai sampel penelitian terdapat responden lama bekerja 1-5 tahun sebanyak 8 orang (80,0%), >5-10 tahun sebanyak 4 orang (20,0%), maka totalnya 12 dengan persentase (100,0%). Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas lama pengalaman bekerja pada Kontruksi adalah 1-5 tahun. Pengujian Instrumen Penelitian Instrumen pengujian datanya antara lain adalah sebagai berikut :

6. Uji Validitas

Pengujian menggunakan uji dua sisi dengan signifikan (α) 0,05. Untuk menafsirkan hasil uji validitas. Setelah melakukan pengolahan data dengan menggunakan sistem SPSS for window versi 21, maka dapat diperoleh hasil uji validitas Risiko (Ri) sebagai berikut :

Dari hasil pengolahan data variabel Risiko dapat diperoleh hasil uji validitas sebagai terlihat pada tabel 10. berikut :

Tabel 10. Hasil Uji Validitas komponen Risiko (Ri)

Ri	Risiko	Pearson Correlation (r. Hitung)	Sig. (2-tailed)	N	r_table 5%	Keterangan
R1	Pekerja atau alat berat jatuh kedalam galian	.621*	,031	12	0.576	Valid
R2	Mata terkena percikan api dan asap akibat pemotongan besi	.623*	,030	12	0.576	Valid
R3	Pekerja tertimpa bore pile	.677*	,016	12	0.576	Valid
R4	Alat berat menabrak fasilitas sekitar	.644*	,024	12	0.576	Valid
R5	Tertimpa material jatuh ketika di angkat akibat penggalian manual	-.618*	,032	12	0.576	Valid
R6	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah, karena pek. Scaffolding	.605*	,037	12	0.576	Valid
R7	Tertimpa material dari ketinggian dari Tower Crane	.733**	,007	12	0.576	Valid
R8	Tertimpa material ketika pemasangan bekisting	.671*	,017	12	0.576	Valid
R9	Tagan atau kaki bisa terkilir atau patah akibat pembongkaran bekisting	.612*	,034	12	0.576	Valid
R10	Tangan terjepit ketika pekerja membengkokan besi	.724**	,008	12	0.576	Valid
R11	Tertimpa bahan material ketika pengerjaan pengecoran beton	.645*	,023	12	0.576	Valid
R12	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah didalam pemasangan rangka atau penutup atap	.738**	,006	12	0.576	Valid
R13	Gangguan pada saluran pernafasan dalam pekerjaan pembersihan area kerja setelah pemotongan besi	.667*	,018	12	0.576	Valid
R14	Tangan mehupuh atau luka bakar ringan didalam pengecekan material yang telah dipotong	0,519	,084	12	0.576	Not Valid
R15	Gangguan pernafasan akibat debu pasir dan semen akibat pengerjaan plesteran dinding	.642*	,024	12	0.576	Valid
R16	Pekerja terluka akibat terkena potongan keramik	.689*	,013	12	0.576	Valid
R17	Terdapat percikan api menimbulkan kebakaran dalam pengerjaan instalasi listrik	.700*	,011	12	0.576	Valid

Dari tabel 10. tersebut terlihat setiap butir dari variabel secara keseluruhan menunjukkan nilai r_{hitung} lebih besar dari nilai tabel (r_{tabel}), pada taraf signifikan (P)5% dan $df = 10$ yang menunjukkan angka r_{tabel} 0,576 dan dari perbandingan tersebut maka butir-butir pertanyaan dari variabel tahapan perencanaan dinyatakan 16 valid dan 1 yang tidak valid.

7. Uji Reliabilitas

Dalam penelitian ini untuk pengujian reliabilitas instrumen, penelitian ini menggunakan rumus Alpha Cronbach's. Reliabilitas merupakan konsistensi dan stabilitas dari pengukuran instrument. Apabila Cronbach's Alpha > 0.6 menunjukan instrumen yang digunakan *reliable*. Dari hasil pengolahan data variabel Tahapan Perencanaan dapat diperoleh hasil uji Reliabilitas sebagai terlihat pada table 11. sebagi berikut :

Tabel 11 Item-total Statistic

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.883	.880	17

Data Tabel 11. diatas dapat disimpulkan bahwa dari *Statistics* terdapat 17 pertanyaan yang *reliable* (handal), dikatakan handal karena hasil *Statistics* keseluruhan variabel nilai *alpha* besar dari >0,6.

4.2.2 Variabel Risiko K3 Pada Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman

Dalam menganalisa variabel-variabel risiko K3 yang terjadi, maka harus identifikasi kondisi-kondisi ketidak pastian yang menimbulkan risiko, sumber risiko beserta pengaruhnya pendekatan yang diambil untuk mengidentifikasi faktor risiko dan yang menjadi variabel dalam penelitian ini adalah dengan mengadakan studi literatur.

Berikut ini adalah contoh hasil dari Variabel-variabel Risiko, dapat dilihat pada Tabel 12. Berikut:

Tabel 12. Variabel- variabel Risiko

No.	Proses	Ri	Keterangan Risiko
1	Galian tanah /Timbunan dengan Excavator	R1	Pekerja atau alat berat jatuh kedalam galian
2	Aktifitas pemotongan	R2	Mata terkena percikan api dan asap akibat pemotongan besi
3	Pekerjaan pondasi <i>bore Pile</i>	R3	Pekerja tertimpa bore pile
4	Galian/timbunan dengan menggunakan alat berat	R4	Alat berat menabrak fasilitas sekitar
5	Galian Manual	R5	Tertimpa material jatuh ketika di angkat akibat penggalian manual
6	Pekerjaan <i>Scaffolding</i>	R6	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah, karena pek. <i>Scaffolding</i>
7	Lifting material dengan tower crane	R7	Tertimpa material dari ketinggian dari Tower Crane
8	Pekerjaan pembuatan bekisting	R8	Tertimpa material ketika pemasangan bekisting
9	Pekerjaan pembongkaran Bekisting	R9	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah akibat pembongkaran bekisting
10	Pekerjaan pembesian	R10	Tangan terjepit ketika pekerja membengkokkan besi
11	Pekerjaan pengecoran	R11	Tertimpa bahan material ketika pengerjaan pengecoran beton
12	Pemasangan Rangka atap dan penutup atap	R12	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah didalam pemasangan rangka atau penutup atap
13	Membersihkan dan merapikan area kerja setelah pr	R13	Gangguan pada saluran pernafasan dalam pekerjaan pembersihan area kerja setelah pemotongan besi
14	Mengecek kembali material yang telah di Potong	R14	Tangan melupuh atau luka bakar ringan didalam pengecekan material yang telah dipotong
15	Pemasangan dinding plesteran	R15	Gangguan pernafasan akibat debu pasir dan semen akibat pengerjaan plesteran dinding
16	Pemasangan keramik	R16	Pekerja terluka akibat terkena potongan keramik
17	Instalasi listrik	R17	Terdapat percikan api menimbulkan kebakaran dalam pengerjaan instalasi listrik

Analisis Penilaian Risiko K3

Penilaian risiko berdasarkan Metode HIRARC yang merupakan data hasil wawancara, kuisisioner dan pengamatan langsung dilapangan mengenai risiko-risiko yang terjadi pada proyek. Setelah pengumpulan data selesai dilakukan, maka selanjutnya data-data yang telah diperoleh baik data kuisisioner penilaian maupun data hasil wawancara diolah melalui tahapan pengolahan

data. Risiko diformulasikan sebagai fungsi dari kemungkinan terjadi (*likelihood*) dan dampak negative (*impact*). Atau indeks risiko = probabilitas (*Likelihood*) × Dampak (*Impact*). Dapat dilihat rumus sebagai berikut :

Darai hasil penilaian resiko terdapat tiga tingkat resiko yaitu.1. Exstrem, 2. High. Berikut ini adalah contohhasil dari penilaian risiko dapat dilihat padaTabel 13. berikut :

Tabel 13. Penilaian Risiko

Penilaian Risiko					
No.	Proses	Ri	Keterangan Risiko	Rata-rata Risiko	Tingkat Risiko
1	Galian tanah /Timbunan dengan Excavator	R1	Pekerja atau alat berat jatuh kedalam galian	8,58333	High
2	Aktifitas pemotongan	R2	Mata terkena percikan api dan asap akibat pemotongan besi	10,33333	High
3	Pekerjaan pondasi <i>bore Pile</i>	R3	Pekerja tertimpa bore pile	15,00000	Extrim
4	Galian/timbunan dengan menggunakan alat berat	R4	Alat berat menabrak fasilitas sekitar	9,66667	High
5	Galian Manual	R5	Tertimpa material jatuh ketika di angkat akibat penggalian manual	8,66667	High
6	Pekerjaan <i>Scaffolding</i>	R6	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah, karena pek. <i>Scaffolding</i>	11,83333	High
7	Lifting material dengan tower crane	R7	Tertimpa material dari ketinggian dari Tower Crane	18,08333	Extrim
8	Pekerjaan pembuatan bekisting	R8	Tertimpa material ketika pemasangan bekisting	8,00000	High
9	Pekerjaan pembongkaran Bekisting	R9	Tagan atau kaki bisa terkilir atau patah akibat pembongkaran bekisting	8,50000	High
10	Pekerjaan pembesian	R10	Tangan terjepit ketika pekerja membengkokan besi	9,41667	High
11	Pekerjaan pengecoran	R11	Tertimpa bahan material ketika pengerjaan pengecoran beton	8,33333	High
12	Pemasangan Rangka atap dan penutup atap	R12	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah didalam pemasangan rangka atau penutup atap	14,75000	Extrim
13	Membersihkan dan merapikan area kerja setelah proses pemotongan	R13	Gangguan pada sahran pernafasan dalam pekerjaan pembersihan area kerja setelah pemotongan besi	6,58333	High
14	Mengecek kembali material yang telah di Potong	R14	Tangan melupuh atau luka bakar ringan didalam pengecekan material yang telah dipotong	7,25000	High
15	Pemasangan dinding plesteran	R15	Gangguan pernafasan akibat debu pasir dan semen akibat pengerjaan plesteran dinding	8,58333	High
16	Pemasangan keramik	R16	Pekerja terluka akibat terkena potongan keramik	9,33333	High
17	Instalasi listrik	R17	Terdapat percikan api menimbulkan kebakaran dalam pengerjaan instalasi listrik	14,83333	Extrim

Table 14. Penilain Risiko (Boy, et al 2017)

Prab (P)	Imperc (I)				
	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Terdapat 17 proses pekerjaan yang mengakibatkan kecelakaan kerja. Nilai risiko yang terdapat dalam resiko Exstrem sebanyak 23,53%, risiko High sebanyak 76,47%.

4.2.3 Pengendalian Risiko (Risk Control)

Pengendalian risiko (*Risk Control*) adalah cara untuk mengatasi potensi bahaya yang terdapat dalam lingkungan kerja. Potensi bahaya tersebut dapat dikendalikan dengan menentukan suatu skala prioritas terlebih dahulu yang kemudian dapat membantu dalam prioritas terlebih dahulu yang kemudian dapat membantu dalam pemilihan pengendalian resiko yang disebut hirarki pengendalian resiko. Pengendalian

risiko dapat mengikuti Pendekatan Hirarki Pengendalian (*Hirarchy of Control*). Hirarki pengendalian resiko adalah suatu urutan-urutan dalam pencegahan dan pengendalian resiko yang mungkin timbul yang terdiri dari beberapa tingkatan secara berurutan. Berikut ini adalah contoh hasil dari pengendalian risiko dapat dilihat pada Tabel 11. berikut :

Tabel 11. Hasil pengendalian risiko

No.	Proses	Ri	Keterangan Risiko	Rata-rata Risiko	Tingkat Risiko	Risk Control	HIRARCY Of Control
1	Galian tanah /Timbunan dengan Excavator	R1	Pekerja atau alat berat jatuh kedalam galian	8,58333	High	SOP Penggalian tanah yang baik dan benar	Administratif
2	Aktifitas pemotongan	R2	Mata terkena percikan api dan asap akibat pemotongan besi	10,33333	High	Memodifikasi APD yang telah di gunakan tetapi tetap sesuai dengan SOP yang berlaku	Rekayasa Engineering
3	Pekerjaan pondasi <i>bore Pile</i>	R3	Pekerja tertimpa <i>bore pile</i>	15,00000	Extrim	SOP cara mengerjakan pondasi <i>bore pile</i> yang baik dan benar	Administratif
4	Galian/timbunan dengan menggunakan alat berat	R4	Alat berat menabrak fasilitas sekitar	9,66667	High	SOP Penggalian tanah yang baik dan benar	Administratif
5	Galian Manual	R5	Tertimpa material jatuh ketika di angkat akibat penggalian manual	8,66667	High	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
6	Pekerjaan <i>Scaffolding</i>	R6	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah, karena pek. <i>Scaffolding</i>	11,83333	High	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
7	Lifting material dengan tower crane	R7	Tertimpa material dari ketinggian dari Tower Crane	18,08333	Extrim	SOP cara pengangkatan yang baik dan benar	Administratif
8	Pekerjaan pembuatan bekisting	R8	Tertimpa material ketika pemasangan bekisting	8,00000	High	SOP mengerjakan yang baik dan benar	Administratif
9	Pekerjaan pembongkaran Bekisting	R9	Tagan atau kaki bisa terkilir atau patah akibat pembongkaran bekisting	8,50000	High	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
10	Pekerjaan pembesian	R10	Tangan terjepit ketika pekerja membengkokan besi	9,41667	High	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
11	Pekerjaan pengecoran	R11	Tertimpa bahan material ketika pengerjaan pengecoran beton	8,33333	High	SOP mengerjakan yang baik dan benar	Administratif
12	Pemasangan Rangka atap dan penutup atap	R12	Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah didalam pemasangan rangka atau penutup atap	14,75000	Extrim	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
13	Membersihkan dan merapikan area kerja setelah proses pemotongan	R13	Gangguan pada saluran pernafasan dalam pekerjaan pembersihan area kerja setelah pemotongan besi	6,58333	High	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
14	Mengecek kembali material yang telah di Potong	R14	Tangan melupuh atau luka bakar ringan didalam pengecekan material yang telah dipotong	7,25000	High	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
15	Pemasangan dinding plesteran	R15	Gangguan pernafasan akibat debu pasir dan semen akibat pengerjaan plesteran dinding	8,58333	High	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
16	Pemasangan keramik	R16	Pekerja terluka akibat terkena potongan keramik	9,33333	High	Menggunakan APD sesuai dengan SOP yang berlaku	Alat Perlindungan Diri (APD)
17	Instalasi listrik	R17	Terdapat percikan api menimbulkan kebakaran dalam pengerjaan instalasi listrik	14,83333	Extrim	SOP mengerjakan yang baik dan benar	Administratif

Dari hasil pengolahan data penggolongan Matriks Risiko di peroleh 4 (empat) Variabel dengan level risiko yang sangat

tinggi *Extrim*, (23,53%), yaitu Tertimpa *bore pile*, Tangan atau kaki bisa terkilir atau patah, Tertimpa material dari ketinggian,

tangan atau kaki bisa terkilir atau patah dan Terdapat percikan api menimbulkan kebakaran, untuk Level risiko tinggi *High* (76,47%) diperoleh 13 Variabel, yaitu Pekerja atau alat berat jatuh kedalam galian, Mata terkena percikan Api dan asap, Alat berat menabrak fasilitas sekitar, Tangan terjepit ketika pembengkokan besi, Gangguan pernafasan akibat debu pasir dan semen. Dengan pengendalian nya adalah memodifikasi APD yang telah di gunakan tetapi sesuai dengan SOP yang berlaku.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan Hasil pengolahan data yang di lakukan dengan menggunakan SPSS versi 2.1 dan menggunakan metode HIRARC. Dari hasil penelitian tersebut Penulis dapat menyimpulkan hasil sebagai berikut :

1. Dari hasil variabel secara keseluruhan menunjukkan nilai r_{hitung} lebih besar dari nilai tabel (r_{tabel}), pada taraf signifikan (P) 5% dan $df = 10$ yang menunjukkan angka r_{tabel} 0,576 dan dari perbandingan tersebut maka butir-butir pertanyaan dari variabel tahapan perencanaan dinyatakan 16 valid dan 1 tidak valid.
2. Dari hasil Uji Reliabilitas menggunakan SPSS 2.1. dapat disimpulkan bahwa dari *Statistics* terdapat 17 pertanyaan yang *reliable* (handal), dikatakan handal karena hasil *Statistics* keseluruhan variabel nilai α besar dari $>0,6$.
3. Dari hasil pengolahan data Metode HIRARC, dapat disimpulkan bahwa penggolongan Matriks Risiko di peroleh 4 Variabel dengan level risiko yang *Extrim* (23,53%), dan Level risiko *High* (76,47%) diperoleh 13 Variabel, maka tingkat risiko paling tertinggi adalah *Extrim* dan paling banyak persentasenya yaitu *High* sebanyak (76,47%).

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah penulis lakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Pelaksanaan penelitian di proyek "Pembangunan Gedung Asrama Haji Padang Pariaman" terdapat dokumen RK3K nya tidak lengkap. Maka untuk penerapan SMK3K telah di atur Permen PU No05/2014.

2. Dari hasil Uji Validitas Menunjukkan Bahwa setiap butir dari variabel secara keseluruhan menunjukkan nilai r_{hitung} lebih besar dari nilai tabel (r_{tabel}), pada taraf signifikan (P) 5% dan $df = 10$ yang menunjukkan angka r_{tabel} 0,576 dan dari perbandingan tersebut maka butir-butir pertanyaan dari variabel tahapan perencanaan dinyatakan 16 valid dan 1 tidak valid.
3. Dari hasil Uji Reliabilitas menggunakan SPSS 2.1. dapat disimpulkan bahwa dari *Statistics* terdapat 17 pertanyaan yang *reliable* (handal), dikatakan handal karena hasil *Statistics* keseluruhan variabel nilai α besar dari $>0,6$.
4. Dari hasil pengolahan data Metode HIRARC, dapat disimpulkan bahwa penggolongan Matriks Risiko di peroleh 4 Variabel dengan level risiko yang *Extrim* (23,53%), dan Level risiko *High* (76,47%) diperoleh 13 Variabel, maka tingkat risiko paling tertinggi adalah *Extrim* dan paling banyak persentasenya yaitu *High* sebanyak (76,47%).

6. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dibuat, maka penulis mengemukakan beberapa saran sebagai berikut :

A. Bagi Perusahaan

1. Perusahaan jasa kontruksi harus menerapkan SMK3 yang relevan, guna pekerja dapat memahami peraturan yang ada di perusahaan.
2. Perusahaan diharapkan menciptakan tingkat keselamatan kerja yang lebih kuat dan memperhatikan kelengkapan (APD), Supaya kecelakaan kerja tidak terjadi.
3. Perusahaan diharapkan untuk memenuhi persyaratan perundang-undang yang berlaku,
4. Perusahaan harus memerhatikan kelengkapan pekerja saat bekerja, supaya pekerja tidak terjadi kecelakaan kerja.

B. Bagi peneliti selanjutnya

Peneliti selanjutnya diharapkan untuk mengembangkan hasil penelitian ini dan melibatkan Variabel-variabel yang relevan berkaitan dengan kebijakan, perencanaan, lingkungan kerja terhadap produktifitas pekerja. Dengan harapan hasil penelitian lebih akurat dan memiliki manfaat yang jauh

lebih besar, sehingga dapat meningkatkan pengetahuan dan Penerapan SMK3.

DAFTAR PUSTAKA

- Almani, Rahim, 2014. *Persepsi Karyawan Terhadap Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di PT. Semen Tonasa*. Jurnal MKMI, Maret 2014, hal 43-50
- Boy, W., Suripin, & Wibowo, M. A. (2017). Construction risk management model of housing reconstruction basing the community after earthquake disaster. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(10), 1220–1236. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85032633202&partnerID=40&md5=ae632119d510a287a09b269cb2af1f03>
- Josephus, 2016. *Analisis Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (SMK3) Di RSIA Kasih Ibu Manado*. Jurnal Ilmiah Farmasi UNSRAT Vol.5 No. 1 Februari 2016 ISSN: 2302-2493
- Kani, 2014. *Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Pada Pelaksanaan Proyek Kontruksi (Studi Kasus : Proyek PT. Trakindo Utama)*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No. 6 Mei 2013 (430-433) ISSN: 2337-6732.
- Latief, yanto and Devi, 2017. *Analisis Of Relation Between Safety Cost and OHS Performance In Bulding Construction To Improve Safety Performance. International Journal Of Civil And Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol. 17 No. 05*
- Luckyta, 2015. *Pengaruh Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek Kontruksi*. Jurnal Sipil Statik Vol.3 Juni 2015 (373-382) ISSN: 2337-6732.
- Mursid, 2017. *Pengaruh Pelatihan Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan (P3K) Terhadap Tingkat Pengetahuan Siswa/Siswi tentang pertolongan pertama pada kecelakaan*. Jurnal Ilmu Kesehatan Makia, Vol.4 No.1 Februari 2017.
- Prasetyo, 2014. *Analisis Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (SMK3) di Unit Offset PT. Pura Barutama Kudus*. Jurnal Keperawatan Dan Kesehatan Vol.2 No.2 Maret 2014, ISSN:2252-8865
- Rusli, Hamzah and Asdar, 2017. *Implementation Of The Management System On Safety And Healt To Contruction Workers. International journal Of Engineering Invetions volume, 6 Issue 6 June 2017 PP :35-39 e- ISSN: 2278-7461, p- ISSN : 2319-6491*.
- Santoso, Parwati dan Yusuf, 2016. *Analisis Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (SMK3) Dengan Pendekatan Faktor Kesalahan Manusia Di PT. Khalifah Niaga Lantabura*. Jurnal REKAVASI Vol, 4 No. 1 Mei 2016 37-46 ISSN : 2338-7750.
- Soputan, 2014. *Manajemen Risiko Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3)*. Jurnal Ilmiah Media Eengineering Vol.4 No. 4 Desember 2014 (229-238) ISSN: 2087-9334
- Toding, Umboh, dan Josephus, 2016. *Analisis Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (SMK3) Di RSIA Kasih Ibu Manado*. Jurnal Ilmiah Farmasi UNSRAT Vol.5 No. 1 Februari 2016 ISSN: 2302- 2493
- Tomy, Arief And Achfas 2018. *Evaluation Of Occupational Health And Safety Management System In Construction Project. Eurasia: Economics And Business, 8(14) Agust 2018*
- Wiyasa, 2015. *Manajemen Risiko Kesehatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Pembangunan Ciputra World Jakarta*. Jurnal Spektran Vol.3.No.1.Januari 2015

**PEMODELAN AIR TANAH DI CEKUNGAN AIR TANAH (CAT) SINGARAJA
DENGAN VISUAL MODFLOW**

Ketut Agus Karmadi, I.W. Redana, I. W. Simpen
Program Doktor Fakultas Teknik, Universitas Udayana

*Email: agus.karmadi@gmail.com

ABSTRAK

Cekungan Air Tanah (CAT) Singaraja adalah merupakan cekungan air tanah utama andalan untuk wilayah Singaraja dan sekitarnya. Begitu pentingnya Cekungan Air Tanah tersebut bagi penduduk di Singaraja maka CAT ini sangat perlu sekali untuk di jaga agar potensi air tanah tersebut tidak mengalami degradasi secara drastis mengalami penurunan akibat pemboran air tanah yang berlebihan karena pada daerah tersebut merupakan daerah pariwisata dan perumahan. Untuk melihat perilaku terhadap perubahan muka air tanah yang terjadi di CAT Singaraja maka dilakukan pemodelan air tanah dengan menggunakan program Visual MODFLOW Premium 4.3.. Program tersebut selanjutnya dikalibrasi dengan menggunakan data muka air yang dianalisis oleh Subdin ESDM Provinsi Bali pada tahun 2000. Setelah dilakukan kalibrasi maka dilakukan analisis pemodelan sampai dengan tahun 2021 sehingga diperoleh hasil kondisi muka airnya. Berdasarkan hasil muka air pada tahun 2000 maka selanjutnya dilakukan skenario dengan meningkatkan jumlah pemompaan di seluruh lokasi baik secara kuantitas maupun secara areal. Berdasarkan hasil skenario tersebut maka terjadi surutan yang lebih besar pada skenario I sampai dengan skenario III dibandingkan dengan surutan yang terjadi pada skenario IV sampai dengan skenario VI.

Kata kunci: Air Tanah, CAT Singaraja, Visual MODFLOW 4.3.

ABSTRACT

The Singaraja Groundwater Basin (CAT) is the mainstay groundwater basin for the Singaraja region and its surroundings. Once the importance of the Groundwater Basin for residents in Singaraja, this CAT is very necessary to be maintained so that the potential for groundwater does not experience drastic degradation due to excessive groundwater drilling because the area is a tourism and residential area. To see the behavior of groundwater level changes that occur in the Singaraja CAT, groundwater modeling is carried out using the Visual MODFLOW Premium 4.3 program. The program is then calibrated using water level data which was analyzed by the ESDM Sub-Department of Bali Province in 2000. After calibration Then the modeling analysis is carried out until 2021 so that the results of the water level conditions are obtained. Based on the results of the water level in 2000, the next scenario was carried out by increasing the amount of pumping in all locations both in terms of quantity and area. Based on the results of these scenarios, there will be a larger downturn in scenario I to scenario III compared to that in scenario IV to scenario VI.

Keywords: Groundwater, Singaraja CAT, Visual MODFLOW 4.3.

PENDAHULUAN

Sebagai daerah tujuan wisata di Indonesia, Kabupaten Buleleng dan sekitarnya termasuk salah satu kawasan yang terletak di Bali Utara yang mengalami kemajuan pembangunan secara pesat, terutama sarana fisik dan berbagai fasilitas dalam menunjang kegiatan sektor pariwisata yang menjadi andalan utama untuk pendapatan asli daerah (PAD). Perkembangan pembangunan yang demikian itu, ditambah dengan kebutuhan akan air untuk irigasi, serta pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat, merupakan faktor utama terjadinya peningkatan kebutuhan akan air bersih, yang sebagian besar dipasok dari air tanah. Peningkatan kebutuhan akan air bersih yang bersumber dari pasokan air tanah tersebut telah menyebabkan peningkatan penggunaan air tanah. Konsekuensinya, degradasi air tanah di daerah tersebut terjadi, sehingga upaya pengelolaan air tanah berbasis cekungan air tanah perlu terus dilakukan agar degradasi secara menerus yang sangat merugikan tidak terjadi.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, salah satu upaya teknis pengelolaan air tanah di Cekungan Air Tanah Bali Utara yang mencakup Kota Singaraja, berbatasan di selatan Kabupaten Tabanan, dan Kab. Badung, di Timur dengan Kab. Karangsem dan di Barat dengan Kab. Jembrana. seluas sekitar 2080 km² (Gambar 1) perlu dilakukan melalui penyusunan model simulasi aliran air tanah. Tujuannya untuk menyusun skenario pengambilan air tanah yang dapat digunakan sebagai dasar pengendalian pengambilan air tanah bagi pemerintah daerah setempat dalam rangka konservasi air tanah CAT Bali Utara.

Makalah ini menyajikan uraian tentang hasil simulasi aliran air tanah dan penyusunan skenario penggunaan air tanah di CAT Bali utara yang meliputi CAT Singaraja, dengan menerapkan program aplikasi Visual Modflow Versi 4.3.



Gambar 01 : Peta wilayah penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

Pemodelan air tanah adalah peniruan kondisi sistem air tanah dengan cara penyederhanaan sistem air tanah dan upaya manusia dalam pengelolaan yang berkaitan dengan air tanah. Prinsip pemodelan air tanah adalah untuk memperkirakan seberapa jauh perubahan

kondisi muka air tanah akan terjadi di masa mendatang akibat pola pengembangan air tanah yang sedang berlangsung atau akibat usulan pengelolaan baru.

Evaluasi kondisi air tanah saat ini merupakan interpretasi hasil simulasi kondisi saat ini dan evaluasi kondisi air tanah di masa mendatang merupakan interpretasi hasil simulasi kondisi air tanah di kemudian hari. Peramalandampak akibat perubahan alam dan aktifitas manusia terhadap sistem air tanah, dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk usulan pengembangan selanjutnya.

Pemodelan air tanah mengalami perkembangan. Berbagai cara untuk menilai kondisi air tanah dikembangkan, misalnya laju imbuhan air tanah dihitung dengan ArcGIS dan *Modflow* yang telah diterapkan sebagai kondisi batas imbuhan untuk model airtanah regional Provinsi Bali.

1 Kondisi MA Tanah Dangkal di CAT Singaraja

Sumur dangkal berupa sumur gali penduduk banyak ditemukan di wilayah Kecamatan Banjar, dengan tinggi muka air mulai 1,4 m sampai 17,1 m bmt dan di wilayah Kecamatan seririt 0,6 m sampai yang paling dalam 13 m bmt. Muka air tanah pada sumur gali penduduk di Kecamatan Buleleng, Sukasada, dan Sawan pada umumnya cukup dangkal yaitu < 7 m dari muka tanah, dengan kedalaman maksimum 7,82 m.

PU, JICA (1990) telah melakukan pengukuran muka air tanah dangkal dan pada tahun 2001 ESDM Provinsi Bali melakukan kembali pengukuran muka air tanah dangkal dari sumur gali. Dari kedua pengukuran tersebut terdeteksi adanya pergeseran pola garis kontour muka air tanah 20 m dari Selatan ke Utara. Kedudukan muka air tanah dangkal yang diukur melalui sumur gali di daerah dataran Kalibukbuk adalah 1,5 – 3,5 mdmt, sedangkan di daerah perbukitan 11,8 – 17,5 mdmt (ESDM, 2006).

Secara umum berdasarkan pengukuran, pola muka air tanah dangkal pada periode tahun 1990-1995 digambarkan pada peta kontour muka air, dengan arah aliran dari Selatan ke Utara. Pola muka air tanah bebas tahun 1990 dan tahun 1995 tidak berubah, sedangkan kedudukan muka air tanah bebas sedikit bergeser dari Utara ke arah Selatan 1-5 m.

2 Sistem Akuifer Cekungan Air Tanah (CAT) Singaraja

Gambaran sistem akuifer di cekungan air tanah Singaraja dapat dikelompokkan menjadi 2 lapisan yaitu; di bagian atas merupakan akuifer bebas dan dibagian bawah merupakan akuifer terkekang. Berdasarkan hasil pendugaan geolistrik, dijumpai akuifer bebas yang mempunyai kedalaman sangat beragam dari 3 m sampai 15 m dmt (di bawah muka tanah), sedangkan akuifer terkekang terdiri dari akuifer terkekang I dengan kedalaman dari 3 m sampai 35 mdmt dan dengan ketebalan rata-

rata 10 m sampai 30 m. Kelompok akuifer terkekang II, mempunyai kedalaman pada interval kedalaman 22 m sampai 75 mdmt dan ketebalan akuifer bervariasi antara 24 m sampai 94 m, sedangkan kisaran umum adalah 50 m sampai 70 m. Akuifer utama yang berperan pada cekungan air tanah Singaraja adalah akuifer terkekang I dan II.

METODOLOGI

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah pemodelan air tanah dengan menggunakan model dari VISUAL MODFLOW. Program ini digunakan untuk melihat hasil perilaku pergerakan air tanah. Untuk program MODFLOW ada beberapa mesin atau algoritma perhitungan yang tersedia yaitu MODFLOW 96, MODFLOW 2000, MODFLOW 2005, MODFLOW SURFACT, dan MODFLOW Seawat 2000. Untuk lokasi studi, algoritma yang digunakan menggunakan mesin MODFLOW SURFACT dengan tipe simulasi *unsteady state flow* (aliran tak langgeng). Berdasarkan hasil simulasi setelah dilakukan kalibrasi dan verifikasi model tersebut, dapat dilihat hasil keluaran model berupa pergerakan besarnya kecepatan aliran air tanah baik besar maupun arah aliran yang terjadi, serta proses muka airnya.

Model simulasi air tanah yang digunakan pada studi ini adalah menggunakan *software* Visual MODFLOW Premium versi 4.3. Perangkat lunak ini merupakan sebuah program komputer yang dapat mensimulasikan aliran tanah tiga dimensi yang melewati media *porous* dengan menggunakan metode beda hingga (*finite-difference*) (McDonald dan Harbaugh, 1988).

1. Dasar Teoritis MODFLOW

Proses terjadinya aliran air tanah, dijelaskan dengan aspek dasar teori air tanah. Persamaan aliran yang digunakan dalam program MODFLOW adalah dengan mengasumsikan sebuah kotak dimana aliran yang masuk ke dalam kotak dari berbagai arah sumbu dikurangi oleh aliran yang ke luar kotak dari berbagai arah sumbu sama dengan nol, yaitu untuk aliran langgeng (*steady state groundwater flow*), seperti yang terlihat berikut ini (Harbaugh, et al. 2000):

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} \Delta x \cdot \Delta z \cdot \Delta y + \frac{\partial v_y}{\partial y} \Delta y \cdot \Delta z \cdot \Delta x + \frac{\partial v_z}{\partial z} \Delta z \cdot \Delta x \cdot \Delta y = 0 \dots\dots\dots 1.1$$

$$V_x = -k \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad V_y = -k \frac{\partial \phi}{\partial y} \quad V_z = -k \frac{\partial \phi}{\partial z} \dots\dots\dots 1.2$$

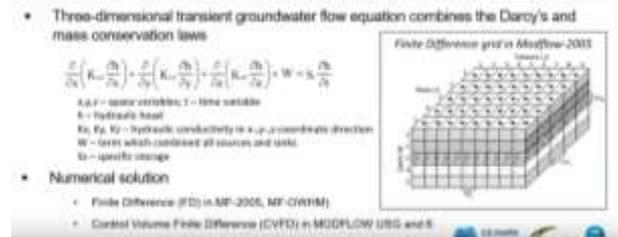
$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \text{ atau } \nabla^2 \phi = 0 \dots\dots\dots 1.4$$

Persamaan umum yang digunakan untuk aliran air tanah lekang yang diadopsi oleh MODFLOW adalah sebagai berikut (Harbaugh, et al. 2000):

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \dots\dots\dots 1.5$$

dengan keterangan K_{xx} , K_{yy} , K_{zz} adalah nilai kelulusan hidraulik arah sumbu x, y, dan z, h adalah

tinggi potensiometri, W adalah fluks volume, S_s adalah tampungan spesifik pada material porous.



Gambar : 02. Kenampakan 3 dimensi aliran air tanah (Finite Difference), Hukum Darcy.

Persamaan tersebut di atas dapat diselesaikan dengan menggunakan beda hingga (*finite difference*) yang dibagi berdasarkan grid. Persamaan yang dihasilkan dengan menggunakan beda hingga untuk aliran tak langgeng adalah sebagai berikut (Harbaugh, et al. 2000):

$$CR_{i,j,\frac{1}{2},k} (h_{i,j-1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CR_{i,j,\frac{1}{2},k} (h_{i,j+1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CC_{i-\frac{1}{2},j,k} (h_{i-1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CC_{i+\frac{1}{2},j,k} (h_{i+1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} (h_{i,j,k-1}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} (h_{i,j,k+1}^m - h_{i,j,k}^m) + P_{i,j,k} h_{i,j,k}^m + Q_{i,j,k} = SS_{i,j,k} (DEL R_j \times DEL C_i \times THICK_{i,j,k}) \frac{h_{i,j,k}^m - h_{i,j,k}^{m-1}}{t^m - t^{m-1}} \dots\dots\dots 1.6$$

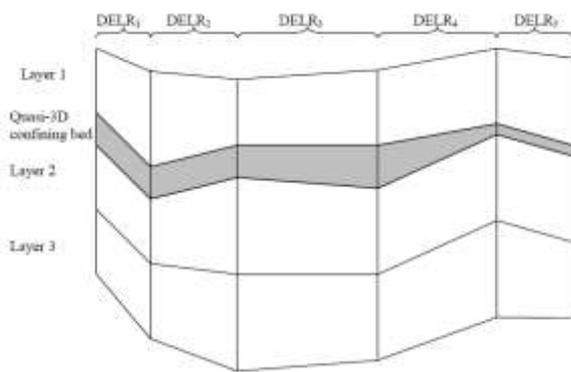
Keterangan :

$h_{i,j,k}^m$, tinggi pada kotak cell i, j, k pada waktu m (m); m k, j, i CC, CR, CV, konduktivitas hidraulik atau branch konduktivitas antara node i, j, k $P_{i,j,k}$ jumlah koefisien ketinggian dari sumbernya dan keluarannya (m^2/s); $Q_{i,j,k}$, jumlah konstan dari sumbernya dan keluarannya dengan $Q_{i,j,k} < 0.0$ untuk aliran keluaran dari sistem air tanah dan $Q_{i,j,k} > 0.0$ untuk aliran masuk dalam sistem (m^3/s); $SS_{i,j,k}$, spesifik storage (1/m); $DEL R_j$, lebar cell pada kolom j pada semua baris (m); $DEL C_i$, lebar cell pada baris I pada semua kolom (m); $THICK_{i,j,k}$, tebal dari setiap cell I, j, k (m); t^m , waktu pada waktu m (detik).

Persamaan ini merupakan bentuk diskritisasi dari persamaan sebelumnya yang bersifat kontinu (atau menerus). Jika dijumpai dua sistem akuifer dengan sekat akuifer di antara keduanya, maka rumus tersebut di atas berlaku untuk masing-masing akuifer dengan datanya sendiri-sendiri (termasuk kondisi batasnya) ditambah dengan rumus aliran air tanah yang melalui akuifer.

Untuk persamaan aliran langgeng maka persamaan yang diatas dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut ini (Harbaugh, et al. 2000):

$$CR_{i,j,\frac{1}{2},k} (h_{i,j-1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CR_{i,j,\frac{1}{2},k} (h_{i,j+1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CC_{i-\frac{1}{2},j,k} (h_{i-1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CC_{i+\frac{1}{2},j,k} (h_{i+1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k-\frac{1}{2}} (h_{i,j,k-1}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k+\frac{1}{2}} (h_{i,j,k+1}^m - h_{i,j,k}^m) + P_{i,j,k} h_{i,j,k}^m + Q_{i,j,k} = 0$$



Gambar 3 Penampang melintang dari sistem akuifer berdasarkan baris

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan air tanah dengan Visual Modflow 4.3 digunakan untuk melihat model perilaku aliran air tanah di Cekungan Air Tanah (CAT) Singaraja dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah umum digunakan. Pemodelan air tanah merupakan pendekatan suatu sistem yang ada di dalam tanah. Jadi proses pemodelan tersebut sedapat mungkin dilakukan peniruan sistem aliran air tanah yang terjadi dengan melihat kondisi kenyataan di lapangan.

Peniruan sistem tersebut maka diperlukan karakteristik dari daerah tersebut yaitu berupa parameter air tanah. Parameter tersebut merupakan masukan dari program Visual Modflow agar dapat dijalankan. Pemodelan air tanah dengan Visual Modflow dapat berjalan apabila data yang diperlukan tersedia, untuk itu maka diperlukan pengumpulan data yang berkaitan dengan air tanah di CAT Singaraja.

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan penggunaan air tanah yaitu yang berkaitan dengan eksploitasi air tanah untuk berbagai keperluan. Pemanfaatan air tanah di masyarakat sangat banyak dan secara signifikan pemanfaatan air tanah dilakukan oleh industri. Data yang telah berhasil dikumpulkan terdiri sumur gali dan sumur bor yang diperoleh dari P2AT dan juga dari Sub Dinas ESDM yang berkaitan dengan izin perolehan pemanfaatan air tanah serta kajian atau studi yang berkaitan dengan air tanah pada tahun-tahun sebelumnya.

2. Model Air Tanah Singaraja

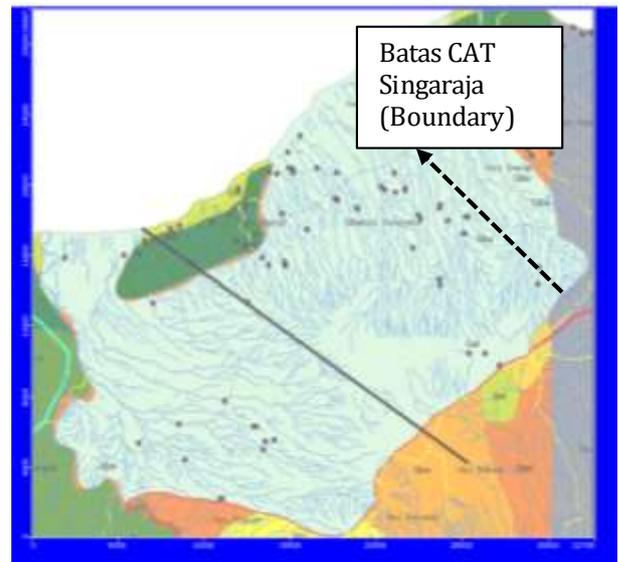
Pemodelan airtanah merupakan suatu pendekatan untuk menirukan keadaan pergerakan air tanah baik secara vertical maupun horizontal. Secara prinsip bahwa pemodelan ini menggunakan kaidah - kaidah atau persamaan yang telah umum digunakan untuk memperkirakan besaran maupun distribusi pergerakan air tanah. Pada lokasi studi pemodelan terdiri dari dua akuifer dengan tiga lapisan dengan kedalaman lapisan akuifer yang dibuat sekitar 100 m dan lapisan diantara akuifer sekitar 1m. Untuk menirukan pergerakan air tanah seperti yang telah

disebutkan pada bahasan sebelumnya menggunakan program Visual Modflow 4.3 maka perlu untuk melakukan inputing data-data yang diperlukan.

3. Data Input untuk Pemodelan.

a. Data Spasial

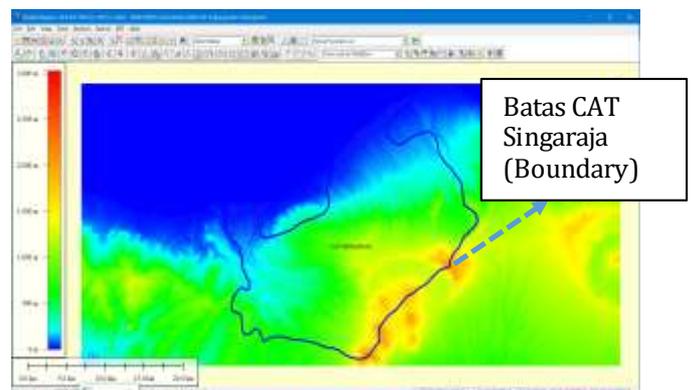
Dalam memodelkan air tanah langkah awal adalah pembuatan peta spasial dengan mengambil batas CAT yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Daerah dalam hal ini Sub Dinas ESDM Provinsi Bali. Penentuan Batas (boundary) ini sangat penting untuk membatasi area CAT tersebut dengan menggunakan software GIS (Geographic Information system) dengan sistem proyeksi WGS 84 dari Bakosurtanal (BIG) yaitu menggunakan Software ArcGIS seperti terlihat pada gambar berikut.

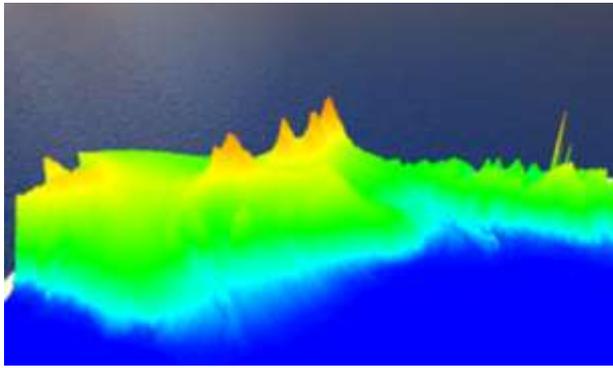


Gambar 02. Peta Area CAT Singaraja

b. Inputing Data DEM

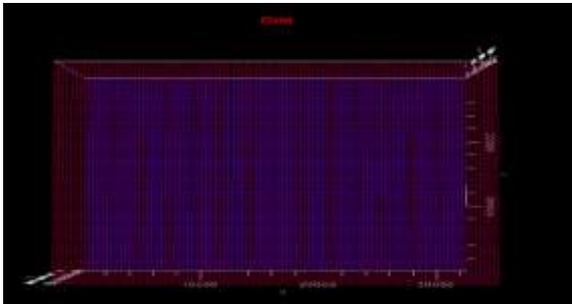
Langkah selanjutnya adalah pembuatan Peta DEM (digital elevation Model) untuk mendapatkan elevasi dari are CAT dan pembuatan 3D . DEM di dapat dengan mendownload dari DEMNAS dengan menggunakan software Global Mapper. Selanjutnya diinput di Modflow dengan perintah : *Impor elevation*.





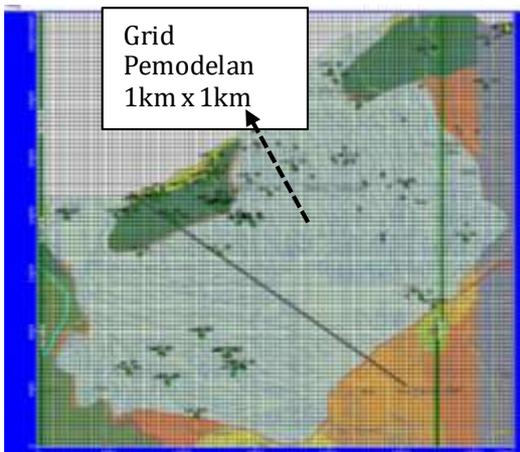
c. Import Elevation

Digital Elevation Model (DEM) atau model ketinggian yang telah didperoleh dengan menggunakan softawer Global Mapper, selanjutnya diimport di modflow sehingga ketinggian atau elevasi akan muncul seperti gambar berikut:



1) Data Grid Model

Sebagai langkah awal dalam pemodelan tersebut adalah melakukan pembagian grid atau segmentasi terhadap CAT Singaraja dengan ukuran yang diinginkan. Adapun ukuran grid yang digunakan adalah sebesar 1 km x 1 km dengan luas CAT Singaraja kl. 1012.62 km². Pembagian lokasi studi menjadi ukuran yang lebih kecil diharapkan agar supaya parameter dan karakteristik dari grid tersebut menjadi lebih homogen. Adapun bentuk sistem grid dari lokasi CAT Singaraja dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Sistem Grid CAT Singaraja

Selain dari ukuran grid, juga harus ditentukan sistem akuifer yang terjadi di CAT Singaraja. Seperti yang telah dijelaskan bahwa di CAT Singaraja terdiri dari dua akuifer maka dalam sistem pemodelan digunakan tiga lapisan yaitu lapisan pertama dan lapisan ketiga sebagai

akuifer dan lapisan kedua sebagai lapisan yang kedap.

d. Data Sumur Bor (Pumping Well)

Data sumur bor (*pumping well*) merupakan salah satu parameter utama yang diperlukan dalam pemodelan di CAT Singaraja. *Pumping well* tersebut dapat berupa pengambilan air maupun sebagai peresapan air ke dalam tanah. Karakteristik dari setiap *pumping well* meliputi data debit pengambilan dan juga peresapan air beserta periodenya. Selain itu juga diperlukan *interval screen* dari setiap sumur bor tersebut.

Untuk lokasi studi, data sumur bor di lokasi studi hanya tersebar pada daerah pada bagian bawah dari CAT singaraja sehingga terpusat hanya pada beberapa lokasi saja. Data tersebut dimasukan melalui *pumping well* yang terdiri dari 18 buah smur yang diperoleh dari berbagai sumber termasuk P2AT, PU, JICA dan juga dari industri yang datanya diperoleh dari Sub Dinas Energi Sumber Daya Mineral (ESDM). Keseluruhan data tersebut berdiri sejak tahun 1992 sampaidengan sekarang. Berdasarkan data yang terkumpul diperoleh informasi sumur bor sekitar 19 buah untuk periode tahun 1990 sampai dengan 1995, sementara periode penambahan sampai pada tahun 2000 ada sekitar 13 buah dan sampai pada tahun 2013 ada penambahan sekitar 22 buah dan sampai pada tahun 2018 terjadi penambahan 3 buah. Data *pumping well* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 sampai pada Tabel 3. Adapun penyebaran dari *pumping well* di CAT Singaraja dapat dilihat pada Gambar 5 dan juga tampilan masukan data yang berkaitan dengan *pumping well* seperti pada Gambar 6.

Tabel 1 Data pumping well mulai dari tahun 1990 sampai dengan 1995

ID	KODE	STASION	BULUR	LINTANG	DESA	KECAMATAN	M	LT	DT	MUKA_AIR	M	DRAW_DOWN	PENGEBOERAN	DATA
160	NB.40	Banjir Asem	114.8877360	-8.2054580	BANJARASEM	SERIRIT	115	8	11.8	5.2			1992/1993	PB bagian proyek PA
169	NB.50	Panglung Parak	114.8888890	-8.2238890	PANGLUNGPARUK	SERIRIT	110	0.5	17.5	10			1992/1993	P U, JICA
170	BL.371	Seririt	114.9364850	-8.1940070	SERIRIT	SERIRIT	120	0.775	5.8	5.5			1977	P U
171	Kayu Putih	Kayu Putih	115.0331060	-8.1662220	KAYUPUTIH	SUKASADA	124	9	6.47	7.8			1993	PB bagian proyek PA
172	NB.25	NB.25	115.0321060	-8.1683330	KAYUPUTIH	SUKASADA	103	6.6	5.8	1.3			1980/1990	PB bagian proyek PA
173	NB.29	NB.29	115.0270560	-8.1686940	KALASEM	BANUAR	90	6.9	6.47	0.6			1980/1990	PB bagian proyek PA
174	NB.28	NB.28	115.0240000	-8.1716110	KALASEM	BANUAR	99	6.9	3.28	1.86			1980/1990	PB bagian proyek PA
175	NB.25	Kayu Putih	115.0372900	-8.1872270	KAYUPUTIH	SUKASADA	103	6.6	5.8	1.3			1980/1990	P U, JICA
176	NB.26	Kayu Putih	115.0451000	-8.1981920	KAYUPUTIH	SUKASADA	93	6.4	4.97	0.7			1980/1990	P U, JICA
177	NB.27	Kayu Putih	115.0387810	-8.1824110	KAYUPUTIH	SUKASADA	120	4.4	19.94	5.7			1980/1990	P U, JICA
178	NB.28	Kalaseem	115.0321730	-8.1884480	KALASEM	BANUAR	99	6.9	5.28	1.86			1980/1990	P U, JICA
179	NB.29	Kalaseem	115.0282890	-8.1858110	KALASEM	BANUAR	90	6.9	6.47	0.6			1980/1990	P U, JICA
180	NB.30	Kalaseem	115.0341800	-8.1876510	KALASEM	BANUAR	120	8.4	7.39	19.91			1980/1990	P U, JICA
181	NB.34	Kalibukbuk	115.0291670	-8.1583330	KALIBUKBUK	BULELENG	120	0.7	14.66	10.93			1991/1992	P U, JICA
182	Tk. Mungga	Tk. Mungga	115.0585560	-8.1503890	TUKADMUNGGA	BULELENG	115	12	6.47	5.7			2000	PB bagian proyek PA
183	Anturan	Anturan	115.0488890	-8.1510830	ANTURANA	BULELENG	90	0.8	6.57	5.62			2000	PB bagian proyek PA
184	NB.32	Bagrappa	115.1695350	-8.1134780	BAGARAGA	SAMMAN	108	0.5	6.3	5.5			1990/1991	P U, JICA
185	NB.63	Panj	115.0712270	-8.1480690	PAJANI ANOM	SUKASADA	132	0.8	18.2	0.89			1990/1994	P U, JICA

4. Karakteristik Hidraulik Akuifer

Karakteristik hidraulik akuifer yang berperan pada program *VISUAL MODFLOW* adalah *conductivity, storage, initial head*. dan *vadose zone*. Pada pemodelan air tanah di CAT Singaraja digunakan karakteristik konduktivitas, kapasitas dan *initial head* sebagai parameter model untuk melakukan simulasi. Adapun lebih jelasnya dari

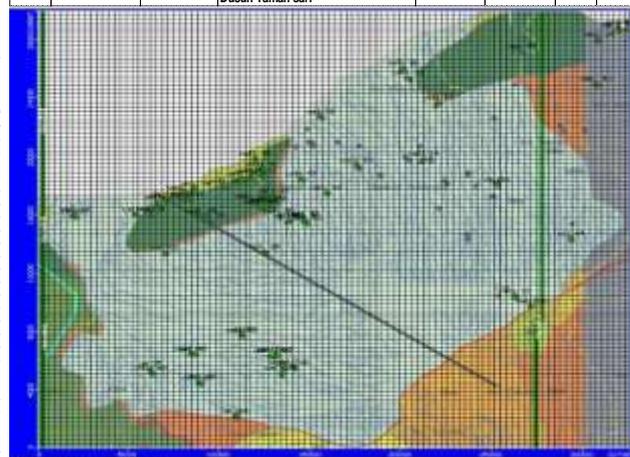
setiap data tersebut dijelaskan berikut ini. **Konduktivitas atau Koefisien Kelulusan ($k = Permeability$)**, merupakan besaran yang menunjukkan jumlah aliran per satuan luas permukaan di bawah pengaruh gradien hidraulik dengan satuan $L^3 / L^2 \times t = L / t$. Dari hasil evaluasi data pemompaan uji semua sumur PAT menunjukkan bahwa sumur-sumur di wilayah CAT Singaraja umumnya mempunyai nilai koefisien kelulusan rata-rata antara 1 - 10 m/hari seperti pada Tabel 5. Nilai koefisien kelulusan di atas berdasarkan klasifikasi United State Geological Survey (*USGS*) termasuk kelulusan sedang sampai tinggi. Menurut Illman, et al. (2010) bahwa nilai konduktivitas merupakan salah satu komponen dalam pemodelan air tanah yang sangat berperan penting pada kondisi aliran *steady*, dan beberapa pendekatan dilakukan untuk menentukan besarnya nilai konduktivitas pada suatu wilayah. Straface, et al. (2010) menghitung nilai konduktivitas hidraulik dan *water table* pada model skala laboratorium dengan metode *means of the self potential*.

Tabel 2 Data pumping well mulai dari tahun 1995 sampai dengan 2016

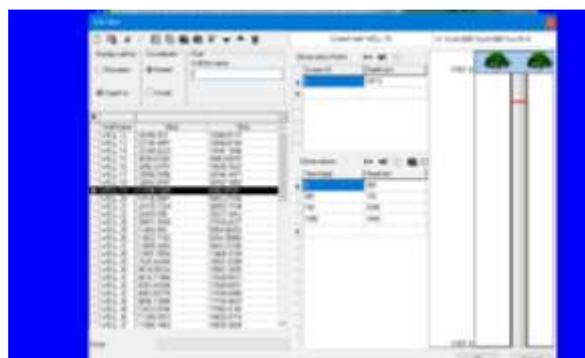
NOMOR URUT	LO K A S I		NAMA / ALAMAT PERUSAHAAN	JENIS USAHA	JENIS SIPA
1	2	3	4	5	6
1	Banjar	Gobleg	PT. MARSINI BALI (MUNDUK MODING PLATATION) Br. Dinas Asah	Hotel	Baru
2	Tejakula	Bondalem	PT. FELICIANAS RESORT Br. Dinas Jro Kuta	Hotel	Baru
3	Tejakula	Bondalem	PT. FELICIANAS RESORT Br. Dinas Jro Kuta	Hotel	Baru
4	Tejakula	Bondalem	PT. PRAMA VEDA BALI Br. Dinas Kelod Kauh	Hotel	Baru
5	Tejakula	Bondalem	PT. PRAMA VEDA BALI Br. Dinas Kelod Kauh	Hotel	Baru
6	Banjar	Kaliasem	PT. C A R U D I A N (ADIRAMA HOTEL & RESTAURANT) Jln. Singaraja-Seririt, Br. Enjung Sangiang	Hotel	Baru
7	Banjar	Kaliasem	PT. C A R U D I A N (ADIRAMA HOTEL & RESTAURANT) Jln. Singaraja-Seririt, Br. Enjung Sangiang	Hotel	Baru
8	Buleleng	Pemaron	HOTEL PURI SARON BARUNA BEACH COTTAGE Jln. Pantai Baruna	Hotel	Perpanjangan
9	Buleleng	Pemaron	HOTEL PURI SARON BARUNA BEACH COTTAGE Jln. Pantai Baruna	Hotel	Perpanjangan
10	Buleleng	Pemaron	PT. INDONESIA POWER UPJP BALI Jln. Raya Singaraja Seririt KM.6	Pembangkit Listrik	Perpanjangan
11	Buleleng	Gerogak	PT. PRAPAT AGING PERMAI	Hotel	Baru

Tabel 3 Data pumping well mulai dari tahun 2016 sampai dengan 2020

NOMOR URUT	LO K A S I		NAMA / ALAMAT PERUSAHAAN	K	JENIS SIPA	JENIS PENGAMBILAN AIR	
	KECAMATAN	DESA		(m/hari)		S. BOR / S. GALI	Jumlah Pumping Test (t / dt)
1	2	3	4		6	7	8
1	Buleleng	Banyuasri	SAMA JAYA MOTOR Jl. A. Yani No. 196	23,4	Baru	SB	7
2	Buleleng	Kalibubuk	BANYUALIT SPA' N RESORT Jl. Lavian, Lovina	34,6	Baru	SG	7
3	Gerogak	Pejarakan	PT. DINAR DARUM LESTARI (UNIT PERWAKILAN GORIS)	45,3	Baru	SB	7
4	Gerogak	Pejarakan	PT. DINAR DARUM LESTARI (UNIT PERWAKILAN Tembok)	32,1	Baru	SB	8
5	Banjar	Temukus	PT. KRISNA WAHANA PERMAINAN (KRISNA FUNTASTIC LAND)	54,1	Baru	SB	8
6	Banjar	Temukus	CV. KRISNA KULINER (BEBEK TEPI SAWAH)	24,3	Baru	SB	8
7	Tejakula	Gretek	EDDY WAHYUONO Desa Gretek, Tejakula, buleleng	43,2	Baru	SG	5
8	Gerogak	Sumber Kima	EDDY WAHYUONO Dusun Pengametan, Ds. Sumber		Baru	SB	6
9	Banjar	Kaliasem	PT. SELTIM BATARA (Hotel Padmasari)	19,9	Baru	SG	7
10	Gerogak	Pemuteran	PT. GEDE ANUGRAH MARGI ANTARI (HOTEL ANTARI) Br. Dinas Palasari	23,6	Baru	SB	5
16	Buleleng	Kampung Baru	PT. ARTA SEDANA PROPERTINDO (HARDYS MALL URAPATI)	54,43	Perpanjangan	SB.1	5
17	Tejakula	Penutukan	PT. BALI VILLA DIVE RESORT Jln. Singaraja-Amlapura	23,67	Baru	SG.1	5
18	Tejakula	Penutukan	PONDOK WISATA ALAM MIMPI	43,2	Baru	SG.1	4
19	Gerogak	Penyabagan	PT. YONISO MANASIKARA j. Seririt-gilmanuk, br. Triamerta Dsn. Penyambangan	34,7	baru	SB.1	6
20	Sukasada	Wanagiri	CV BAGA TIRTA UTAMA (AIR MINUM DALAM KEMASAN)	34,3	Baru	SB.1	5
21	Buleleng	Kampung Baru	PT. HARDYS GLOBAL INVESTINDO (POP HOTEL HARDTS SINGARAJA)	37,9	Perpanjangan	SB.1	4
22	Seririt	Sulanyah	PT. MEKAR SHANTI GRAHA Dusun Taman sari	39,5	Perpanjangan	SB.1	3



Gambar 5 Distribusi Pumping Well di CAT Singaraja



Gambar 6 Tampilan Input untuk Pumping Well

Tabel 5. Koefisien Kelulusan Sumur Bor PAT pada CAT Singaraja

No	Nilai K (m/hari)	Jumlah Sumur	%	Kelas
1.	$< 10^{-3}$	-	-	-
2.	$10^{-3} - 10^{-2}$	-	-	Rendah
3.	$10^{-2} - 10^{-1}$	1	1.64	-
4.	$10^{-1} - 10^0$	12	19.67	Sedang
5.	$10^0 - 10^1$	44	72.13	-
6.	$10^1 - 10^2$	4	6.56	Tinggi
7.	$> 10^2$	-	-	-
Jumlah		61	100	

Klasifikasi USGS

Untuk lebih jelasnya nilai konduktivitas dari setiap sumur tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.

Kapasitas ($S = storage$), yang digunakan dalam pemodelan ini adalah dengan menggunakan data yang homogen diseluruh lokasi CAT Singaraja secara horizontal namun berbeda secara vertikal. Kapasitas (*storage*) yang digunakan dalam program MODFLOW terdiri dari kapasitas spesifik (*specific storage*), *specific yield*, porositas efektif dan total porositas. Adapun nilai dari setiap variabel tersebut adalah sebagai berikut :

- Kapasitas spesifik (S_s) = 10^{-5} (1/m)
- *Specific Yield* (S_y) = 0.2
- *Eff. Porosity* = 0.15
- dan *total porosity* = 0.3

Initial Head, yang digunakan dalam pemodelan ini adalah menggunakan cara *trial and error* dengan melakukan penyesuaian hasil akhir muka air tanah dari pemodelan pada tahun 1995 dengan data muka air tanah yang dihasilkan dari ESDM Provinsi Bali. Dengan diperolehnya hasil muka air yang sesuai, maka selanjutnya nilai *head* awal yang telah digunakan tersebut selanjutnya digunakan untuk pemodelan pada tahun berikutnya. Pemodelan yang digunakan untuk tahun berikutnya merupakan perpanjangan data dan periode simulasi model sampai pada tahun 2018. Untuk pengembangan model dengan berbagai skenario digunakan berdasarkan simulasi sampai pada tahun 2018 ditambah dengan penambahan pengambilan air tanah berupa *pumping well* dengan periode simulasi yang tetap.

Transmisibilitas (T), atau keterusan adalah kecepatan aliran di bawah gradien hidraulik per satuan luas permukaan yang menembus seluruh ketebalan akuifer. Ringkasan hasil evaluasi nilai keterusan untuk sumur-sumur sekitar Singaraja dijelaskan pada Tabel 7. Angka pada tabel di atas menginformasikan bahwa dari nilai koefisien keterusan (T) sumur-sumur di wilayah ini dari sisi kebutuhan domestik memiliki potensi yang besar, karena 46 sumur (75,41 %) mempunyai nilai T antara 10 – 100 $m^2/hari$.

Tabel 7 Koefisien keterusan sumur bor di CAT Singaraja

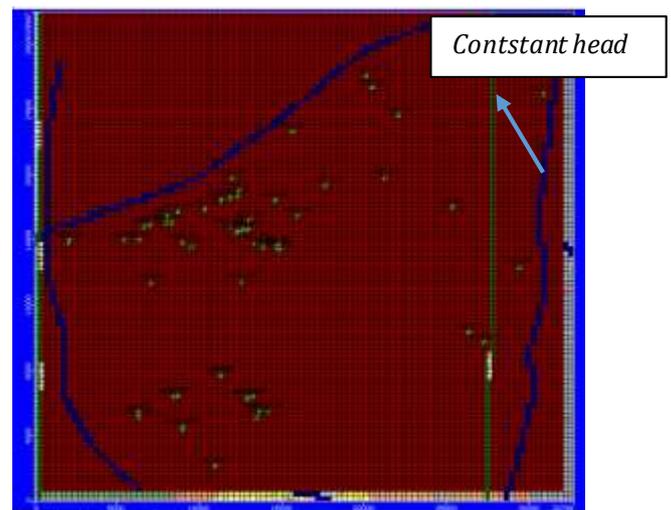
Nilai T ($m^2/hari$)	Jml Sumur	%	Kelas Potensi	
			Domes tik	Irigasi
< 1	-	-	Kecil	-
$1 - 10^1$	4	6,56	Sedang	-
$10^1 - 10^2$	46	75,41	Besar	Kecil
$10^2 - 10^3$	9	14,75	-	Sedan
$> 10^3$	2	3,28	-	g Besar
Jumlah	61	100		

Catatan : Berdasarkan klasifikasi USGS

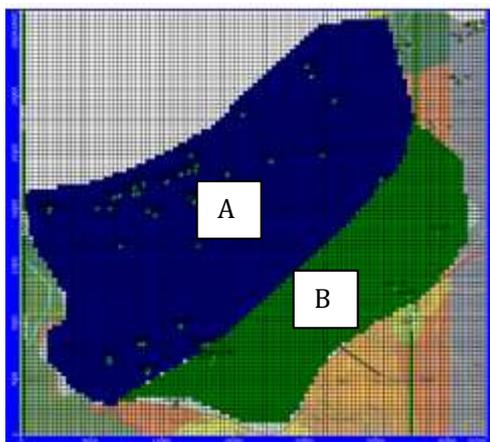
5. Kondisi Batas (Boundary Conditions)

Kondisi batas atau *boundary conditions* yang ada di program MODFLOW 4.3 terdiri dari 8 variabel yaitu *constant head, river, stream, general head, drain, wall, recharge* dan *evapotranspiration*. Kondisi batas ini tidak sekaligus semua variabel digunakan pada waktu melakukan pemodelan namun tergantung pada kondisi lokasi dan ketersediaan data. Untuk kasus di CAT Singaraja kondisi batas yang digunakan adalah adanya *constant head, wall* dan juga *recharge*.

Constant head digunakan pada grid yang berada di sepanjang daerah pesisir pantai sampai pada batas sebelah barat dari CAT yang merupakan sebuah sungai begitupun sebelah timur berupa sungai. Selain itu juga digunakan *Wall* yang digunakan untuk membatasi wilayah sebelah timur sampai ke selatan yang digunakan untuk membatasi pengaruh di luar dari sistem CAT Singaraja (Gambar 7). Sedangkan *Recharge* digunakan pada seluruh grid yang berada pada CAT Singaraja. *Recharge* tersebut berbeda-beda berdasarkan sub daerah aliran sungai yang berada dalam CAT tersebut. Nilai *recharge* yang digunakan diperoleh berdasarkan hasil analisa hidrologi dengan menggunakan nilai curah hujan 10 tahun terakhir pada daerah tersebut. Distribusi *recharge* di CAT Singaraja dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7 Distribusi *constant head* dan *wall*.



Gambar 8 Distribusi Recharge di CAT Singaraja

Nilai recharge untuk peta di atas adalah sebagai berikut:

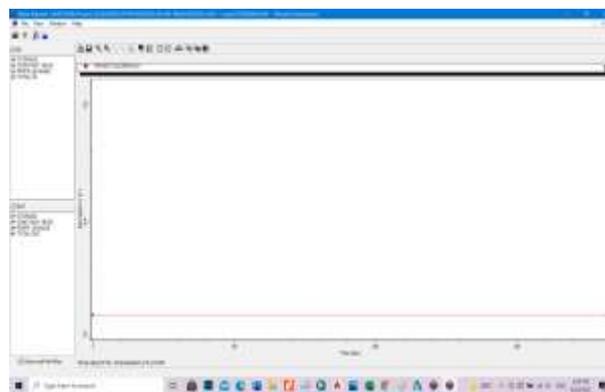
- A = 892.3 mm/tahun
- B = 1575.3 mm/tahun

6. Kalibrasi Model MODFLOW

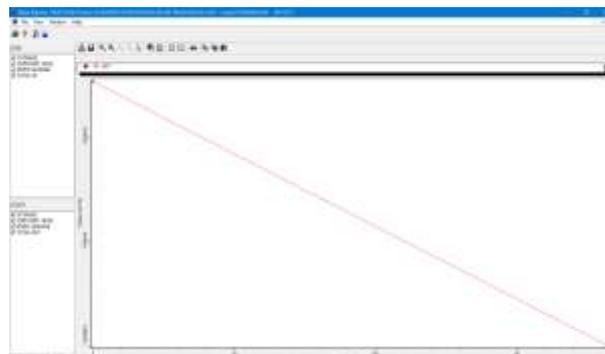
Kalibrasi model dilakukan untuk melihat perilaku hasil model dengan kenyataan dilapangan. Kalibrasi model yang digunakan adalah muka air yang terjadi pada tahun 1986 dengan pengambilan air melalui *pumping well* dan lain- lain sebelum tahun 1986. Hasil muka air yang diperoleh disesuaikan dengan kenyataan di lapangan secara regional, dan bukan dilihat berdasarkan muka air yang terjadi pada suatu *grid*. Adapun muka air yang dihasilkan oleh Nipon Koei pada tahun 1986 sperti terlihat pada Gambar 9 di bawah ini. Sedangkan hasil keluaran dari program MODFLOW dapat dilihat pada Gambar 10.

7. Hasil Pemodelan MODFLOW

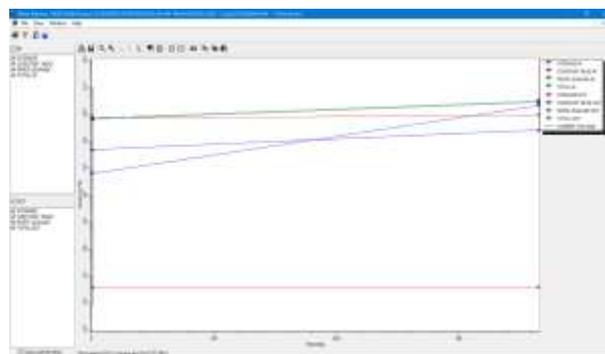
Setelah data berhasil diinputing dan telah dilakukan kalibrasi model secara regional dengan melihat pola muka air yang terjadi seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya, maka selanjutnya melakukan simulasi atau menjalankan program untuk melihat hasil prilakukondisi air tanah dengan periode sampai pada tahun 2006. Berdasarkan hasil simulasi, maka dapat dilihat hasil keluaran model berupa elevasi muka air tanah yang terjadi serta surutan (*drawdown*) dan juga pergerakan besarnya kecepatan aliran air tanah baik besar maupun arah aliran yang terjadi. Nilai tersebut dapat dilihat pada setiap grid yang telah dilakukan pemodelan. Namun program MODFLOW 4.3 memberikan informasi dari setiap gridnya seperti terlihat pada Gambar 11.



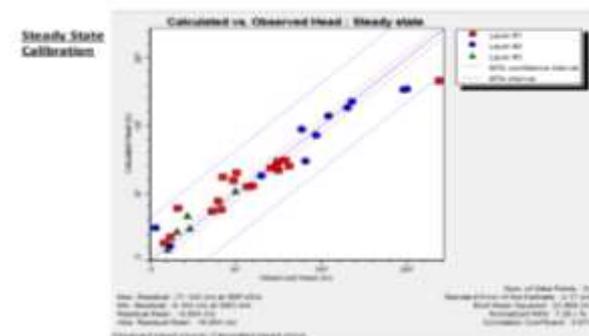
Gambar 9 : Grafik Yang Menunjukkan Besar Debit Air Tanah Yang Masuk Dan Keluar Hasil Pemrosesan Modflow 4.3 (Q-In-Out)



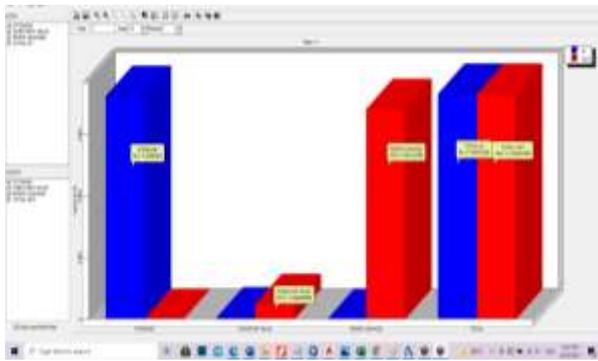
Gambar 9 : Grafik yang menunjukkan Percent Discrepancy



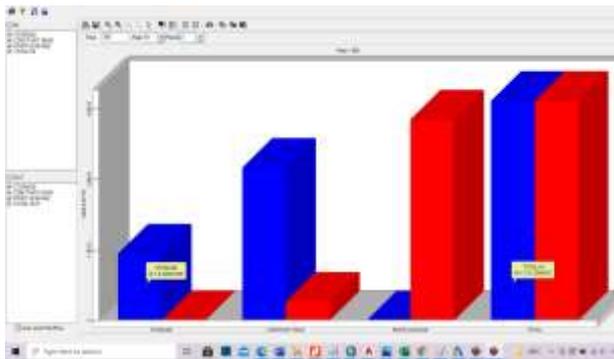
Gambar 10 : Grafik yang menunjukkan Time Series air tanah yang masuk, keluar, tampungan (storage), Total in, constant head out, River leakage out, dan total out hasil pemrosesan Modflow 4.3



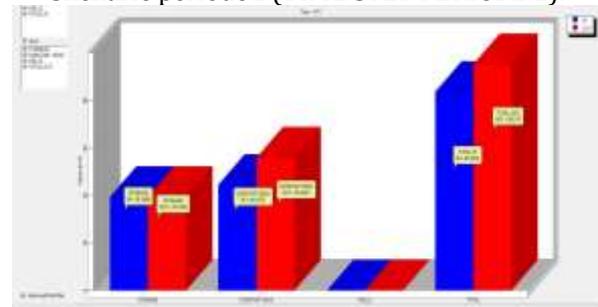
Gambar 11: Kalibrasi Muka Air Tanah Kondisi Tunak Pemodelan Air Tanah CAT Singaraja



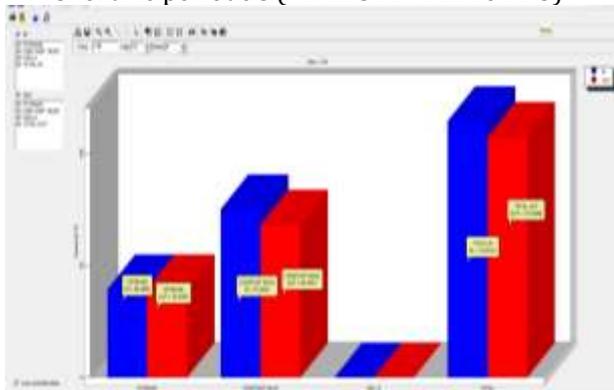
Gambar 12 : Grafik yang menunjukkan tahapan skenario periode 1. (STEP PERIODE 01)



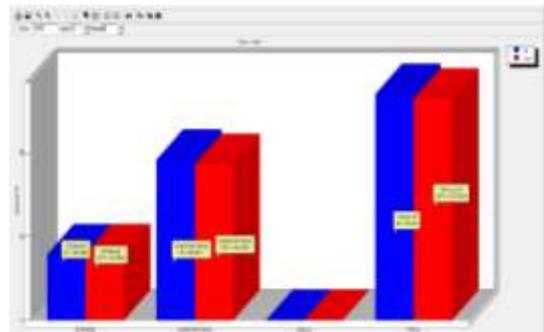
Gambar 13 : Grafik yang menunjukkan tahapan skenario periode 2 (TIME STEP PERIODE 2).



Gambar 14 : Grafik yang menunjukkan tahapan skenario periode 3 (TIME STEP PERIODE 3)



Gambar 15 : Grafik yang menunjukkan tahapan skenario periode 1 (TIME STEP PERIODE 4)



Gambar 16 : Grafik Yang Menunjukkan Tahapan Skenario Periode 5 (Time Step Periode 5)

Selain dari pemodelan di atas juga dilakukan suatu pengembangan pengambilan air tanah yang tidak terkontrol dengan melakukan skenario pengambilan air tanah. Adapun skenario yang dibuat adalah sebagai berikut

- Skenario I: dilakukan penambahan pemompaan pada setiap grid mulai elevasi 25 m ke bawah dengan laju pemompaan sekitar 5 l/s.
- Skenario II: dilakukan penambahan pemompaan pada setiap grid mulai elevasi 25 m ke bawah dengan laju pemompaan sekitar 10 l/s.
- Skenario III: dilakukan penambahan pemompaan pada setiap grid mulai elevasi 25 m ke bawah dengan laju pemompaan sekitar 15 l/s.
- Skenario IV: dilakukan penambahan pemompaan pada setiap grid mulai elevasi 25 m sampai elevasi 250 m dengan laju pemompaan sekitar 5 l/s.
- Skenario V: dilakukan penambahan pemompaan pada setiap grid mulai elevasi 25 m sampai elevasi 250 m dengan laju pemompaan sekitar 10 l/s.
- Skenario VI: dilakukan penambahan pemompaan pada setiap grid mulai elevasi 25 m sampai elevasi 250 m dengan laju pemompaan sekitar 15 l/s.

Berdasarkan batasan skenario yang dibuat maka selanjutnya dapat dilakukan analisa dengan menggunakan MODFLOW sehingga diperoleh hasil dengan kondisi muka air tanah dan surutan dari setiap skenario yang dibuat. Adapun hasil dari semua skenario yang dibuat secara umum menunjukkan terjadinya pergerakan muka air tanah dari utara ke selatan. Namun perbedaan yang sangat jelas terjadi apabila skenario I sampai III dilakukan bila dibandingkan dengan skenario IV sampai dengan Skenario VI. Hal ini dapat dilihat dari hasil pemodelan berupa muka air tanah dengan skenario I sampai dengan skenario III seperti pada Gambar 13. Sedangkan untuk skenario IV sampai dengan skenario VI dapat dilihat pada Gambar 14. Berdasarkan Gambar tersebut maka dapat dilihat bahwa pergeseran muka air tanah tidak terlalu besar bila dibandingkan dengan Gambar 12.

Selain dari peta kontur muka air tanah yang terjadi dapat juga dilihat melalui surutan yang terjadi pada setiap grid untuk masing-masing skenario. Berdasarkan skenario I diperoleh hasil surutan dengan kriteria seperti diatas adalah sekitar 0 cm sampai dengan 74 cm dan dengan rata-rata surutan yang terjadi diseluruh grid yang aktif sekitar 22 cm. Sedangkan untuk skenario II diperoleh hasil sekitar 0 cm sampai dengan 126 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 41,5 cm. Sementara untuk skenario III diperoleh hasil surutan sekitar 0 cm sampai dengan 170 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 59,5 cm. Berbeda halnya yang terjadi dengan skenario IV sampai dengan skenario VI. Berdasarkan hasil skenario IV diperoleh hasil surutan sekitar 0 cm sampai dengan 22 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 7,8 cm. Sedangkan skenario V diperoleh hasil surutan sekitar 0 cm sampai dengan 41 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 15,2 cm.

Selain dari peta kontur muka air tanah yang terjadi dapat juga dilihat melalui surutan yang terjadi pada setiap grid untuk masing-masing skenario. Berdasarkan skenario I diperoleh hasil surutan dengan kriteria seperti diatas adalah sekitar 0 cm sampai dengan 30 cm dan dengan rata-rata surutan yang terjadi diseluruh grid yang aktif sekitar 22 cm. Sedangkan untuk skenario II diperoleh hasil sekitar 0 cm sampai dengan 126 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 41,5 cm. Sementara untuk skenario III diperoleh hasil surutan sekitar 0 cm sampai dengan 170 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 59,5 cm. Berbeda halnya yang terjadi dengan skenario IV sampai dengan skenario VI. Berdasarkan hasil skenario IV diperoleh hasil surutan sekitar 0 cm sampai dengan 22 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 7,8 cm. Sedangkan skenario V diperoleh hasil surutan sekitar 0 cm sampai dengan 41 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 15,2 cm.

Sementara untuk skenario VI diperoleh hasil surutan sekitar 0 cm sampai dengan 57 cm dengan rata-rata surutan yang terjadi di seluruh grid yang aktif sekitar 22,1 cm. Berdasarkan hasil tersebut terlihat jelas bahwa untuk skenario I sampai dengan skenario III memiliki surutan yang lebih besar bila dibandingkan dengan skenario IV sampai dengan skenario VI. Dengan hasil yang diperoleh tersebut maka dapat dinyatakan bahwa pengambilan air tanah yang tidak terkontrol dilakukan pada daerah hilir dari mata air Singaraja akan menyebabkan surutan muka air tanah yang lebih besar terjadi di daerah perkotaan (hilir) apabila dibandingkan dengan

pengambilan air tanah yang tidak terkontrol pengambilannya dilakukan di hulu dari mata air Singaraja.

KESIMPULAN

Dari hasil pemodelan yang dilakukan maka dapat diberikan kesimpulan bahwa pengambilan air tanah yang tidak terkontrol yang dilakukan pada pemodelan menunjukkan terjadinya perubahan muka air tanah serta terjadinya surutan pada CAT Singaraja, perubahan muka air yang terjadi dengan meningkatnya laju pengambilan air tanah mulai dari Selatan menuju Utara, perubahan kontur muka air tanah yang lebih besar terjadi pada skenario I sampai dengan skenario III dibandingkan dengan skenario IV sampai dengan skenario VI, dan surutan muka air tanah yang terjadi berkisar antara 0 cm sampai dengan 150 cm dengan rata - rata 65,3 cm yang terjadi pada skenario III.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2013. Konservasi Tanah dan Air.
- Astawa, N. and Lugra, W. 2016. STRATIGRAFI Seismik Laut Dangkal Perairan Celukanbwang, Bali Utara. *Jurnal Geologi Kelautan*.
- Budiarjo, B. and Hendrayana, H. 2020. Analisis Geometri dan Konfigurasi Sistem Akuifer Air Tanah Berdasarkan Data Geofisika di Kabupaten Sleman Bagian Timur. *Jurnal Fisika Indonesia*.
- Bunga M. Muhammad, B.R. 2014. Rekonstruksi Cekungan Hidrogeologi Sebagai Dasar Konservasi Air Tanah Makassar. 978-979-127255-0.
- Cooper, D.J., Wolf, E.C., Ronayne, M.J. and Roche, J.W. 2015. Effects of groundwater pumping on the sustainability of a mountain wetland complex, Yosemite National Park, California. *Journal of Hydrology: Regional Studies*.
- Dahlia Segeryanti, M Juandi, Erwin and Usman Malik 2018. Model Tiga Dimensi Kedalaman Air Bawah Tanah di Bawah Pengaruh Faktor-Faktor Lingkungan yang Terintegrasi. *Jurnal APTEK*.
- Darsono, D. 2016. Identifikasi Akuifer Dangkal dan Akuifer Dalam Dengan Metode Geolistrik (Kasus: Di Kecamatan Masaran). *Indonesian Journal Of Applied Physics*.
- Djereng, J.H.W., Simpen, I.N. and Suharta, I.W.G. 2017. Pemodelan Citra Akuifer Menggunakan Metode Geolistrik. *Buletin Fisika*.
- Edwin, T., Regia, R.A. and Dibba, F. 2016. Indikasi Intrusi Air Laut Dari Konduktivitas Air Tanah Dangkal di Kecamatan Padang Utara. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Lingkungan II*.
- Fajar, M.H.M. 2019. Penentuan Daerah Imbuhan Dengan Metode Analisa Isotop Air Tanah Di Desa Curah Cottok, Kec. Kapongan Kabupaten Situbondo. *Jurnal Geosaintek*.
- H., T. and T., S. 2012. Simulasi Aliran Air Tanah Cekungan Air Tanah Denpasar-Tabanan, Provinsi Bali Simulation of Groundwater Flow, Denpasar-Tabanan Groundwater Basin, Bali Province. *Indonesian Journal on Geoscience*.

ANALISIS SETTLEMENT/PENURUNAN DARI JALAN BETON DI RUAS KUTA – BR. TAMAN, BADUNG, BALI DENGAN TEORI POULOS DAN FINITE ELEMENT METHOD (FEM)

Settlement Analysis Of Concrete Road in Kuta-Br. Taman, Badung, Bali with Poulos Method And Finite Element Method (FEM)

I Made Putra Dwityagana
Email : geophala@gmail.com

ABSTRAK

Di Bali banyak kawasan yang tanah dasarnya merupakan tanah lunak, dimana lapisan tanah kerasnya jauh dari permukaan tanah. Salah satu kawasan tersebut yaitu ruas jalan Kuta-Banjar Taman di Kuta, Badung. Perlu kajian pondasi yang tepat agar tidak terjadi penurunan tanah dan struktur di atasnya. Riset ini bertujuan untuk membuat desain pondasi dengan tipe kombinasi pelat beton dan tiang bore pile atau disebut dengan Raft-Pile. Pondasi Raft-Pile salah satu alternative pondasi paling tepat untuk mengatasi persoalan konstruksi diatas tanah yang lunak. Analisis penurunan/settlement pondasi Raft-Pile memakai teori dari Poulos dan Finite Element Method (FEM) yaitu software Plaxis. Teori Poulos memakai metode trial and error dengan menggunakan variasi dimensi penampang, panjang dan jumlah tiang. Hasil pengolahan data dari riset ini berupa desain pondasi tiang rakit dengan ketebalan pelat rakit 300 mm dan tiang bore pile dengan dimensi 250x250 mm² sedalam 7000 mm dengan jumlah tiang 20 buah. Dari desain ini diperoleh penurunan tanah hasil perhitungan dengan Metode Poulos sebesar 6,53 cm, dimana 80% beban ditanggung oleh konfigurasi tiang bore pile. Persentase beban yang ditanggung tiang sebesar 80% ini sudah sesuai dengan kriteria desain ideal dari pondasi Raft-Pile menurut teori dari Poulos.

Kata Kunci: Penurunan, pondasi tiang rakit, metode poulos, plaxis

ABSTRACT

In Bali, there are many areas where the subgrade is soft soil, where the hard soil layer is far from the soil surface. One of these areas is Kuta-Banjar Taman road segment in Kuta, Badung. It is necessary to study the right foundation so that there is no subsidence of the soil and the structure above it. This research aims to make a foundation design with a combination type of concrete slab and bore pile pile or called Raft-Pile. Raft-Pile foundation is one of the most appropriate alternative foundations to overcome construction problems on soft soil. The settlement analysis of the Raft-Pile foundation uses the theory of Poulos and the Finite Element Method (FEM), namely Plaxis software. Poulos theory uses trial and error method by using variations in cross-sectional dimensions, length and number of piles. The results of data processing from this research are in the form of a Raft-Pile foundation design with a raft plate thickness of 300 mm and a bore pile pile with dimensions of 250x250 mm² as deep as 7000 mm with a total of 20 piles. From this design, the soil settlement calculated by the Poulos Method is 6.53 cm, where 80% of the load is borne by the bore pile configuration. The percentage of load borne by the pile of 80% is in accordance with the ideal design criteria of the Raft-Pile foundation according to the theory of Poulos.

Keyword: Settlement, raft-pile foundation, poulos methode, plaxis

PENDAHULUAN

Tanah lunak merupakan jenis tanah yang mendominasi sebagian besar wilayah di Indonesia (Heldys & Yuki, 2016). Jenis tanah ini memiliki perilaku yang khas, sehingga sebagian besar konstruksi yang berdiri pada tanah ini akan menemui beberapa kendala seperti penurunan tanah yang tinggi dan laju konsolidasi yang tinggi. Banyak daerah di Bali, misalnya di daerah Kuta yang memiliki lapisan tanah lunak dengan kedalaman tanah keras jauh dari permukaan tanah. Studi kasus yang diangkat dalam penelitian ini, jalan beton ruas

Kuta-Banjar Taman, tanah kerasnya baru ditemui pada kedalaman 8-10 meter dari permukaan tanah. Kondisi seperti ini menyebabkan pilihan penggunaan tiang pancang guna memenuhi kebutuhan daya dukung untuk mampu mengatasi konsolidasi yang terjadi. Desain struktur yang bisa digunakan sebagai perkuatan tanah dasar adalah pondasi yang merupakan kombinasi antara tiang dengan pondasi rakit, atau biasa disebut sebagai raft piled (pondasi tiang rakit) (Natasya, 2011). Adanya penambahan tiang pada pondasi rakit akan membantu pondasi rakit dalam mengatasi masalah

penurunan yang terjadi pada tanah. Dengan memanfaatkan tahanan friksi tiang, penurunan yang terjadi pada tanah akan dapat diminimalisasi (Viggiani, 2001). Adanya kombinasi kinerja antara komponen pondasi rakit, tiang pancang, dan lapisan tanah membuat jenis pondasi tiang-rakit ini efektif untuk mengurangi penurunan total dan penurunan differensial yang terjadi pada keseluruhan struktur. Komponen rakit diharapkan tetap dapat menahan beban dengan tingkat keamanan yang cukup, sementara komponen tiang lebih berperan dalam mengatasi penurunan tanah. Metode yang dijadikan acuan dalam mendesain pondasi tiang rakit ini adalah metode Poulos (Poulos, 2000). Metode Poulos dipilih karena membahas tentang interaksi antara plat rakit, tiang pancang, dan tanah dasar. Kalkulasi dari metode Poulos ini bersifat manual. Dalam menghitung desain pondasi tiang rakit, dapat juga dengan menggunakan bantuan software finite element, yaitu Plaxis. PLAXIS 2D merupakan suatu paket program yang meliputi deformasi elastoplastis statis, pemodelan tanah tingkat lanjut, analisis stabilitas, konsolidasi, analisis keamanan, jaring elemen hingga yang diperbaharui dan aliran statis air tanah (Brinkgreve, 2015)

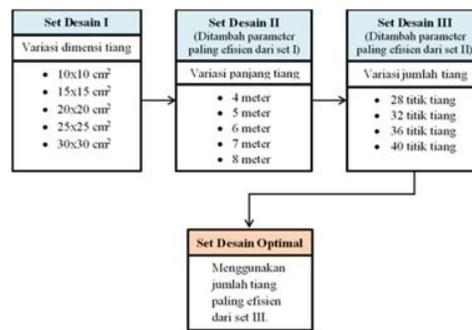
METODE

Hal pertama yang harus dilakukan setelah seluruh data beban diperoleh adalah mengestimasi kapasitas sistem pondasi tiang-rakit terhadap beban-beban struktural tersebut. Nilai-nilai yang digunakan untuk menghitung daya dukung dari komponen rakit dan komponen tiang diperoleh dari korelasi yang dibuat oleh Decourt (Decourt, 1989). Korelasi tersebut dibuat dengan dasar nilai NSPT. Hal kedua yang dilakukan yaitu menentukan Estimasi Perilaku Hubungan Beban-Penurunan dari Pondasi Tiang-Rakit. Terdapat enam langkah untuk menghitung besarnya penurunan tanah diantaranya, Perhitungan kekakuan komponen rakit (K_r), Perhitungan kekakuan komponen tiang (K_p), Perhitungan kekakuan sistem pondasi tiang-rakit, Perhitungan pembagian proporsi beban antara komponen tiang dengan komponen rakit, Perhitungan beban pada titik A di kurva tri-linear Poulos, perhitungan beban-penurunan tri-linear Poulos (Franke, El-Mossallamy, & Hemsley, 2015).

Pada dasarnya, perhitungan desain manual dengan metode Poulos ini adalah untuk memperkirakan tebal komponen rakit dan jumlah tiang yang dibutuhkan agar syarat penurunan maksimum yang diperbolehkan dapat tercapai di dalam batas keamanan yang diizinkan (Prakoso & Kulhawy, 2000). Di samping itu, tentu harus ditetapkan terlebih dahulu berapa dimensi dan ukuran tiang yang diinginkan. Desain ini dilakukan dengan menggunakan metode konvensional Poulos. Proses desain merupakan proses coba-coba (trial and error) sehingga memang diperlukan kepekaan dan

justifikasi yang baik atas pengaruh berbagai dimensi dan aspek dari komponen pondasi terhadap kinerja sistem pondasi tersebut dalam menahan beban (Chow, 2007).

Dibuat beberapa set desain di mana masing-masing set desain tersebut berisi sebuah variabel yang divariasikan dari konfigurasi awal di mana rakit setebal 0,30 meter digunakan pada semua set desain. Variabel-variabel yang divariasikan adalah ukuran tiang, panjang tiang, dan jumlah tiang dalam sebuah konfigurasi sistem pondasi. Perbedaan kinerja sistem pondasi akibat perbedaan variabel inilah yang akan dianalisis selanjutnya. Langkah-langkah dalam perhitungan trial and error metode Poulos ini dapat dilihat pada Gambar 1.

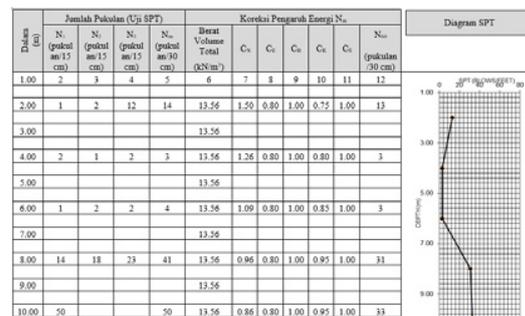


Gambar 1 Urutan Desain Trial and Error Perhitungan Manual Metode Poulos

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Kalibrasi hasil NSPT

Dalam pemodelan desain juga memerlukan parameter tanah, salah satunya data NSPT. Menurut ASTM D-4633 setiap alat uji SPT yang digunakan harus dikalibrasi tingkat efisiensi tenaganya dengan menggunakan alat ukur strain gauges dan aselerometer, untuk memperoleh standar efisiensi tenaga yang lebih teliti (Look, 2007). Hasil koreksi NSPT dapat dilihat pada Gambar 2, dimana hasil koreksi NSPT ini nantinya akan dipakai parameter dalam proses desain.



Gambar 2. Hasil koreksi N_{SPT} lapangan

- Pembebanan

Beban struktur yang diperhitungkan rinciannya sebagai berikut :

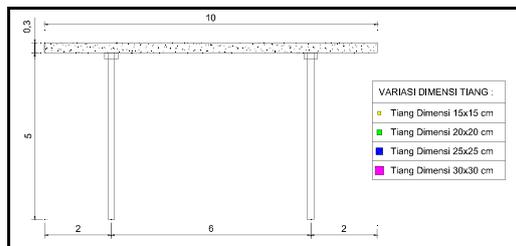
Tabel 1. Nilai beban masing-masing jenis beban

No	Jenis beban	Beban (MN)
1	Berat sendiri	3,66
2	Beban mati tambahan	1,37
3	Beban hidup (beban truk)	9,64
4	Gaya rem	0,26
Total beban		14,92

Dari Tabel 1. dapat dilihat nilai total beban yang bekerja seluas plat rakit yaitu sebesar 14,92 kN/m² dibulatkan 15,00 kN/m². Nilai ini nantinya akan dipakai parameter total beban pada perhitungan manual pondasi tiang rakit Metode Poulos.

- Perhitungan desain manual Poulos

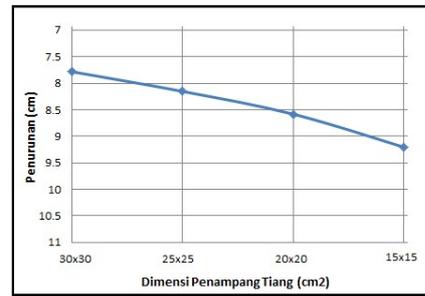
Dalam set Desain 1, analisis dilakukan terhadap kinerja pondasi akibat ukuran tiang yang berbeda-beda. Sistem pondasi memiliki tebal komponen rakit yang sama, yaitu sebesar 0,30 meter. Sementara itu, tiang yang digunakan berjumlah 16 buah dengan panjang tiang sebesar 5 meter seperti yang terlihat pada Gambar 3 hasil analisis yang diperoleh dari set desain 1 ini kemudian akan digunakan sebagai tambahan justifikasi mengenai desain final yang terbaik.



Gambar 3. Variasi dimensi penampang tiang yang akan direncanakan

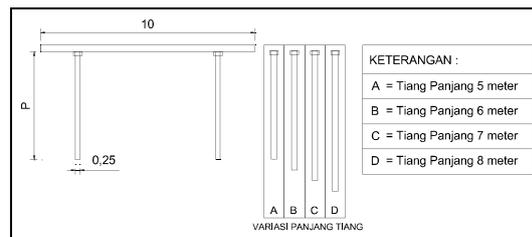
Tabel 2. Proporsi beban yang ditanggung tiang & penurunan – Set desain 1

Ukuran Tiang	15x15	20x20	25x25	30x30
Kapasitas total sistem tiang (MN)	8.73	12.39	15.58	18.81
Beban yang ditanggung tiang (MN)	6.81	9.48	10.41	10.88
Tingkat Mobilisasi kapasitas tiang	78%	76%	67%	58%
Penurunan (cm)	10.20	8.97	8.29	7.88
Keterangan	X	X	X	X



Gambar 4. Pengaruh dimensi penampang tiang terhadap penurunan

Dalam set Desain 2, analisis dilakukan terhadap kinerja pondasi akibat panjang tiang yang berbeda-beda. Sistem pondasi memiliki tebal komponen rakit yang sama, yaitu sebesar 0,30 meter. Tiang yang digunakan berjumlah 16 buah dengan dimensi penampang tiang 25x25 cm² dan variasi panjang tiang. Variasi tiang digambarkan seperti Gambar 5. Hasil perhitungan manual Poulos set desain 2 diuraikan pada Tabel 2.

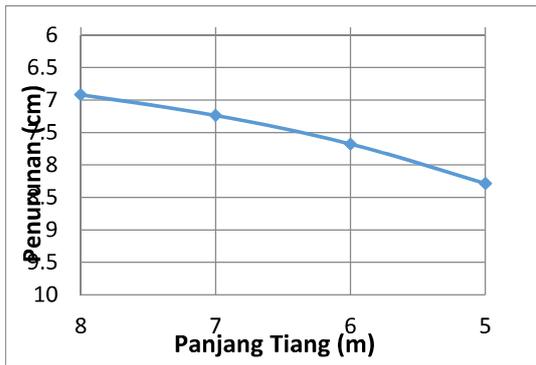


Gambar 5. Variasi panjang tiang yang akan direncanakan

Tabel 2 merupakan rangkuman perhitungan manual Poulos pada set desain 1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa pada set desain 1 ini tidak diperoleh sebuah konfigurasi sistem pondasi yang dapat memenuhi syarat besar penurunan maksimum, yaitu sebesar 7 cm. Bahkan, pada tiang berukuran 30x30 cm² sekalipun, penurunan yang terjadi masih lebih besar dari 7 cm. Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa besar penurunan rata-rata yang terjadi menjadi semakin kecil seiring dengan bertambah besarnya ukuran tiang.

Tabel 3. Proporsi beban yang ditanggung tiang & penurunan – set desain 2

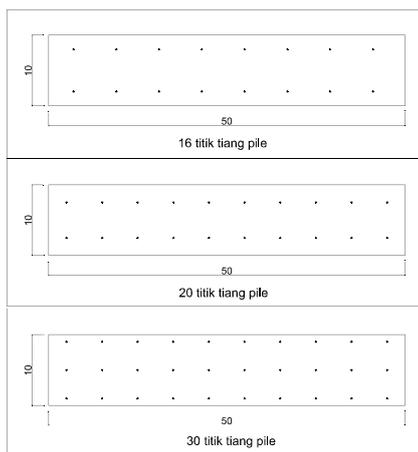
Panjang Tiang (m)	5	6	7	8
Kapasitas total sistem tiang (MN)	15.58	17.31	18.46	20.72
Beban yang ditanggung tiang (MN)	10.41	11.00	11.36	11.58
Tingkat Mobilisasi kapasitas tiang	67%	64%	62%	56%
Penurunan (cm)	8.29	7.68	7.24	6.92
Keterangan	X	X	X	√



Gambar 6. Pengaruh panjang tiang terhadap penurunan untuk dimensi penampang tiang 25x25 cm²

Dalam set desain 2, Tabel 3 dan Gambar 6, terlihat pada panjang tiang 7 meter masih belum memenuhi syarat penurunan maksimum 7 cm. Hal ini kemungkinan terjadi karena set desain 2 memadukan panjang tiang 7 meter dengan jumlah tiang 16 buah. Selanjutnya dalam set desain 3 akan dilihat seberapa besar pengaruh jumlah tiang jika dipadukan dengan tiang 7 meter terhadap kinerja sistem pondasi tiang rakit.

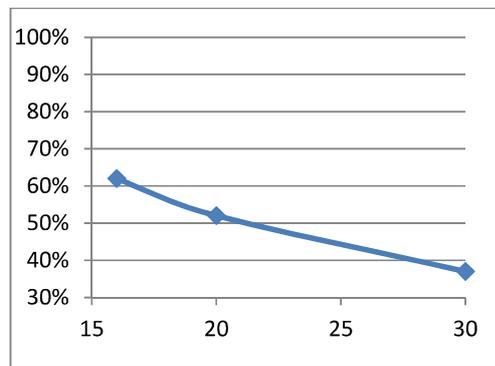
Dalam set desain 3 ini, analisis dilakukan terhadap kinerja pondasi akibat jumlah tiang yang berbeda-beda. Sistem pondasi memiliki tebal komponen rakit yang sama, yaitu sebesar 0,30 meter. Sementara itu, tiang yang digunakan adalah tiang dengan ukuran 25x25 cm² dengan panjang tiang 7 meter. Dan jumlah tiang divariasikan seperti pada Gambar 7. Hasil perhitungan manual Poulos set desain 3 diuraikan pada Tabel 4.



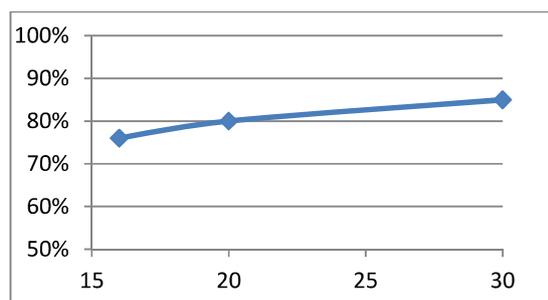
Gambar 7. Variasi konfigurasi jumlah dan jarak tiang pile

Tabel 4. Proporsi beban yang ditanggung tiang & penurunan – Set desain 3

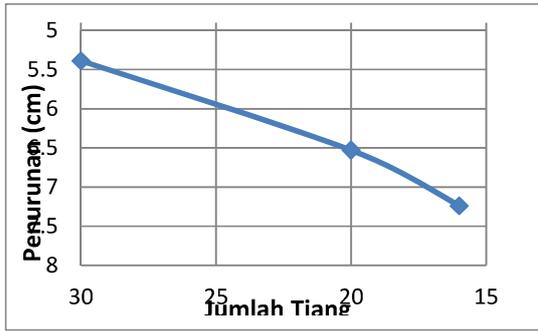
Jumlah Tiang	16	20	30
Kapasitas total sistem tiang (MN)	18.46	23.07	34.61
Beban yang ditanggung tiang (MN)	11.36	11.97	12.78
Tingkat Mobilisasi kapasitas tiang	62%	52%	37%
Penurunan (cm)	7.24	6.53	5.39
Keterangan	X	√	√



Gambar 8. Pengaruh jumlah tiang terhadap persentase mobilisasi kapasitas tiang pada pondasi tiang rakit



Gambar 9. Pengaruh jumlah tiang terhadap pembagian kontribusi tahanan beban pada pondasi tiang-rakit



Gambar 10. Pengaruh jumlah tiang terhadap penurunan

Berdasarkan Gambar 8, dapat diketahui bahwa persentase mobilisasi kapasitas tiang menurun dengan signifikan seiring dengan bertambahnya jumlah tiang dan panjang tiang. Sebaliknya, terlihat pada Gambar 9, persentase beban yang ditanggung oleh tiang justru meningkat meskipun dalam laju yang tidak signifikan. Sementara itu, penurunan yang terjadi pun sudah pasti memiliki trend yang menurun terlihat pada Gambar 10. Gambar 8 sampai Gambar 10 ini dapat digunakan sebagai alat bantu untuk menetapkan desain final.

Berdasarkan seluruh pertimbangan tersebut, maka dipilih konfigurasi pondasi tiang-rakit untuk desain final di mana ketebalan rakit adalah 0,30 meter dan tiang berukuran 25x25 cm² sepanjang 7 meter dengan jumlah 20 buah.

Konfigurasi ideal ini memiliki kapasitas ultimat sistem tiang sebesar 23,08 MN sementara sistem tiang menanggung 11,97 MN dari total beban vertikal yang bekerja sehingga persentase mobilisasi kapasitas ultimat sistem tiang adalah sebesar 52%. Persentase beban yang ditanggung oleh sistem tiang adalah sebesar 79,83%. Adapun penurunan hasil perhitungan pada desain metode Poulos untuk konfigurasi ini adalah sebesar 6,53 cm.

- Analisis dengan perangkat lunak Plaxis 2 dimensi

Setelah menggambarkan geometri dan memasukkan kondisi batas, sifat material untuk klaster-klaster tanah dan obyek geometri lainnya harus dimasukkan dalam kumpulan data. Sifat dari interface termasuk dalam kumpulan data untuk tanah (kumpulan data material Soil & Interfaces). Selain itu kumpulan data untuk jenis kumpulan data Plate perlu dibuat untuk Raft dan Pile.

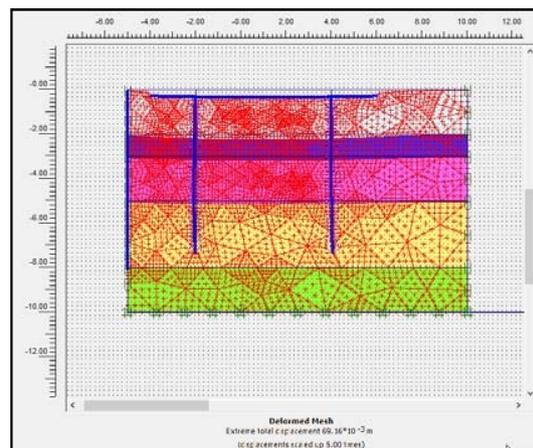
PARAMETER	SATUAN	LAPIS 1	LAPIS 2	LAPIS 3	LAPIS 4	LAPIS 5
Kedalaman	m	0-2	2-3	3-5	5-8	8-10
Model material	-	MC	MC	MC	MC	MC
Tipe perilaku	-	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Berat isi tanah di atas MAT (γ_{sat})	kN/m ²	14.5	15.2	16.5	16	17.5
Berat isi tanah di bawah MAT (γ_{sat})	kN/m ²	15	16	17	16.5	17.5
Indeks plastisitas	-	45%	52%	56%	46%	30%
Koef. Conductivity Hydraulic (K_v)	m/hari	0.000864	0.0864	0.00864	0.0864	0.864
Koef. Conductivity Hydraulic (K_h)	m/hari	0.000864	0.0864	0.00864	0.0864	0.864
Modulus Young (E_{int})	kN/m ²	3250	6500	7800	5850	65000
Poisson ratio (ν)	-	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Kohesi (c_{int})	kN/m ²	17	25	36	30	85
Sudut geser (ϕ)	°	22	21	21	22	25
Sudut dilatasi (Ψ)	°	0	0	0	0	0
Modulus Geser (G)	kN/m ²	1138	2275	2730	2048	22750

Gambar 11. Detail parameter tanah dalam pemodelan PLAXIS

Tabel 5. Sifat-sifat material untuk dinding diafragma (pelat)

Parameter	Nilai	Satuan
Plat Rakit		
EA	7050000	kN/m ²
EI	52875	kN/m ²
w	7.20	kN/m ²
v	0.2	
Pile		
EA	52796.36	kN/m ²
EI	206.24	kN/m ²
w	52.5	kN/m ²
v	0.2	

Berikut ini akan dipaparkan hasil analisis dengan menggunakan PLAXIS Versi 8.2. Pada Gambar 12 merupakan ilustrasi hasil penurunan tanah.



Gambar 12. Output Plaxis Berupa Hasil Penurunan

Gambar 13 merupakan output analisis untuk komponen rakit dari perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2. Adapun profil penurunan di bawah rakit dapat dilihat pada Gambar 4.8, sementara mesh terdeformasi, distribusi gaya geser, dan momen lentur rakit dapat dilihat pada bagian Lampiran.

Penurunan Rata-Rata (cm)			Perbedaan Penurunan (cm)			
Batas	Deformasi Maks.	Ket.	Batas	Deformasi Min.	Δ Penurunan	Ket.
7	6,92	√	5	4,51	2,41	√

Gambar 13. Hasil Penurunan di Bawah Rakit

Berikut ini merupakan hasil analisis untuk komponen tiang dari perangkat lunak PLAXIS Versi 8.2. Pada Gambar 14 menguraikan tentang kinerja aksial tiang.

No.	Tiang Baris ke-	Kinerja Aksial (MN/m)				Beban per Baris
		Kapasitas Tiang	Aksial Maks.	Ket.	% Mobilisasi Kapasitas	
1	1	1,546	0,916	√	59%	6,02
2	2	1,546	0,830	√	54%	6,02
Total Beban yang Ditanggung Sistem Tiang (MN)						12,04
% Beban yang Ditanggung Sistem Tiang						80,24%

Gambar 14. Kinerja aksial tiang

KESIMPULAN

Simpulan yang diperoleh dari penelitian mengenai studi pemakaian pondasi tiang-rakit ini adalah:

Konfigurasi desain final dari alternatif pondasi tiang rakit ini memiliki ketebalan rakit 0,30 meter dan tiang pile berukuran 25x25 cm2 sepanjang 7 meter dengan jumlah 20 buah.

Penurunan tanah hasil perhitungan dengan Metode Poulos sesuai desain final adalah sebesar 6,53 cm, sedangkan hasil perhitungan dengan software Plaxis sesuai desain final adalah sebesar 6,92 cm. Persentase mobilisasi kapasitas ultimat sistem tiang dengan metode Poulos sebesar 52%, sedangkan dengan menggunakan software Plaxis sebesar 56,5%. Persentase beban yang ditanggung oleh sistem tiang dengan metode Poulos sebesar 79,83%, sedangkan dengan software Plaxis sebesar 80,24%.

Apabila dibandingkan antara desain metode Poulos dengan metode software Plaxis terhadap hasil penurunan, persentase mobilisasi kapasitas tiang, dan persentase beban yang ditanggung tiang, maka perbedaannya hanya sedikit. Adanya perbedaan pada kedua metode karena pemilihan korelasi yang bersifat rentangan nilai, yang harus diestimasi rentangnya. Namun secara umum, pemodelan yang dibuat dalam PLAXIS Versi 8.2 secara umum telah merepresentasikan konfigurasi dan parameter tanah yang menjadi dasar asumsi pada tahap desain manual Poulos.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa saran yang dapat dilakukan sebagai bentuk pengembangan pengetahuan mengenai pondasi tiang-rakit selanjutnya.

Hendaknya dilakukan loading test pada tiang sehingga bisa dibandingkan daya dukung hasil dari loading test tersebut dengan hasil perhitungan daya dukung Poulos dan Plaxis.

Input pembebanan pada software Plaxis masih menggunakan konversi dari beban 3 dimensi ke beban 2 dimensi. Hendaknya analisis menggunakan software Plaxis dilakukan dengan analisis tiga dimensi sehingga hasil yang diperoleh pun akurat dan presisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai wujud penghargaan terhadap pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan sebuah KTI atau dalam penelitian dan pengembangan. Pada bagian ini disebutkan siapa yang patut diberikan ucapan terima kasih, baik secara organisasi/ institusi, pemberi donor ataupun individu.

DAFTAR PUSTAKA

Brinkgreve, R. a. (2015). *PLAXIS 2D Reference Manual 2015*. Netherlands: A.A. Balkena Publishers.

Chow, H. (2007). *Analysis of piled-raft foundations with piles of different lengths and diameters*. Sydney: University of Sydney.

Decourt, L. (1989). The standard penetration test: State-of-the-art report. *Proc. 12th International Conference Soil Mechanics and Foundation Engineering*, (hal. 2405-2416). Rio de Janeiro.

Franke, E., El-Mossallamy, Y., & Hemsley, a. P. (2015). *Calculation methods for raft foundations in Germany*. London: J. A. Hemsley.

Heldys, N. S., & Yuki, A. (2016). Karakterisasi sifat fisis dan mekanis tanah lunak di Gedebage. *Reka Racana Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 2(4), 44-55.

Look, B. G. (2007). *Handbook of geotechnical investigation and design tables*. London: Taylor & Francis Group.

Natasya, B. (2011). *Studi Pemakaian Pondasi Tiang-Rakit pada Sebuah Proyek Apartemen di Jakarta dengan Menggunakan Metode Konvensional Poulos dan Plaxis Dua Dimensi*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Poulos, H. (2000). *Pile-raft interaction – Alternative methods of analysis*. Rotterdam: Geomechanics.

- Prakoso, W. A., & Kulhawy, F. H. (2000). Contribution to piled raft foundation design. *Jnl. Geot. and Geoenv. Eng., ASCE*, 127(1), 17-24.
- Viggiani, C. (2001). Analysis and design of piled foundations. *1st Arrigo Croce Lecture, 1*, 47-75.

**ANALISIS PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK (SOFT CLAY) DENGAN
PEMBERIAN BEBAN AWAL (PRELOADING) BERTAHAP YANG
DIKOMBINASIKAN DENGAN PEMASANGAN PREFABRICATED VERTICAL
DRAIN(PVD)
(STUDI KASUS PROYEK JALAN TOLL SS. WARU-TANJUNG PERAK
SURABAYA)**

**ANALYSIS OF SOFT CLAY IMPROVEMENT WITH PRELOADING COMBINED
PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD) (CASE STUDY ON PROJECT SS
TOLL ROAD WARU-TANJUNG PERAK SURABAYA)**

I Made Sudarma,¹ Ida Bagus Indramanik²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ngurah Rai

Surel : madesudarma57@gmail.com, ibgindramanikstmt@gmail.com

Diterima: ;Disetujui:

ABSTRAK

Secara umum, kondisi lapisan tanah dasar pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru menuju Tanjung Perak Surabaya memiliki tanah lempung lunak (soft clay) dan medium. Masalah pada tanah lempung lunak adalah besarnya pemampatan dasar tanah dan butuh waktu relatif lama untuk memampat. Lempung tersebut memiliki nilai Unconfined Compressive Strength, $q_u < 4,8 \text{ ton/m}^2$ atau nilai SPT, $N < 8$ dan terletak hingga kedalaman 26 m dari muka tanah asli. Pemampatan lapisan tanah sedalam 26 m dilakukan dengan membagi lapisan tanah menjadi 9 lapisan pada tinggi timbunan rencana. Selanjutnya dilakukan preloading bertahap dengan koefisien konsolidasi (C_v) rata-rata = $1,7 \text{ m}^2/\text{tahun}$. Pada penelitian ini lapisan tanah diasumsikan telah mengalami highly overconsolidated karena adanya fluktuasi muka air setinggi 1,75 m dari permukaan tanah. Pemampatan dapat dipercepat dengan pemasangan Prefabricated Vertical Drain(PVD) pada derajat konsolidasi ($U\%$) = 90%. Pemasangan PVD mampu mempercepat proses pemampatan konsolidasi dengan waktu 33 minggu. Sedangkan tanpa Pemasangan PVD membutuhkan waktu pemampatan tanah selama 40 minggu.

Kata kunci : Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya, lempung lunak dan medium, preloading, Prefabricated Vertical Drain(PVD), waktu pemampatan 33 minggu.

ABSTRACT

In general, subsoil condition on project SS toll road Waru toTanjung Perak Surabaya has soft clay and medium soil. The problem with soft clay soils is the amount of subgrade compression and it takes a relatively long time to compress. The clay has an Unconfined Compressive Strength value, $q_u < 4.8 \text{ tons/m}^2$ or SPT value, $N < 8$ and is located to a depth of 26 m from the original soil surface. Compression of the soil layer to a depth of 26 m was carried out by dividing the soil layer into 9 layers at the design embankment height. Next, preloading is carried out in stages with the average consolidation coefficient (C_v) = $1.7 \text{ m}^2/\text{year}$. In this study, the soil layer is assumed to have been highly over consolidated due to fluctuations in the water level as high as 1.75 m from the ground surface. Compression can be accelerated by installing Prefabricated Vertical Drain(PVD) at the degree of consolidation ($U\%$) = 90%. Installation of PVD is able to speed up the consolidation compression process with a time of 33 weeks. Meanwhile, without PVD installation, soil compaction takes 40 weeks.

Keywords: SS toll road Waru toTanjung Perak Surabaya, soft clay and medium soil, preloading, Prefabricated Vertical Drain(PVD), compression time 33 weeks.

PENDAHULUAN

Pelapukan akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung dapat berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus. Karena itu, tanah lempung mempunyai sifat yang sangat

dipengaruhi oleh gaya - gaya permukaan. Umumnya, terdapat kira - kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Ladd,C.C,1959). Di antaranya terdiri dari kelompok - kelompok : montmorillonite, illite, kaolinite, dan polygorskite, chlorite, vermiculite,dan halloysite. Susunan kebanyakan

tanah lempung terdiri dari silica tetrahedral dan aluminium oktahedra.

Pengaruh air pada tanah lempung. Menurut Hary Christady Hardiyatmo(1992), Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air, karena pada tanah berbutir halus, luas permukaan spesifik menjadi lebih besar, variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanahnya. Distribusi ukuran butiran jarang - jarang sebagai faktor yang mempengaruhi kelakuan tanah butiran halus.

Pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya secara umum tanah lempung lunak (*soft clay*) adalah daya dukung tanah dasarnya yang relatif rendah. Masalah pemampatan tanah dasarnya yang relatif besar serta berlangsung membutuhkan waktu relatif lama. Untuk mempercepat pemampatan tanahnya dengan beban *preloading* bertahap di kombinasi dengan *Prifabricated Vertical Drain* (PVD). Tujuan pemampatan tanah dengan kombinasi tersebut diatas, untuk mempercepat proses pemampatan tanah dengan waktu lebih cepat. Batasan masalah hanya menganalisis pemampatan tanah lempung dengan pembebanan *preloading* bertahap yang dikombinasikan dengan pemasangan *Prifabricated Vertical Drain* (PVD).

Dalam pembangunan infrastruktur transportasi atau Jalan Toll terdapat tanah lempung lunak adalah termasuk tanah yang bermasalah (*problematic soil*). Kondisi lapisan tanah dasar pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya yang memampat adalah lapisan tanah lempung lunak dan medium yaitu lempung yang mempunyai nilai *Unconfined Compressive Strength*, $q_u < 4,8$ ton/ m² atau nilai SPT, $N < 8$ (Das,1985), bahwa lapisan lempung lunak dan medium berada sampai kedalaman 26 m dari muka tanah asli. Untuk menganalisis pemampatannya, maka lapisan tanah sedalam 26 m ini dibagi menjadi 9 lapisan dengan koefisien konsolidasi (C_v) rata - rata = 1,7 m²/tahun. Untuk menganalisis pemampatan, lapisan tanah 1 diasumsikan telah mengalami *highly overconsolidated* , karena adanya fluktuasi muka air setinggi 1,75 m dari permukaan tanah.

Pembebanan dengan *preloading* mempunyai tujuan, Menghilangkan penurunan konsolidasi ini dilakukan dengan membebani tanah dengan beban awal yang lebih besar atau sama dengan beban bangunan yang di nyatakan dalam persamaan :

$$S_c = C_s \frac{H_0}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_v}{\sigma_{0i}} \dots\dots\dots(1)$$

dengan,

$$\sigma'_0 = z (\gamma_{sat} - \gamma_w) = z \gamma'$$

$$\sigma'_c = \sigma'_0 + \text{fluktuasi muka air tanah}$$

$$S_c = \text{dihitung dengan } H_i \text{ masing - masing lapisan.}$$

Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat keluarnya air yang menempati pori - pori tanah. Derajat konsolidasi pada proses pemampatan akibat tinggi timbunan rencana dan beban *surchage* pada analisis ini diperhitungkan 90%. Formula waktu yang diperlukan untuk analisis tanpa pemasangan *Prefabricated Vertical Drain*(PVD) di nyatakan dalam persamaan :

$$t = \frac{T_{v(H_{dr})^2}}{C_v} \dots\dots\dots(2)$$

dengan,

t = total waktu yang diperlukan untuk pemampatan tanah(konsolidasi).

T_v = factor waktu

C_v = koefisien konsolidasi

H_{dr} = tebal tanah dasar termampat

Derajat konsolidasi (U) untuk tanah yang mempergunakan Vertikal Drain sebagai akibat kombinasi aliran arah horizontal dan vertikal diperoleh dengan persamaan :

$$U = 1 - [(1 - U_v)(1 - U_h)] \dots\dots\dots(3)$$

dengan,

U_v = derajat konsolidasi arah vertikal

U_h = derajat konsolidasi arah horizontal

Besarnya U_h diperoleh dengan persamaan :

$$t = \left(\frac{D^2}{8C_h}\right) F(n) \ln \left(\frac{1}{1-U_h}\right) \dots\dots\dots(4)$$

dengan,

t = waktu untuk menyelesaikan konsolidasi

D = diameter ekuivalen tanah yang merupakan daerah pengaruh vertikal drain seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

$D = 1,13 S$, untuk pola pemasangan vertikal drain bujur sangkar.

$D = 1,05 S$, untuk pola pemasangan vertikal drain segitiga

S = jarak pemasangan vertikal drain

$F(n)$ = faktor jarak vertikal drain

$$F(n) = I_n \left(\frac{D}{d_w}\right) - 3/4 \dots\dots\dots(5)$$

dengan,

$$d_w = \frac{2(a + b)}{\pi} \text{ atau } \left(\frac{a + b}{2}\right)$$

d_w = diameter ekuivalen
 a = lebar PV drain
 b = tebal PV drain

Vertikal drain umumnya berupa tiang - tiang vertical yang mudah mengalirkan air dari bahan *geosynthetic* yang dikenal dengan "wick drain" atau juga dikenal dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Tiang - tiang atau lubang - lubang tersebut "dipasang" didalam tanah pada jarak tertentu sedemikian rupa sehingga memperpendek jarak aliran drainase air pori (*drainage path*). Karena waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi tertentu adalah fungsi dari tebal/panjang lapisan aliran drainase, waktu t tanpa *vertical drains* di nyatakan dalam persamaan :

$$t = \frac{TH^2}{C_v} \dots\dots\dots (6)$$

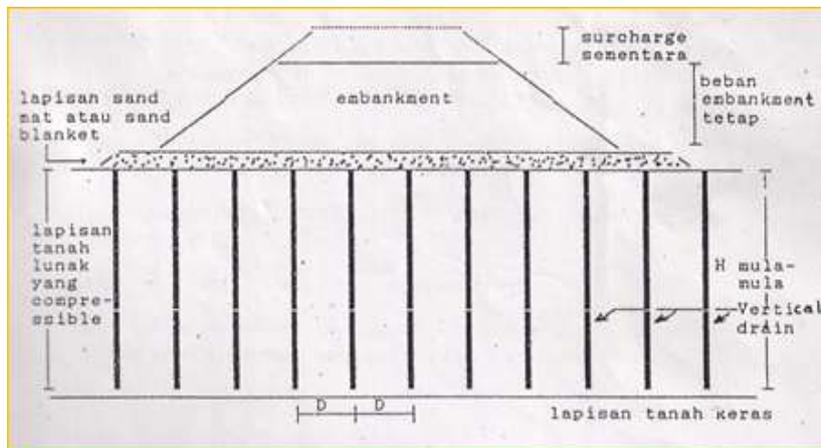
dimana :
 H = panjang *drainage path*, dg. Adanya *vertical drains* waktu sangat dapat diperpendek.
 C_v = koefisien rembesan.
 T = factor waktu tak berdimensi.
 t = total waktu yang diperlukan untuk pemampatan tanah(konsolidasi).

Pada Gambar 1, harga D adalah jarak antara vertikal drain, jadi adanya vertikal drain sangat menyingkat waktu konsolidasi. Biasanya untuk lebih menyingkat waktu lagi, cara pemampatan awal (*precompression*) digabung dengan penambahan *vertical drains*. Jadi waktu t dengan *vertical drains* menjadi,

$$\bar{t} = \frac{T(D/2)^2}{C_h} \dots\dots\dots (7)$$

dimana:
 D = jarak antara vertical drains.
 Karena $D/2 \ll H$ mula - mula, maka $\ll t$.
 C_h = koefisien horizontal tanah.

Lapisan *sand mat* (*sand blanket*) diperlukan untuk mengalirkan air yang keluar dari *vertical drains* pada permukaan tanah. Jadi pada *vertical drains* dapat dijaga tekanan air tetap hidrostatik. Selain itu, pada pemampatan primer (*primary consolidation*) biasa tanpa adanya *vertical drains*, arah pengaliran air adalah sebagian besar *vertical*, sehingga harga C_v yang dipakai adalah harga C_v arah *vertical*. Padahal dengan adanya *vertical drains* arah pengaliran air sebagian besar horizontal dan harga C_h adalah untuk arah horizontal. Karena pada umumnya $C_h > C_v$, maka waktu konsolidasi t makin bertambah pendek lagi. Umumnya harga $C_h/C_v = 2$ sampai 10.



Gambar 1 Pemasangan Vertikal Drain pada Tanah yang *Compressibel*

Sumber : Mochtar (2000) Perbaikan tanah - tanah sulit

Ukuran, jarak dan pola pemasangan PVD dipasang sepanjang tebal lapisan tanah yang mempunyai kemampuan pemampatan yang tinggi saja. Untuk menentukan suatu tanah mempunyai kemampuan pemampatan yang tinggi dan mengetahui berapa tebalnya, dapat digunakan tabel konsistensi tanah kohesif pada Tabel 1.

Pemasangan Vertikal Drain sepanjang kedalaman tanah lunak yang akan dimampatkan, maka akan mempercepat proses pemampatan. Hal ini terjadi karena air yang keluar pada poroses konsolidasi selain mengalir secara vertikal melalui tanah juga mengalir secara horizontal melalui tanah, kemudian secara

vertikal dengan cepat mengalir melalui Vertikal Drain. Hal ini akan dianalisis pada perencanaan perbaikan tanah dengan *preloading* yang dikombinasi dengan Vertikal Drain yang meliputi :

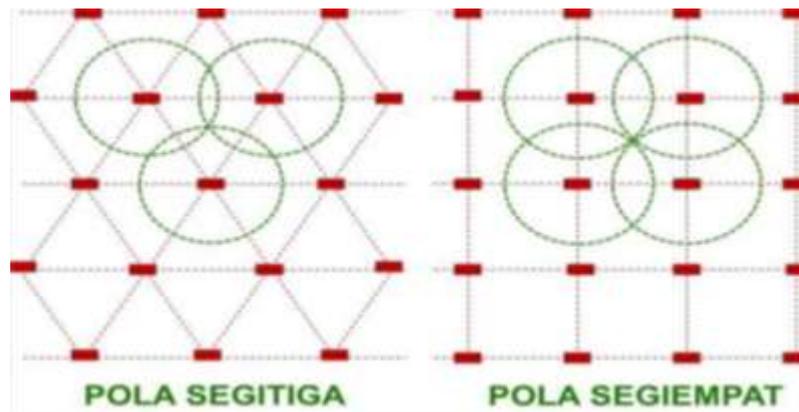
- a. Menentukan Vertikal Drain meliputi ukuran, jarak, dan pola pemasangannya.
- b. Analisa waktu pemampatan pada tiap tahapan *preloading*, sehingga dengan

ukuran Vertikal Drain yang dipergunakan dapat memperoleh waktu pemampatan lebih kecil dari waktu yang dipersyaratkan oleh proyek. Gambar 2 pola pemasangan Vertikal Drain dengan pola segitiga (*triangle pattern*) pola segiempat (*square pattern*)

Tabel 1 Konsistensi Tanah Kohesif

Konsistensi Tanah Kohesif	Taksiran Nilai SPT N-SPT	TAKSIRAN HARGA TAHANAN KONUS, q_c	
		Kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0,0-2,5	0-10	0-1.000
Lunak (soft)	2,5-5,0	10-20	1.000-2.000
Menengah (medium)	5,0-10	20-40	2.000-4.000
Kaku (Stiff)	10-20	40-75	4.000-7.500
Sangat	20-40	75-150	7.500-15.000
Keras (Hard)	>40	>150	>15.000

Sumber : Mochtar (2006), Revisi (2012)



Gambar 2 Pola Pemasangan Vertikal Drain dengan Pola Segitiga (*triangle pattern*) dan Pola Segiempat (*square pattern*)

Sumber : Prosiding Seminar Nasional Geoteknik 2016

PS SI Teknik Sipil Unlam, Banjarmasin, 1 Oktober 2016, ISBN : 978-602-6483-02-7

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan pada Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya Jawa Timur. Material timbunan yang digunakan pada proyek Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya Jawa Timur adalah kerikil bercampur pasir. Tujuannya adalah agar memiliki kepadatan baik sebagai timbunan dan mempunyai fungsi drainase untuk menyalurkan air dari vertikal drain. Berat isi material di asumsikan sebagai $\gamma_s = 1,8 \text{ ton}/m^3$.

Waktu yang diperlukan untuk pekerjaan proyek Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya Jawa Timur telah ditentukan oleh proyek maksimum 10 bulan. Sehingga waktu

untuk menghilangkan pemampatan tanah pada perencanaan ini diperhitungkan maksimal 33 minggu dengan derajat konsolidasi ($U100\%$). Tinggi dan lebar timbunan adalah 3,5 m dan 41 m secara berturut-turut. Selain itu kemiringan timbunan 1 : 2.

Tahapan analisis data dilakukan sebagai berikut yakni dimulai dari pengumpulan data lapisan tanah dasar. Selanjutnya dilakukan analisis waktu (t) pemampatan tanpa pemasangan vertikal drain. Kemudian menganalisis pemampatan akibat tinggi timbunan rencana $H = 3,5 \text{ m}$ dan pemampatan akibat beban rencana $q = 3,5,7,9 \text{ ton}/m^2$. Kemudian dilakukan analisis pemampatan tanah akibat beban bertahap dikombinasi dengan

Prefabricated Vertikal Drain (PVD). Langkah terakhir adalah dilakukan monitoring tekanan air pori.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya yang memampat adalah lapisan tanah lempung lunak dan medium yaitu lempung yang mempunyai nilai *Unconfined Compressive Strength, qu* < 4,8 ton/m² atau nilai *SPT, N* < 8 (Das,1985), bahwa lapisan lempung lunak dan medium berada sampai kedalaman 26 m dari muka tanah asli. Untuk menganalisis pemampatannya, maka lapisan tanah sedalam 26 m ini dibagi menjadi 9 lapisan dengan koefisien konsolidasi (*Cv*) rata-rata = 1,7 m²/tahun. Data lapisan tanah dasar pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya. dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Berikut merupakan tahapan Analisis waktu (*t*) pemampatan tanpa pemasangan vertikal drain.

Diketahui,

Dengan *U* = 90%, *Tv* = 0,848 , *H_{dr}* = 25,3 m , *Cv* = 1,7 m²/tahun

Sehingga waktu (*t*) yang diperlukan untuk menghilangkan 90% pemampatan konsolidasi pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya apabila tidak dipasang vertikal drain adalah : $t = \frac{T_v \cdot H_{dr}^2}{C_v} =$

$$\frac{0,848 \cdot (\frac{25,3}{2})^2}{1,7} = 79,19 \text{ tahun}$$

Jadi waktu yang diperlukan untuk menghilangkan 90% pemampatan konsolidasi pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya apabila tidak dipasang vertikal drain adalah selama 79,19 tahun, sedangkan didalam pelaksanaan proyek 40 minggu atau 10 bulan.

Berikut merupakan tahapan analisis pemampatan akibat tinggi timbunan rencana *H* = 3,5 m. Berdasarkan Gambar 3 : *a* = 7.00 m, *b* = 13.50 m, $\Delta\sigma = I \cdot q$ (ton/m²), permukaan air banjir setinggi 2.00 m dari muka tanah, sehingga tinggi timbunan minimal yang diperlukan minimal *H* = 3.5 m dari muka tanah. Beban timbunan $q = H_{fill} \cdot \gamma_{fill} = 3.5 \cdot 1.8 = 6.3 \text{ ton/m}^2$

Tabel 2. Data lapisan tanah dasar pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya

Lapisan	Kedalaman. (m)	Tebal Lapisan (m)	LL (%)	PL (%)	IP (%)	<i>e</i>	<i>G_s</i>	<i>w_c</i> (%)	<i>v_{sat}</i> ton/m ³	Φ_0	<i>C_u</i> ton/m ²	<i>C_c</i>	<i>C_s</i>
1	0 – 2.30	2.30	81	29	98	2.77	2.66	104.1	1.44	0	0.70	1.15	0.14
2	2.30 - 5.30	3.00	108	35	73	2.76	2.59	106.6	1.42	0	0.60	1.48	0.15
3	5.30 - 8.30	3.00	113	30	83	2.63	2.58	101.9	1.44	0	0.60	1.26	0.14
4	8.30 -11.30	3.00	128	38	90	2.43	2.59	93.80	1.46	0	1.30	0.48	0.17
5	11.30 -14.30	3.00	71	38	90	1.40	2.59	54.10	1.66	0	1.50	0.48	0.17
6	15.00 - 17.00	2.00	90	35	55	1.98	2.70	73.30	1.57	0	1.60	0.48	0.17
7	17.00 - 20.00	3.00	116	40	76	2.00	2.69	74.30	1.59	0	1.60	0.48	0.17
8	20.00 - 23.00	3.00	114	40	74	1.96	2.68	73.10	1.57	0	1.50	0.48	0.17
9	23.00 - 26.00	3.00	122	42	80	1.98	2.69	73.60	1.57	0	1.30	0.48	0.17

Pada **Tabel 3**, lapisan tanah 1 adalah *highly overconsolidated*, karena permukaan air fluktuasi setinggi 1.75 m

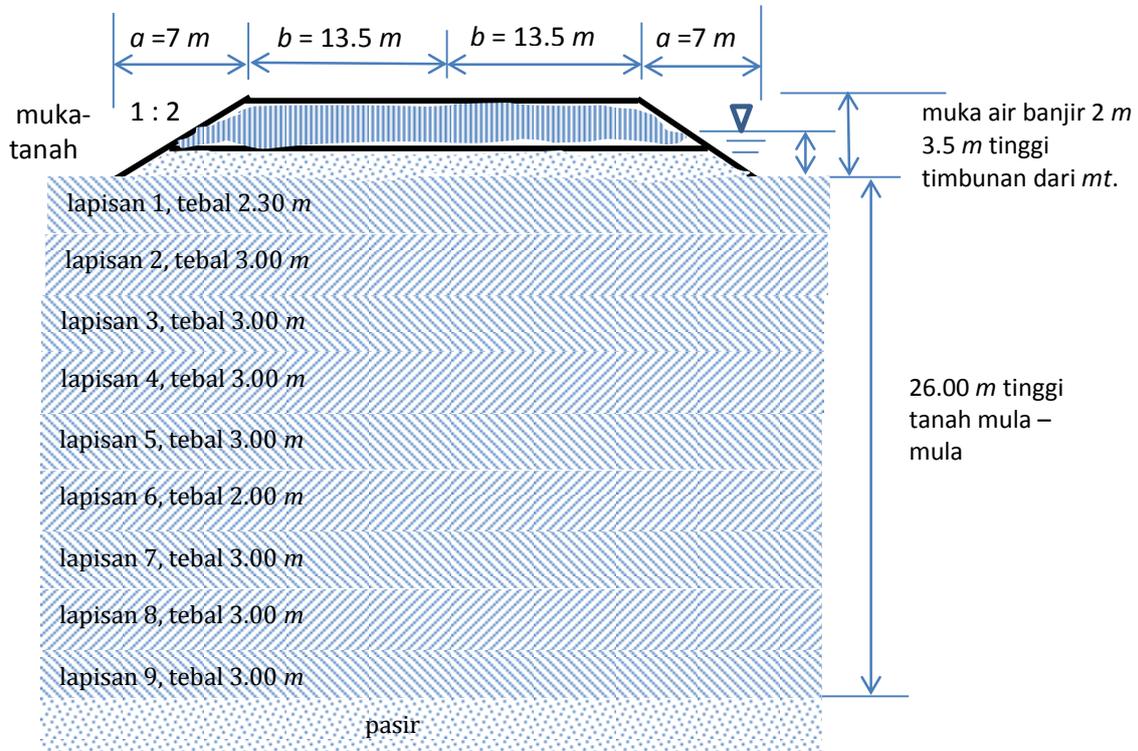
$$\sigma_{o'} = z (\gamma_{sat} - \gamma_w) = z \gamma'$$

$$\sigma_c' = \sigma_{o'} + \text{fluktuasi muka air tanah.}$$

S_c = di analisa dengan *Hi* masing - masing lapisan tanah.

Tinggi timbunan yang paling kritis (H_{cr}), diambil pada kedalaman 7 m, $C = C_{urata - rata} = 0.63$, untuk $\phi = 0$, $N_c = 5.14$, *Safety Factor (FS)* = 1.5

$$H_{cr} = \frac{C \cdot N_c}{F_s \cdot \gamma_{full}} = \frac{0.63 \cdot 0.54}{1.5 \cdot 1.8} = 1.2$$



Gambar 3 Tebal Lapisan Tanah yang Dimampatkan

Pada **Tabel 4**, lapisan tanah 1 adalah *highly overconsolidated*, karena permukaan air fluktuasi setinggi 1.75 m

$$\sigma_{o'} = z (\gamma_{sat} - \gamma_w) = z \gamma'$$

$$\sigma_c' = \sigma_{o'} + \text{fluktuasi muka air tanah.}$$

S_c = di analisa dengan *Hi* masing - masing lapisan tanah.

Dengan analisa yang sama yang di tunjukkan pada **Tabel 4** pemampatan tanah dasar akibat beban rencana untuk variasi beban $q = (5,7,9,11) \text{ ton/m}^2$, dapat ditulis berturut - turut $S_c \text{ total} = (0.65, 0.71, 0.75, 0.81) \text{ m}$ dengan H pemampatan tanah final dapat ditulis berturut - turut = (1.42, 2.49, 3.57, 4.67, 5.75) m. Selanjutnya ditunjukkan pada Gambar 4 dan Grafik 5.

Gambar 4 terlihat hubungan antara beban q dengan pemampatan tanah (S_c) meter yakni semakin besar beban timbunan semakin besar pemampatan tanahnya, Demikian juga pada

Gambar 5 terlihat hubungan antara beban q dengan tinggi timbunan final (meter) yakni semakin besar beban timbunan semakin besar H (tinggi) pemampatan tanahnya.

Berikut merupakan tahapan analisis pemampatan tanah akibat beban bertahap dikombinasi dengan **Prefabricated Vertikal Drain (PVD)**.

- Data PVD Tebal vertikal drain (b) = 1 cm
- Lebar vertikal drain (a) = 15,0 cm
- Jarak pemasangan vertikal drain (S) = 120 cm
- Kedalaman pemasangan vertikal drain = 2600 cm
- Pola pemasangan pemasangan vertikal drain = bujur sangkar

Pada analisis menggunakan formula : (3), (4), (5) dan (7), yang ditulis pada **Tabel 5**. Dan pemasangan vertikal drain ditunjukkan pada **Gambar 6**.

Tabel 3 Analisa Pemampatan Tanah Dasar Akibat Tinggi Timbunan Rencana $H = 3.5 M$ pada Proyek Pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya

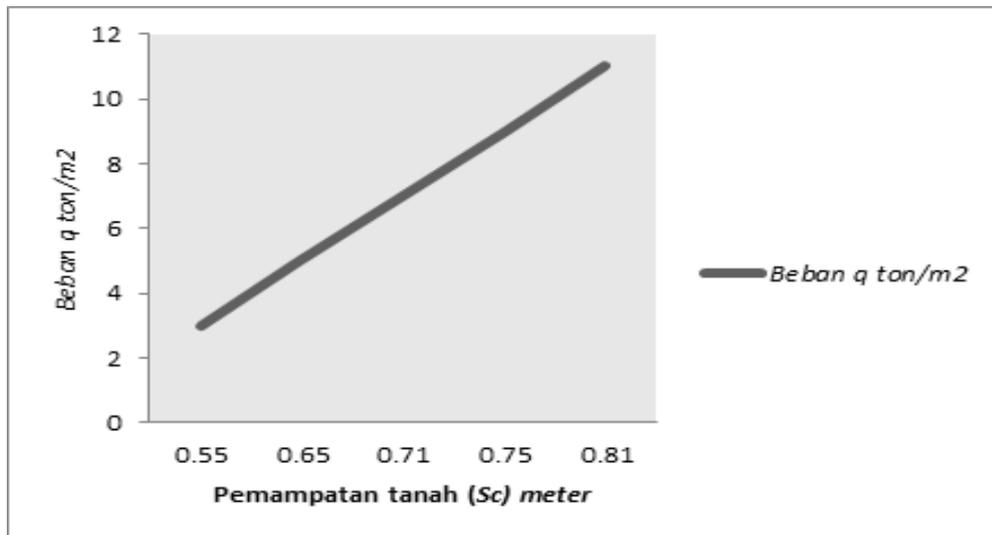
No. Lapis-an	H_i (m)	H_{total} (m)	Te-bal (m)	a/z	b/z	l/z	$\Delta\sigma$ ton/m ²	IP (%)	C_u ton/m ²	G_s	e	v_{sat} ton/m ³	C_c	C_s	$\sigma_{o'}$ ton/m ²	$\Delta\sigma + \sigma_{o'}$ ton/m ²	$\sigma_{c'}$ ton/m ²	S_c (m)
1	2.3/2	2.3	1.15	6.09	11.74	0.5	6.3	98	0.70	2.66	2.77	1.44	1.15	0.14	0.51	6.81	2.26	0.16
2	3.0/2	5.30	3.80	1.84	3.55	0.5	6.3	73	0.60	2.59	2.76	1.42	1.48	0.15	1.60	7.90	3.35	0.18
3	3.0/2	8.30	6.80	1.03	1.99	0.495	6.24	83	0.60	2.58	2.63	1.44	1.26	0.14	2.99	9.23	4.74	0.12
4	3.0/2	11.30	9.80	0.71	1.38	0.47	5.92	90	1.30	2.59	2.43	1.46	0.48	0.17	4.51	10.43	6.26	0.05
5	3.0/2	14.30	12.8	0.55	1.05	0.445	5.61	90	1.50	2.59	1.40	1.66	0.48	0.17	8.45	14.06	10.20	0.05
6	2.0/2	17.00	16.0	0.45	0.86	0.42	5.29	55	1.60	2.70	1.98	1.57	0.48	0.17	9.12	14.41	10.87	0.02
7	3.0/2	20.00	18.5	0.38	0.73	0.395	4.98	76	1.60	2.69	2.00	1.59	0.48	0.17	10.92	15.90	12.87	0.035
8	3.0/2	23.00	21.5	0.33	0.63	0.37	4.66	74	1.50	2.68	1.96	1.57	0.48	0.17	12.26	16.92	14.01	0.03
9	3.0/2	26.00	24.5	0.29	0.55	0.34	4.28	80		2.69	1.98	1.57	0.48	0.17	13.97	18.25	15.72	0.03

S_c . total = 0.675

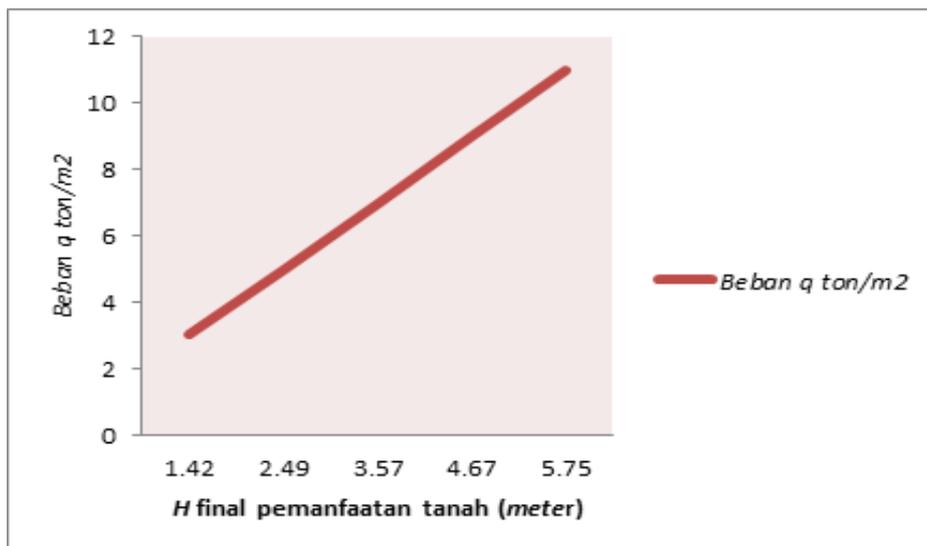
Tabel 4 Analisa Pemampatan Tanah Dasar Akibat Beban Rencana $Q = 3 \text{ Ton}/M^2$ pada Proyek Pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya

No. Lapis-an	H_i (m)	H_{total} (m)	Te-bal (m)	l/z	$\Delta\sigma$ ton/m ²	IP (%)	C_u ton/m ²	G_s	e	v_{sat} ton/m ³	C_c	C_s	$\sigma_{o'}$ ton/m ²	$\Delta\sigma + \sigma_{o'}$ ton/m ²	$\sigma_{c'}$ ton/m ²	S_c (m)
1	2.3/2	2.3	1.15	0.5	6.3	98	0.70	2.66	2.77	1.44	1.15	0.14	0.51	6.81	2.26	0.12
2	3.0/2	5.30	3.80	0.5	6.3	73	0.60	2.59	2.76	1.42	1.48	0.15	1.60	7.90	3.35	0.14
3	3.0/2	8.30	6.80	0.495	6.24	83	0.60	2.58	2.63	1.44	1.26	0.14	2.99	9.23	4.74	0.10
4	3.0/2	11.30	9.80	0.47	5.92	90	1.30	2.59	2.43	1.46	0.48	0.17	4.51	10.43	6.26	0.05
5	3.0/2	14.30	12.8	0.445	5.61	90	1.50	2.59	1.40	1.66	0.48	0.17	8.45	14.06	10.20	0.05
6	2.0/2	17.00	16.0	0.42	5.29	55	1.60	2.70	1.98	1.57	0.48	0.17	9.12	14.41	10.87	0.02
7	3.0/2	20.00	18.5	0.395	4.98	76	1.60	2.69	2.00	1.59	0.48	0.17	10.92	15.90	12.87	0.03
8	3.0/2	23.00	21.5	0.37	4.66	74	1.50	2.68	1.96	1.57	0.48	0.17	12.26	16.92	14.01	0.03
9	3.0/2	26.00	24.5	0.34	4.28	80		2.69	1.98	1.57	0.48	0.17	13.97	18.25	15.72	0.01

$S_c \text{ total} = 0.55 \text{ m}$



Gambar 4 Hubungan Antara Beban q dengan Pemampatan Tanah (S_c) meter



Gambar 5 Hubungan Antara Beban q dengan Tinggi Timbunan Final (meter)

Pada Tabel 5 dapat ditulis, pemampatan tanah dengan vertikal draian membutuhkan waktu 33 minggu dengan derajat konsolidasi (U) 100 % pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya.

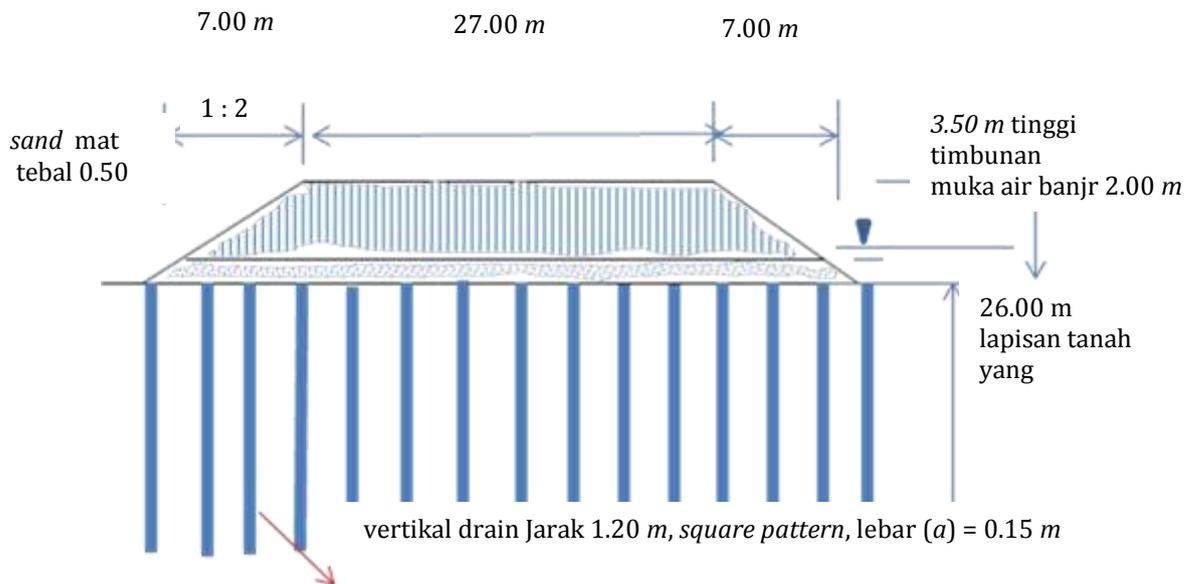
Berikut merupakan tahapan monitoring tekanan air pori tanah. Monitoring tekanan air

pori tanah dilakukan pembacaan terhadap *piezometer* dipasang sampai kedalaman tanah lempung lunak yang di pampatkan, alat yang umum dipakai dewasa ini yaitu *Open standpipe piezometer*, digunakan alat baca *water level indicator* yang ditunjukkan pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.

Tabel 5 Analisis Pemasangan Vertikal Drain.

Waktu t (minggu)	T_v	C_v ($m^2/th.$)	$C_h = 2 C_v$ m^2/th	U_v (%)	U_h (%)	$1 - U_h$	$1 - U_v$	U (%)
1	0.0002	1.7	3.4	1.6	13	0.87	0.98	15
2	0.0004	1.7	3.4	2.26	24	0.76	0.98	26
3	0.0006	1.7	3.4	2.76	34	0.66	0.97	36
4	0.0008	1.7	3.4	3.19	42	0.58	0.97	44
5	0.001	1.7	3.4	3.57	50	0.50	0.96	52
6	0.0012	1.7	3.4	3.91	56	0.44	0.96	58
7	0.0014	1.7	3.4	4.22	62	0.38	0.96	64
8	0.0016	1.7	3.4	4.51	67	0.33	0.95	69
9	0.0018	1.7	3.4	4.79	71	0.29	0.95	72
10	0.002	1.7	3.4	5.05	75	0.25	0.95	76
11	0.0022	1.7	3.4	5.29	78	0.22	0.95	79
12	0.0024	1.7	3.4	5.53	81	0.19	0.94	82
13	0.0026	1.7	3.4	5.75	83	0.17	0.94	84
14	0.0028	1.7	3.4	5.97	85	0.15	0.94	86
15	0.003	1.7	3.4	6.18	87	0.13	0.94	88
16	0.0032	1.7	3.4	6.38	89	0.11	0.94	90
17	0.0034	1.7	3.4	6.58	90	0.1	0.93	91
18	0.0036	1.7	3.4	6.77	91	0.09	0.93	92
19	0.0038	1.7	3.4	6.96	93	0.07	0.93	93
20	0.004	1.7	3.4	7.14	94	0.06	0.93	94
21	0.0042	1.7	3.4	7.31	94	0.06	0.93	94
22	0.0044	1.7	3.4	7.50	95	0.05	0.93	95
23	0.0046	1.7	3.4	7.65	96	0.04	0.92	96
24	0.0048	1.7	3.4	7.82	96	0.04	0.92	96
25	0.005	1.7	3.4	7.98	97	0.03	0.92	97
26	0.0052	1.7	3.4	8.14	98	0.02	0.92	98
27	0.0054	1.7	3.4	8.30	98	0.02	0.92	98
28	0.0056	1.7	3.4	8.44	98	0.02	0.92	98

29	0.0058	1.7	3.4	8.60	98.10	0.019	0.91	98
30	0.006	1.7	3.4	8.74	98.30	0.017	0.91	98
31	0.0062	1.7	3.4	8.88	99	0.014	0.91	99
32	0.0064	1.7	3.4	9.03	99	0.013	0.91	99
33	0.0066	1.7	3.4	9.17	99	0.011	0.91	100



Gambar 6 Pemasangan vertikal drain pada tanah yang *ompressible*



Gambar 7 Open standpipe piezometer

Sumber : *Prosiding Seminar Nasional Geoteknik 2016*
 PS S1 Teknik Sipil Unlam, Banjarmasin, 1 Oktober 2016, ISBN : 978-602-6483-02-7



Gambar 8 Monitoring open standpipe piezometer

Sumber : *Prosiding Seminar Nasional Geoteknik 2016*

PS S1 Teknik Sipil Unlam, Banjarmasin, 1 Oktober 2016, ISBN : 978-602-6483-02-7

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yakni waktu yang diperlukan untuk menghilangkan 90% pemampatan konsolidasi pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya apabila tidak dipasang vertikal drain adalah selama 79,19 tahun, sedangkan didalam pelaksanaan proyek 40 minggu atau 10 bulan. Selain itu juga pemampatan tanah dengan vertikal drain membutuhkan waktu 33 minggu dengan derajat konsolidasi (U) 100 % pada proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya. Disarankan kepada pelaksana proyek pembangunan Jalan Toll SS. Waru Tanjung Perak Surabaya menggunakan vertikal drain untuk mempersingkat waktu pelaksanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

Hary Christady Hardiyatmo. 1992. *Mekanika Tanah*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama

Indrasurya B. Mochtar. 2000. *Mengajarkan Teori Teknik Perbaikan Tanah - Tanah Silit*. Guru besar Geoteknik : ITS

Kuswanda, Wahyu P., Pemantauan Instrumen Geoteknik sebagai Indikator Kinerja Tanah Dasar Lunak pada Kontrak Pembangunan Jalan Berbasis Kinerja, *Proceedings Konferensi Regional Teknik Jalan Ke-12 (KRTJ-12)*, HPJI, Bandung, 2013.

Kuswanda, Wahyu P., Penanganan Problema Pembangunan Infrastruktur Transportasi pada Tanah Lempung Lunak, *Proceedings Seminar Nasional Teknik Jalan 2014*, HPJI, Palangkaraya, 2014.

Kuswanda, Wahyu P., Rekayasa Geoteknik Tanah Lempung Lunak pada Pembangunan Infrastruktur Transportasi, *Proceedings Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah 2015 (ATPW-2015)*, Program Diploma Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2015.

Komornik, A., and David, D.1969. Prediction of Swelling Pressure of Clay. *ASCE Journal of the Soils*

Noor Endah Mochtar. 2000. *Mengajarkan Teori Teknik Perbaikan Tanah*. Guru besar Geoteknik: ITS

Ladd,C.C. 1959. Mechanisms of Swelling by compacted clay, Water tensions; Swelling Mechanisms; Srength of Compacted Soil. *Highway Research Board Buletin* No.245, Nat. Academy Of Sci. – Nat. Res. Council, 10 – 26.

Proceedings Simposium In- ternasional ke-17 Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi, Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi (FSTP) dan Universitas Jember, Jember, 2014.

Prosiding Seminar Nasional Geoteknik. 2016.
PS S1 Teknik Sipil Unlam, Banjarmasin, 1

Oktober 2016. ISBN : 978-602-6483-02-7.

DESAIN DAN ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH GEOTEKSTIL

Design and Analysis Stability of Geotextile Soil Retaining Wall

I Made Pande Krisna Aditayana

ABSTRAK

Permasalahan kelongsoran sering terjadi karena kondisi lereng yang curam, adanya beban yang besar di atasnya dan curah hujan tinggi yang menyebabkan muka air tanah meningkat. Untuk menanggulangi terjadinya kelongsoran pada lereng maka diperlukan sebuah perkuatan, salah satunya dengan geotekstil. Geotekstil menjadi pilihan yang tepat karena memiliki beberapa keunggulan yaitu cepat dan mudah dalam pelaksanaan serta dapat meningkatkan stabilitas lereng secara efektif karena material geotekstil baik dalam menerima tegangan tarik. Studi kasus mengenai dinding penahan tanah geotekstil ini dilakukan di Jalan Raya Sebali, Desa Keliki, Kecamatan Tegallalang, Kabupaten Gianyar. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendesain dinding penahan tanah menggunakan perkuatan geotekstil pada lokasi tersebut. Data-data yang digunakan untuk analisis adalah data hasil uji sifat fisik dan uji mekanik tanah yang diperoleh dari data sekunder berupa: berat volume tanah (γ), kohesi tanah (c), sudut geser tanah (ϕ). Analisis dilakukan dengan perhitungan manual dengan menggunakan metode Rankine. Analisis data meliputi panjang penjangkaran ditambah panjang nonacting (L), panjang overlap (L_o), spasi vertikal antar lapisan geosintetik (S_v), tegangan izin (T_{all}), tegangan lateral tanah (σ'_h), kuat tarik geosintetik yang dibutuhkan (P_{req}). Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini didapatkan spasi vertikal antar lapisan geotekstil berturut-turut sebesar 0,30 m, 0,40 m, 0,50 m. P_{req} sebesar 55 kN/m. Diperoleh hasil L dengan panjang 3,00 m pada kedalaman 0,50 m, 1,00 m, 1,50 m, 1,90 m, dan L dengan panjang 2,00 m pada kedalaman 2,30 m, 2,70 m, 3,00 m, 3,30 m, dan 3,60 m. Nilai L_o diperoleh 1,00 m untuk setiap kedalaman. Hasil desain dan analisis dinding penahan tanah geotekstil yang diperoleh telah memenuhi kontrol stabilitas eksternal yaitu kontrol kegagalan geser, kegagalan guling, kegagalan daya dukung tanah dasar dan kontrol terhadap stabilitas internal yaitu putusnya geotekstil dan tercabutnya geotekstil.

Kata Kunci: desain dinding penahan tanah, perkuatan tanah, geotekstil.

ABSTRACT

Landslide problems often occur due to steep slope conditions, a large load on it and high rainfall which causes the groundwater level to increase. To overcome the occurrence of landslides on the slopes, a reinforcement is needed, one of which is geotextiles. Geotextile is the right choice because it has several advantages, namely it is quick and easy to implement and can improve slope stability effectively because geotextile materials are good at receiving tensile stresses. This case study of geotextile retaining walls was conducted on Jalan Raya Sebali, Keliki Village, Tegallalang District, Gianyar Regency. The purpose of this study is to design a retaining wall using geotextile reinforcement at that location. The data used for analysis are the results of physical properties and soil mechanical tests obtained from secondary data in the form of: unit weight of soil (γ), soil cohesion (c), friction angle of soil (ϕ). The analysis was carried out by manual calculations using the Rankine method. Analysis of the data includes anchorage length plus nonacting length (L), overlap length (L_o), space between geosynthetic layers, stress required (T_{all}), soil lateral stress (σ'_h), the required geosynthetic tensile strength (P_{req}). Based on the results of the analysis in this study, it was found that the vertical spacing between geotextile layers was 0.30 m, 0.40 m, 0.50 m. P_{req} of 55 kN / m. Results obtained with a length L 3.00 m at a depth of 0.50 m, 1.00 m, 1.50 m, and 1.90 m, and 2.00 m of length L at a depth of 2.30 m, 2.70 m, 3.00 m, 3.30 m, and 3.60 m. L_o value is obtained 1.00 m for each depth. The results of the design and analysis of the geotextile retaining wall obtained have met the external stability control, namely the control of shear failure, overturning failure, failure of the subgrade bearing capacity and the control of internal stability, namely geotextile breaking and geotextile pulling.

Keywords: design of soil retaining wall, soil reinforcement, geotextile.

PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas pembangunan tanpa disadari dapat memberikan implikasi yang buruk terhadap kestabilan tanah, mengakibatkan masalah-masalah geoteknik seperti kelongsoran tanah. Salah satu daerah di Bali yang sering terjadi longsor yaitu kawasan Jalan Raya Sebali, Desa keliki, Kecamatan Tegallalang, Kabupaten Gianyar.

Lereng yang tidak tidak stabil sangat berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan (Iro & Roesyanto, 2012). Dinding penahan tanah merupakan salah satu struktur yang berfungsi untuk menjaga kestabilan dari suatu timbunan atau lereng tanah, sehingga timbunan atau lereng tersebut tidak bergerak atau longsor (Das, 1998). Inovasi-inovasi baru pengganti cara konvensional untuk memperkuat tanah dalam pekerjaan dinding penahan tanah pun semakin meluas. Salah satunya yaitu dikembangkan teknologi geosintetik yaitu geotekstil, suatu material yang terbuat dari bahan polimer. Kombinasi antara material tanah (yang baik dalam memikul gaya tekan tapi lemah dalam gaya tarik) dengan material geotekstil (yang baik dalam memikul gaya tarik tapi lemah dalam memikul gaya tekan) ini berhasil dengan baik (Bowles, 1989). Teknologi geotekstil ini kemudian berkembang pesat, kini merupakan salah satu alternatif solusi dalam dunia geoteknik.

Berdasarkan penjelasan di atas, diharapkan adanya perencanaan terkait dengan penggunaan geotekstil di lapangan. Maka dari itu diperlukan sebuah desain penahan tanah dengan menggunakan bahan geotekstil sebagai perkuatan.

Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang akan diangkat pada penyusunan jurnal ilmiah ini adalah bagaimana mendesain penahan tanah dengan perkuatan geotekstil.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan jurnal ilmiah ini adalah menguraikan secara jelas desain penahan tanah dengan perkuatan geotekstil.

MATERI DAN METODE

Perkuatan pada Tanah

Kondisi tanah yang diperkuat dengan fungsi untuk memperkuat tanah adalah konstruksi material yang terdiri dari material timbunan friksional dan lembaran perkuatan (perkuatan) linear, biasanya ditempatkan secara horisontal. Sistem perkuatan dapat menahan gaya tarik yang tinggi, menahan

deformasi lateral massa tanah yang diperkuat. Struktur perkuatan tanah bertulang: material timbunan, lembaran perkuatan (perkuatan) yang linear, digabungkan dengan timbunan, membentuk massa tanah berperkuatan, dan lapisan luar, yang mempunyai peranan mencegah material timbunan di belakang dinding penahan dari kelongsoran (Suhasmoro, 2014).

Definisi Geotekstil

Geotekstil adalah bahan polimer yang lulus air. Dapat berupa tenunan (woven), rajutan (nonwoven). Digunakan dalam pekerjaan geoteknik dan teknik sipil lainnya (Suryolelono, 2000).

Fungsi & Aplikasi Geotekstil

Geotekstil memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Separator: bahan Geotekstil digunakan di antara dua material tanah yang tidak sejenis untuk mencegah terjadi pencampuran material.
2. Perkuatan: sifat tarik bahan Geotekstil dimanfaatkan untuk menahan tegangan atau deformasi pada struktur tanah.

Observasi Awal

Lokasi penelitian ini berada di Raya Sebali, Desa keliki, Kecamatan Tegallalang, Kabupaten Gianyar.



Gambar 1. Lokasi studi kasus

Sumber: Dokumentasi penulis – 16 juni 2020

Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder

- a. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah

$$G_s = \frac{\text{Berat Volume Butir} - \text{Butir Tanah}}{\text{Berat Volume Air}} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)} \dots\dots\dots (1)$$

- b. Pemadatan Tanah (*Soil Compaction*)

$$\gamma_{zav} = \frac{\gamma_w}{w + \frac{1}{G_s}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- γ_{zav} = Berat volume saat kadar udara nol
- G_s = Berat spesifik butiran padat tanah
- γ_w = Berat volume air

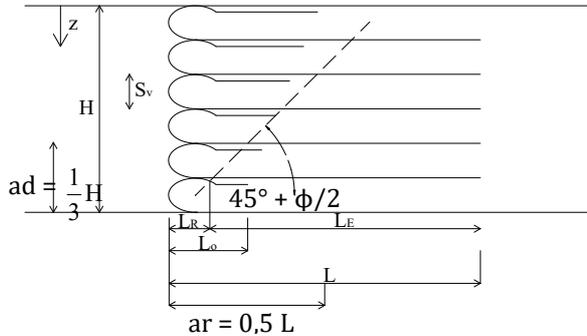
w = Kadar air

c. Pemeriksaan Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)

Sudut geser (ϕ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\phi = (\alpha - 45^\circ) \times 2 \dots\dots\dots (3)$$

Perancangan Desain Penahan Tanah Dengan Perkuatan Geotekstil



Gambar 2. Konsep Desain Rankine

Keterangan gambar:

H : tinggi dinding penahan tanah

Sv : spasi antar lapisan perkuatan

LR : panjang *nonacting*

Lo : panjang *overlap*

LE : panjang penjangkaran

L : panjang penjangkaran + panjang *nonacting*

Z : kedalaman titik yang ditinjau dari permukaan tanah

Φ' : sudut geser tanah

Perhitungan spasi antar lapisan geosintetik

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma'_h \times FS} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

Sv : spasi antar lapisan geometrik

Tall : tegangan izin

σ'_h : tekanan lateral tanah pada kedalaman tertentu

FS : faktor keamanan (1,3 - 1,5)

Perhitungan tegangan izin (Tall)

$$T_{all} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \right) \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

Tult : tegangan tarik batas geosintetik

FSID : faktor parsial kerusakan instalasi saat konstruksi (1,1 - 2,0)

FS_{CR} : faktor parsial akibat rangkak (*creep*) (2,0-4,0)

FS_C : faktor parsial akibat degradasi kimia (1,0 - 1,5)

FS_{BD} : faktor parsial akibat degradasi biologi (1,0 - 1,3)

Perhitungan panjang penjangkaran ditambah panjang *nonacting* (L)

$$L = L_E + L_R \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

LE: *embedment length* / panjang penjangkaran

LR: *nonacting lengths* / panjang *nonacting*

Perhitungan panjang *overlap* (Lo)

$$L_o = \frac{S_v \cdot \sigma'_h \cdot FS}{4(c + \gamma \cdot z \tan \delta)} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

FS : faktor keamanan (1,3 - 1,5)

Perhitungan tekanan aktif tanah (Pa)

$$P_a = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \dots\dots\dots (9)$$

Dimana :

Pa : tekanan aktif tanah

Ka : koefisien tekanan aktif tanah,

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

Stabilitas Eksternal

Faktor keamanan terhadap kegagalan geser

$$FK_{geser} = \frac{c \cdot L_e + Q \tan \delta}{P_a} > 1,5 \dots\dots\dots (10)$$

Dimana :

Q : gaya karena beban tanah sendiri ($Q = L_E \times H \times \gamma$)

Pa : tekanan yang menyebabkan gaya geser

δ : sudut friksi antara tanah dengan geosintetik

Faktor keamanan terhadap kegagalan guling

$$FS_{guling} = \frac{Q \cdot ar}{P_a \cdot ad} > 2 \dots\dots\dots (11)$$

Dimana :

Q : gaya karena beban tanah sendiri ($Q = L_E \times H \times \gamma$)

ar : 0,5 L

Pa : tekanan yang menyebabkan gaya geser

ad : $\frac{1}{3} H$

Faktor keamanan terhadap kegagalan daya dukung tanah dasar

$$FK_{tanah\ pondasi} = \frac{q_{ult}}{q} > 3 \dots\dots\dots (12)$$

$$q_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

q_{ult} : daya dukung tanah)

Q : berat tanah

B : lebar dasar pondasi yang kontak dengan tanah

N_c : koefisien daya dukung untuk kohesi

N_q : koefisien daya dukung untuk berat tanah (beban)

N_γ : koefisien daya dukung untuk berat jenis tanah

Faktor keamanan terhadap kegagalan stabilitas global

$$FS_{tulangan} = FS_{non-tulangan} + \left(\frac{M_g}{M_D} \right) \dots\dots\dots (14)$$

$$\frac{2}{3} \times \tan \phi = \frac{2}{3} \times \tan 28^\circ = 0,355$$

Stabilitas Internal

Faktor keamanan terhadap putusnya perkuatan

$$FK_{OS} = \frac{T_{all}}{T_{pendorong i}} \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

T_{all} : tegangan yang dimiliki tiap geotekstil

$T_{pendorong i}$: tegangan tarik maksimum pada tiap geotekstil

Faktor keamanan terhadap tercabutnya perkuatan

$$FK_{PO} = \frac{T_{penahan i}}{T_{pendorong i}} \dots\dots\dots (16)$$

$$T_{penahani} = 2 \times L_{ai} \times \sigma'_h \times \tan \delta \dots\dots\dots (17)$$

Dimana :

$T_{penahan i}$: tegangan penahan yang mencegah geotekstil tercabut dari tanah yang menjepitnya

$T_{pendorong i}$: tegangan tarik maksimum pada tiap geotekstil

L_{ai} : panjang geotekstil penahan (panjang zona angkur di belakang bidang runtuh)

δ : sudut friksi antara tanah dengan geotekstil

HASIL DAN PEMBAHASAN DESAIN

Lapisan perkuatan yang dipakai



Gambar 3. Geotekstil yang digunakan Geotekstil BW-250 dengan *tensile* sebesar 55 kN/m.

Data Primer dari Hasil Laboratorium

$c = 8420 \text{ N/m}^2$

$\phi = 28^\circ$

$\gamma = 1,265 \text{ gr/cm}^3$

Interaksi Tanah Dan Geotekstil

Perencanaan Desain

Desain penahan tanah dibuat setinggi lereng yang terletak pada daerah Raya Sebali, Desa keliki, Kecamatan Tegallalang, Kabupaten Gianyar, dengan tinggi lereng adalah 3,60 meter. Direncanakan tinggi muka air tanah setinggi 1,70 meter. Dinding penahan tanah direncanakan mampu menahan beban mati sebesar 5000 N/m² serta beban hidup berupa beban orang dewasa sebesar 800 N/m².

Koefisien Tanah Aktif (Ka)

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

$$= \tan^2(45^\circ - \frac{28^\circ}{2})$$

$$= 0,361$$

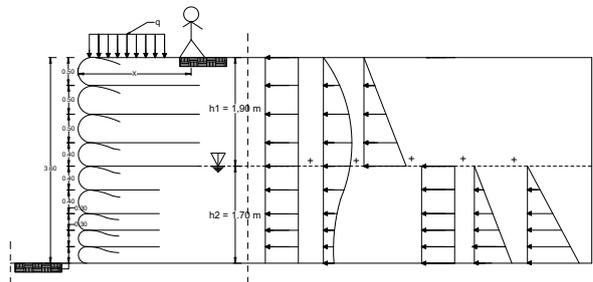
Tegangan Izin (T_{all})

$$T_{all} = T_{ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{BD}} \right)$$

$$= 55000 \left(\frac{1}{1,2 \times 2,5 \times 1,2 \times 1,2} \right)$$

$$= 16700 \text{ N/m}$$

Perhitungan Tegangan Lateral Tanah (σ'_h)



Gambar 4. Diagram tegangan lateral tanah

Perhitungan Tekanan Lateral per Kedalaman (z)

Ditinjau pada Kedalaman $z = 3,60 \text{ m}$ (Dibawah Muka Air)

a. Tekanan Lateral akibat Beban Merata

$$\sigma'_{hq1} = K_a \times q$$

$$= 0,361 \times 5000$$

$$= 1805 \text{ N/m}^2$$

b. Tekanan Lateral akibat Beban Hidup (Terpusat)

$$\sigma'_{hi} = P \frac{x^2 z}{R^5}$$

$$= 800 \frac{2^2 \times 3,60}{4,12^5}$$

$$= 9,70 \text{ N/m}^2$$

c. Tekanan Lateral akibat Beban Tanah Diatas Muka Air

$$\sigma'_{hs1} = \gamma \times K_a \times z$$

$$= 12650 \times 0,361 \times 3,60$$

$$= 16439,94 \text{ N/m}^2$$

d. Tekanan Lateral akibat Beban Diatasnya

$$\sigma'_{hq2} = K_a \times \gamma \times z$$

$$= 0,361 \times 12650 \times 3,60$$

$$= 16439,94 \text{ N/m}^2$$

e. Tekanan Lateral akibat Beban Tanah Dibawah Muka Air

$$\sigma'_{hs2} = (\gamma - \gamma_w) \times K_a \times z$$

$$= (12650 - 10000) \times 0,361 \times 1,70$$

$$= 1626,305 \text{ N/m}^2$$

f. Tekanan Lateral akibat Pengaruh Air Tanah

$$\sigma'_{hw} = z \times \gamma_w$$

$$= 1,70 \times 10000$$

$$= 17000 \text{ N/m}^2$$

Persamaan Tekanan Lateral Total

$$\sigma'_h = \sigma'_{hq1} + \sigma'_{hl} + \sigma'_{hs1} + \sigma'_{hq2} + \sigma'_{hs2} + \sigma'_{hw}$$

$$= 1805 + 9,70 + 16439,94 + 16439,94 + 662,796 + 6137 \text{ N/m}^2$$

$$= 53320,91 \text{ N/m}^2$$

Dengan perhitungan yang sama, didapatkan hasil sesuai dengan tabel di bawah.

Tabel 1. Rangkuman tekanan lateral tanah per kedalaman z dengan air tanah

z (m)	σ'_{hq1} N/m ²	σ'_{hl} N/m ²	σ'_{hs1} N/m ²	σ'_{hq2} N/m ²	σ'_{hs2} N/m ²	σ'_{hw} N/m ²	σ'_h N/m ²
0,5	1805	42,96	2283,32	2283,32	-	-	6414,6
1,0	1805	57,24	4566,65	4566,65	-	-	10995,5
1,5	1805	49,15	6849,98	6849,98	-	-	15554,1
1,9	1805	38,05	8676,64	8676,64	-	-	19196,3
2,3	1805	27,97	10503,3	10503,3	382,7	4000	27222,2
2,7	1805	20,17	12329,9	12329,9	765,3	8000	35250,4
3,0	1805	15,75	13699,9	13699,9	1052,3	11000	41272,9
3,3	1805	12,34	14613,3	14613,3	1339,3	14000	47296,5
3,6	1805	9,72	16439,9	16439,9	1626,3	17000	53320,9

Menghitung Spasi Antar Perkuatan Geotekstil (S_v)

Dengan *trial and error*, dicoba memakai S_v = 0,30 m di kedalaman z = 3,60 m

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma'_h \times FS}$$

$$= \frac{16700}{53320,91 \times 1,4}$$

$$= 0,305 \text{ m} \quad (OK)$$

Hasil perhitungan spasi antar geotekstil dapat dilihat pada gambar 7.

Panjang Penjangkaran Ditambah Panjang Nonacting (L)
Ditinjau pada kedalaman z = 0,50 meter

$$L_R = (H - z) \tan\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$= (3,60 - 0,50) \tan\left(45^\circ - \frac{28^\circ}{2}\right)$$

$$= 1,86 \text{ m}$$

$$L_E = \frac{S_v \sigma'_h FS}{2(8420 + \gamma \cdot z \tan \delta)}$$

$$= \frac{0,50 \times 6414,618 \times 1,4}{2(8420 + 12650 \times 0,50 \times 0,355)}$$

$$= 0,197 \text{ m}$$

Karena panjang L_E minimum = 1 meter, maka yang dipakai adalah L_E minimum

$$L = L_R + L_E$$

$$= 1,86 + 1,0$$

$$= 2,86 \text{ m}$$

Hasil perhitungan lengkap dapat dilihat pada tabel.

Menghitung Panjang Overlap (L_o)

Panjang Overlap (L_o) Ditinjau pada kedalaman z = 0,50 meter

$$L_E = \frac{S_v \sigma'_h FS}{4(8420 + \gamma \cdot z \tan \delta)}$$

$$= \frac{0,50 \times 6414,618 \times 1,4}{4(8420 + 12650 \times 0,50 \times 0,355)}$$

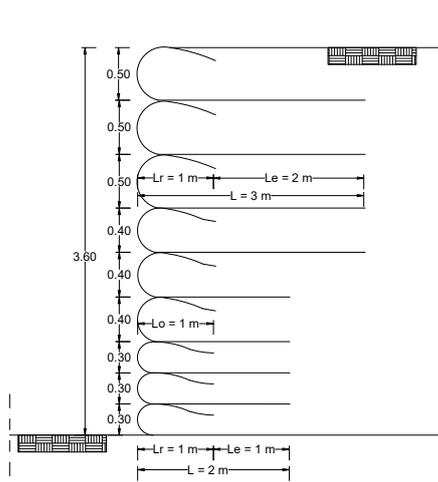
$$= 0,0985 \text{ m}$$

Karena panjang L_o minimum = 1 meter, maka yang dipakai adalah L_o minimum.

Tabel 2. Rangkuman perhitungan panjang perkuatan geotekstil

z (m)	S _v (m)	L _e (m)	L _e min (m)	L _r (m)	L (m)	L dipakai (m)
0,50	0,50	0,045	1,00	1,86	2,86	3,00
1,00	0,50	0,066	1,00	1,56	2,56	3,00
1,50	0,50	0,090	1,00	1,26	2,26	3,00
1,90	0,40	0,095	1,00	1,02	2,02	3,00
2,30	0,40	0,120	1,00	0,78	1,78	2,00
2,70	0,40	0,132	1,00	0,54	1,54	2,00
3,00	0,30	0,141	1,00	0,36	1,36	2,00
3,30	0,30	0,156	1,00	0,18	1,18	2,00
3,60	0,30	0,174	1,00	0,00	1,00	2,00

Dari tabel tersebut, dapat digambarkan panjang perkuatan sebagai berikut:



Gambar 7. Panjang penjangkaran dan panjang overlap per kedalaman

Kontrol Stabilitas

Tabel 3. Perhitungan tekanan dan momen

Tekanan Tanah (Pa)	Momen Terhadap A
$Pa_1 = K_a \cdot q \cdot H$ $= 0,361 \cdot 5000 \cdot 3,60$ $= 6498 \text{ N/m}$	$M_1 = 6498 \cdot 1,80$ $= 11696,4 \text{ N.m}$
$Pa_2 = P \cdot x^2 \cdot H^2 / R^5$ $= 800 \cdot 2^2 \cdot 3,60^2 / 4,12^5$ $= 34,94 \text{ N/m}$	$M_2 = 34,94 \cdot 2,41$ $= 84,21 \text{ N.m}$
$Pa_3 = K_a \cdot \gamma \cdot h_1^2 \cdot \cos 20^\circ / 2$ $= 0,361 \cdot 12650 \cdot 1,90^2 \cdot 0,94 / 2$ $= 7745,71 \text{ N/m}$	$M_3 = 7745,71 \cdot 2,33$ $= 18047,50 \text{ N.m}$
$Pa_4 = K_a \cdot \gamma \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot \cos 20^\circ$ $= 0,361 \cdot 12650 \cdot 1,9 \cdot 1,7 \cdot 0,94$ $= 13860,73 \text{ N/m}$	$M_4 = 13860,73 \cdot 0,85$ $= 11781,62 \text{ N.m}$
$Pa_5 = K_a \cdot \gamma' \cdot h_2^2 / 2$ $= 0,361 \cdot 12650 \cdot 1,70^2 \cdot \cos 20^\circ / 2$ $= 1298,99 \text{ N/m}$	$M_5 = 1298,99 \cdot 0,57$ $= 740,42 \text{ N.m}$
$Pa_6 = \gamma_w \cdot h_2^2 / 2$ $= 10000 \cdot 1,70^2 / 2$ $= 14450 \text{ N/m}$	$M_6 = 14450 \cdot 0,57$ $= 8236,5 \text{ N.m}$
$\Sigma Pa = 43888,37 \text{ N/m}$	$\Sigma M = 50586,65 \text{ N.m}$

Perhitungan tegangan lateral tanah ke arah vertikal :

$$Pa_3 \times \sin \delta = \frac{K_a \times \gamma \times h_1^2 \times \sin \delta}{2}$$

$$= \frac{0,361 \times 12650 \times 1,90^2 \times \sin 20^\circ}{2}$$

$$= 2819,21 \text{ N/m}$$

$$Pa_4 \times \sin \delta = K_a \times \gamma \times h_1 \times h_2 \times \sin \delta$$

$$= 0,361 \times 12650 \times 1,90 \times 1,70 \times \sin 20^\circ$$

$$= 5044,89 \text{ N/m}$$

$$Pa_5 \times \sin \delta = \frac{K_a \times \gamma' \times h_2^2 \times \sin \delta}{2}$$

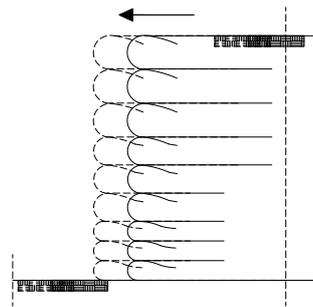
$$= \frac{0,361 \times (12650 - 10000) \times 1,70^2 \times \sin 20^\circ}{2}$$

$$= 472,79 \text{ N/m}$$

$$\Sigma P_a \times \sin \delta = 2819,21 + 5044,89 + 472,79$$

$$= 8336,89 \text{ N/m}$$

Kontrol Stabilitas Eksternal
Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Geser



Gambar 8. Ilustrasi kegagalan geser

$$FK_{geser} \geq 1,5$$

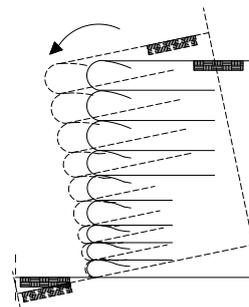
$$FK_{geser} = \frac{(c + Q) \times L_e \times \tan \delta}{\Sigma P_a} > 1,5$$

$$= \frac{\left[c_a + \left(\frac{w_1 + w_2 + P_a \sin \phi + q \cdot L}{2} \right) \tan \delta \right] \times 2}{\Sigma P_a} > 1,5$$

$$= \frac{\left[8420 + \left(\frac{(91080) + (24035) + (8336,89) + (5000)}{2} \right) 0,355 \right] \times 2}{43888,37} > 1,5$$

$$= 1,658 > 1,5 \quad (OK)$$

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Guling



Gambar 9. Ilustrasi kegagalan guling

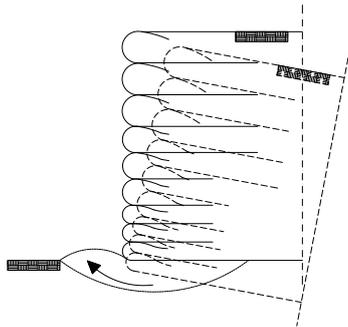
$$FS_{guling} = \sum \frac{Q \cdot ar}{\Sigma M} > 2,0$$

$$= \frac{w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + \Sigma P_a \sin \delta \cdot L + (q \cdot x_1)}{\Sigma M} > 2,0$$

$$= \frac{(3,60 \times 2 \times 12650 \times 1) + (1,90 \times 1 \times 12650 \times 2,5) + (8336,89 \times 3) + (5000 \times 1)}{50586,65} > 2$$

$$= 3,58 > 2,0 \quad (OK)$$

Faktor Keamanan Tanah Dasar



Gambar 10. Ilustrasi kegagalan tanah dasar

$$FK_{\text{tanah pondasi}} = \frac{q_{ult}}{q_{act}} > 2$$

$$= \frac{c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma}{(\gamma \cdot H) + c} > 2$$

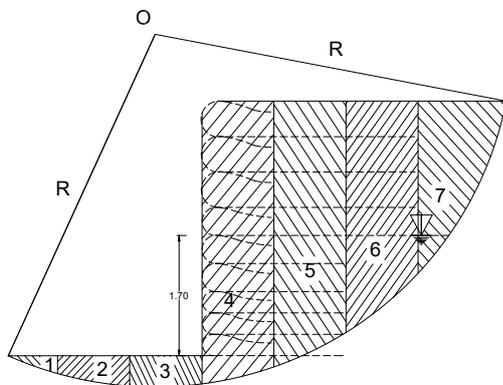
$$= \frac{8420 \times 25,8 + 0 + 0,5 \times 12650 \times 2 \times 11,19}{(12650 \times 3,6) + 8420} > 2,0$$

$$= \frac{1123034,2}{88988} > 2,0$$

$$= 6,65 > 2,0 \quad (OK)$$

Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Stabilitas Global

Perhitungan Faktor Keamanan terhadap Stabilitas Global Nonperkuatan



Gambar 11. Pembagian Pias pada Lereng

Tabel 4. Perhitungan FS_{non-perkuatan} dengan metode Bishop

Pias ke-	b Pias m	h Pias m	(c)	θ (°)	(W x sin θ) (N)	φ (°)
1.	1,0	0,12	8420	-19	-494,212	28
2.	1,0	0,37	8420	-9	-732,192	28
3.	1,0	0,44	8420	-1	-97,140	28
4.	1,0	3,91	8420	12	10283,62	28
5.	1,0	3,55	8420	25	18978,73	28
6.	1,0	2,87	8420	40	23336,73	28
7.	1,0	1,08	8420	66	12480,86	28

Tabel 5. Lanjutan perhitungan FS_{non-perkuatan} dengan metode Bishop

Pias ke-	h Air m	U N/m ²	(r _u)	1 - r _u x tan θ	c.b _i + W _i (1 - r _u) x tan θ'
1.	0,12	1200	0,791	0,2095	8589,084
2.	0,37	3700	0,791	0,2095	8941,341
3.	0,44	4400	0,791	0,2095	9039,973
4.	2,02	20200	0,408	0,5916	23978,616
5.	1,66	16600	0,370	0,6304	23471,365
6.	0,98	9800	0,270	0,7301	22513,224
7.	0,35	3500	0,256	0,7438	13823,231

Dicoba menggunakan FS = 1,865

Tabel 6. dengan FS = 1,865

Pias ke-	$\sum_{i=1}^{i=n} [c.b_i + W_i(1 - r_{u_i}) \tan \theta'] \left[\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \theta' / 1,865)} \right]$
1.	10072,81
2.	9480,909
3.	9086,569
4.	23113,63
5.	22858,84
6.	23715,54
7.	20718,66
$\Sigma = 119046,98$	

$$FS_{\text{non-perkuatan}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c.b_i + W_i(1 - r_{u_i}) \tan \theta'] \left[\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \theta' / 1,865)} \right]}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

$$FS_{\text{non-perkuatan}} = \frac{119046,98}{63756,393} = 1,867$$

$$FS_{\text{perkuatan}} = FS_{\text{non-perkuatan}} + \left(\frac{M_g}{M_D} \right) > 2,0$$

$$= 1,965 + \left(\frac{52224,10}{41681,01} \right) > 2,0$$

$$= 1,9 + 1,25 > 2,0$$

$$= 3,15 > 2,0 \quad (OK)$$

Kontrol Stabilitas Internal

Faktor keamanan terhadap putusnya perkuatan geotekstil

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 7. berikut.

Tabel 7. Perhitungan kontrol putusnya perkuatan

Lapisan	Sv (m)	T _{all} (N/m)	T _{pendorong} σ _h x S _v (N/m)	FK _{os}	Kontrol FK _{os} > 3 = OK
1.	0,50	55000	3207,31	17,14	OK
2.	1,00	55000	5497,77	10,01	OK
3.	1,50	55000	7777,05	7,07	OK
4.	1,90	55000	7678,53	7,16	OK
5.	2,30	55000	10888,89	5,05	OK

6.	2,70	55000	14100,16	3,90	OK
7.	3,00	55000	12381,89	4,44	OK
8.	3,30	55000	14188,96	3,88	OK
9.	3,60	55000	15996,27	3,44	OK

stabilitas eksternal yaitu kontrol kegagalan geser, kegagalan guling, kegagalan daya dukung tanah dasar dan kontrol terhadap stabilitas internal yaitu putusnya geotekstil dan tercabutnya geotekstil.

Faktor keamanan terhadap tercabutnya perkuatan

Ditinjau perkuatan pada lapisan ke-1, dengan z = 0,50 meter

$$FK_{PO} = \frac{2 \times \left(L - \left(\tan(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \times (H - z) \right) \right) \times \sigma'_v \times \tan \delta}{\sigma'_h \times S_v}$$

$$= \frac{2 \times \left(3 - \left(\tan(45^\circ - \frac{28^\circ}{2}) \times (3,6 - 0,5) \right) \right) \times 12650 \times 0,50 \times 0,355}{6416,618 \times 0,50} > 1,50$$

$$= \frac{5119,46}{3208,31} > 1,50$$

$$= 1,596 > 1,50 \quad (OK)$$

Hasil lengkapnya dapat dilihat pada tabel 8. berikut.

Tabel 8. Perhitungan kontrol tercabutnya perkuatan

Lapisan	z (m)	T _{penahan} (N/m)	T _{pendorong} (N/m)	FK _{PO}	FK _{PO} >1,5 = OK
1.	0,5	5119,46	3208,31	1,596	OK
2.	1,0	12933,36	5497,77	2,35	OK
3.	1,5	23441,72	7777,051	3,014	OK
4.	1,9	33788,40	7678,53	4,40	OK
5.	2,3	45859,54	10888,89	4,51	OK
6.	2,7	59655,12	14100,16	4,231	OK
7.	3,0	71133,48	12381,89	5,745	OK
8.	3,3	83581,84	14188,96	5,89	OK
9.	3,6	97000,2	15996,27	6,064	OK

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini didapatkan spasi vertikal antar lapisan geotekstil berturut-turut sebesar 0,30 m, 0,40 m, 0,50 m. P_{req} sebesar 55 kN/m. Diperoleh hasil L dengan panjang 3,00 m pada kedalaman 0,50 m, 1,00 m, 1,50 m, 1,90 m, dan L dengan panjang 2,00 m pada kedalaman 2,30 m, 2,70 m, 3,00 m, 3,30 m, dan 3,60 m. Nilai L_o diperoleh 1,00 m untuk setiap kedalaman. Hasil desain dan analisis dinding penahan tanah geotekstil yang diperoleh telah memenuhi kontrol

SARAN

Berdasarkan hasil desain yang diperoleh dalam penelitian ini, maka dapat diberikan saran yaitu metode yang dipakai dalam desain tidak hanya dengan metode Rankine. Bisa juga memakai metode metode satu baji (*single wedge method*) dan dua baji (*two part wedge method*) ataupun dengan penggunaan software seperti software Tensarwall atau Geoslope agar nantinya hasil masing-masing metode dapat dibandingkan sehingga didapatkan hasil akhir yang paling efisien untuk kasus longsor ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadapan Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Jurnal Ilmiah yang berjudul “Desain Penahan Tanah Dengan Perkuatan Geotekstil”. Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang selalu memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian jurnal ilmiah ini

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, J. (1989). *Hubungan nilai safety factor dan kemungkinan kelongsoran tanah*.
 Das, B. M. (1998). *Mekanika Foundation Engineering*. New York: PWS Publishing.
 Iro, G., & Roesyanto. (2012). *Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan Perkuatan Geogrid (Studi Kasus Jalan Medan-Berastagi, Desa Sugo)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
 Suhasmoro, A. (2014). Pengaruh kemiringan lereng dan jarak pondasi ke tepi lereng terhadap daya dukung pondasi pada pemodelan fisik lereng pasir dengan perkuatan geotekstile. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, 1-9.
 Suryolelono, K. (2000). *Geosintetik teknik*. Yogyakarta: Nafiri.



9 786237 963448



SEMINAR NASIONAL CEMTECS #2 - 2021

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS HINDU INDONESIA DENPASAR

Jl. Sanggalangit, Tembau, Penatih, Denpasar - Bali