



**PROYEK INFRASTRUKTUR  
RAMAH LINGKUNGAN**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HINDU INDONESIA  
DENPASAR  
2020**

# PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

Editor :  
**Made Adi Widyatmika**



**UNHI PRESS**  
Publishing

# **PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN**

Penulis :  
**Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNHI**

Editor :  
**Made Adi Widyatmika**

Penyunting :  
**Nyoman Suta Widnyana**

Desain Sampul dan Tata Letak :  
**I Dewa Made Agung Pradnyana Putra**

Penerbit :  
UNHI Press

Redaksi :  
Jl. Sangalangit, Tembau, Penatih, Denpasar -Bali  
Telp. (0361) 464700/464800  
Email : unhipress@unhi.ac.id

Distributor Tunggal :  
UNHI Press  
Jl. Sangalangit, Tembau Penatih, Denpasar-Bali  
Telp. (0361) 464700/464800  
Email : unhipress@unhi.ac.id

Cetakan pertama, 2020

**ISBN : 978-623-7963-18-9**

---

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan  
dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku dengan judul **Proyek Infrastruktur Ramah Lingkungan** karya Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia dapat terselesaikan. Buku ini berhasil disusun atas bimbingan dan kerjasama yang baik dari seluruh anggota, serta atas bantuan dari pihak – pihak yang turut terlibat dalam penerbitan buku ini. Buku ini kami persembahkan semata – mata untuk memberikan wawasan tambahan kepada para pembaca terkait pembangunan infrastruktur ramah lingkungan.

Terimakasih kami ucapkan kepada Rektor Universitas Hindu Indonesia atas ijin dan fasilitas yang telah diberikan kepada kami. Terimakasih pula kami ucapkan kepada Wakil Rektor III Universitas Hindu Indonesia yang telah bertanggung jawab penuh terhadap kegiatan kami, dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam buku ini, karena keterbatasan kami. Oleh karenanya, apabila ditemukan kekeliruan dalam buku ini, kami mohon maaf yang sebesar – besarnya, karena hal tersebut tidak ada unsur kesengajaan. Besar harapan kami untuk kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan buku ini. Dan semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya.

Denpasar, 30 Juni 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL-----	i
BALIK HALAMAN JUDUL-----	ii
KATA PENGANTAR-----	iii
DAFTAR ISI-----	iv
MODEL PROSES MANAJEMEN RISIKO	
PENGEMBANGAN PROPERTI-----	1
1. Pendahuluan -----	2
2. Landasan Teori -----	5
2.1 Bisnis Properti-----	5
2.2 Proses Pengembangan Properti -----	5
2.3 Risiko-----	7
2.4 Model Manajemen Risiko -----	8
3. Metode Penelitian -----	14
4. Hasil dan Pembahasan-----	16
4.1 Usulan Model Proses Pengembangan Properti -	17
4.2 Usulan Model Proses Manajemen Risiko -----	19
4.3 Usulan Model Proses Manajemen Risiko	
Pengembangan Properti-----	21
5. Simpulan dan Saran -----	27
5.1 Simpulan -----	27
5.2 Saran-----	28
Daftar Pustaka -----	28

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

MANAJEMEN KESELAMATAN KESEHATAN KERJA DAN LINGKUNGAN SEBAGAI KONSEP GREEN CONSTRUCTION PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI -----	31
ABSTRAK -----	31
PENDAHULUAN -----	32
TINJAUAN PUSTAKA-----	36
1. Konstruksi Berkelanjutan (Green Construction)-----	36
2. Manajemen Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L)-----	37
HASIL DAN PEMBAHASAN-----	39
1. Review Jurnal-----	39
2. Pembahasan-----	42
3. Penutup-----	45
DAFTAR PUSTAKA-----	45

MANAJEMEN KINERJA PROYEK KONSTRUKSI YANG BERBASIS KNOWLEDGE -----	47
I. PENDAHULUAN -----	47
II. PEMBAHASAN -----	50
Fungsi Manajemen-----	52
Peran Manajemen -----	52
Kinerja-----	53
Kinerja Perlu Dibangun Melalui Manajemen Kinerja	56
Dimensi yang Menunjang Kinerja-----	56
Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja -----	57
Menentukan Standar Kinerja Organisasi-----	60
Manajemen Proyek -----	62
Pengertian Proyek Konstruksi-----	63
Jenis-jenis Proyek Konstruksi -----	64

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

Aktivitas-aktivitas Proyek -----	65
<i>Knowledge</i> -----	66
<i>Knowledge Sharing</i> -----	69
III. PENUTUP -----	71
DAFTAR PUSTAKA-----	72

EFISIENSI PENGGUNAAN KAYU SEBAGAI KONSTRUKSI RAMAH LINGKUNGAN (GREEN CONSTRUCTION) -----	77
ABSTRAK -----	78
PENDAHULUAN -----	78
LANDASAN TEORI -----	79
1. Kayu -----	79
2. Pemilihan Kayu Sebagai Bahan Bangunan-----	81
3. Kelebihan Kayu Sebagai Bahan Bangunan-----	83
4. Material Terbarukan dan Dapat Dipakai Kembali ( <i>Recyclable</i> )-----	83
HASIL DAN PEMBAHASAN-----	84
PENUTUP-----	86
DAFTAR PUSTAKA-----	86

ANALISIS PELAKSANAAN PEMELIHARAAN JALAN DENGAN METODE DAUR ULANG (ASPHALT RECYCLING) DI BALI -----	90
Latar Belakang-----	90
Perkerasan Jalan Lentur -----	92
Pemeliharaan Jalan -----	93
Material Agregat-----	96
Metode Daur Ulang -----	99
Bahan Peremaja-----	105

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

Ketersediaan Alat Berat <i>Asphalt Recycling</i> -----	106
Simpulan-----	106
Saran-Saran-----	107
DAFTAR PUSTAKA-----	108

PERHITUNGAN INTENSITAS HUJAN BERDASARKAN  
DATA CURAH HUJAN STASIUN CURAH HUJAN  
DENGAN METODA MONONOBE DI KABUPATEN  
BADUNG -----

-----	111
1. PENDAHULUAN -----	111
1.1 Latar Belakang -----	111
1.2 Rumusan Masalah -----	113
1.3 Tujuan dan Manfaat -----	113
2. Curah Hujan -----	113
2.1 Definisi-----	113
2.2 Tipe Hujan di Indonesia -----	114
2.3 Proses Terjadinya Hujan-----	116
2.4 Alat Pengukur curah Hujan-----	118
3. PEMILIHAN DISTRIBUSI -----	118
4. METODE PENELITIAN -----	119
5. HASIL DAN PEMBAHASAN -----	119
Referensi-----	124

STUDI LITERATUR EKSPERIMENTAL MATERIAL  
PENGANTI SEMEN DALAM CAMPURAN

BETON -----	125
1. PENDAHULUAN -----	125
2. STUDI LITERATUR -----	126
DAFTAR PUSTAKA-----	134

STUDI KONSERVASI ZONASI CEKUNGAN AIR TANAH DAN INTRUSI AIR LAUT BALI UTARA DI PROVINSI BALI. -----	136
1. PENDAHULUAN -----	136
1.1 Latar Belakang -----	136
1.2 Maksud -----	138
1.3 Tujuan -----	138
1.4 Manfaat Penelitian -----	139
1.5 Batasan Masalah -----	139
1.6 Lokasi Penelitian ( <i>Study Area</i> ) -----	140
2. TINJAUAN PUSTAKA -----	140
2.1. Pengertian Air Tanah -----	140
2.2 Macam-macam Air Tanah -----	141
2.3 Jenis Akuifer Air Tanah -----	142
2.4 Aquifer dan Aquitard -----	143
2.4 Aliran Tunak ( <i>Steady State</i> ) pada sumur -----	149
2.5 Aliran Transien pada sumur -----	150
3. METODE -----	153
3.1 PENDEKATAN METODOLOGI -----	153
4. HASIL DAN PEMBAHASAN -----	157
5. KESIMPULAN ( <i>CONCLUSION</i> ) -----	159
TENTANG PENULIS -----	160

# MODEL PROSES MANAJEMEN RISIKO PENGEMBANGAN PROPERTI

I Wayan Muka<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia  
Email: <sup>1</sup>wayanmuka@unhi.ac.id

## ABSTRAK

Bisnis properti merupakan salah satu bisnis yang paling dinamis dan berisiko. Industri properti memiliki reputasi buruk dalam mengelola risiko. Usaha di bidang properti, seperti halnya dengan usaha di semua bidang ekonomi lainnya, perlu mengelola setiap risiko yang dihadapinya agar hubungan yang seimbang antara rentabilitas (*rate of return*) dan likuiditas usahanya tidak terganggu oleh peristiwa-peristiwa, baik ekonomi maupun non ekonomi. Pengetahuan manajemen risiko pengembangan properti di Indonesia, dilihat dari referensi yang tersedia baru terbatas pada teori pengelolaan secara umum baik untuk industri maupun proyek. Penelitian ini merupakan penyederhanaan model 12 (dua belas) tahap pengembangan industry properti menurut pendapat *Wurtzebach dan Miles* (1995) menjadi

5 (lima) tahap yaitu; tahap inisiasi (*initiation*), tahap studi kelayakan (*feasibility study*), tahap komitmen (*commitment*), tahap konstruksi (*construction*), dan tahap operasi (*operation*) dengan memasukkan proses manajemen risiko pada masing-masing tahap. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model manajemen risiko pengembangan properti pada kawasan pariwisata. Untuk mencapai tujuan utama dari penelitian ini

ditetapkan tujuan sekunder sebagai berikut: (i) mengeksplorasi teori dan model manajemen risiko yang relevan dengan pengembangan properti; (ii) mengidentifikasi tingkat potensi risiko (*hazard*), tingkat kerentanan (*vulnerability*), kapasitas (*capacity*), (iii) menganalisis faktor risiko berdasarkan tingkat potensi risiko (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), kapasitas (*capacity*), (iv) merekomendasikan model manajemen risiko pengembangan properti. Penelitian ini didesain dalam 6 (enam) tahapan yang terdiri dari; (i) tahap identifikasi masalah, (ii) tahap pengembangan ruang lingkup, (iii) tahap pengumpulan data, (iv) tahap pengolahan data, (v) tahap pengembangan model. Secara konseptual, metodologi yang diusulkan dalam penelitian ini merujuk pada langkah- langkah kunci manajemen risiko yang meliputi identifikasi, analisis risiko kualitatif/kuantitatif, respon risiko dan mitigasi risiko. Studi ini menjustifikasi bahwa berdasarkan studi literatur perlu dikembangkan model manajemen risiko khusus untuk pengembangan properti yang lebih sistematis, dan mudah diterapkan.

## **Kata Kunci: Manajemen Risiko, Pengembangan Properti**

### **1. Pendahuluan**

Pengembangan properti merupakan bidang usaha yang unik dan dinamis. Usaha ini memiliki karakteristik khusus yang membedakannya dengan kegiatan pembangunan lainnya. Sarana fisik merupakan kegiatan operasional yang umumnya bersifat unik, memiliki satu jangka waktu pelaksanaan yang tidak berulang, memiliki intensitas kegiatan dan menggunakan sumber daya beragam serta melibatkan banyak disiplin ilmu. Risiko dan ketidakpastian selalu terjadi pada proyek pengembangan properti (*real estate*). Risiko berpengaruh

terhadap setiap tahap proyek dari konseptual, analisis kelayakan, desain dan perencanaan, penawaran dan tender, konstruksi dan pelaksanaan, dan sampai pada tahap operasi. Khallafalah (2002) menyatakan bahwa proses manajemen risiko umumnya merupakan proses yang berkelanjutan dan berulang, bahkan setiap proyek pengembangan properti berbeda dan unik. Pendekatan manajemen risiko proyek adalah tiga langkah dasar yaitu; identifikasi risiko dan penilaian awal, respon dan mitigasi, dan selanjutnya analisis risiko.

Risiko adalah merupakan fungsi dari peluang terjadinya kejadian yang tidak diinginkan dan konsekuensi yang ditimbulkan oleh kejadian tersebut. Semakin besar peluang terjadinya suatu kejadian yang tidak diinginkan dan semakin besar konsekuensi yang ditimbulkan oleh kejadian tersebut maka semakin tinggi tingkat risikonya terhadap kejadian tersebut. Sedangkan konsekuensi yang ditimbulkan tergantung tingkat kerentanan (*vulnerability index*) atau selang toleransi (*coping range index*). Mengestimasi risiko investasi di bidang properti dihadapi di berbagai negara. Metode estimasi RREEF ikut memperhitungkan, antara lain, keadaan ekonomi makro, stabilitas politik, tingkat transparansi, peraturan perundang-undangan, kualitas penyewa gedung (*tenancy risk*), dan likuiditas perusahaan yang bersangkutan. Dengan menggunakan skala antara nol dan lima, RREEF ini memberi angka rata-rata sebesar rata-rata 3,0 bagi lingkungan global dan 3,7 bagi Asia, dalam skala antara nol dan lima. Tingkat risiko dari beberapa kota di Asia dalam konteks rata-rata global dan Asia ini ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel ini meunjukkan bahwa tidak ada kota-kota dengan tingkat risiko di bawah rata-rata global, sedangkan yang di bawah

rata-rata Asia tetapi di atas rata-rata global adalah Hong Kong, Singapura, dan Tokyo.

Tabel 1. Tingkat Risiko Usaha Properti Beberapa Kota di Asia

Negara	Tingkat Risiko
Rata-rata Global	3,0
Rata-rata Asia	3,7
Hong Kong	3,1
Singapore	3,4
Bangkok	4,1
Kuala Lumpur	3,8
New Delhi	4,2
Seoul	3,7
Tokyo	3,3

Sumber: Whiting, Dominic, *Asia's New Real Estate Investment Trus*

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu bahwa dalam pengembangan properti, manajemen risiko sangat penting untuk dimasukkan dalam analisis untuk menghindari kegagalan dalam berinvestasi. Penelitian tentang pengelolaan risiko properti yang telah dilakukan masih sebatas mengidentifikasi risiko dominan yang terjadi, padahal dalam proses manajemen risiko ada 4 tahap yaitu mengidentifikasi, menganalisis, memitigasi, dan merespon risiko. Hal ini ditunjukkan oleh penelitian Newell and Steglick (2001) sebatas mengidentifikasi faktor risiko pengembangan properti dan responden yang diambil tidak terfokus pada jenis properti tertentu misal properti komersial atau properti resedensial, karena risiko sangat spesifik atau khusus. Penelitian (Morrison,2007; Gehner, et al., 2006; Clarke,1999) juga baru sebatas mengidentifikasi risiko dalam bisnis properti (*real estate*) meliputi faktor; sosial, teknologi, ekonomi, lingkungan dan politik, belum melakukan secara terintegrasi yaitu mengidentifikasi, menganalisis, merespon dan

mengambil tindakan di seluruh tahap proses pengembangan properti.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model manajemen risiko pada pengembangan industri properti. Tujuan-tujuan secara spesifiknya adalah:

- 1). Mengeksplorasi teori pengembangan properti dan manajemen risiko
- 2). Merekomendasikan model manajemen risiko bisnis properti

## **2. Landasan Teori**

### **2.1 Bisnis Properti**

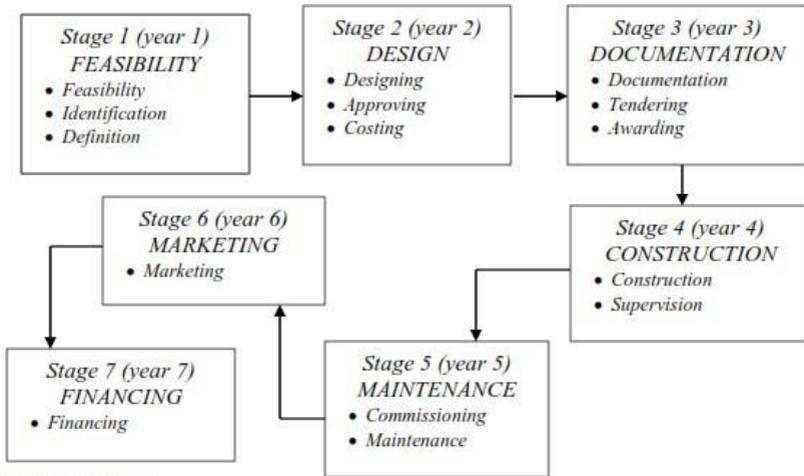
Pengertian mengenai bisnis properti sebagaimana diungkapkan Wurtzebach dalam Saputra (1999) "*Property refers to things and objects capable of ownership, that is things and objects that can be used, controlled, or disposed of by an owner. Real property (and Real Estate, which is treated as synonymous) consists of physical land plus structures other improvements that are permanently attached*". Bisnis properti adalah sebuah usaha yang berkaitan dengan semua hal yang berwujud kebendaan, terdapat hak atas kepemilikan, dan mempunyai masa waktu dari pemakaian. Sedangkan investasi properti (*real estate*), secara sederhana berarti mengeluarkan atau menanamkan modal dalam asset yang berbentuk tanah atau bangunan di atasnya.

### **2.2 Proses Pengembangan Properti**

Wurtzebach dan Miles (1995) menjelaskan bahwa real properti atau *real estate* proses pembangunan terdiri dari 8(delapan) tahap. Bahwa aliran kegiatan melalui beberapa tahap merupakan urutan khusus dalam pengembangan properti. Meskipun urutan ini tidak diikuti dalam semua

kasus, proses tersebut memberikan kerangka yang sangat berguna untuk menganalisis proses dan juga menciptakan sebuah struktur untuk mengevaluasi proyek properti. Delapan tahap pengembangan properti model *Wurtzebach*, pembangunan meliputi tahapan sebagai berikut (*Wurtzebach,1995:652*): (1) Ide (*inception*), (2) Studi kelayakan awal (*preliminary feasibility*), (3) Kontrol lokasi/site (*gaining control of the site*), (4) Analisis kelayakan dan desain (*feasibility analysis and design*), (5) Biaya (*financing*), (6)Konstruksi (*construction*), (7)Pemasaran (*Marketing*), (8) Penyewaan (*leasing*), (9) Penjualan (*sale of the project*). Tan (1998:117) Pengembangan properti sangat menguntungkan dan bermanfaat. Namun memiliki periode pembangunan yang lama sebelum keuntungan dapat direalisasikan. Proses pembangunan panjang dan sulit. Dalam setiap proyek pengembangan properti kegiatan yang akan dikelola beragam, luas, bervariasi dari yang sederhana sampai dengan yang kompleks dan rumit. Ini melibatkan berbagai macam disiplin ilmu baik manajerial maupun teknis. Developer atau pengembang akan melibatkan para profesional di bidangnya serta mempunyai kualitas sebagai konsultan proyek. Konsultan proyek sebagai pemimpin proyek dan koordinator berfungsi sebagai pemersatu yang mengikat semua bagian individu menjadi satu kesatuan yang lengkap. Konsultan akan mengambil tindakan dan secara bersama-sama berkoordinasi untuk mengambil keputusan. Konsultan harus berhasil mengontrol, mengorganisir, mengarahkan, menginspirasi, memotivasi, melengkapi, dan memimpin seluruh tim konsorsium proyek dalam mencapai tujuan dan sasaran perusahaan.

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN



Sumber: Tan (1998)

Gambar 1. Tahapan Pengembangan Properti

### 2.3 Risiko

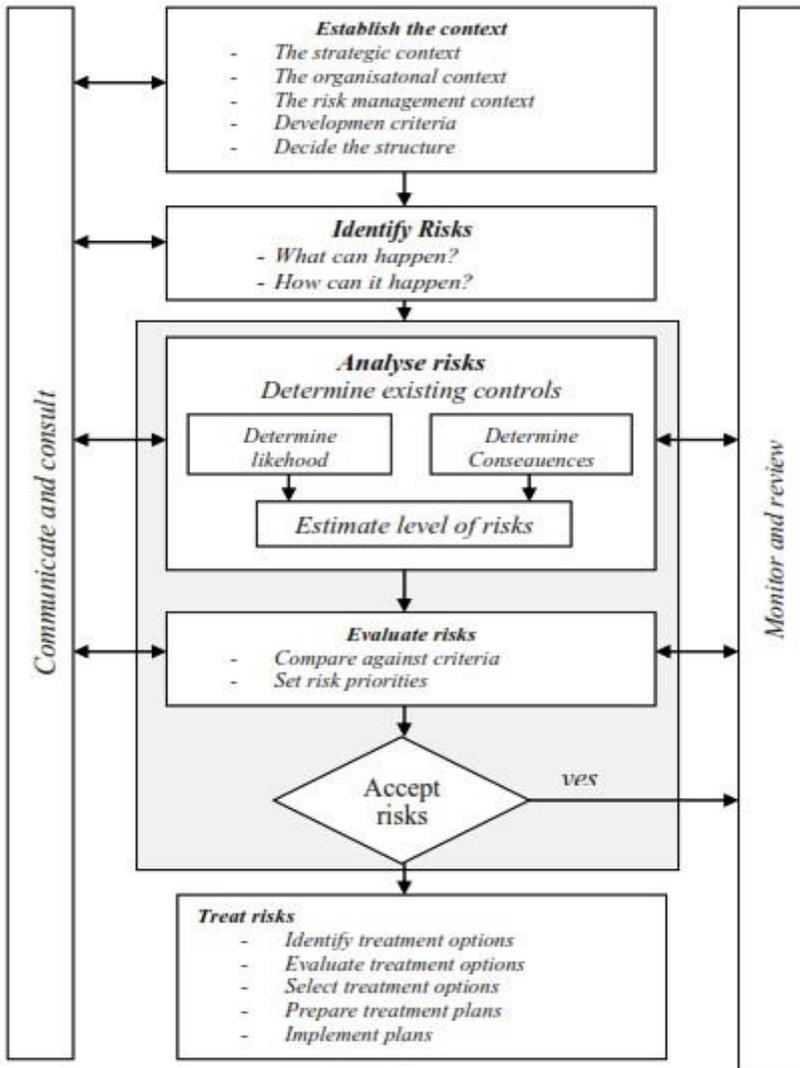
Konsep risiko secara luas perlu dipahami sebagai dasar untuk memahami pengertian manajemen risiko. Dalam konteks pengembangan properti yang menjadi fokus studi ini, pengertian risiko yang paling tepat adalah definisi dari William, 2000 yang menyatakan bahwa risiko sebagai ancaman (*threat*), bahaya (*hazard*), kehilangan (*loss*). Dan definisi bahwa risiko adalah penyebaran hasil aktual dari hasil yang diharapkan (*dispersion of actual from expected results*) dan risiko adalah kemungkinan terjadinya suatu outcome berbeda dari outcome yang diharapkan akan lebih relevan untuk digunakan dalam kaitannya dengan identifikasi dan analisis risiko. Benang merah yang dapat menghubungkan pengertian-pengertian di atas adalah bahwa risiko selalu berhubungan dengan "kemungkinan" dan "ketidakpastian".

Kondisi "tidak pasti" ini dapat timbul karena berbagai sebab (Darmawi, 1999): (1) jarak waktu antara perencanaan atas kegiatan sampai kegiatan tersebut berakhir; (2) keterbatasan tersedianya informasi yang diperlukan; (3) keterbatasan pengetahuan atau keterampilan atau teknik mengambil keputusan.

## **2.4 Model Manajemen Risiko**

Model Manajemen risiko AS/NZS, 1999 (AS/NZS, 1999) adalah rincian dari proses manajemen risiko seperti yang ditunjukkan sesuai Gambar 2. Proses yang terjadi dalam kerangka organisasi strategis, konteks manajemen risiko organisasi. Proses manajemen risiko ini perlu dibangun untuk menentukan parameter dasar di mana risiko harus berhasil memberikan bimbingan untuk keputusan membuat keputusan yang lebih akurat dalam studi manajemen organisasi. Model Ini menetapkan lingkup proses manajemen risiko yang komprehensif untuk semua organisasi dan menunjukkan bahwa proses manajemen risiko merupakan proses berulang yang dapat berkontribusi terhadap perbaikan organisasi.

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

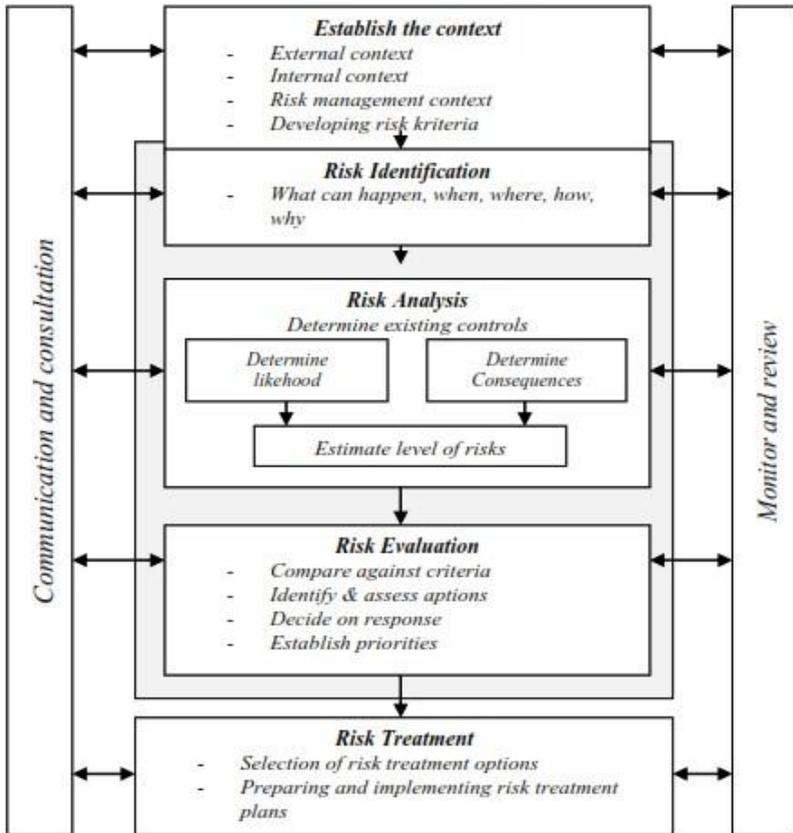


Gambar 2. Model Manajemen Risiko AS/NZW, 1999  
(AS/NZW, 1999)

Langkah pertama adalah menentukan konteks (*establish context*), pada tahap konteks strategi kegiatan yang dilakukan diantaranya adalah mendefinisikan hubungan organisasi dan lingkungan sekitarnya, mengidentifikasi kelebihan, kekurangan, kesempatan dan rintangan. Konteksnya meliputi bidang keuangan, bidang operasional, pesaing, bidang politik, sosial, klien, budaya, legal dari fungsi organisasi. Langkah kedua adalah identifikasi risiko (*identify risks*). Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap risiko yang akan dikelola. Langkah ketiga analisis risiko (*analyse risks*). Tujuan dari analisis risiko pada model ini adalah untuk membedakan risiko minor yang dapat diterima dan risiko mayor yang tidak dapat diterima serta untuk menyiapkan data untuk membantu evaluasi dan penanganan risiko. Langkah keempat adalah evaluasi risiko (*evaluate risks*). Tahap ini adalah membandingkan tingkat risiko yang telah dihitung pada tahapan analisis risiko dengan kriteria standard yang digunakan. Langkah kelima adalah pengendalian risiko (*risk control*). Pengendalian risiko meliputi identifikasi alternatif pengendalian risiko, analisis jenis respon risiko yang ada, dan pelaksanaan pengendalian. Langkah keenam adalah penanggulangan risiko (*treat risks*). Model manajemen risiko ISO 31000:2009 sesuai Gambar 3 dan dijelaskan sebagai berikut: Proses pertama adalah *Establishing The Context* yaitu menetapkan konteks. Dalam proses manajemen risiko langkah awal yang sangat penting adalah menetapkan konteks meliputi penetapan tujuan, strategi, ruang lingkup dan parameter-parameter lain yang berhubungan dengan proses pengelolaan risiko suatu organisasi. Proses kedua adalah *Risk Identification* atau identifikasi risiko, yaitu melakukan identifikasi risiko-risiko yang dapat terjadi di masa yang akan datang. Proses ketiga adalah *Risk Analysis* atau analisis

risiko-*risiko*, yaitu proses menentukan berapa besar dampak (*impact* atau *consequences*) dan kemungkinan (*frequency* atau *likelihood*) risiko-*risiko* yang akan terjadi, serta menghitung berapa besar level risikonya dengan mengalikan antara besar dampak dan besar kemungkinan ( $Risk = Consequences \times Likelihood$ ). Proses keempat adalah *Risk Evaluation* atau membandingkan risiko-*risiko* yang sudah dihitung diatas dengan Kriteria Risiko yang sudah distandarkan (menempatkan posisi risiko-*risiko* pada gambar kriteria risiko), apakah risiko-*risiko* itu *acceptable* (dapat diterima), menjadi *issue* diwaspadai, atau *unacceptable* (tidak diterima), serta memprioritaskan mitigasi atau penangannya. Proses kelima adalah *Risk Treatment* atau mitigasi risiko-*risiko*. Mitigasi risiko-*risiko* harus direncanakan sebaik-baiknya dan dipertimbangkan semua alternatif solusinya, sebelum dilaksanakan mitigasinya, agar mendapatkan hasil yang diharapkan secara efektif dan efisien. Proses keenam adalah *monitor and review* (pemantauan dan pengkajian ulang).

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

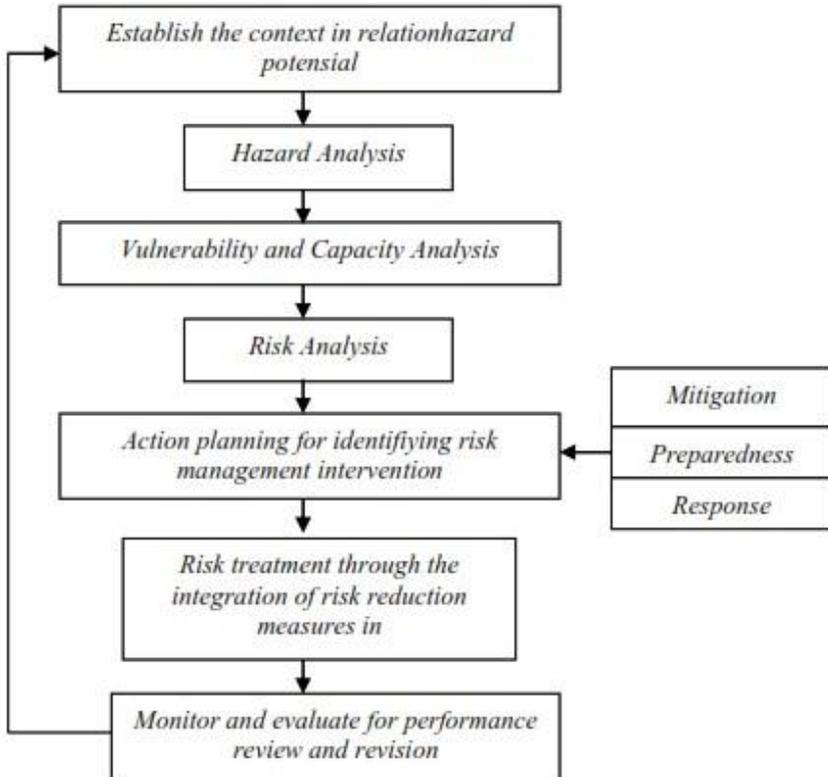


Gambar 3. Model Manajemen Risiko ISO 31000:2009 (ISO 31000:2009, 2009)

Model manajemen risiko bencana (*disaster risk management/DRM*) digambarkan sesuai Gambar 4 Langkah-langkah dalam proses manajemen risiko bencana adalah: Menetapkan konteks dalam kaitannya potensi bahaya yang potensial. Melakukan analisis ancaman atau bahaya (*hazard*). Melakukan analisis kerentanan (*vulnerability*) dan analisis kapasitas (*capacity*). Melakukan tindakan untuk mengatasi

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

risiko yang teridentifikasi dengan; mitigasi, kesiapan, dan respon risiko. Mengatasi risiko dengan cara meminimalkan risiko yang mungkin terjadi. Memantau dan mengevaluasi risiko.



Gambar 4. Model Manajemen Risiko Bencana  
(UN/ISDR, 2007)

Manajemen risiko bencana merupakan bagian dari manajemen bencana, dengan fokus sebelumnya pada pencegahan, kesiapsiagaan dari peristiwa alam yang

ekstrim, dan yang berkaitan dengan selama dan setelah bencana. DRM (*disaster risk management*) adalah alat untuk mengurangi resiko bencana terutama dengan mengurangi kerentanan. Tujuan utama dari tindakan DRM adalah mengurangi kerentanan (*vulnerability*) dan memperkuat kemampuan (*capacity*) perlindungan. DRM memperhitungkan aspek teknik, politik, sosial ekonomi, ekologi, dan sosial budaya. Jaringan berbagai komponen DRM dan berbagai aspek yang tercantum membentuk sebuah sistem yang terintegrasi. Sistem yang terintegrasi ini memungkinkan DRM untuk mengurangi risiko yang terjadi.

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini didesain dalam 6 (enam) tahapan yang terdiri dari; 1) tahap identifikasi masalah, 2) tahap pengembangan ruang lingkup, 3) tahap pengumpulan data, 4) tahap pengolahan data, 5) tahap pengembangan model, 6) tahap validasi/uji coba model. Secara konseptual, metodologi yang diusulkan dalam penelitian ini merujuk pada langkah-langkah kunci manajemen risiko yang meliputi identifikasi, analisis risiko kualitatif dan analisis risiko.

Studi pustaka digunakan untuk memperoleh konsep, teori dan metode yang berhubungan dengan masalah dan tujuan penelitian. Selain itu untuk mendapatkan tujuan yang diinginkan dari penelitian ini, diperlukan juga penelitian penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan yang berhubungan dengan masalah tersebut. Area kajian literatur pada penelitian ini mencakup ; (1) definisi dan konsep bisnis properti; (2) sektor pengembangan properti; (3) proses pengembangan properti; (4) model pengelolaan properti; (5) konsep risiko; (6) konsep manajemen risiko; (7) teori kerentanan (*vulnerability*), teori kapasitas (*capacity*), teori

potensi risiko (*hazard*), (8) pemodelan. Analisis risiko bencana sesuai konsep umum adalah untuk mengukur seberapa besar risiko yang terjadi akibat ancaman (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*), dan kapasitas (*capacity*) digunakan rumus sesuai dengan Persamaan 1 (United Nations, 2002).

$$Risk = \frac{Hazard \times Vulnerability}{Capacity} \quad (1)$$

Bahaya (*hazard*) merupakan kondisi fisik yang memiliki potensi penyebab timbulnya kerugian, kerusakan properti, kerusakan infrastruktur, kerusakan lingkungan dan terganggunya perekonomian). Kerentanan (*vulnerability*) merupakan kondisi kawasan atau lingkungan binaan yang tidak aman atau berisiko mendapat dampak dari ancaman bahaya. Kapasitas (*capacity*) adalah kombinasi keseluruhan kekuatan, kelengkapan, dan sumber daya yang dimiliki oleh organisasi yang dapat digunakan untuk meraih tujuan yang disepakati termasuk yang berkaitan dengan pengurangan risiko (Oxfam, 2012).

Pada tahap selanjutnya disusun model proses manajemen risiko bisnis properti, yang sebelumnya dilakukan validasi, kalibrasi dan benchmark terhadap model yang ada. Model yang akan dibuat dalam penelitian ini merupakan model dengan bentuk sistemik/skematik. Pertama akan dibuat sebuah model deskriptif yang bertujuan untuk memahami mekanisme manajemen risiko dan membentuk parameter-parameter dasar untuk dikembangkan. Model ini dibangun dari teori mengenai manajemen risiko proyek secara umum dan kajian pustaka mengenai penerapan manajemen risiko yang dinilai berhasil. Model deskriptif juga dibuat untuk studi kasus. Beberapa model deskriptif ini kemudian diperbandingkan dengan menggunakan parameter yang sama. Hasil dari proses ini

berupa suatu generalisasi kerangka kerja manajemen risiko pada usaha properti . Untuk menguji kesahihan model tersebut diadakan sebuah forum diskusi yang disebut *Focus Group Discussion*. Forum diskusi ini terdiri dari beberapa orang pakar yang dipilih dari bidang terkait untuk membahas dan menguji usulan model yang dihasilkan. Pakar yang akan dihadirkan dalam pengujian model ini adalah praktisi properti, akademisi/peneliti masalah manajemen risiko. Hasil pembahasan digunakan untuk menyempurnakan usulan model, dan dibawa kembali ke forum serupa untuk dibahas kembali.

#### **4. Hasil dan Pembahasan**

Secara konseptual, model pengembangan properti yang diusulkan dalam penelitian ini merujuk pada proses pengembangan properti dan langkah-langkah kunci manajemen risiko umum yang meliputi identifikasi risiko, penilaian risiko, pengendalian risiko, dan pemantauan risiko sesuai dengan proses model manajemen risiko yaitu model AS/NZW 4360:1999 (AS/NZW,1999); model ISO 31000:2009 (ISO,2009); dan Model DRM (UN/ISDR,2007). Hasil kajian studi literatur mengindikasikan urgensi penerapan manajemen risiko untuk membantu menyelesaikan dan membuat keputusan bisnis di sejumlah negara, khususnya pada konteks pengembangan properti telah menyediakan solusi yang komprehensif. Namun beberapa pendapat dan penelitian bahwa manajemen risiko dapat dikembangkan disesuaikan dengan kondisi dan jenis organisasi atau perusahaan. Untuk itu pada bagian ini akan di uraikan proses manajemen risiko diintegrasikan dengan model pengembangan properti, dalam konteks pengembangan properti di Indonesia.

#### 4.1 Usulan Model Proses Pengembangan Properti

Penelitian ini bertujuan membangun model manajemen risiko pada pengembangan properti. Proses pengembangan properti model Peiser and Frej (2003); Wurtzebach et al.(1995);Baltin (1999); Miles (2000) yang telah diuraikan pada bagian kajian pustaka, pada penelitian ini digabungkan untuk mendapatkan model pengembangan properti yang lebih praktis dan lengkap. Secara umum model pengembangan properti yang diusulkan mengadopsi model Peiser and Frej (2003) dilengkapi dengan menambahkan kriteria layak (*feasible*) dan tidak layak (*not feasible*) pada tahap gagasan (*initiation*) dan tahap kelayakan (*feasibility study*) seperti model Wurtzebach et al., 1995. Model Peiser and Frej (2003) terdiri dari 5 (lima) proses pengembangan properti.

- 1) Tahap pertama: Perencanaan dan inisiasi (*planning and initiation*).

Pada tahap ini dimulai dengan persiapan administrasi proyek seperti rancangan desain awal, pemilihan lokasi, melihat peluang pasar.

- 2) Tahap kedua: Kelayakan (*feasibility*).

Melakukan studi peluang pasar, kelayakan pembiayaan proyek, perencanaan disesuaikan dengan peraturan dari pihak pemerintah setempat.

- 3) Tahap ketiga: Komitmen (*commitment*).

Mengajukan perijinan bangunan, membeli lahan, pemasaran

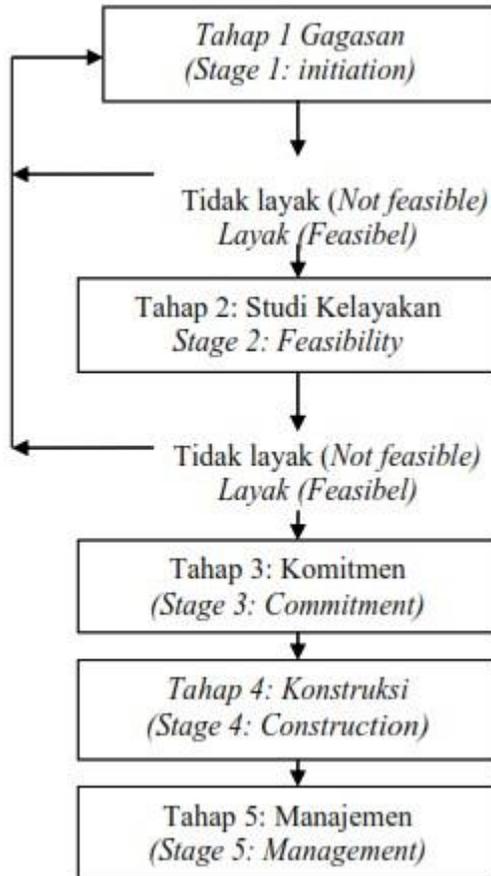
- 4) Tahap keempat: Konstruksi (*construction*).

Pada tahap ini dimulai dengan tender pekerjaan konstruksi dengan rekanan atau kontraktor, memulai pekerjaan konstruksi, kontrol biaya, mutu dan waktu.

- 5) Tahap kelima: Manajemen (*management*) pada tahap ini dilakukan aktivitas pemasaran properti, penjualan dan pemeliharaan aset.

Lima proses pengembangan properti model Paiser and Frej (2003) tersebut diatas, pada penelitian ini dikembangkan dan disederhanakan sesuai dengan Gambar 5 sebagai berikut:

- 1) Tahap perencanaan dan inisiasi (*planning and initiation*) dalam model Peiser and Frej (2003), disederhanakan menjadi tahap gagasan (*initiation*), penelitian Gehner (2006).
- 2) Tahap kelayakan (*feasibility*) dalam model Peiser and Frej (2003), dalam penelitian ini disebut tahap studi kelayakan (*feasibility study*), penelitian Gehner (2006).
- 3) Tahap gagasan (*initiation*) menuju tahap studi kelayakan (*feasibility studi*), dan dari tahap studi kelayakan (*feasibility studi*) menuju tahap komitmen (*commitment*) dimasukkan kriteria layak (*feasible*) dan kriteria tidak layak (*not feasible*), hal ini merujuk model Miles et al. (2000).
- 4) Setiap tahap pengembangan properti diintegrasikan dengan proses manajemen risiko.



Gambar 5. Usulan Model Proses Pengembangan Properti

#### 4.2 Usulan Model Proses Manajemen Risiko

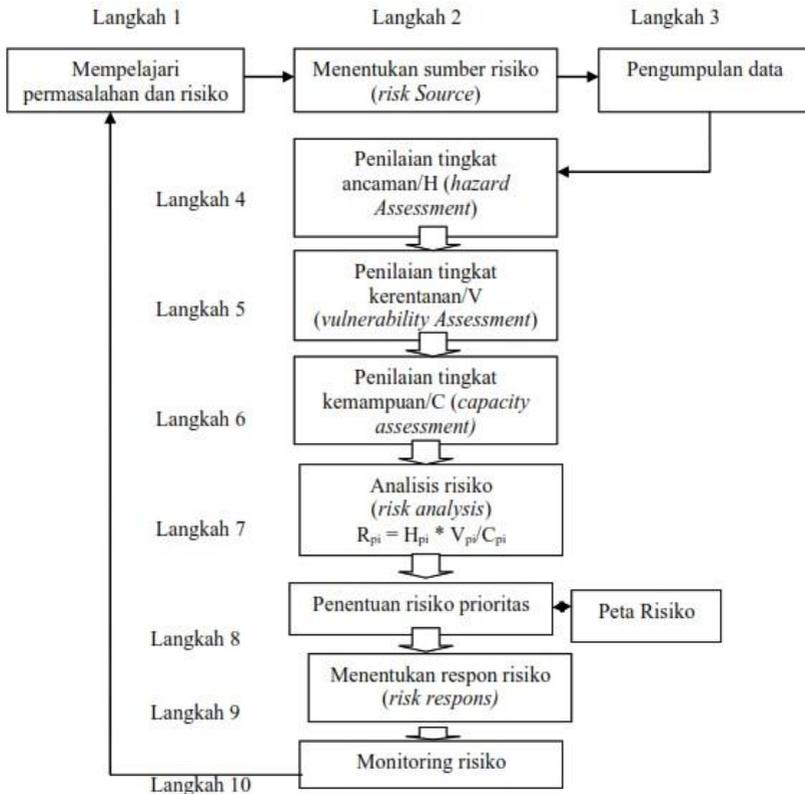
Usulan Proses manajemen risiko pada penelitian ini menggunakan model Grey and Larson (2006) terdiri dari; identifikasi risiko (*risk identification*), penilaian risiko (*risk assessment*), respon risiko (*risk respon*), monitoring risiko (*risk control*). Khusus pada tahap penilaian risiko (*risk*

*assessment*) dikembangkan sistem terintegrasi untuk mengurangi risiko (kerugian) dengan mengidentifikasi tingkat ancaman (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*) dan kemampuan (*capacity*), hal ini merujuk model manajemen risiko bencana (UN/ISDR, 2007) yang menyatakan bahwa tujuan dari model ini adalah untuk mengurangi kerentanan (*vulnerability*) dan memperkuat kemampuan (*capacity*). Gambar 6 menggambarkan usulan prose manajemen risiko pengembangan properti. Berdasarkan pendapat Robillard (2000), model manajemen risiko AS/NZW 4360:1999, model manajemen risiko ISO 31000:2009; dan model DRM (UN/ISDR,

2007), Wiegelmenn (2012), Patria (2006) bahwa proses manajemen risiko dalam konteks pengembangan properti diusulkan terdiri dari sepuluh langkah utama:

- 1) Langkah 1 : Memulai dan mempelajari permasalahan terkait dengan risiko properti (*getting started & learning risk property*).
- 2) Langkah 2 : Pengantar mengenai penilaian risiko (*introduction to risk assessment*).
- 3) Langkah 3 : Pengumpulan data (*data requirements*).
- 4) Langkah 4 : Penilaian tingkat bahaya (*hazard assessment*).
- 5) Langkah 5 : Penilaian tingkat kerentanan (*vulnerability assessment*).
- 6) Langkah 6 : Penilaian tingkat kemampuan (*capacity assessment*).
- 7) Langkah 7 : Analisis Risiko (*risk analysis*).
- 8) Langkah 8 : Penentuan risiko prioritas dan peta risiko.
- 9) Langkah 9 : Penentuan respon risiko (*risk respons*).
- 10) Langkah 10 : Melakukan monitoring risiko (*risk monitoring*).

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN



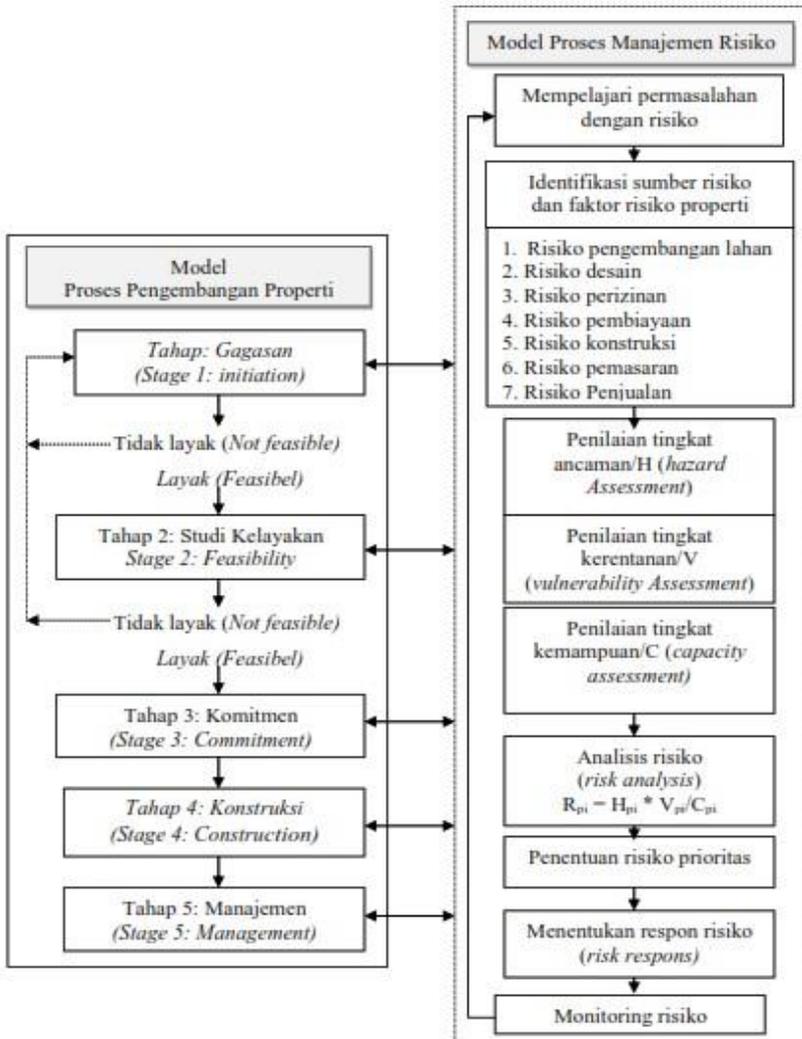
Gambar 6. Usulan Model Proses Manajemen Risiko Pengembangan Properti

### 4.3 Usulan Model Proses Manajemen Risiko Pengembangan Properti

Sesuai tujuan penelitian ini yaitu menghasilkan model pengembangan properti terintegrasi, maka diusulkan model hasil dari integrasi usulan proses pengembangan properti sesuai Gambar 5 dan usulan proses manajemen risiko sesuai Gambar 6. Usulan model pengembangan properti terintegrasi merupakan jenis model skematik sesuai Gambar 7. Proses

pengembangan properti yang dibangun pada penelitian ini merupakan pengembangan model Paiser and Prej (2003). Sedangkan proses manajemen risiko dibangun dalam penelitian ini didasarkan pada berbagai faktor risiko meliputi tingkat ancaman (*hazard*), tingkat kerentanan (*vulnerability*), tingkat kapasitas (*capacity*). Model yang dibangun merupakan integrasi proses pengembangan properti dengan melakukan proses manajemen risiko setiap tahap pengembangan. Proses manajemen risiko meliputi; mempelajari permasalahan dengan risiko, menentukan sumber risiko, penilaian tingkat ancaman (*hazard*), penilaian tingkat kerentanan (*vulnerability*), penilaian tingkat kemampuan (*capacity*), analisis risiko, penentuan risiko prioritas, melakukan respon risiko, dan monitoring risiko. Proses manajemen risiko dilakukan terhadap 5 (lima) tahap proses pengembangan properti yaitu: tahap gagasan (*initiation*), tahap kelayakan (*feasibility*), tahap komitmen (*commitment*), tahap konstruksi (*construction*), tahap manajemen (*management*).

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN



Gambar 7. Model Proses Manajemen Risiko Pengembangan Properti

Usulan model proses manajemen risiko pengembangan properti sesuai Gambar 7 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Tahap 1 : Mempelajari permasalahan risiko pengembangan properti.  
Pada tahap ini dilakukan kajian literatur seperti jurnal, artikel, penelitian ilmiah, yang membahas masalah pengembangan properti dan manajemen risiko. Tahap ini pula mulai dibuat identifikasi masalah terkait pengembangan properti dan perlunya manajemen risiko sebagai bagian penyelesaiannya.
  
- 2) Tahap 2 : Identifikasi sumber risiko dan faktor risiko.  
Pada tahap ini dilakukan identifikasi sumber risiko dan faktor risiko dalam pengembangan properti. Sumber risiko yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan sumber risiko dari aktifitas pengembangan properti (Gehner,2006). Terdapat tujuh aktifitas dalam pengembangan properti yaitu; Pengembangan lahan (*land development*), Desain (*design*), Studi kelayakan (*feasibility study*), Pembiayaan (*financing*), Konstruksi (*construction*), Pemasaran (*marketing*), Penjualan (*sale*). Aktifitas pengembangan properti (Gehner,2006) dalam penelitian menjadi sumber risiko yaitu; risiko pengembangan lahan (*land development risk*), risiko desain (*design risk*), risiko studi kelayakan (*feasibility study risk*), risiko

pembiayaan (*financing risk*), risiko konstruksi (*construction risk*), risiko pemasaran (*market risk*), risiko penjualan (*sale risk*). Sumber risiko dianalisis pada masing-masing tahap pengembangan properti yaitu; tahap inisiasi (*inisiation*), tahap studi kelayakan (*feasibility study*), tahap komitmen (*commitmen*), tahap konstruksi (*construction*), tahap manajemen (*management*). Sumber risiko setiap tahap pengembangan properti dipengaruhi oleh tingkat ancaman (*hazard*), tingkat kerentanan (*vulnerability*), dan tingkat kapasitas (*capacity*). Indikator tingkat ancaman (*hazard*), tingkat kerentanan (*vulnerability*), dan tingkat kapasitas (*capacity*) diidentifikasi berdasarkan studi literatur dan survey melalui wawancara. Identifikasi risiko seperti; sumber risiko; faktor risiko, tingkat ancaman, tingkat kerentanan, dan tingkat kapasitas.

3) Tahap 3 : Penilaian tingkat ancaman (*hazard*), kerentanan (*vulnerability*) dan kapasitas (*capacity*).

Pada tahap ini dilakukan identifikasi tingkat ancaman, kerentanan, kapasitas dalam pengembangan properti. Menurut United Nations (2002) menyatakan bahwa sumber risiko pada proyek konstruksi (bagian properti) dapat dipengaruhi oleh tingkat ancaman (*hazard*), tingkat kerentanan (*vulnerability*), dan kapasitas (*capacity*). Pada tahap ini

dilakukan mengidentifikasi jenis-jenis bahaya atau ancaman dalam pengembangan properti, mengidentifikasi kerentanan dan kelemahan dalam pengembangan properti, dan mengidentifikasi kapasitas atau kekutan yang dimiliki oleh perusahaan atau lingkungan proyek untuk mengatasi ancaman.

- 4) Tahap 4 : Penilaian dan analisis risiko  
Pada tahap ini dilakukan penilaian risiko tiap tahap pengembangan properti. Untuk proyek mulai tahap awal, analisis dilakukan mulai pada tahap gagasan (*initiation*). Untuk melanjutkan ke tahap studi kelayakan, tahap komitmen ditentukan oleh besarnya indeks prioritas risiko (IPR).
- 5) Tahap 5 : Penentuan risiko prioritas  
Pada tahap ini diawali dengan penilaian tingkat kepentingan para pihak terhadap kriteria dan sub kriteria sesuai dengan hirarki kepentingan para pihak.
- 6) Tahap 6 : Melakukan respon risiko. Pada tahap ini dilakukan respon risiko terhadap risiko terpenting/paling kritis yang harus mendapat penanganan atau tindakan prioritas utama. Tindakan atau mitigasi risiko dalam penelitian ini sesuai PMBOK (2007).
- 7) Tahap 7 : Melakukan monitoring risiko  
Pada tahap ini dilakukan pengawasan terhadap faktor-faktor risiko yang mendapat prioritas setiap tahap pengembangan properti.

## 5. Simpulan dan Saran

### 5.1 Simpulan

1. Manajemen risiko merupakan suatu proses formal yang dilakukan untuk menyeimbangkan risiko dan peluang yang timbul akibat diambilnya suatu keputusan, dan membuat tindakan untuk menghasilkan keseimbangan yang dapat diterima antara risiko dan peluang tersebut.
2. Model proses manajemen risiko secara umum (menurut teori) mempunyai beberapa perbedaan dengan praktek manajemen risiko pada proyek pengembangan properti studi kasus maupun *best practice*. Hal ini menunjukkan adanya kekhususan proses manajemen risiko pengembangan properti.
3. Model proses manajemen risiko diusulkan berdasarkan generalisasi beberapa studi kasus, teori serta saran para pakar melalui metode *Focus Group Discussion*.
4. Model proses pengembangan properti yang melibatkan banyak sumber daya dan berlangsung dalam jangka waktu lama sensitif terhadap risiko dan memerlukan praktek manajemen risiko secara sistematis dan bertanggungjawab. Pengelolaan risiko pada proses pengembangan properti secara sistematis dan bertanggungjawab dapat dibantu oleh adanya model manajemen risiko. Model manajemen risiko pada penelitian ini dapat diterapkan pada proyek pengelolaan properti untuk membantu pihak yang berkepentingan membuat keputusan dalam berinvestasi properti. Model ini dapat memberikan pilihan keputusan kepada para pihak khususnya pengembang (*developer*) apakah kegiatan dapat dilanjutkan atau tidak ketahap berikutnya. Sehingga kerugian khususnya dalam pengelolaan properti dapat diantisipasi lebih dini mulai dari tahap gagasan

(*initiation*), kelayakan (*feasibility*), komitmen (*commitment*), konstruksi (*construction*), dan Manajemen (*management*).

## 5.2 Saran

1. Model proses manajemen risiko pengembangan properti yang diusulkan dalam penelitian ini merupakan suatu tinjauan dari perspektif makro berdasarkan studi literatur dan pendapat para ahli.
2. Model proses manajemen risiko pengembangan properti yang diusulkan perlu diujicoba dan dievaluasi pada proyek studi kasus pengembangan properti.
3. Model pengembangan properti terintegrasi yang diusulkan disadari belum sempurna. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan-perbaikan dengan mengkaji lebih banyak pustaka terkait dengan teori mengenai pengembangan properti dan proses manajemen risiko.
4. Perlu dilakukan validasi model pada beberapa jenis pengembangan properti dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas model dengan memperbaiki model yang telah dibangun agar dapat diandalkan.

## Daftar Pustaka

- AS/NZA. 1995. *Risk Management*. AS/NZA 4369; Published by Standards Australia. Sydney. AS/NZS 4360:1999.1999. *Australian / New Zealand Standard on Risk Management*
- Asia's New Real Estate Investment Truss.2007.[www.asianewsinvestment.op](http://www.asianewsinvestment.op)
- Birrell,G and Bin,G.S.1997. *The UK Property Development Process*.
- Burke. R. 2000. *Project management planning and control*. 3rd ed. Cape Town. Byrne,P.1996. *Risk Uncertainty and*

- Decision Making in Property Development*. Cadman ,D. and Topping,D.1995. *Property Development*.E&FN Spon:London. Cadman,D. and Austin-Crowe,L.1993. *Property Development*, Spon:London
- Clarke, J., C. and Varma, S. 1999.*Strategic Risk Management : the New Competitive Edge*. *Journal of Long Range Planning*,, Vol. 32, No. 4, pp. 414 - 424. Commission for Healthcare Audit and Inspection (2006) *Criteria for assessing core standards in2006/2007*, Commission for Healthcare Audit and Inspection, London.
- Ezell,B.,Farr,J.andWiese,I. 2000. *Infrastructure risk analysis model*, *Journal of Infrastructure Sytem*, 6(3),114-117
- Flanagan,R.and Norman G.1993. *Risk Management and contruction*.
- Gehner et al. 2006. *Risk management in the Dutch real estate development sector: a survey*”, *Proceedings of the 6thInternational postgraduate research conference in the built and human environment*. University of Salford, UK. pp. 541-552.
- Gehner,2008. *Knowingly Taking Risk-Invesment Decision Making in Real Estate Development*. ISO 31000:2009.2009. “International Organization for Standard 13000-2009.
- Khalafallah, A., Taha, M., El-Said, M. 2005. *Estimating cost contingencies of residential buildings projects using belief networks*. *Journal Faculty of Engineering*. Cairo University
- Markham,J.2001. *Development finance:Analysing Structures here and internationally*. *Australian Property Journal* 36:395-703.

- Miles, M., Haney,D.and Berens,G. 2000. *Real Estate Development: Principles and Process*. Urban Land Institute:Washington..
- Newell,S.and Steglick,M 2001. *Assesing the importance of property development risk factors*. Pacific Rim Property Journal.Vol 12. No. 1
- Peiser,R.B. and Frej,A.B.2003. *Professional Real Estate Development*. The ULI Guide to the Business, Washington D.C:Urban Land Institute
- Peiser, R. 1984. *Risk analysis in land development*, in: Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association, Vol. 12, pp. 12-29.
- PMBOK. 2004. *A guide to the project management body of knowledge*. Newton Square, Project Management Institute.
- Pyhrr,S., Roulac, S. and Born,W.1999. *Real Estate Cycles and Their Strategic Implications for investors and Fortofolio Managers in the Global Economy*.
- Tan.1998.*Property Development in Malaysia.A Vantage Point*. Salient Issues in Project Management Urban Design, Architecture And Landscaping
- Tan.Willie.2002. *Practical Research Methods*. Singapore: Practice Hall.
- Ozcan.2008. *A Generic Risk and Vulnerability Assessment Framework for International Construction Projects*. A Thesis Submitted to The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- UN/ISDR. 2007.*Words into Action: a guide for implementing the Hyogo Framework. 2<sup>nd</sup> edition*
- Wurtzebach, C.H. Miles,M.E. and Cannon,S.E.1995. *Modern Real Estate* (5<sup>th</sup> Edition). New York: Wiley & Sons Publishers

# **MANAJEMEN KESELAMATAN KESEHATAN KERJA DAN LINGKUNGAN SEBAGAI KONSEP *GREEN CONSTRUCTION* PADA PELAKSANAAN PROYEK KONSTRUKSI**

**Ida Ayu Putu Sri Mahapatni**

*Program Studi Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia*

*Email: dayumaha71@yahoo.com*

## **ABSTRAK**

Setiap proyek konstruksi bermula pada tahap konsep dan desain. Merencanakan bangunan yang memiliki konsep *green construction* (konstruksi berkelanjutan) adalah meminimalkan dampak yang akan disebabkan dalam bangunan tersebut baik itu selama pelaksanaan dan selama penggunaan. Untuk meminimalkan dampak tersebut maka Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L) dalam mewujudkan konstruksi berkelanjutan sangat perlu diterapkan. Fenomena yang terjadi sampai saat ini, rendahnya kesadaran masyarakat akan masalah K3L dan rendahnya tingkat penegakan hukum oleh pemerintah mengakibatkan penerapan peraturan K3L masih jauh dari optimal. Dampaknya adalah angka kecelakaan kerja masih tinggi. Pengaruh industri konstruksi, baik secara langsung atau tak langsung memberi dampak terhadap kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan. Tujuan dari penulisan artikel ini adalah untuk memahami manajemen K3L sebagai konsep *Green Construction* pada pelaksanaan proyek konstruksi. Metode penulisan yang digunakan adalah metode

deskriptif berdasarkan *review* jurnal-jurnal baik jurnal nasional, jurnal internasional maupun prosiding serta literatur-literatur yang berkaitan dengan K3L dan *green construction*. Manajemen K3L sebagai konsep *green construction* pada pelaksanaan proyek konstruksi yang diutamakan atau yang terpenting adalah inovasi keselamatan dan kesehatan di tempat kerja melalui orang sehat, tempat kerja yang lebih aman, mengurangi biaya kecelakaan, lingkungan yang terkendali, kecelakaan kerja yang terkelola dan meningkatkan pengetahuan keamanan tempat kerja. Budaya penerapan K3L dan kurangnya pemahaman program K3L merupakan faktor penghambat penerapan K3L, sehingga bukan hal yang mudah untuk mewujudkan penerapan manajemen K3L sebagai konsep *green construction* yang terintegrasi dengan program pemerintah. Manajemen K3L sebagai konsep *green construction* sangat tergantung pada dukungan manajemen puncak dan sikap serta perilaku orang atau badan yang terlibat dalam pelaksanaan proyek konstruksi.

**Kata Kunci: Manajemen K3L, Konstruksi Berkelanjutan, Proyek Konstruksi**

## **PENDAHULUAN**

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi, yaitu unik, melibatkan sejumlah sumber daya, akan membutuhkan organisasi. Kemudian, proses penyelesaiannya harus berpegang pada tiga kendala (*triple constrain*) sesuai

spesifikasi yang ditetapkan, sesuai *time schedule*, dan sesuai biaya yang direncanakan (Ervianto, 2009). Setiap proyek konstruksi bermula pada tahap konsep dan desain. Dalam tahap konsep, pada kenyataannya ini merupakan salah satu langkah utama dalam proyek yang memiliki dampak terbesar pada biaya dan kinerja proyek. Tujuan utama adalah merencanakan bangunan yang memiliki konsep *green construction* (konstruksi berkelanjutan) adalah untuk meminimalkan dampak yang akan disebabkan dalam bangunan tersebut baik itu selama pelaksanaan dan selama penggunaan. Untuk meminimalkan dampak tersebut maka Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L) dalam mewujudkan konstruksi berkelanjutan sangat perlu diterapkan.

*Green construction is a planning and managing a construction project in accordance with the contract document in order to minimize the impact of the construction process on the environment* (Suatu perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi yang didasarkan pada dokumen kontrak untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang) (Glavnich,2008). Dalam Konvensi Nasional Teknik Sipil (KonTekS) keenam, Muhamad Abdub, Ph.D menyampaikan bahwa konstruksi berkelanjutan harus memperhatikan 7 aspek, yaitu *Reduce, Reuse, Recycle, Protect Nature, Eliminate Toxics, Life Cycle Costing* dan *Quality*. Keseluruhan aspek harus diterapkan dalam rangkaian pelaksanaan sebuah konstruksi, yaitu dalam kegiatan *Planning, Development, Design, Construction, Use and Operation, Maintenance, Modification* dan *Deconstruction*. Tetapi fenomena di lapangan, sering tidak berkolerasi antara satu

kegiatan dengan kegiatan lainnya. Misalnya terjadi perbedaan implementasi antara perencanaan, desain, pembuatan konstruksi dan pemanfaatan dan pemeliharaan. Dampaknya, konstruksi tersebut tidak dapat digunakan secara berkelanjutan.

Menurut Johan (2016) dalam penelitiannya tentang Pengaruh Faktor Motivasi dalam Keberhasilan Keselamatan dan Kesehatan pada Konstruksi Bangunan Berkelanjutan, menggunakan metode analisis PLS-SEM dengan membagikan kuesioner kepada perusahaan kontraktor di Surabaya. Menemukan bahwa kejelasan tanggung jawab, kemampuan interpersonal pemimpin proyek dan dukungan perusahaan berupa dukungan peralatan, waktu dan intensif merupakan faktor motivasi yang paling berpengaruh terhadap keberhasilan keselamatan dan kesehatan pada konstruksi bangunan berkelanjutan. Sedangkan yang paling berpengaruh terhadap keberhasilan keselamatan dan kesehatan pada konstruksi bangunan berkelanjutan adalah lokasi energi yang dapat diperbarui dan pengoptimalan kinerja energi, efek penggunaan atap reflektif, dan pengendalian sistem pencahayaan dan penerangan 75% sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan.

Salah satu konsep *green construction* adalah K3L. Keselamatan dan kesehatan dalam konstruksi berkelanjutan sangat penting untuk diperhatikan, dikarenakan apabila terjadi cedera atau kecelakaan pada tahap konstruksi dari bangunan yang direncanakan terhadap bangunan berkelanjutan (*sustainable*) maka tidak dapat dikatakan sebagai konstruksi berkelanjutan. Salah satu cara untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan konstruksi dalam konteks berkelanjutan adalah untuk mempertimbangkan konstruksi keselamatan dan kesehatan dari pekerjaanya (Kibert,2012). Upaya pencegahan kecelakaan di Indonesia masih menghadapi

berbagai kendala, salah satu diantaranya adalah pola pikir yang masih tradisional yang menganggap kecelakaan adalah sebagai musibah, sehingga masyarakat bersifat pasrah. Upaya pencegahan secara nyata belum diterapkan seperti memakai alat perlindungan diri pada waktu bekerja belum dilakukan secara serentak oleh perusahaan-perusahaan jasa konstruksi. Kondisi ini disebabkan karena masih kurangnya kesadaran dan pemahaman kalangan usaha di Indonesia akan pentingnya aspek K3L sebagai salah satu unsur untuk meningkatkan konstruksi berkelanjutan. (Ramli, 2010)

Berdasarkan UU No 13 tahun 2003 tentang ketenagakerjaan pasal 87, setiap perusahaan wajib menerapkan manajemen K3 yang terintegrasi dengan manajemen perusahaan. Di lain pihak organisasi yang bergerak secara global, memerlukan pengakuan atas kinerja K3 organisasi. Hal ini dapat diperoleh melalui sertifikasi OHSAS (*Occupational Health and Safety Assessment Series*) 18001 yang telah disepakati sebagai standar global untuk kinerja K3 organisasi. Berdasarkan UU No 2

Tahun 2017 tentang Keamanan, Keselamatan, Kesehatan dan Keberlanjutan Bab VI, Pasal 39, setiap penyelenggara Jasa Konstruksi, Pengguna Jasa dan Penyedia Jasa wajib memenuhi Standar Keamanan, Keselamatan, Kesehatan, dan Keberlanjutan (K4). Standar-standar K4 meliputi mutu bahan, mutu peralatan, standar K3, prosedur pelaksanaan Jasa Konstruksi, mutu hasil pelaksanaan Jasa Konstruksi, operasi pemeliharaan, pedoman perlindungan sosial tenaga kerja dalam pelaksanaan jasa konstruksi dan pengelolaan lingkungan hidup sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Berdasarkan uraian di atas, bahwa fenomena yang terjadi sampai saat ini, rendahnya kesadaran masyarakat akan

masalah K3L dan rendahnya tingkat penegakan hukum oleh pemerintah mengakibatkan penerapan peraturan K3L masih jauh dari optimal. Dampaknya adalah angka kecelakaan kerja masih tinggi. Pengaruh industri konstruksi, baik secara langsung atau tak langsung memberi dampak terhadap kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan. Ketiga aspek tersebut harus diutamakan sehingga pembangunan tidak mengorbankan daya dukung untuk kebutuhan generasi masa depan. Oleh karena itu, industri konstruksi perlu menerapkan K3L sebagai konsep *green construction* pada pelaksanaan proyek konstruksi. Tujuan dari penulisan artikel ini adalah untuk memahami manajemen K3L sebagai konsep *Green Construction* pada pelaksanaan proyek konstruksi. Metode penulisan yang digunakan adalah metode deskriptif berdasarkan *review* jurnal-jurnal baik jurnal nasional, jurnal internasional maupun prosiding serta literatur-literatur yang berkaitan dengan K3L dan *green construction* (konstruksi berkelanjutan). Menurut (Gunawan, 2008) metode deskriptif adalah metode tulisan yang dituangkan dengan cara menerangkan.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **1. Konstruksi Berkelanjutan (Green Construction)**

Menurut Glavinich (2008), *Green construction* hanya akan terjadi jika dipersyaratkan dalam dokumen kontrak. Kontraktor dalam membangun sebuah bangunan terfokus pada pemenuhan apa yang dipersyaratkan dalam rencana proyek dan spesifikasi. Konsep *green construction* mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Perencanaan dan penjadwalan proyek konstruksi,
2. Konservasi material,
3. Tepat guna lahan,

4. Manajemen limbah konstruksi,
5. Penyimpanan dan perlindungan material,
6. Kesehatan lingkungan kerja,
7. Menciptakan lingkungan kerja yang ramah lingkungan,
8. Pemilihan dan operasional peralatan konstruksi,
9. Dokumentasi

Perbedaan konsep antara konstruksi hijau dengan konstruksi pada umumnya (konvensional) hampir mencakup seluruh siklus dalam proyek konstruksi. Dengan demikian, dibutuhkan pemahaman filosofi dan konsep bangunan hijau oleh seluruh unsur pengelola proyek konstruksi untuk merealisasikan konsep konstruksi hijau. Dalam proyek konstruksi hijau, beberapa konsep yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut (Ervianto,2012):

1. Pemanfaatan material ekologis
2. Terkait dengan ekologi lokal
3. Konservasi energi
4. Konservasi air
5. Minimalisasi limbah
6. Efisiensi sumberdaya
7. Penggunaan kembali material dekonstruksi
8. Perhatian terhadap kualitas udara

## **2. Manajemen Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L)**

Program K3L dan organisasinya dapat diartikan sebagai suatu cara penerapan manajemen untuk menjamin pelaksanaan K3. Pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja dapat dicapai dengan pengendalian yang tepat terhadap lingkungan kerja dan kegiatan tenaga kerja. Pengendalian hanya dapat dilakukan oleh manajemen. (Rijanto,2010). Keselamatan kerja 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. Kecelakaan kerja adalah kecelakaan dan atau penyakit yang menimpa tenaga kerja karena hubungan kerja di tempat kerja. Ada banyak kemungkinan penyebab terjadinya kecelakaan kerja dalam proyek konstruksi, salah satunya adalah karakter dari proyek itu sendiri. Proyek konstruksi mempunyai kondisi yang kurang baik jika ditinjau dari aspek kebersihan dan kerapiannya, lebih disebut semrawut karena padat alat, pekerja, material. (Ervianto, 2009)

Organisasi K3L dibentuk untuk menerapkan dan menjalankan sistem manajemen K3L (Rijanto, 2010). Dengan Organisasi K3L yang melibatkan seluruh jajaran akan menjelaskan tugas dan tanggung jawab setiap individu terhadap K3L didalam setiap kegiatan di perusahaan yaitu:

1. Pimpinan Perusahaan:  
untuk bertanggung jawab atas program K3L, memberikan keputusan dan instruksi-instruksi yang diperlukan demi terlaksananya dengan baik program K3L, menunjuk orang yang dianggap mampu untuk melaksanakan program K3L, melakukan inspeksi K3L, menghadiri rapat-rapat K3L.
2. Koordinator K3L (seorang ahli K3L):  
mempersiapkan seluruh program K3L, membantu mengimplementasikan manajemen K3L, memberikan pelatihan K3L, melaporkan kecelakaan yang terjadi.
3. Pimpinan Senior (Pimpinan Divisi):  
bertanggung jawab terhadap keberhasilan K3L, bertanggung jawab dan melaporkan kepada pimpinan semua persoalan kejadian berhubungan dengan K3L, melakukan inspeksi K3L secara berkala.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Review Jurnal**

Dalam jurnal yang berjudul “*Fuzzy Decision Approach For Selection Of Most Suitable Construction Method Of Green Buildings*” oleh (Bansa 2017) menemukan bahwa tantangan besar dalam proyek berkelanjutan adalah pemilihan metode konstruksi yang tepat dan dianggap sebagai faktor yang menentukan keberhasilannya. Banyak elemen prefabrikasi ramah lingkungan memasuki pasar dengan kecepatan yang meningkat. Ini telah meningkatkan beban kerja dan keingintahuan dari para pemangku kepentingan yang akan membutuhkan informasi tentang aspek lingkungan, teknis dan estetika mereka. Penggunaan prefabrikasi dalam konstruksi berkelanjutan adalah menguntungkan tetapi kriteria keputusan yang tepat dan bobot mereka untuk penilaian penerapan untuk proyek dari perspektif setiap pemangku kepentingan ditemukan tidak memadai. Keputusan untuk menggunakan elemen prefabrikasi sebagian besar masih didasarkan pada bukti anekdotal atau evaluasi berbasis biaya daripada kinerja berkelanjutan holistik. Keputusan lingkungan, menjadi erat digabungkan dengan ketidakpastian dan risiko yang tertanam di masyarakat, tidak pasti karena sistem ekologi serta sistem sosial berubah di masa depan, Menurut Johan (2016), tentang “Pengaruh Faktor Motivasi dalam Keberhasilan Keselamatan dan Kesehatan pada Konstruksi Bangunan Berkelanjutan”. Menemukan bahwa kejelasan tanggung jawab, kemampuan interpersonal pemimpin proyek dan dukungan perusahaan berupa dukungan peralatan, waktu dan intensif merupakan faktor motivasi yang paling berpengaruh terhadap keberhasilan keselamatan dan kesehatan pada konstruksi bangunan berkelanjutan. Sedangkan yang paling berpengaruh terhadap keberhasilan keselamatan dan kesehatan pada

konstruksi bangunan berkelanjutan adalah lokasi energi yang dapat diperbarui dan pengoptimalan kinerja energi, efek penggunaan atap reflektif, dan pengendalian sistem pencahayaan dan penerangan 75% sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan. Menurut Tseng, (2018), tentang *Corporate Sustainability Performance Improvement Using An Interrelationship Hierarchical Model Approach*. Aspek sosial, budaya perusahaan dan manajemen pemangku kepentingan mengarah ke kegiatan ekonomi. Itu hasilnya menunjukkan bahwa dukungan manajemen puncak dan sikap serta perilaku manajer adalah pendorong peningkatan kinerja keberlanjutan perusahaan. Evangelinos (2018), tentang *Occupational Health And Safety Disclosures In Sustainability Reports: An Overview Of Trends Among Corporate Leaders*. Sampel dari penelitian ini adalah terdiri dari sepuluh perusahaan terbesar (berdasarkan pendapatan) dari masing-masing industri berikut: minyak dan gas, konstruksi, penerbangan, dan bahan kimia. Temuannya menunjukkan bahwa perusahaan cenderung menekankan pada pendekatan manajemen keseluruhan mereka untuk K3, tetapi gagal dalam melaporkan kuantitatif dan informasi kualitatif di luar metrik konvensional dari cedera akibat kerja. Masalah K3 dalam rantai pasokan dan sistem / mekanisme pemantauan yang relevan di tempat adalah topik yang tidak dilaporkan, sementara program pelatihan K3 adalah aspek yang tidak cukup dianalisis dalam hal kuantitatif. Sebaliknya, perusahaan dari keempat industri mencari jaminan untuk informasi K3 yang mereka laporkan dan penekanannya pada standar / inisiatif manajemen yang dikembangkan secara eksternal. Faktor-Faktor Penghambat Penerapan Sistem Manajemen K3 Pada Proyek Konstruksi Di Kota Manado, metode yang digunakan adalah metode rangking untuk menentukan rangking para responden dan memberikan prioritas terhadap variabel studi, setelah

pengumpulan data dari responden, kemudian dianalisis dengan nilai *mean* (nilai rata-rata dari data), yang merupakan teknik penjelasan kelompok yang didasarkan dari nilai rata-rata tersebut untuk mendapatkan nilai *mean* pengolahan data kuisisioner menggunakan program SPSS (*Statistic Package For Social Sciences*) dengan metode analisis *Descriptives*. Berdasarkan hasil penelitian faktor penghambat yang paling berpengaruh yaitu kurangnya pengetahuan mengenai SMK3 dari perusahaan maupun karyawannya. dikarenakan banyak perusahaan yang belum memahami dan mengerti mengenai konsep dan Sistem Manajemen K3 dan banyak perusahaan yang menganggap bahwa ada penerapan SMK3 akan menambah *cost* atau biaya pada perusahaan (Awuy, 2017). Menurut Jilcha (2017) , tentang *Industrial occupational safety and health innovation for sustainable Development* menemukan bahwa pembangunan berkelanjutan tidak dianggap tanpa pilar pembangunan. Peneliti sebelumnya menempatkan pilar-pilar ini antara lain ekonomi, sosial dan lingkungan. Setelah meningkatkan ketiga pilar ini, pembangunan berkelanjutan menjadi dapat dipercaya dalam kaitannya dengan keselamatan di tempat kerja dan peningkatan kesehatan. Namun, penemuan peneliti memiliki kelemahan dalam mempertimbangkan tiga pilar yang ada. Penelitian sebelumnya diabaikan untuk menggabungkan tiga pilar pembangunan berkelanjutan lainnya yaitu budaya, politik dan teknologi. Memiliki pilar-pilar ini, pembangunan berkelanjutan juga dapat dijamin dengan mempertimbangkan keselamatan kerja dan inovasi kesehatan untuk semua entitas internal dan eksternal yang terlibat di tempat kerja. Ini adalah karena pelaksanaan pilar mengurangi kecelakaan dan penyakit lingkungan kerja. Metode seperti tinjauan pustaka, wawancara karyawan dan observasi industri telah dipakai. Ada beberapa

penelitian yang ditemukan tentang bagaimana pembangunan berkelanjutan dipengaruhi oleh tempat kerja pendekatan inovasi keselamatan dan kesehatan.

## 2. Pembahasan

Berdasarkan *review* jurnal, hasil temuan yang berkaitan dengan penerapan K3L sebagai konsep *green construction* pada proyek konstruksi sangat tergantung pada dukungan manajemen puncak dan sikap serta perilaku orang atau badan yang terlibat dalam proyek konstruksi sebagai pendorong peningkatan kinerja berkelanjutan. *Green construction* hanya akan terjadi jika dipersyaratkan dalam dokumen kontrak. Kontraktor dalam membangun sebuah bangunan terfokus pada pemenuhan apa yang dipersyaratkan dalam rencana proyek dan spesifikasi. Salah satu yang menjadi penghambat penerapan *green construction* pada pelaksanaan proyek konstruksi, adalah tidak tercantumnya *green construction* dalam kontrak. Banyak perusahaan yang belum memahami dan mengerti mengenai konsep dan Sistem Manajemen K3 (SMK3) dan banyak perusahaan yang menganggap bahwa ada penerapan SMK3 akan menambah *cost* atau biaya pada perusahaan. Penerapan tersebut membutuhkan biaya dalam hal menyiapkan Alat Pelindung Diri (APD), Pelatihan K3, asuransi K3 serta fasilitas umum yang berhubungan dengan K3L. Fasilitas umum yang harus disiapkan dalam pelaksanaan proyek konstruksi berhubungan dengan penerapan K3L adalah jalan lokasi harus aman bagi pejalan kaki dan kendaraan, batas lokasi bila memungkinkan harus diberi pagar dan tanda-tanda yang cukup jelas, fasilitas penunjang seperti toilet, fasilitas cuci, air minum, tempat istirahat serta lokasi fasilitas penunjang haruslah dengan mudah dapat dicapai oleh pekerja di lokasi kerja.

Jadi manajemen K3L sebagai konsep *green construction* pada pelaksanaan proyek konstruksi yang diutamakan atau yang terpenting adalah inovasi keselamatan dan kesehatan di tempat kerja dalam pembangunan berkelanjutan melalui orang sehat, tempat kerja yang lebih aman, mengurangi biaya kecelakaan, lingkungan yang terkendali, kecelakaan kerja yang terkelola dan meningkatkan pengetahuan keamanan tempat kerja. Para peneliti juga berusaha untuk meneruskan jalan menuju pembangunan berkelanjutan melalui inovasi dan peningkatan keselamatan dan kesehatan kerja. Untuk mewujudkan konsep *green construction*, baik pemerintah maupun swasta sebagai pengguna jasa konstruksi dan penyedia jasa konstruksi adalah penerapan K3L harus merupakan budaya. Tetapi sekarang ini yang menjadi kendala dalam penerapan K3L adalah tidak biaya K3 lagi tetapi budaya dari pelaku konstruksi terutama pekerja. Pekerja konstruksi adalah orang-orang yang berhadapan dengan risiko kecelakaan kerja. Alasan utamanya, kenapa penerapan K3 tidak merupakan budaya dalam pelaksanaan proyek konstruksi karena ketidaknyaman pekerja menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) dalam bekerja. Kurang disiplinnya pekerja menggunakan APD, sehingga bukan hal yang mudah untuk mewujudkan penerapan K3L sebagai konsep *green construction* yang terintegrasi dengan program pemerintah. Penyedia jasa konstruksi dalam membangun sebuah bangunan hanya terfokus pada pemenuhan apa yang dipersyaratkan dalam rencana proyek dan spesifikasi, sesuai dengan yang dicantumkan dalam kontrak, sehingga menerapkan K3L belum merupakan budaya. Hal ini disebabkan karena masih kurangnya kesadaran dan pemahaman kalangan usaha akan pentingnya aspek K3L sebagai salah satu untuk meningkatkan daya saing. Kerentanan proyek

konstruksi adalah pada waktu pelaksanaan. Dampak tidak menerapkan K3L menimbulkan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Elemen- elemen yang mempengaruhi antara lain manusia, peralatan, organisasi, manajemen dan lingkungan.

Tetapi dalam hal ini penyedia jasa konstruksi sebagai pihak yang mempunyai tanggung jawab sosial dalam menjalankan profesinya, sudah seharusnya berpartisipasi aktif dalam mewujudkan K3L sebagai konsep *green construction* yang terintegrasi dengan program pemerintah dengan alasan:

1. Pengguna jasa mensyaratkan penyedia jasa/ pemasok berorientasi terhadap program K3L dan menyediakan APD, semua material dan jasa yang ramah terhadap lingkungan, termasuk di dalamnya penyedia jasa konstruksi yang proaktif terhadap lingkungan.
2. Penyedia jasa konstruksi yang ada di lapangan termasuk seluruh karyawannya mempunyai komitmen terhadap penerapan K3L dan mengutamakan cara bekerja yang ramah terhadap lingkungan, sehingga mampu memberikan kontribusi dalam mencari solusi bukan malah menjadi sumber masalah.
3. Penyedia jasa konstruksi bertanggung jawab atas pemenuhan undang-undang K3L dan regulasi yang ditetapkan.
4. Meningkatkan *overhead cost* sebagai usaha untuk pemenuhan undang – undang tentang K3L serta regulasi yang ditetapkan dengan cara mengalihkan resiko kepada pihak ketiga / pihak asuransi.
5. Meningkatkan kepedulian masyarakat terhadap K3L akan menyebabkan pemerintah menetapkan regulasi yang semakin ketat terhadap seluruh industri termasuk jasa konstruksi yang tidak proaktif terhadap K3L

### 3. PENUTUP

Penulisan artikel di atas dapat disimpulkan bahwa budaya penerapan K3L dan kurangnya pemahaman program K3L merupakan faktor penghambat penerapan K3L, sehingga bukan hal yang mudah untuk mewujudkan penerapan manajemen K3L sebagai konsep *green construction* yang terintegrasi dengan program pemerintah. Penerapan K3L sebagai konsep *green construction* sangat tergantung pada dukungan manajemen puncak dan sikap serta perilaku orang atau badan yang terlibat dalam proyek konstruksi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ervianto, W. I. 2009. *Manajemen Proyek Konstruksi*, Yogyakarta, Andi Offset. Ervianto, W.I.2012. *Selamatkan Bumi Melalui Konstruksi Hijau*, Yogyakarta, Andi Offset.
- Fredy Johan, N. K., Herry P. Chandra 2016. *Pengaruh Faktor Motivasi Dalam Keberhasilan Keselamatan Dan Kesehatan Pada Konstruksi Bangunan Berkelanjutan Universitas Petra*.
- Glavinich, T. E. 2008. *Contractor's Guide to Green Building Construction: Management, Project Delivery, Documentation, and Risk Reduction*.
- Gunawan, W. 2008. *Tip Trik Menulis Artikel (6 langkah Menjadi Penulis)*, Bandung, Harmax Publishing.
- Kassu Jilcha, D. K. 2017. *Industrial occupational safety and health innovation for sustainable development*. Elsevier, 20, 9.
- Kibert, C. J. 2012. *Sustainable Construction: Green Building Design an Delivery*.

- Konstantinos Evangelinos, S. F., Antonis Skouloudis, Nadeem Khan, Foteini
- Konstandakopoulou, Ioannis Nikolaou, Shaun Lundy 2018. *Occupational health and safety disclosures in sustainability reports: An overview of trends among corporate leaders*. John Wiley & Sons, Ltd and ERP Environment.
- Ming-Lang Tseng, M. K. L., Kuo-Jui Wu 2018. Corporate sustainability performance improvement using an interrelationship hierarchical model approach. John Wiley & Sons, Ltd and ERP Environment.
- Ramli, S. 2010. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan kerja OHSAS 18001*, Jakarta, PT Dian Rakyat.
- Rijanto, B. B. I. M. 2010. *pedoman Praktis Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan Industri Konstruksi*, Jakarta, Mitra Wacana Media.
- Sunita Bansa, S. B., S.K. SINGH 2017. *Fuzzy decision approach for selection of most suitable construction method of Green Buildings*. Elsevier, 6.
- Tannya Awuy, P. A. K. P., Jantje B. Mangare 2017. *Faktor-Faktor Penghambat Penerapan Sistem Manajemen K3 Pada Proyek Konstruksi Di Kota Manado*. Jurnal Sipil Statik 5

# MANAJEMEN KINERJA PROYEK KONSTRUKSI YANG BERBASIS *KNOWLEDGE*

Oleh : Made Novia Indriani

## I. PENDAHULUAN

Menurut Shafeek (2016), akibat dampak dari pelaksanaan manajemen sumber daya manusia yaitu struktur organisasi, pelatihan individu, promosi serta budaya organisasi. Sumber daya manusia menurut Iveta (2012), merupakan indikator utama dari kinerja yang memberikan gambaran umum tentang bagaimana sumber daya manusia *mensupport* untuk tercapainya tujuan. Dalam penyelenggaraan proyek, salah satu sumber daya yang menjadi faktor penentu keberhasilannya adalah tenaga kerja. Tenaga kerja konstruksi merupakan porsi terbesar dari proyek konstruksi. Untuk ini diperlukan parameter penting yaitu produktivitas tenaga kerja. SDM konstruksi adalah pelaku pekerjaan di bidang konstruksi yang terdiri atas perencana, pelaksana, dan pengawas (Soeharto, 1997).

Manajemen kinerja adalah manajemen tentang menciptakan hubungan dan memastikan komunikasi yang efektif (Wibowo, 2013). Manajemen kinerja memfokuskan pada apa yang diperlukan oleh organisasi, manajer, dan pekerja untuk berhasil. Manajemen kinerja adalah tentang bagaimana kinerja dikelola untuk memperoleh kesuksesan. Konsep “*the right man and the right place*” atau menempatkan seseorang sesuai dengan tempatnya adalah salah satu kunci utama dalam menerapkan manajemen kinerja yang jauh dari konflik. Bakat

dan keahlian (*talent and skill*) merupakan dua sisi mata uang yang saling berkaitan, dapat dikaji secara terpisah namun merupakan satu kesatuan yang utuh. Dalam menerapkan suatu model manajemen kinerja yang profesional maka sering ditemui berbagai hambatan, antara lain masih kurangnya pemahaman pihak manajemen perusahaan dalam mengenal secara komprehensif tentang manajemen kinerja, kurang mendukungnya sarana dan prasarana kearah penegakan konsep manajemen kinerja yang baik (Fahmi, 2016). Manajemen kinerja berkaitan dengan hubungan koordinasi, kerja sama, komunikasi dan dapat mengatasi konflik yang ada.

Kinerja merupakan hasil pekerjaan yang mempunyai hubungan kuat dengan tujuan strategis organisasi, kepuasan konsumen dan memberikan kontribusi pada ekonomi (Armstrong, 2004). Kinerja adalah hasil yang diperoleh oleh suatu organisasi baik organisasi tersebut bersifat *profit oriented* dan *no profit oriented* yang dihasilkan selama satu periode waktu. Menurut Bastian (2001), kinerja merupakan gambaran mengenai tingkat pencapaian pelaksanaan suatu kegiatan/program /kebijaksanaan dalam mewujudkan sasaran, tujuan, misi dan visi organisasi yang tertuang dalam perumusan skema strategi (*strategic planning*). Kinerja merupakan hasil pekerjaan yang mempunyai hubungan kuat dengan tujuan strategis organisasi, kepuasan konsumen, dan memberikan kontribusi pada ekonomi. Kinerja adalah tentang melakukan pekerjaan dan hasil yang dicapai dari pekerjaan tersebut. Kinerja adalah tentang apa yang dikerjakan dan bagaimana cara mengerjakannya (Hamali, 2018). Seperti yang dikemukakan oeh S.P.Hasibuan (2000) bahwa kinerja (prestasi kerja) adalah suatu hasil kerja yang dicapai seseorang dalam melaksanakan tugas-tugas yang dibebankan kepadanya yang

didasarkan atas kecakapan pengalaman dan kesungguhan serta waktu.

Pengukuran kinerja (*work measurement*) bertujuan untuk menentukan waktu yaitu monitoring kinerja antara waktu *actual* dengan waktu yang ditargetkan yang dibutuhkan oleh pekerja untuk menyelesaikan pekerjaan tertentu dengan kualitas yang baik serta pencapaian tingkat yang optimal dalam pengendalian biaya (Ervianto, 2004). Pengukuran kinerja merupakan komponen penting dalam manajemen yang berperan dalam mengkomunikasikan, memotivasi dan menelusuri pencapaian strategi, pengukuran kinerja memberi umpan balik kepada manajemen dalam bentuk informasi mengenai pelaksanaan suatu rencana dan titik-titik dimana perubahan memerlukan penyesuaian-penyesuaian atas aktivitas perencanaan dan pengendalian (Sihombing, 2003). Sehingga dapat disimpulkan bahwa kinerja dan pengukuran kinerja merupakan rangkaian kegiatan yang saling bersinergi berupaya dalam peningkatan kinerja selanjutnya.

Pengetahuan adalah salah satu sumber daya organisasi yang paling penting dan berharga yang berkontribusi terhadap keunggulan kompetitif yang berkelanjutan (Nonaka and Takeuchi, 1995). Pada abad 21 ini keberhasilan organisasi sangat bergantung dari *knowledge* yang mereka miliki dan bagaimana memanfaatkan *knowledge* yang telah ada (Kikoski C and Kikoski, 2004).

Penelitian *Motivating Knowledge Sharing in Engineering and Construction Organization : Power of Social Motivations* bertujuan untuk memahami partisipasi dalam berbagi pengetahuan organisasi dengan mengidentifikasi dan mengeksplorasi alasan mengapa karyawan berbagi pengetahuan mereka. Faktor utama yang terkait dengan berbagi pengetahuan, antara lain: sumber daya, motivasi intrinsik,

global incentives, dan motivasi sosial. Mayoritas tanggapan tergolong pada motivasi sosial, termasuk timbal balik, konformitas terhadap budaya perusahaan, meniru perilaku pemimpin, pengakuan rekan, menghormati komitmen berbagi pengetahuan, dan persepsi tentang nilai pengetahuan organisasi.

*Knowledge sharing* memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap kinerja organisasi (Darroch, 2005). Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Ngah (2007), yang menyatakan bahwa *knowledge sharing* merupakan proses terbaik bagi peningkatan kompetensi dan kinerja organisasi.

## **II. PEMBAHASAN**

Manajemen adalah proses pengoordinasian kegiatan–kegiatan pekerjaan sehingga pekerjaan tersebut terselesaikan secara efisien dan efektif dan melalui orang lain (Soeharto, 1997). Manajemen melibatkan efisiensi dan efektivitas penyelesaian aktivitas–aktivitas kerja organisasi. Efisiensi mengacu pada memperoleh output terbesar dengan input yang terkecil, karena adanya sumber daya yang langka seperti orang, uang dan peralatan. Efisiensi juga digambarkan sebagai “melakukan segala sesuatu secara benar” artinya tidak memboroskan sumber daya. Namun, tidak cukup hanya sekedar efisien manajemen juga memfokuskan pada efektifitas. Efektifitas sendiri biasanya diartikan sebagai menyelesaikan kegiatan–kegiatan sehingga sasaran organisasi dapat tercapai. Efektivitas sering digambarkan sebagai melakukan segala sesuatu yang benar mulai dari cara dan sumber dayanya.

### **Fungsi Manajemen**

Menurut Soeharto(1997), pendekatan fungsi manajemen menunjukkan aktivitas atau kewajiban yang jelas

ketika mengkoordinasikan pekerjaan orang lain secara efisien dan efektif. Adapun Lima fungsi dasar manajemen antara lain :

a. Merencanakan

Fungsi manajemen yang mencakup proses mendefinisikan sasaran, menetapkan strategi untuk mencapai sasaran itu, dan menyusun rencana untuk mengintegrasikan dan mengoordinasikan sejumlah kegiatan.

b. Mengorganisir

Fungsi manajemen yang mencakup proses menentukan tugas apa yang harus dilakukan, siapa yang harus melakukan, bagaimana cara mengelompokkan tugas-tugas itu, siapa harus melapor ke siapa, dan dimana keputusan harus dibuat.

c. Memimpin

Fungsi manajemen yang mencakup memotivasi bawahan, mempengaruhi individu atau tim sewaktu mereka bekerja, memiliki saluran komunikasi yang paling efektif, dan memecahkan dengan berbagai cara masalah perilaku karyawan.

d. Mengendalikan

Fungsi manajemen yang mencakup memantau kinerja aktual, membandingkan aktual dengan standar dan membuat koreksinya, jika perlu.

e. *Staffing*

Fungsi manajemen yang mencakup pengadaan tenaga, jumlah maupun kualifikasi yang diperlukan bagi pelaksanaan kegiatan dan penyeleksian untuk menempati posisi-posisi dalam organisasi.

## **Peran Manajemen**

Menurut Soeharto (1997), Peran manajemen mengacu pada kategori–kategori tertentu perilaku manajerial. Sepuluh peran manajerial dikelompokkan menjadi 3, yaitu :

- a. Peran antar pribadi dimana peran manajerial ini melibatkan orang (bawahan dan orang di luar organisasi) dan kewajiban lain yang bersifat seremonial dan simbolis. Tiga peran antarpribadi itu meliputi menjadi seorang tokoh pemimpin simbolis, pemimpin dan penghubung. Pemimpin simbolis diperlukan untuk menjalankan sejumlah kewajiban rutin yang bersifat legal dan sosial. Pemimpin bertanggung jawab untuk motivasi bawahan, bertanggung jawab untuk mengisi staff, melatih, dan tugas–tugas yang terkait. Penghubung menyelenggarakan jaringan kontak dan pemberi informasi luar yang berkembang sendiri yang memberikan dukungan dan informasi.
- b. Peran informasional meliputi menerima, mengumpulkan dan menyebarkan informasi. Tiga peran informasional meliputi pemantau, penyebar dan juru bicara. Pemantau mencari dan menerima beraneka ragam informasi internal dan eksternal untuk mengembangkan pemahaman yang menyeluruh terhadap organisasi dan lingkungannya. Penyebar meneruskan informasi yang diterima dari orang luar atau dari bawahan kepada para anggota organisasi. Juru bicara meneruskan informasi kepada orang luar mengenai rencana, kebijakan, tindakan, dan hasil organisasi dan lain–lain.
- c. Peran pengambilan keputusan yaitu peran manajerial yang berkisar seputar membuat pilihan. Keempat peranan pengambilan keputusan itu meliputi kewirausahaan, penyelesaian gangguan, pembagi sumber daya dan perunding. Wirausahawan mencari di dalam organisasi dan lingkungannya peluang dan inisiatif proyek–proyek

perbaikan untuk melakukan perubahan. Penyelesaian gangguan bertanggung jawab atas tindakan korektif bila organisasi menghadapi gangguan mendadak dan penting. Pengalokasi sumber bertanggung jawab terhadap alokasi segala sumberdaya organisasi membuat atau menyetujui semua keputusan organisasi yang berarti. Perunding bertanggung jawab mewakili organisasi pada perundingan–perundingan besar.

### **Kinerja**

Kinerja adalah hasil yang diperoleh oleh suatu organisasi baik organisasi tersebut bersifat *profit oriented* dan *no profit oriented* yang dihasilkan selama satu periode waktu. Secara lebih tegas Amstron dan Baron dalam (Armstrong, 2004) mengatakan kinerja merupakan hasil pekerjaan yang mempunyai hubungan kuat dengan tujuan strategis organisasi, kepuasan konsumen dan memberikan kontribusi ekonomi (Amstron dan Baron, 198 5:15). Lebih jauh Indra Bastian dalam (Bastian, 2001) menyatakan bahwa kinerja adalah gambaran mengenai tingkat pencapaian pelaksanaan suatu kegiatan/program/kebijaksanaan dalam mewujudkan sasaran, tujuan, misi dan visi organisasi yang tertuang dalam perumusan skema strategis (*strategic planning*) suatu organisasi.

Dalam hal ini Michael Armstrong dalam (Nasucha, 2016) mengatakan, tujuan menyeluruh manajemen kinerja adalah untuk menumbuhkan suatu budaya dimana individu dan kelompok bertanggung jawab atas kelanjutan peningkatan proses bisnis dan peningkatan ketrampilan dan kontribusi mereka sendiri, artinya peningkatan manajemen kinerja bukan hanya berpengaruh pada peningkatan hasil di perusahaan saja, namun lebih jauh dari itu yaitu mampu menjadi nilai tambah bagi para karyawan. Seorang karyawan pada saat

diterapkannya konsep manajemen kinerja maka kemampuan dan kualitas dalam bekerja juga menjadi lebih baik, karena ia terbiasa bekerja sesuai dengan konsep tujuan dan elemen manajemen kinerja.

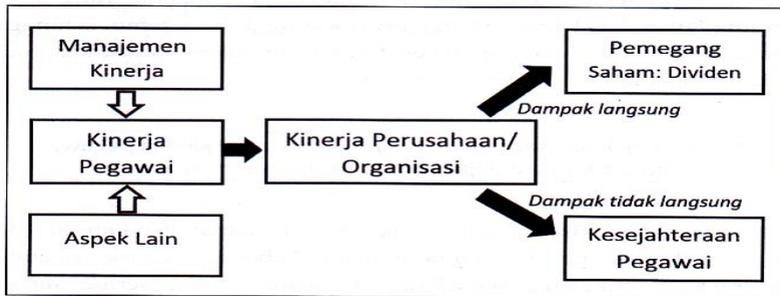
Mengingat pentingnya penilaian kinerja ini, maka manajemen perlu mempelajari manajemen kinerja dan semua aspek yang terkait. Jika proses dan penilaian kinerja telah dilakukan dengan baik dan hasilnya menunjukkan kinerja pegawai/karyawan meningkat, maka kinerja perusahaan/organisasi pada umumnya berhasil, ini disebut hubungan kausal (sebab-akibat). Dampaknya pemegang saham (*shateholder*) mendapatkan deviden yang lebih baik dan pegawai/ karyawan menjadi sejahtera (Edison et al., 2016).

Konsep manajemen kinerja (*performance management*) dibentuk pada tahun 1980-an di Amerika Serikat. Michael Armstrong dalam (Wirawan, 2009) mendefinisikan manajemen kinerja sebagai proses yang bertujuan meningkatkan kinerja individu karyawan, kinerja tim kerja, dan kemudian meningkatkan kinerja organisasi. Proses manajemen kinerja dilakukan bersama antara manajer dan karyawan. Manajemen kinerja bertujuan mengembangkan sejumlah aspek kinerja, yaitu sebagai berikut:

- a. Manajemen kinerja berupaya mencapai tujuan yang telah ditetapkan oleh organisasi atau perusahaan. Tujuan tersebut dicapai melalui partisipasi individu karyawan dalam mencapai tujuan dari tugasnya yang hasilnya berupa kinerja karyawan. Manajemen kinerja berupaya meningkatkan kinerja karyawan secara terus-menerus atau minimal mempertahankannya jika sudah mencapai standar kerjanya.

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

- b. Manajemen kinerja berupaya menciptakan dan meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kompetensi karyawan secara terus-menerus.
- c. Manajemen kinerja berupaya meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pencapaian tujuan.
- d. Manajemen kinerja mengukur kinerja individu karyawan, tim kerja, dan kinerja perusahaan secara periodik.



Gambar 2.1 Alur dan Dampak dari Kinerja  
Sumber :(Edison et al., 2016)

Standar pelaksanaan proyek yang meliputi : faktor biaya, faktor waktu dan faktor mutu berkaitan erat terhadap kinerja proyek. Keberhasilan proyek dapat diukur dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yaitu waktu, biaya, mutu, kepuasan dari pemilik, kepuasan desainer, kepuasan kontraktor, fungsional, dan *project variations* (Chan, 2002). Keberhasilan proyek konstruksi dapat digambarkan dengan enam kriteria (lingkungan, kualitas, keselamatan, waktu, biaya, dan kepuasan klien); dan penilaian infrastruktur berkelanjutan secara langsung mempengaruhi keberhasilan proyek konstruksi (dengan bobot regresi 0,83). Hasil penelitian ini menginformasikan bagaimana penilaian infrastruktur yang berkelanjutan mempengaruhi keberhasilan proyek konstruksi

dan dapat digunakan sebagai pedoman untuk mengembangkan proyek infrastruktur berkelanjutan (Krajangsri and Pongpeng, 2016).

### **Kinerja Perlu Dibangun Melalui Manajemen Kinerja**

Kinerja adalah hasil dari suatu proses yang mengacu dan diukur selama periode waktu tertentu berdasarkan ketentuan atau kesepakatan yang telah ditetapkan sebelumnya. Sedangkan pengertian manajemen kinerja menurut Michael Armstrong (2006:1) yaitu *"Performance management can be defined as a systematic process for improving organizational performance by developing the performance of individual and teams."* (Manajemen kinerja dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang sistematis untuk meningkatkan kinerja organisasi dengan mengembangkan kinerja individu dan tim). Manajemen kinerja adalah usaha untuk mencapai kinerja pegawai atau organisasi menjadi lebih baik dari waktu ke waktu.

### **Dimensi yang Menunjang Kinerja**

Untuk mencapai atau menilai kinerja, ada dimensi yang menjadi tolok ukur, menurut John Miner dalam (Sudarmanto, 2009) yaitu:

1. Kualitas, yaitu: tingkat kesalahan, kerusakan, kecermatan.
2. Kuantitas, yaitu: jumlah pekerjaan yang dihasilkan.
3. Penggunaan waktu dalam kerja, yaitu tingkat ketidakhadiran, keterlambatan, waktu kerja efektif/jam kerja hilang.
4. Kerja sama dengan orang lain dalam bekerja

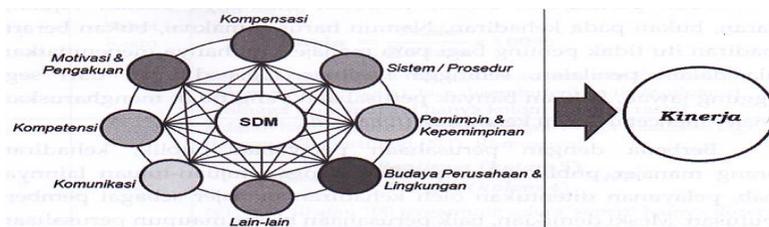
Di sisi lain, taat asas adalah bagian penting dari kinerja, sehingga dimensi kinerja dideskripsikan menjadi:

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

1. Target. Target merupakan indikator terhadap pemenuhan jumlah barang, pekerjaan, atau jumlah uang yang dihasilkan.
2. Kualitas. Kualitas terhadap hasil yang dicapai, dan ini adalah elemen penting, karena kualitas merupakan kekuatan dalam mempertahankan kepuasan pelanggan.
3. Waktu Penyelesaian.. Penyelesaian yang tepat waktu dan/atau penyerahan pekerjaan menjadi pasti. Ini adalah modal untuk membuat kepercayaan pelanggan. Pengertian pelanggan disini berlaku juga terhadap layanan pada bagian lain di lingkup internal perusahaan/organisasi.
4. Taat asas. Tidak saja harus memenuhi target, kualitas dan tepat waktu tapi juga harus dilakukan dengan cara yang benar, transparan dan dapat dipertanggungjawabkan.

### Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja

Kinerja pegawai sebagai isu sentral dan ditempatkan sebagai variabel terikat (*dependent variables*). Keberhasilan kinerja ini sangat dipengaruhi beberapa variabel lainnya sebagai variabel bebas (*independent variables*), seperti kepemimpinan, budaya organisasi, kompensasi, komitmen dan kompetensi.



Gambar 2.2 Berbagai Faktor yang Memiliki Hubungan dan Pengaruh Terhadap Kinerja  
Sumber : (Wirawan, 2012)

Kinerja karyawan merupakan hasil sinergi dari sejumlah faktor, yang terdiri dari

a. Faktor Internal Karyawan

Faktor internal karyawan yaitu faktor-faktor dari dalam diri karyawan yang merupakan faktor bawaan dari lahir dan faktor yang diperoleh ketika karyawan itu berkembang. Faktor-faktor bawaan misalnya bakat, sifat pribadi, serta keadaan fisik dan kejiwaan. Faktor-faktor yang diperoleh misalnya **pengetahuan**, keterampilan, etos kerja, pengalaman kerja, dan motivasi kerja. Faktor internal ini menentukan kinerja karyawan, sehingga semakin tinggi faktor-faktor internal tersebut, maka semakin tinggi pula kinerja karyawan; dan semakin rendah faktor-faktor tersebut, maka semakin rendah pula kinerjanya.

b. Faktor Lingkungan Internal Organisasi

Karyawan dalam melaksanakan tugasnya memerlukan dukungan organisasi di tempatnya bekerja. Dukungan tersebut sangat memengaruhi tinggi rendahnya kinerja karyawan, misalnya penggunaan teknologi robot oleh organisasi. Faktor internal organisasi misalnya strategi organisasi, dukungan sumber daya yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan, serta sistem manajemen dan kompensasi. Manajemen organisasi harus menciptakan lingkungan internal organisasi yang kondusif sehingga dapat mendukung dan meningkatkan produktivitas karyawan.

c. Faktor Lingkungan Eksternal Organisasi

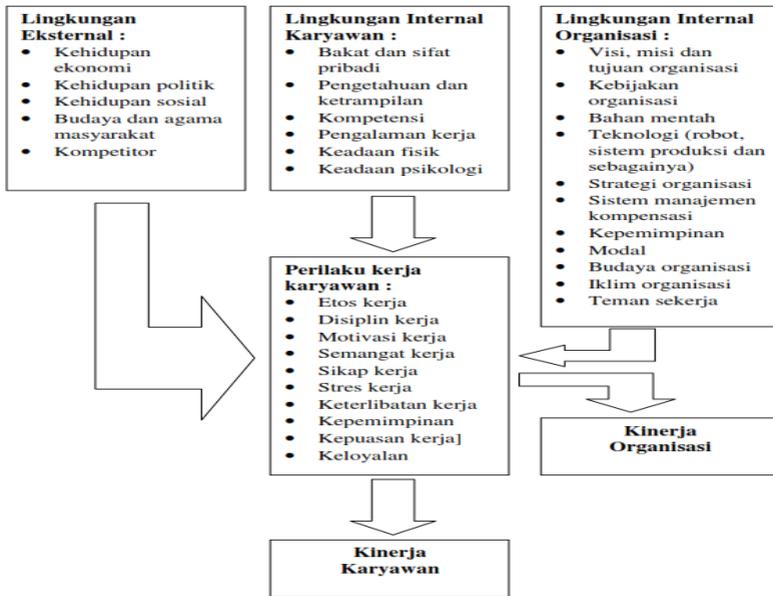
Faktor-faktor lingkungan eksternal organisasi adalah keadaan, kejadian, atau situasi yang terjadi di lingkungan eksternal organisasi yang memengaruhi kinerja karyawan. Misalnya, krisis ekonomi dan keuangan yang terjadi di

Indonesia tahun 1997 meningkatkan inflasi, menurunkan nilai nominal upah dan gaji karyawan, dan selanjutnya menurunkan daya beli karyawan. Jika inflasi tidak diikuti dengan kenaikan upah atau gaji para karyawan yang sepadan dengan tingkat inflasi, maka kinerja karyawan akan menurun.

Budaya masyarakat juga merupakan faktor eksternal yang memengaruhi kinerja karyawan.

Faktor-faktor internal karyawan bersinergi dengan faktor-faktor lingkungan internal organisasi dan faktor-faktor lingkungan eksternal organisasi. Sinergi ini memengaruhi perilaku kerja karyawan yang kemudian memengaruhi kinerja karyawan. Kinerja Karyawan kemudian menentukan kinerja organisasi. Satu faktor dari ketiga jenis faktor tersebut yang dapat dikontrol dan dikondisikan oleh para manajer adalah faktor lingkungan internal organisasi dan faktor internal karyawan. Faktor-faktor lingkungan eksternal organisasi berada di luar kontrol manajer. Tugas manajer adalah mengontrol dan mengembangkan faktor lingkungan internal organisasi dan faktor internal karyawan.

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

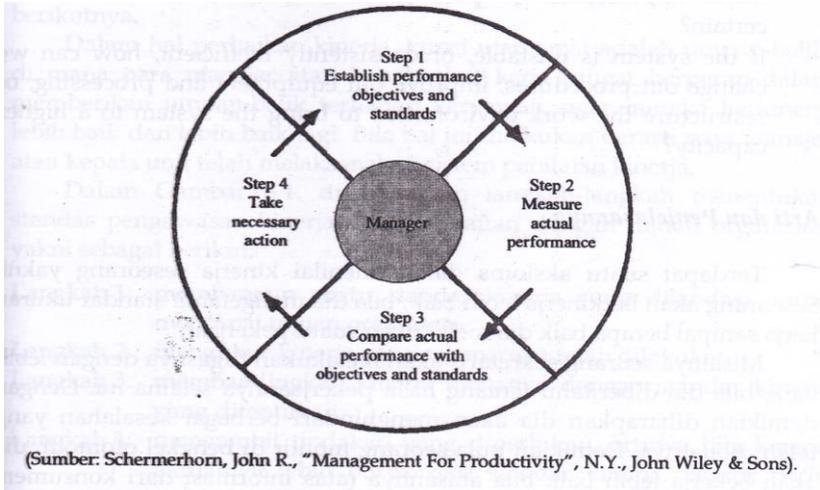


Gambar 2.3 Pengaruh Lingkungan Internal dan Eksternal Terhadap Perilaku Kerja Karyawan

Sumber : (Wirawan, 2012)

### Menentukan Standar Kinerja Organisasi

Pokok utama yang harus dinilai kinerjanya adalah unsur manusia, karena merekalah pelaku yang berperan di dalamnya. Merekalah salah satu sumber daya yang sangat berperan dalam menentukan kinerja organisasi, sehingga kinerja para pelaku organisasi harus dinilai. Adapun langkah-langkah menentukan standar pengawasan kinerja yang berkaitan dengan tujuan organisasi, seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.4 Empat Langkah dalam Proses Pengawasan Kinerja  
Sumber : (Schermerhorn, 1993)

Langkah-langkah pengawasan kinerja antara lain sebagai berikut :

- Langkah 1 : membangun suatu standar kinerja yang dilandasi untuk mencapai tujuan organisasi
- Langkah 2 : mengukur kinerja sebenarnya yang telah dilakukan
- Langkah 3 : membandingkan kinerja nyatanya dengan standar kinerja yang ditentukan
- Langkah 4 : mengambil tindakan yang diperlukan, artinya bila kinerja aktualnya lebih buruk dari standar kinerja, berarti perlu pemberitahuan kepada karyawan bersangkutan untuk memperbaiki kinerjanya.

## **Manajemen Proyek**

Manajemen proyek menurut Lock (1983), merupakan suatu cabang manajemen yang khusus, yang dikembangkan dengan tujuan untuk dapat melakukan koordinasi dan pengendalian atas beberapa kegiatan perindustrian modern yang sifatnya kompleks. Manajemen proyek menurut Nugraha et al (1985), adalah usaha kegiatan untuk meraih sasaran yang telah didefinisikan dan ditentukan dengan jelas seefisien dan seefektif mungkin. Dalam rangka meraih sasaran-sasaran yang telah disepakati, diperlukan sumber-sumber daya (*resources*) termasuk sumber daya manusia yang merupakan kunci dari segalanya. Menurut Soeharto (1997), manajemen proyek dapat diartikan juga sebagai suatu proses kegiatan untuk melakukan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian atas sumber daya organisasi yang dimiliki perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu dan sumber daya tertentu pula.

Menurut Nugraha et al (1985), manajemen dalam konteks pembangunan mempunyai dwi fungsi tugas yaitu:

1. Menciptakan dorongan /semangat untuk memotivasi orang supaya bekerja dengan baik. Untuk hal tersebut diperlukan sasaran dan tujuan secara mantap dan jelas disamping kebijakan dasar sebagai panduan.
2. Mengarahkan sumber daya manusia dan sumber daya lain supaya berjalan dijalur yang seharusnya menuju suatu sasaran yang telah ditetapkan. Untuk hal tersebut, berkaitan dengan mencari metode dan pembuatan program kerja yang disetujui bersama dalam rangka meraih sasaran tersebut.

Menurut Nugraha et al (1985),sasaran-sasaran utama dalam manajemen proyek dapat dikategorikan sebagai berikut :

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

1. Pengembangan dan penyelesaian sebuah proyek dalam budaya yang telah ditentukan, jangka waktu yang telah ditetapkan dan kualitas bangunan proyek harus sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah dirumuskan.
2. Bagi kontraktor yang bonafide yaitu mengembangkan reputasi akan kualitas pekerjaannya (*workmanship*) serta mempertahankannya.
3. Menciptakan organisasi di kantor pusat maupun dilapangan yang menjamin beroperasinya pekerjaan proyek secara kelompok (*team work*).
4. Terciptanya pendelegasian wewenang dan tugas yang seimbang sampai kepada lapisan manajemen yang paling bawah sehingga prosedur pengambilan keputusan menjadi lebih efektif.
5. Menciptakan iklim kerja yang mendukung baik dari segi sarana, kondisi kerja, keselamatan kerja dan komunikasi timbal balik yang terbuka antara atasan dan bawahan.
6. Menjaga keselarasan hubungan antara sesamanya sehingga orang yang bekerja akan didorong untuk memberikan yang terbaik dari kemampuan dan keahlian mereka.

### **Pengertian Proyek Konstruksi**

Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang berkaitan dengan upaya pembangunan suatu bangunan, mencakup pekerjaan pokok dalam bidang teknik sipil dan arsitektur, meskipun tidak jarang juga melibatkan disiplin lain seperti teknik industri, mesin, elektro, geoteknik, plumbing, maupun lansekap. Mempunyai awal kegiatan dan akhir kegiatan yang telah ditentukan atau mempunyai jangka waktu tertentu. Rangkaian kegiatan hanya dilakukan sekali (non rutin), tidak berulang-ulang sehingga menghasilkan produk yang bersifat unik, tidak identik tetapi sejenis. Jenis dan

intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung (Ervianto, 2004). Menurut Ervianto (2004), proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan berupa bangunan. Satu kali terjadi maksudnya adalah tidak ada proyek konstruksi yang sama persis satu dengan yang lainnya, sehingga proyek konstruksi sering dikatakan unik atau tidak ada proyek konstruksi yang sama (Institute, 2008b).

Berdasarkan hakikatnya, proyek dapat didefinisikan sebagai “Rangkaian usaha dalam jangka waktu tertentu yang bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk atau jasa/pelayanan unik tertentu, dilaksanakan oleh manusia dengan memanfaatkan berbagai sumber daya, melalui rangkaian proses perencanaan, eksekusi, dan kontrol” (Soeharto, 1997). Proyek juga dapat didefinisikan sebagai satu usaha dalam jangka waktu yang ditentukan dengan sasaran yang jelas yaitu mencapai hasil yang telah dirumuskan pada waktu awal pembangunan proyek akan dimulai (Nugraha et al., 1985).

### **Jenis-jenis Proyek Konstruksi**

Adapun jenis-jenis proyek konstruksi menurut (Ervianto, 2005) diantaranya :

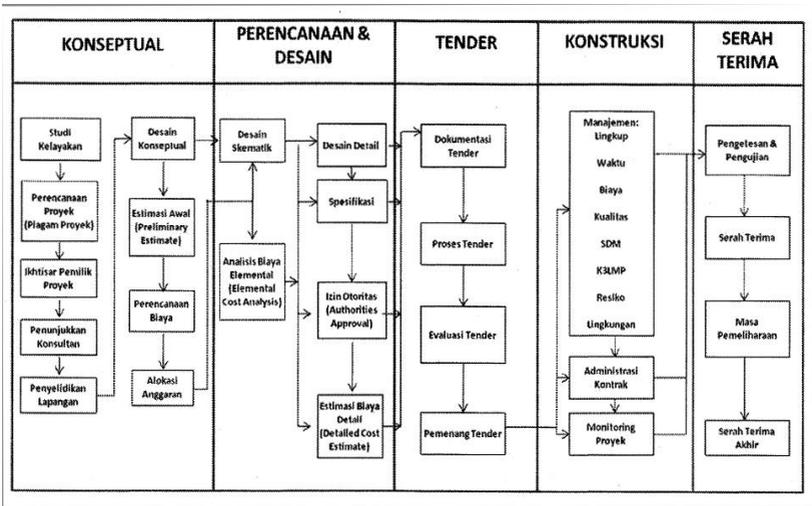
1. Proyek bangunan perumahan atau bangunan pemukiman (*Residential Construction*) adalah suatu proyek pembangunan perumahan yang serempak dengan penyediaan prasarana penunjang. Jenis proyek bangunan perumahan atau pemukiman ini sangat membutuhkan perencanaan yang baik dan matang untuk infrastruktur

- yang ada dalam lingkungan pemukiman tersebut seperti jalan, air bersih, listrik, dan lain sebagainya.
2. Proyek konstruksi bangunan gedung (*Building Construction*) adalah tipe proyek konstruksi yang paling banyak dikerjakan. Tipe konstruksi bangunan ini menitik beratkan pada pertimbangan konstruksi, teknologi praktis, pertimbangan pada peraturan.
  3. Proyek konstruksi teknik sipil (*Heavy Engineering Construction*) adalah proses penambahan infrastruktur pada suatu lingkungan terbangun (*Built environment*). Pemilik proyek (*owner*) biasanya pemerintah baik pada tingkat nasional atau daerah. Pada proyek ini elemen desain, finansial dan pertimbangan hukum tetap menjadi pertimbangan penting, walupun proyek ini lebih bersifat non-profit dan mengutamakan pelayanan masyarakat (*public services*).

### **Aktivitas-aktivitas Proyek**

Di dalam sebuah proyek konstruksi, selalu terdapat aktivitas-aktivitas proyek. Aktivitas-aktivitas proyek ini saling bergantung satu sama lain. Gambar berikut menunjukkan berbagai jenis aktivitas proyek di dalam satu siklus hidup proyek konstruksi (Hansen, 2017).

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN



Gambar 2.5 Berbagai Aktivitas dalam Siklus Hidup Proyek Konstruksi  
Sumber : (Hansen, 2017)

### **Knowledge**

Pengetahuan merupakan sumber daya *intangibel* organisasi yang memberikan keunggulan kompetitif berkelanjutan pada lingkungan yang semakin dinamis Wang dan Noe (2010), serta mampu meningkatkan kinerja organisasi. Pengertian knowledge , seperti yang tertulis dalam buku Von Krogh, Ichiyo, adalah sebagai berikut :

1. *Knowledge* merupakan kepercayaan yang dapat dipertanggungjawabkan (*justified true believe*),
2. *Knowledge* merupakan sesuatu yang eksplisit sekaligus terpicirkan (*tacit*)
3. Penciptaan inovasi secara efektif bergantung pada konteks yang memungkinkan terjadinya penciptaan tersebut,
4. Penciptaan inovasi yang melibatkan lima langkah utama yaitu :

- a. Berbagai *knowledge* terpikirkan (*tacit*)
- b. Menciptakan konsep
- c. Membenarkan konsep
- d. Membangun *prototype*, dan
- e. Melakukan penyebaran *knowledge* tersebut

Menurut Nonaka dan Takeuchi (1995) keberhasilan perusahaan Jepang ditentukan oleh keterampilan dan kepakaran mereka dalam menciptakan *knowledge* organisasinya (*organizational knowledge creation*). Penciptaan *knowledge* tercapai melalui pemahaman dan pengakuan terhadap hubungan *synergistic* dari *tacit* ke *explicit knowledge* dalam organisasi, serta melalui desain proses sosial yang menciptakan *knowledge* baru dengan mengalihkan *tacit knowledge* ke dalam *explicit knowledge*. Hal tersebut dari *tacit* ke *explicit* atau sebaliknya berarti dilakukan berdasarkan *learning process*. Dengan demikian, pengertian *knowledge* disini adalah pengetahuan, pengalaman, informasi factual dan pendapat para pakar. Organisasi perlu terampil dalam mengalihkan *tacit knowledge* ke *explicit knowledge* dan kembali ke *tacit* yang dapat mendorong inovasi dan pengembangan produk baru.

Untuk mencapai organisasi yang inovatif, diperlukan upaya membangun *knowledge sharing* (berbagai *knowledge*). Kunci utama pelaku *knowledge sharing* adalah manusia. Keuntungan dari orang yang berbagi *knowledge* adalah mereka mampu merespon kesempatan secara cepat dan inovasi dapat diciptakan agar mencapai kesuksesan di dunia bisnis secara cepat dengan penekanan biaya operasional. Kaiso Kautto-Koivula of Nokia Telecommunications menyimpulkan sebagai berikut : *"We have to understand more deeply how to really manage human-based individual and organizational tacit knowledge"* Namun pada *E-Newslater Knowledge*

*Management*, ia menyatakan “*knowledge management is about applying the knowledge assets available to your organizational to create competitive advantage*” Aspek budaya dan pembelajaran (*learning*) juga diutarakan. Kaisa menekankan pentingnya budaya lingkungan apabila membangun program *knowledge management*. Dia mengatakan bahwa “*Success is based more on a human driven approach and deep integration rather than technology approach*” Oleh karena itu, nilai dan kepercayaan, motivasi dan *commitment*, serta insentif (*reward*) untuk *knowledge sharing* merupakan bagian dari budaya lingkungan.

Banyak organisasi belum atau tidak mengetahui potensi *knowledge* (*knowledge* + pengalaman) tersembunyi yang dimiliki oleh karyawannya. Menurut Riset Delphi Group menunjukkan bahwa *knowledge* dalam organisasi tersimpan dalam struktur 42% dipikiran (otak) karyawan, 26% dokumen kerts, 20% dokumen elektronik, 12% *knowledge base* elektronik. Fakta umum ini memang terjadi dimana-mana, bahwa asset *knowledge* sebagian besar tersimpan dalam pikiran kita, yang disebut *tacit knowledge*. *Tacit knowledge* adalah sesuatu yang kita ketahui dan alami, tetapi sulit untuk diungkapkan secara jelas dan lengkap. *Tacit knowledges* sangat sulit dipindahkan kepada orang lain karena *knowledge* tersebut tersimpan dipikiran masing-masing individu dalam organisasi. Oleh karena itu, *Knowledge Management* ada untuk menjawab persoalan ini, yaitu proses mengubah *tacit knowledge* menjadi *knowledge* yang mudah dikomunikasikan dan mudah didokumentasikan, hasil *knowledge* tersebut disebut *explicit knowledge*. Dokumentasi menjadi sangat penting dalam *knowledge management* karena tanpa dokumentasi semuanya akan tetap menjadi *tacit knowledge* dan *knowledge* itu menjadi

sulit untuk diakses oleh siapa pun dan kapan pun dalam organisasi.

Kebutuhan pelanggan yang berubah dengan cepat, siklus hidup produk yang semakin pendek, dan biaya pertumbuhan untuk adopsi teknologi merupakan pendorong organisasi untuk berinvestasi dalam *knowledge management* (Wang, 2010). Tujuan umum dari *knowledge management* adalah meningkatkan penanganan pengetahuan dan pengetahuan potensial secara sistematis dalam suatu organisasi (Kasemsap, 2014). *Knowledge management* terdiri dari proses-proses yang terpisah tetapi saling membutuhkan dari *knowledge creation*, *knowledge storage* dan *retrieval*, *knowledge transfer*, dan *knowledge application* (Alavi, 2001). Kemudian Haapalainen (2012), menyatakan proses *knowledge management* terdiri dari : *knowledge creation*, *knowledge storing*, *knowledge sharing*, dan penggunaan *knowledge*.

### ***Knowledge Sharing***

*Knowledge sharing* (berbagi pengetahuan) merupakan salah satu fase penting dari proses *knowledge management* (Yesil, 2013). *Knowledge sharing* merupakan esensi dari *knowledge management* (Aris, 2013). Faktanya 94% dari 260 responden dari perusahaan multi-nasional di Eropa percaya bahwa *knowledge management* membutuhkan individu untuk membagi apa yang mereka ketahui dengan individu yang lain dalam organisasi (Financial Time,1999)dalam Bock & Kim, 2003:221). Oleh karenanya, Quigley(2007), menyatakan bahwa *knowledge sharing* semakin dipandang sebagai faktor kritis untuk mencapai efektivitas organisasi. Hal ini bisa terjadi karena *knowledge sharing* diantara para karyawan akan meningkatkan kinerja karyawan secara signifikan, baik di sector public maupun sector privat (Silvi, 2006). *Knowledge*

*Sharing* merupakan aktivitas yang bisa meningkatkan kompetensi karyawan yang terlibat dalam aktivitas tersebut (Nonaka, 1995). *Knowledge sharing* bisa mengurangi ketidakpastian Bennet (2007), meningkatkan efektivitas dan efisiensi Reid (2003), serta pembelajaran individu (Yu, 2010).

Melalui *knowledge sharing*, karyawan bisa berkontribusi pada aplikasi pengetahuan, inovasi, dan yang paling penting bisa menciptakan keunggulan kompetitif organisasi (Damodaran, 2000). Aktivitas *knowledge sharing* diantara para karyawan merupakan wahana untuk melakukan eksploitasi dan kapitalisasi sumber-sumber *knowledge based* (Cabrera, 2005). Aktivitas *knowledge sharing* terbukti bisa mengurangi biaya produksi, mempercepat proyek pengembangan produk baru, meningkatkan kinerja tim, meningkatkan kapabilitas inovasi organisasi, meningkatkan pertumbuhan penjualan, serta meningkatkan pendapatan dari produk dan layanan baru (Wang, 2010). Oleh karenanya Felin (2007), menyatakan bahwa *knowledge sharing* menempati posisi penting dalam organisasi karena bisa menghasilkan keunggulan kompetitif.

*Knowledge sharing* merujuk pada pemberian tugas-tugas informasi dan *know-how* untuk menolong rekan kerja dan berkolaborasi dengan rekan kerja dalam rangka menyelesaikan masalah, mengembangkan ide-ide baru, atau mengimplementasikan kebijakan maupun prosedur (Wang, 2010). Sebagai konsekuensinya, individu yang memiliki “*common value*” dan “*shared value*” biasanya lebih suka membagi pengetahuan yang mereka miliki (Chiu, 2006). *Knowlwdge sharing* merupakan jembatan antara pengetahuan individu dan pengetahuan organisasi, yang akan meningkatkan *absortive capacity*, kapasitas inovasi dll, yang *outcome*-nya akan menghasilkan keunggulan kompetitif yang langgeng

(Grant, 1996). *Knowledge sharing* terjadi ketika anggota organisasi berbagi informasi, ide-ide, saran-saran, dan keahlian dengan rekan kerjanya (Bartol, 2002).

### III. PENUTUP

Dalam fungsi manajemen, Pengorganisasian, menetapkan : pembagian kerja, hubungan kerja, delegasi/wewenang, integrasi dan koordinasi dalam bentuk bagan organisasi.

Pengertian perencanaan SDM antara lain : mengefektifkan penggunaan SDM, menyesuaikan kegiatan tenaga kerja dengan tujuan organisasi serta mengkoordinasikan kegiatan MSDM.

Kinerja yaitu tentang melakukan pekerjaan dan hasil yang dicapai dari pekerjaan tersebut.

Prinsip2 dasar manajemen kinerja salah satunya yaitu kerja sama serta komunikasi dua arah.

Keberhasilan proyek dapat diukur dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yaitu waktu, biaya, mutu, kepuasan dari pemilik, kepuasan desainer, kepuasan kontraktor, fungsional, dan *project variations*.

Pihak-pihak antara lain : pemilik proyek, organisasi atau perusahaan yang melaksanakan pembangunan proyek, sub kontraktor, supplier, konsultan mempunyai peran dan kepentingan tertentu atas keberhasilan proyek

*Knowledge sharing* merujuk pada pemberian tugas-tugas informasi dan *know-how* untuk menolong rekan kerja dan berkolaborasi dengan rekan kerja dalam rangka menyelesaikan masalah, mengembangkan ide-ide baru, atau mengimplementasikan kebijakan maupun prosedur. Sebagai konsekuensinya, individu yang memiliki “*common value*” dan “*shared value*” biasanya lebih suka membagi pengetahuan yang mereka miliki.

Aktivitas *knowledge sharing* terbukti bisa mengurangi biaya produksi, mempercepat proyek pengembangan produk baru, meningkatkan kinerja tim, meningkatkan kapabilitas inovasi organisasi, meningkatkan pertumbuhan penjualan, serta meningkatkan pendapatan dari produk dan layanan baru. *knowledge sharing* menempati posisi penting dalam organisasi karena bisa menghasilkan keunggulan kompetitif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alavi, M. L., D 2001. Knowledge management and knowledge management systems : conceptual foundations and research issues. *MIS Quarterly*, 107, 136.
- Aris, A. Z. b. Z. 2013. Requirement for knowledge sharing behavior : a review of empirical findings. *Journal of Asian Scientific Research*, 3, 517-526.
- Armstrong, M. 2004. *Performance Management*, Tugu.
- Bartol, K. M. d. S., A 2002. Encouraging knowledge sharing : the role of organizational reward systems. *Journal of Leadership and Organizational Studies*, 9, 64-76.
- Bastian, I. 2001. *Akuntansi Sektor Publik*, Yogyakarta, Fakultas Ekonomi UGM.
- Bennet, A. d. B., D 2007. Context: the shared knowledge enigma. *VINE : The Journal of Information and Knowledge Management System* 37, 27-40.
- Cabrera, E. F. d. C., A 2005. Fostering knowledge sharing through people management practices. *International Journal of Human Resources Management*, 16, 720-735.
- Chan, A. P. 2002. A Predictive Model for Project Success.
- Chiu, C. M. H., M.H.; Wang, E.T.G. 2006. Understanding knowledge sharing in virtual communities : an Integration

- of social capital & social cognitive theories. *Decision Support Systems*, 42, 1872-1888.
- Damodaran, L. d. O., W 2000. Barriers and facilitator to the use of knowledge management systems. *Behaviour & InformationTechnology*, 16, 405-413.
- Darroch, J. (2005) 'Knowledge management , innovation and firm performance', pp. 101–115. doi: 10.1108/13673270510602809.
- Edison, E., Anwar, Y. & Komariyah, I. 2016. *Manajemen Sumber Daya Manusia, Strategi dan Perubahan dalam Rangka Meningkatkan Kinerja Pegawai dan Organisasi*, Bandung, Alfabeta.
- Ervianto, W. I. 2004. *Teori-Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*, Yogyakarta, ANDI.
- Ervianto, W. I. 2005. *Manajemen Proyek Konstruksi (Edisi Revisi)*, Yogyakarta, Andi Offset.
- Fahmi, I. 2016. *Pengantar Manajemen Sumber Daya Manusia Konsep&Kinerja*, Jakarta, Mitra Wacana Media.
- Felin, T. d. H., W.S 2007. The knowledge-based view nested heterogeneity, and new value creation: philosophical consideration on the locus of knowledge. *Academy of Management Review*, 32, 195-218.
- Grant, R. M. 1996. Prospering in dynamically competitive environments: organizational capability as knowledge integration. *Organization Science*, 7, 375-387.
- Haapalainen, P. P., Kirsi 2012. Knowledge management processes : storing, searching and sharing knowledge in practice. *International Journal of Information Systems in thr Service Sector*, 4, 29-39.
- Hamali, A. 2018. *Pemahaman Manajemen Sumber Daya Manusia Strategi Mengelola Karyawan*, Jakarta, CAPS (Center for Academic Publishing Service).

- Hansen, S. 2017. *Quantity Surveying, Pengantar Manajemen Biaya dan Kontrak Konstruksi*, Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama.
- Institute, P. M. 2008b. A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Fourth Edition. Pennsylvania: Project Management Institut, Inc.
- Iveta, G. 2012. Human Resources Key Performance Indicators. *Journal of Competitiveness*, 4, 117-128.
- Kasemsap, K. 2014. *The role of knowledge sharing on organizational innovation: an integrated framework*.
- Krajangsri, T. & Pongpeng, J. 2016. Effect of Sustainable Infrastructure Assessments on Construction Project Success Using Structural Equation Modeling. *American Society of Civil Engineers*.
- Kikoski, C., and Kikoski, J. F. (2004) *The enquirig organization: tacit knowledge, conversation, and knowledge crea tion: skill for 21 st century organizations*. Westport, CT: Praeger.
- Lock, D. 1983. *Manajemen Proyek*, Jakarta, Lembaga PPM-Penerbut Erlangga.
- Nasucha, C., & Pasolong, H 2016. Reformasi Administrasi Publik : Teori dan Praktek. In: Grasindo (ed.) *Pengantar Manajemen Sumber Daya Manusia Konsep & Kinerja*. Jakarta: Mitra Wacana Media.
- Ngah, R. (2007) 'Tacit Knowledge Sharing and SMEs ' Organizational Performance', 1(1), pp. 216–220.
- Nonaka, I., and Takeuchi, H. (1995) 'How Japanese companies create the dynamics of innovation', in *The knowledge-creating company*. New York: Oxford University Press.
- Nonaka, I. d. T., H 1995. *The knowledge creating company : how Japanese companies create the dynamic of innovation*, New York, Oxford University Press.

- Nugraha, P., Natan, I. & Sutjipto, R. 1985. *Manajemen Proyek Konstruksi I*, Surabaya, Kartika Yudha.
- Quigley, N. R. N., P.E.; dan Bartol, K.M. 2007. A multilevel investigation of the motivational mechanisms underlying knowledge sharing and performance. *Organization Science*, 18, 71-88.
- Reid, F. 2003. Creating a knowledge-sharing culture among diverse business units. *Employment Relations Today*, 30, 43-49.
- S.P.Hasibuan, M. 2000. *Manajemen Sumber Daya Manusia*, Jakarta, PT Toko Gunung Agung.
- Schermerhorn, J. R. 1993. *Management for productivity*, Wiley.
- Shafeek, H. 2016. The Impact of Human Resources Management Practices In SMES. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara*.
- Silvi, R. d. C., S 2006. Investigating the management of knowledge for competitive advantage : a strategic cost management perspective. *Journal of Intellectual Capital*, 7, 309-323.
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional* Jakarta, Erlangga.
- Sudarmanto 2009. *Kinerja dan Pengembangan Kompetensi SDM*, Yogyakarta, Pustaka Pelajar.
- Wang, S. d. N., Raymond. A 2010. Knowledge sharing : a review and directions for future research. *Human Resources Management Review*, 20, 115-131.
- Wibowo 2013. *Manajemen Kinerja*, Jakarta, PT Raja Grafindo Persada.
- Wirawan 2009. *Evaluasi Kinerja Sumber Daya Manusia : Teori Aplikasi dan Penelitian*, Jakarta, Salemba Empat.

- Wirawan 2012. *Menghadapi Stres dan Depresi : Seni Menikmati Hidup Agar Selalu Bahagia*, Jakarta, Platinum.
- Yu, T. K. L., L.C.; T.F 2010. Exploring factors that influence knowledge sharing behavior via weblogs. *Computer in Human Behavior*, 26, 32-41.
- Yesil, S. d. H., Bengu 2013. An empirical investigation into the influence of knowledge sharing barriers on knowledge sharing and individual innovation behavior. *International Journal of Knowledge Management*, 9, 38-61, April-June.

# EFISIENSI PENGGUNAAN KAYU SEBAGAI KONSTRUKSI RAMAH LINGKUNGAN (*GREEN CONSTRUCTION*)

**I Nyoman Suta Widnyana**

Program Studi Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia

Email : gussuta@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Penggunaan kayu sebagai bahan bangunan berkembang positif seiring dengan maraknya perencanaan konstruksi kayu yang memilih kayu sebagai bahan bangunan utama. Kayu dapat digunakan sebagai material untuk membangun gedung secara keseluruhan mulai dari konstruksi bangunan, dinding, atap, lantai, interior dan juga *furniture*. Material kayu dipilih karena mudah untuk dikerjakan, mudah didesain, mempunyai energi efisiensi yang tinggi, mempunyai energi terikat yang rendah, tahan terhadap api dan yang paling penting adalah kayu merupakan sumber daya alam terbarukan dan dapat didaur ulang. Masing-masing negara mempunyai peraturan yang berbeda dalam mengatur penggunaan kayu, terutama bangunan tinggi. Oleh sebab itu, para ahli berusaha untuk membuktikan bahwa kayu mampu menjadi bahan bangunan ramah lingkungan dan tetap memenuhi peraturan tentang keamanan sebuah bangunan.

**Kata Kunci : Bahan Bangunan, Kayu, Ramah Lingkungan**

## PENDAHULUAN

Penggunaan material kayu telah banyak digunakan sejak jaman dahulu. Untuk pertama kalinya manusia menebang pohon dan membangun tempat berteduh dengannya. Sekarang, masyarakat memenuhi kebutuhan akan kayu dengan membangun hutan produksi lestari. Industri kayu juga semakin berkembang dengan menciptakan berbagai macam produk olahan kayu dengan karakteristik yang semakin baik.

Kayu sebagai bahan material bangunan terus meningkat dengan adanya kecenderungan untuk menggunakan bahan bangunan yang ramah lingkungan dengan emisi karbon rendah (Kuzman & Groselj, 2012). Para ahli konstruksi menyarankan kayu sebagai alternatif bahan konstruksi bangunan. (Kuzman & Groselj, 2012) yang menganalisa berbagai macam bahan konstruksi bangunan bersama para ahli teknologi kayu, arsitektur dan konstruksi bangunan menyimpulkan bahwa konstruksi dari kayu olahan (engineered wood) diposisikan sebagai prioritas utama dari berbagai macam tipe konstruksi, diikuti konstruksi kayu utuh (solid wood), konstruksi beton, konstruksi batu bata dan konstruksi baja. Hasil analisa menunjukkan bahwa kapasitas menahan beban, ketahanan air, api, desain, energi terikat, biaya konstruksi, lama waktu konstruksi dan juga kualitas tempat tinggal dari bahan kayu lebih unggul dibandingkan dengan bahan yang lainnya.

Konstruksi ramah lingkungan harus memperhatikan 7 aspek, yaitu *Reduce, Reuse, Recycle, Protect Nature, Eliminate Toxics, Life Cycle Costing dan Quality*. Menurut (Glavnich,2008) dalam bukunya, menyatakan bahwa “*Green construction is a planning and managing a*

*construction project in accordance with the contract document in order to minimize the impact of the construction process on the environment”* yang artinya bahwa suatu perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi yang didasarkan pada dokumen kontrak untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang. Tetapi fenomena di lapangan, sering tidak berkorelasi antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya. Misalnya terjadi perbedaan implementasi antara perencanaan, desain, pembuatan konstruksi dan pemanfaatan dan pemeliharaan. Dampaknya, konstruksi tersebut menjadi tidak ramah terhadap lingkungan.

Bahan bangunan dari kayu, tidak hanya memberikan keuntungan bagi pemilik bangunan akan tetapi juga bagi lingkungan. Pemanfaatan kayu dan alasan-alasan penggunaan kayu sebagai bahan bangunan dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain, memberikan beberapa contoh perkembangan bangunan tinggi dengan bahan utama kayu.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa konstruksi kayu yang ramah lingkungan perlu dikembangkan lebih lanjut. Dampak dari penggunaan material kayu sebagai konstruksi yang berlebihan dapat diminimalisir, agar tercipta keseimbangan dan keharmonisan lingkungan.

## **LANDASAN TEORI**

### **1. Kayu**

Kayu merupakan material kompleks yang terdiri dari jutaan sel yang dihasilkan dari kambium vaskuler dan

berkembang di batang dan akar sebagai akibat adanya pertumbuhan sekunder. Kayu memiliki variasi sifat yang berbeda-beda antara jenis bahkan dalam satu pohon itu sendiri. Sebagai bahan yang bersifat *renewable*, kayu memiliki keuntungan karena produksinya dapat bersifat kontinu asalkan digunakan secara bijaksana. Mempelajari sifat-sifat kayu merupakan aspek penting dalam rangka pemanfaatan kayu yang tepat dan efisien.

Dalam mempelajari kayu terdapat beberapa sifat dan karakteristik yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain, diantaranya adalah sifat anatomis, sifat fisis, sifat mekanis, dan sifat kimianya. Sifat anatomis kayu merupakan sifat yang berhubungan dengan sel-sel penyusun kayu. Sifat fisis berhubungan dengan respon kayu terhadap perubahan kelembaban udara (*relative humidity*) dan suhu lingkungan di sekitar kayu yang mempengaruhi wujud dan penampilan kayu. Sifat mekanis kayu merupakan sifat yang berhubungan dengan kekuatan kayu dan merupakan ukuran kemampuan kayu untuk menahan gaya luar yang bekerja padanya, sedangkan sifat kimia adalah sifat kayu yang dihubungkan dengan kandungan dan komposisi relatif senyawa kimia penyusun dinding sel kayu terutama selulosa, hemiselulosa, lignin, zat ekstraktif dan bahan anorganik lainnya (Bowyer et al. 2003).

Saat ini ketersediaan kayu didominasi dan dipasok oleh produksi dari hutan tanaman mengingat eksistensi kayu yang berasal dari hutan alam semakin lama semakin menurun. Kayu yang berasal dari hutan tanaman biasanya merupakan jenis cepat tumbuh (*fast growing species*) dan ditebang pada usia muda sehingga mutu kayu apabila dilihat dari kelas kuat dan kelas awetnya tentunya tidak lebih baik dari kayu yang dihasilkan dari hutan alam. Realita ini

mendorong perkembangan teknologi peningkatan mutu kayu. Richardson (1993) mengungkapkan bahwa kecenderungan pemanenan hasil hutan yang jauh lebih cepat dibandingkan pembaharuan atau penanaman kembali membuat pengawetan kayu menjadi menarik untuk dipelajari sebagai upaya mengurangi kerusakan yang tidak perlu terjadi. Aspek yang tak kalah penting dalam pemanfaatan kayu adalah pengetahuan mengenai sifat dasar kayu sehingga penggunaannya dapat tepat sasaran. Sebagai bahan biologis, kayu merupakan bahan yang dapat terserang organisme perusak seperti rayap, kumbang, dan hama perusak lain yang dapat menurunkan umur pakainya (service life).

Peningkatan mutu kayu adalah suatu perlakuan yang biasa diaplikasikan pada kayu untuk memperbaiki sifat-sifat kayu sehingga mutu kayu secara keseluruhan menjadi lebih baik. Metode yang umum digunakan dalam rangka peningkatan mutu kayu antara lain: a) pemadatan/densification (memadatkan kayu dengan bantuan panas dan tekanan), b) impregnasi (memasukkan bahan kimia tertentu ke dalam kayu tanpa tekanan) dan c) kompregnasi (kombinasi antara pemadatan dengan impregnasi). Indikator keberhasilan proses ini adalah nilai kemampuan kayu untuk kembali ke ukuran tebal awal (spring back) setelah mengalami perlakuan. Semakin rendah nilai springback, semakin stabil kayu. Kondisi ini mengindikasikan bahwa telah terjadi fiksasi yang sempurna dalam kayu (Hill 2006).

## **2. Pemilihan Kayu Sebagai Bahan Bangunan**

Kayu merupakan bahan yang mudah diproses dan dibentuk. Kayu sebagai bahan bangunan mempunyai

beberapa sifat utama (Frick, 2004) yaitu: kayu merupakan sumber daya alam terbaru dan tidak akan habis apabila diusahakan / dikelola dengan baik. Kayu mempunyai sifat spesifik yang tidak mudah ditiru oleh bahan lain seperti sifat elastis, ulet, tahan terhadap tekanan sejajar dan tegak lurus serat.

Kayu untuk bahan bangunan dapat dengan mudah menyesuaikan dengan desain bangunan berdasarkan gaya hidup, lokasi maupun anggaran dana. Kayu dapat digunakan pada berbagai macam bagian bangunan mulai dari konstruksi, dinding, lantai dan furnitur. Sifat dan karakteristik kayu dapat ditingkatkan dengan teknologi pengolahan kayu sehingga dapat meningkatkan karakteristik dan sifat kayu yang mengacu pada berbagai macam penggunaan kayu. Hampir semua bagian dari rumah dapat dibangun dari kayu mulai dari konstruksi, jendela, pintu, kusen, dinding, lantai, langit-langit, anak tangga, dan lain-lain.

Berdasarkan hasil survey, sebagian konsumen lebih memilih kayu untuk berbagai aplikasi bahan bangunan dibandingkan bahan bangunan lainnya, meskipun para responden tersebut tinggal di area yang jarang dalam penggunaan kayu. Responden memilih untuk menggunakan kayu dalam aplikasi dinding, lantai, langit-langit, dan interior, namun masih banyak yang ragu dalam penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi bangunan. Menurut hasil penelitian Hoibo, Hansen, & Nybakk (2015), kecenderungan konsumen memilih kayu sebagai bahan bangunan di masyarakat perkotaan di Oslo, Norwegia. Target market yang paling besar dalam pemasaran bangunan yang berbahan utama kayu adalah kelas masyarakat yang lebih muda dan mempunyai jiwa

menjaga kelestarian lingkungan yang tinggi (environmentalist).

### **3. Kelebihan Kayu Sebagai Bahan Bangunan**

Bangunan terbuat dari kayu, dipercayai mempunyai berbagai macam kelebihan di antaranya adalah nyaman, menarik, serba guna, murah, mudah dibangun, biaya rendah, tahan lama dan aman untuk lingkungan (Kozak & Cohen,1999). Kayu juga mempunyai keunggulan dibandingkan dengan bahan yang lain seperti baja, aluminium, dan beton. Keunggulan-keunggulan kayu terhadap bahan bangunan yang lain akan didiskusikan berikut ini.

- a. Mudah Dikerjakan, Didesain dan Tahan Lama
- b. Energi Efisiensi Tinggi
- c. Energi Terkandung (Embodied Energy) Rendah
- d. Potensi Pemanasan Global Rendah

### **4. Material Terbarukan dan Dapat Dipakai Kembali (Recyclable)**

Kayu termasuk sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Kayu yang digunakan untuk keperluan bahan bangunan harus dipanen dari hutan yang dikelola secara lestari. Pemanfaatan kayu yang jelas lacak balaknya akan mempertegas kelestarian bahan baku kayu yang digunakan.

Kayu adalah bahan yang dapat didaur ulang dan potensi daur ulang dari kayu yang cukup tinggi. Pada akhir daur penggunaan kayu atau pada saat bangunan dihancurkan, kayu dapat didaur ulang menjadi sumber daya lain yang dapat diperbaharui. Pendapat ini diperkuat oleh Taylor & Langenberg (2003), yang menyatakan bahwa kayu

adalah bahan material bangunan yang terbaru, bisa didaur ulang dan mempunyai peran yang signifikan dalam siklus karbon.

Daur ulang kayu dari sisa bangunan dapat digunakan untuk berbagai keperluan diantaranya interior, lantai, lapisan dinding, anak tangga dan furnitur (Forsythe, 2011) atau diproses ulang menjadi papan partikel atau pulp (Gustavsson, Joelsson, & Sathre, 2010). Pengoptimalan penggunaan kayu bekas bangunan sangat penting di masa depan untuk meningkatkan nilai kayu dibandingkan hanya dibakar sebagai sumber energi. Di masa depan, desain bangunan kayu yang mudah untuk dibongkar dan pasang akan menjadi populer untuk meminimalkan kerusakan kayu sewaktu dibongkar dan menjaga kualitas kayu apabila akan dimanfaatkan kembali. Di negara-negara maju, daur ulang kayu sisa bangunan ini akan mengurangi biaya pengeluaran dari perusahaan untuk membuang limbah kayu ke landfill. Menurut Falk (1997), potensi limbah kayu sisa bangunan ini cukup tinggi karena limbah kayu dari sisa bangunan 3,5 lebih banyak daripada limbah selama konstruksi bangunan itu sendiri. Limbah kayu biasanya diklasifikasikan berdasarkan nilai pasarnya, yaitu kayu yang bernilai tinggi, sedang dan rendah. Pengkelasan kayu dapat dilakukan berdasarkan kelas kayu, tipe, kondisi, perlakuan (coating) dan keutuhan kayu (Forsythe, 2011).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Membangun konstruksi berbahan kayu telah menjadi sebuah kecenderungan di kalangan para arsitek dan mereka saling berkompetisi untuk membangun gedung tinggi dengan menggunakan kayu. Adedeji & Taiwo (2012)

menyebutkan bahwa 81% dari responden yang terdiri dari arsitek, insinyur dan *surveyor* bersedia untuk menggunakan kayu sebagai bahan bangunan terutama sebagai bahan finishing. Beberapa negara mempertimbangkan aspek keamanan bangunan tinggi yang berbahan utama kayu dengan membatasi tinggi maksimum dari konstruksi gedung. Sebagai contoh negara Swiss melarang gedung tinggi dengan konstruksi kayu dan membatasi tinggi maksimal gedung dengan konstruksi dasar kayu untuk tidak melebihi 2 lantai sejak 2005 dan sekarang sudah diijinkan sampai enam lantai bangunan dengan konstruksi kayu (Frangi et al., 2008). Harris (2012) menegaskan bahwa penemuan baru dalam bidang rekayasa kayu membuat menjadi mungkin untuk membangun gedung tinggi dari kayu.

Para pengguna jasa di Jerman yang mempertimbangkan biaya dan kualitas hasil bangunan akan memilih kayu dibandingkan bahan lain (Walberg, 2016). Perkembangan tentang peraturan dalam hal bangunan di Jerman, Land, mempunyai peran penting dalam mempengaruhi penggunaan kayu sebagai bahan konstruksi bangunan dikarenakan Land mendukung penggunaan kayu untuk bangunan bertingkat yang diklaim oleh industri kayu sebagai bahan bangunan yang dalam hal kestabilan konstruksi sesuai dengan yang disyaratkan dalam Land. Negara Kanada mempunyai *National Building Code of Canada* yang mengatur tentang semua persyaratan dan kualifikasi pada bangunan terutama keamanan bangunan. Peraturan tersebut menyatakan bahwa bangunan dengan kayu hanya dapat diterima sampai 6 lantai, apabila akan dibangun lebih dari itu maka ada persyaratan-persyaratan tertentu yang harus dilengkapi. Syarat yang harus dipenuhi di antaranya adalah kemampuan bangunan untuk

mampu tahan terhadap api (kebakaran) selama 2 jam. Menurut Green & Karsh (2012), berdasarkan hasil penelitian dan pengalaman dalam kebakaran pada bangunan kayu di Eropa dan Kanada membuktikan bahwa kayu dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan dan mampu menunjukkan resistensi terhadap api selama 2 jam sebagaimana disyaratkan dalam Building Code.

Kompetisi ini diprediksi akan terus berlanjut di masa yang akan datang. Semakin banyaknya bangunan tinggi berbahan dasar kayu di dunia, semakin meningkatkan persaingan antar arsitek untuk membuat bangunan dari kayu yang lebih tinggi lagi dan membuktikan bahwa kayu mampu digunakan sebagai bahan bangunan tinggi.

## **PENUTUP**

Kayu adalah bahan bangunan yang dapat memberikan banyak keuntungan dalam penggunaannya. Kayu sangat fleksibel dan mudah dibentuk serta dapat dibuat menjadi bentuk apapun yang diinginkan sesuai dengan desain dan kebutuhan dari pengguna. Kayu dapat digunakan sebagai bahan untuk membangun gedung secara keseluruhan mulai dari konstruksi bangunan, dinding, atap, lantai, interior dan juga furniture. Yang paling penting adalah penggunaan kayu sebagai bahan material sangat ramah lingkungan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Bowyer, JL, R Shmulsky and JG Haygreen. 2003. Forest Products and Wood Science: An Introduction. Fourth Edition. Amer, Iowa, USA. Iowa State Press a Blackwell Publishing Company.

- EPA. 2007. Energy trends in selected manufacturing sectors: opportunities and challenges for environmentally preferable energy outcomes. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy, Economics and Innovation.
- Fay, R., Treloar, G., & Iyer-Raniga, U. (2000). Life-cycle energy analysis of building. *Building Research & Information*, 28(1), 31–41. <http://doi.org/10.1080/096132100369073>
- Forest Products Laboratory. 2010. Wood Handbook: Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Forsythe, P. (2011). Drivers of Housing Demolition Decision Making and the Impact on Timber Waste Management. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 11(1), 1–14.
- Frick, I. H. (2004). *Seri Konstruksi Arsitektur 6 Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu: Pengantar Konstruksi Bangunan* (Vol. 6). Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Garcia, J.; Lippke, B.; Briggs, D.; Wilson, J.; Bowyer, J.; Meil, J. 2005. The environmental performance of renewable building materials in the context of residential construction. *Wood and Fiber Science*. (37)12: 3–17.
- Glavinich, T. E. 2008. *Contractor's Guide to Green Building Construction: Management, Project Delivery, Documentation, and Risk Reduction*.
- Green, M. C. (), & Karsh, J. E. (. (2012). *The Case for Tall Wood Buildings*. Bristish Columbia, Canada.
- Gustavsson, L., Joelsson, A., & Sathre, R. (2010). Life cycle primary energy use and carbon emission of an eight-

- storey wood-framed apartment building. *Energy and Buildings*, 42(2), 230–242. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.018>
- Gustavsson, L., & Sathre, R. (2006). Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials. *Building and Environment*, 41(7), 940–951. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.04.008>
- Hill, CAS. 2006. *Wood Modification: Chemical, thermal and other processes*. School of Agricultural and Forest Sciences, University of Wales, Bangor. John Wiley & Sons, Ltd.
- Joseph, P., & Tretsiakova-McNally, S. (2010). Sustainable non-metallic building materials. *Sustainability*, 2(2), 400.427. <http://doi.org/10.3390/su2020400>
- Kennedy, R. J., Hockings, E. J., Kai, C., Addison, R., Kennedy, R. J., Hockings, E. J., & Addison, R. (2005). The ° New Queenslander ±: a contemporary environmentally sustainable timber house. *World Congress on Housing*.
- Kozak, R. A., & Cohen, D. H. (1999). Architects and Structural Engineers: An Examination of wood Design and Use in Nonresidential Construction. *International Journal of Language & Communication Disorders / Royal College of Speech & Language Therapists*, 49(4), 37.46. <http://doi.org/10.1086/250095>
- Kuzman, M. K., & Groselj, P. (2012). Wood as a construction material : comparison of different construction types for residential building using the

- analytic hierarchy process. *Wood Research*, 57(4), 591.600.
- Lippke, B.; Wilson, J.; Perez-Garcia, J.; Bowyer, J.; Meil, J. 2004. CORRIM: life-cycle environmental performance of renewable building materials. *Forest Products Journal*. 54(6): 13.
- Products Used in the Production of Furniture. Clayton, Victoria, Australia. Retrieved from [http://www.fwpa.com.au/images/marketaccess/PN03.210\\_3\\_furniture\\_review WEB.pdf](http://www.fwpa.com.au/images/marketaccess/PN03.210_3_furniture_review_WEB.pdf)
- Richardson, BA. 1993. *Wood Preservation: Second Edition*. London: E & FN Spon
- Shmulsky R, PD Jones. 2011. *Forest Products and Wood Science: An Introduction Sixth Edition*. Oxford: Wiley-Balckwell A Jhon Willey & Sons, Inc, Publication
- Taylor, J., & Langenberg, K. Van. (2003). *Review of the Environmental Impact of Wood Compared with Alternative*
- Walberg, D. (2016). Solid and timber construction in residential buildings / Massiv- und Holzbau bei Wohngebäuden. *Mauerwerk VO - 20*, (1), 16. <http://doi.org/10.1002/dama.201600685>

# ANALISIS PELAKSANAAN PEMELIHARAAN JALAN DENGAN METODE DAUR ULANG (*ASPHALT RECYCLING*) DI BALI

**Ida Bagus Wirahaji**

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hindu  
Indonesia

[Ib.wirahaji@gmail.com](mailto:Ib.wirahaji@gmail.com)

## **Latar Belakang**

Pulau Bali merupakan wilayah penghubung antara Pulau Jawa dengan Kepulauan Nusa Tenggara. Ruas-ruas jalan di Bali melayani angkutan penumpang, barang, dan hewan yang berasal dari Jawa ke Bali dan Nusa Tenggara atau sebaliknya. Volume dan beban kendaraan cenderung terus bertambah sehingga ruas-ruas jalan nasional di Bali memiliki umur layanan yang makin pendek. Diperlukan suatu inovasi dalam bidang pemeliharaan jalan guna mempertahankan atau menambah umur rencana jalan dalam melayani beban lalu lintas. Dibutuhkan infrastruktur yang kuat seperti perkerasan jalan yang merupakan bagian yang sangat vital dari infrastruktur ini.

Umur layanan jalan yang makin pendek menyebabkan pemerintah melakukan pemeliharaan jalan secara rutin tiap tahunnya. Meningkatnya paket-paket proyek pemeliharaan jalan di Bali memerlukan pemenuhan material pendukungnya, yang diambil dari alam adalah batu, pasir, semen dan material lainnya sesuai yang diperlukan. Permintaan material konstruksi

telah mendorong berkembangnya usaha penambangan yang membuat ketersediaan material alam makin berkurang dan merusak lingkungan. Hal ini menimbulkan kekuatiran, karena semakin lama persediaan bahan baku semakin menipis (*depleksi*) sehingga mengakibatkan harga bahan baku semakin mahal dan sulit untuk memperlehnya. Sedangkan, untuk merehabilitasi lahan bekas penambangan atau penggalian dibutuhkan biaya yang sangat besar.

Pelapisan ulang konstruksi perkerasan yang telah ada yang dilakukan setiap masa layan perkerasan jalan tersebut dicapai akan menimbulkan masalah yang baru. Masalah tersebut dampaknya bisa terhadap aspek lingkungan di sepanjang ruas jalan itu dan bisa berdampak kepada aspek ekonomi berupa pemborosan biaya konstruksi. Masalah lingkungan yang sering menyertai pada kegiatan pelapisan ulang konvensional khususnya di daerah perkotaan adalah makin tingginya elevasi jalan bila dibandingkan dengan elevasi lahan hunian, perkantoran dan bangunan lainnya dalam koridor sepanjang ruas jalan tersebut. Kondisi ini sangat merugikan lingkungan baik dari segi estetika maupun fungsional dari bangunan hunian dan perkantoran, serta bangunan lainnya (Kasan, 2009).

Diperlukan inovasi untuk mencari metode pembangunan alternatif yang dapat menaikkan keefektifan penggunaan biaya yang ada, yaitu dengan cara mengusahakan lebih banyak jalan yang direhabilitasi (Alamsyah, 2012). Guna mewujudkan efisiensi biaya konstruksi jalan maka diperlukan inovasi teknologi untuk mewujudkan konstruksi jalan yang aman, nyaman dan keselamatan bagi pengguna jalan. Salah satu inovasi teknologi konstruksi jalan yaitu dengan cara mendaur ulang kembali material perkerasan jalan melalui kajian yang mendalam. Teknologi daur ulang merupakan salah

satu alternatif karena efektif dan efisien (Karimulloh, 2010). Selain itu, dengan cara membongkar jalan lama dan mengganti dengan lapisan jalan yang baru, akan membuat jalan lebih awet dan tahan lama, karena kerusakan yang tidak terlihat pada jalan yang lama dapat dihilangkan (Mato, 2014).

Peningkatan jalan dengan cara penambahan lapis tambahan yang terus menerus akan mengakibatkan tebal lapis perkerasan semakin tinggi dan cadangan material agregat yang diperlukan semakin menipis. Metode daur ulang adalah salah satu cara untuk mengatasi hal ini. Daur ulang yang diproses dan ditunjang dengan peralatan yang memadai akan menghasilkan campuran yang baru. Adanya zat perekat pada material bekas garukan aspal lama merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan daya dukung dari material bekas garukan (Kiswara, 2007).

### **Perkerasan Jalan Lentur**

Perkerasan lentur menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Disebut 'lentur' karena konstruksi ini mengijinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas dari permukaan sampai ke tanah dasar. Perkerasan beraspal umumnya membutuhkan biaya awal konstruksi yang lebih rendah dari perkerasan kaku (beton). Akan tetapi, pekerasan beraspal membutuhkan biaya yang lebih tinggi selama umur rencana, dan lebih sesuai pada lokasi yang tidak memiliki masalah dengan drainase dan lalu lintas berat. Perkerasan beraspal bila dipelihara dengan baik bisa bertahan sampai 10 tahun, sebelum dilakukan pekerjaan peningkatan atau overlay. Karena sifatnya yang *viscous elastic*, maka perkerasan beraspal lebih awet bila melayani lalu lintas dengan kecepatan sedang atau tinggi. Pada kecepatan rendah atau statis (seperti: pemberhentian bus), perkerasan harus didesain khusus untuk

lebih tahan terhadap alur dengan titik lembek tinggi dan penetrasi rendah (Sjahdanulirwan, 2008, Bria, *et al.*, 2017).

Perkerasan beraspal lebih nyaman untuk dilalui, terlebih pada konstruksi campuran panas, di mana kekasarannya cukup rendah, yang juga mengurangi kebisingan. Warnanya hitam gelap tidak memberikan efek silau pada siang hari. Kecuali pada tipe aspal emulsi, perkerasan beraspal umumnya memerlukan energi yang tinggi, baik pada waktu pencampuran, penghamparan, maupun pemadatan. Hal ini ditentukan oleh viskositas yang dibutuhkan oleh aspal agar bisa menyelimuti agregat dengan baik, dan masih mudah dalam pelaksanaan (*workability*). Energi yang tinggi ini digunakan untuk memanaskan campuran beraspal (umumnya di atas 150 °C) dan itu tentu menguras sumber-sumber energi (baik *renewable* maupun *non renewable*) yang ada di alam. Akibat dari kebutuhan energi yang besar akhirnya berdampak terhadap lingkungan yaitu emisi hasil pembakaran (Sjahdanulirwan, 2008).

Jenis perkerasan lentur, ketika mulai dipergunakan sebagai jalur lalu lintas, baik secara perlahan maupun progresif, strukturnya akan mengalami proses kerusakan. Adapun jenis kerusakan yang sering terjadi pada perkerasan ini, antara lain: *fatigue*, *rutting*, *permanent deformation*, serta kerusakan perkerasan permukaan atau *surface defects*, seperti retak (*cracking*), perubahan bentuk (*distortion*), cacat permukaan (*disintegration*), pengausan (*skid hazards*) dan lain sebagainya (Anonim, 2015).

### **Pemeliharaan Jalan**

Pemeliharaan jalan adalah upaya untuk meningkatkan kembali kondisi jalan yang layak secara fungsional dan layak secara struktural, maka dalam penanganan jalan harus sesuai

dengan jenis kerusakan yang dialami oleh jalan tersebut. Penanganan yang tidak sesuai hanya akan membuang *budget* yang dikeluarkan karena hasilnya tidak akan maksimal dan pasti akan cepat rusak lagi. Bentuk pemeliharaan jalan tergantung dari hasil penilaian kondisi kerusakan permukaan jalan yang telah ditetapkan secara visual, adapun beberapa metode yang sering dipakai adalah metode Bina Marga (1990) dan metode *Pavement Condition Index* (PCI) (Rondi, 2016).

Apabila konstruksi jalan beraspal telah terdeteksi mengalami kerusakan tersebut, maka perlu segera dilakukan penanganan atau preservasi, agar kerusakan-kerusakan tersebut tidak semakin parah dan dapat meningkatkan kualitas layanan bagi pengguna jalan, khususnya dari segi keamanan maupun kenyamanan. Penanganan kerusakan jalan dengan penambahan lapisan yang selama ini diterapkan, selain akan menambah elevasi ketinggian permukaan jalan, juga kurang efisien dan tidak ramah lingkungan, karena selalu menggunakan material baru dalam pelaksanaannya (Anonim, 2015)

Permasalahan pemeliharaan jalan khususnya overlay ruas-ruas jalan pada sisi ekonomi terletak pada hal-hal sebagai berikut (Kiswara, 2007):

1. Mengandung *over design* karena pelapisan dengan tebal uniform, meskipun tingkat kerusakannya tidak sama.
2. Perubahan elevasi jalan akibat lapis ulang mengurangi keamanan bangunan pelengkap jalan dari bahaya lalu lintas sehingga memerlukan penyesuaian elevasi (penambahan) dari beberapa bangunan perlengkapan dan pelengkap jalan yang seringkali kondisinya masih baik, dan pekerjaan ini merupakan pemborosan anggaran.

*Recycling* aspal merupakan sisa-sisa kupasan lapis perkerasan jalan yang tidak lagi dipergunakan, karena seiring dengan laju perkembangan nasional, jalan perlu diberi

perbaikan dan pemeliharaan apabila kerusakan akibat beban lalu lintas. Perkerasan dengan menggunakan material daur ulang (*recycling*) memiliki kelebihan antara lain (Setiawan dan Pradani, 2013, Anonim, 2015, Fipiana, 2016):

1. Apabila digunakan secara tepat, *recycling* dapat menghemat biaya yang berarti dibanding dengan penggunaan material baru.
2. Membantu melakukan konservasi bahan alam dengan berkurangnya kebutuhan material baru.
3. Material daur ulang (*recycling*) mempunyai kualitas paling tidak sama dengan material baru.
4. Dengan *recycling* maka dapat menjaga geometri perkerasan, karena tidak bertambahnya tebal perkerasan. Ketergangguag lalu lintas juga berkurang dibanding teknik rehabilitasi lainnya. Terjaganya geometrik jalan, yaitu:
  - 1) Kondisi drainase
  - 2) Tinggi trotoar
  - 3) Tinggi bahu jalan
  - 4) Tinggi median
  - 5) Tinggi viaduct jembatan
  - 6) Tinggi talang air
  - 7) Tinggi kerb
5. Dengan *recycling* waktu pelaksanaan bisa dipercepat agar bisa segera *open traffic*.
6. Dalam pelaksanaan *recycling* tidak perlu dilakukan penutupan jalur, sebagaimana dalam pelaksanaan perkerasan rigid.
7. Terdapat penghematan pemakaian aspal baru.
8. Dapat menghemat energi bahan bakar, karena ada penurunan jumlah keperluan bahan aspal dan agregat baru, karena:

- 1) Pengangkutan agregat dari sumber agregat ke tempat pemecah batu dan unit pencampur beton aspal (AMP).
- 2) Pengangkutan aspal curah dari pabrik ke AMP.

Menurut Sudharmanto dan Dardak (1991) dalam Mato (2014), proses daur ulang untuk kondisi jalan di Indonesia mempunyai karakteristik sebagai berikut:

1. Ketebalannya lebih dari 10 cm.
2. Kadar aspal sekitar 5,5 sampai 6,5%.
3. Nilai struktur sisa dari jalan yang akan ditingkatkan harus dalam kondisi minimal 40% agar bahan yang didaur ulang kualitasnya masih layak dan menguntungkan secara ekonomi.

Pemeliharaan jalan memerlukan pengendalian mutu yang baik dan dapat memberikan pelayanan sesuai dengan umur rencana. Untuk mendapatkan mutu bahan dan pelaksanaan yang memenuhi persyaratan spesifikasi teknik banyak hal yang harus diperhatikan, terutama kemampuan sumber daya manusia yang benar-benar profesional dalam mengelola manajemen mutu. Kemampuan atau keterampilan melakukan pengujian dan pelaporan yang benar merupakan kunci kesuksesan dalam pengendalian mutu dalam rangka pemeliharaan jalan (Raharmadi, 2016).

### **Material Agregat**

Memaksimalkan penggunaan bahan daur ulang akan membawa keuntungan yang besar, seperti pengurangan permintaan agregat primer (Mingjiang, 2008). Agregat lama yang dikupas masih dapat digunakan untuk campuran perkerasan yang baru. Hal ini akan sangat menghemat penggunaan agregat baru. Sehingga sedikit banyak dapat mempengaruhi pasokan agregat baru dari sumber-sumber agregat atau tempat penyimpanan agregat (*quarry*). Material

agregat bukanlah bahan alam yang dapat diperbaharui. Persediaan material agregat akan menipis apabila penggalian dilakukan terus menerus tanpa ada upaya untuk mengurangnya.

Daerah Provinsi Bali memiliki sumber-sumber bahan galian agregat hampir tersebar di seluruh daerah Kabupaten/Kota baik dalam skala penambangan kecil maupun besar. Dinas Pekerjaan Umum Provins Bali (2013) mendata sumber-sumber agregat di Bali dalam penambangan skala besar seperti terlihat pada Tabel 00.

Tabel 1 Daftar Sumber Material Agregat di Pulau Bali

No	Lokasi	Kabupaten	Material Galian
1	Tukad Daya	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
2	Tukad Dalem	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
3	Tukad Nusu	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
4	Tukad Gembong	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
5	Tukad Baturiti	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
6	Tukad Yeh Sah	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
7	Dusun Simpar	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
8	Desa Saraya	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
9	Dusun Butus	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
10	Desa Subudi	Karangasem	Pasir, Kerikil, Batuan
11	Tukad Peh	Jembrana	Pasir, Kerikil, Batuan
12	Tukad Pulukan	Jembrana	Pasir, Kerikil, Batuan
13	Desa Tinga-tinga	Buleleng	Pasir, Kerikil, Batuan
14	Desa Songan	Bangli	Pasir, Kerikil, Batuan

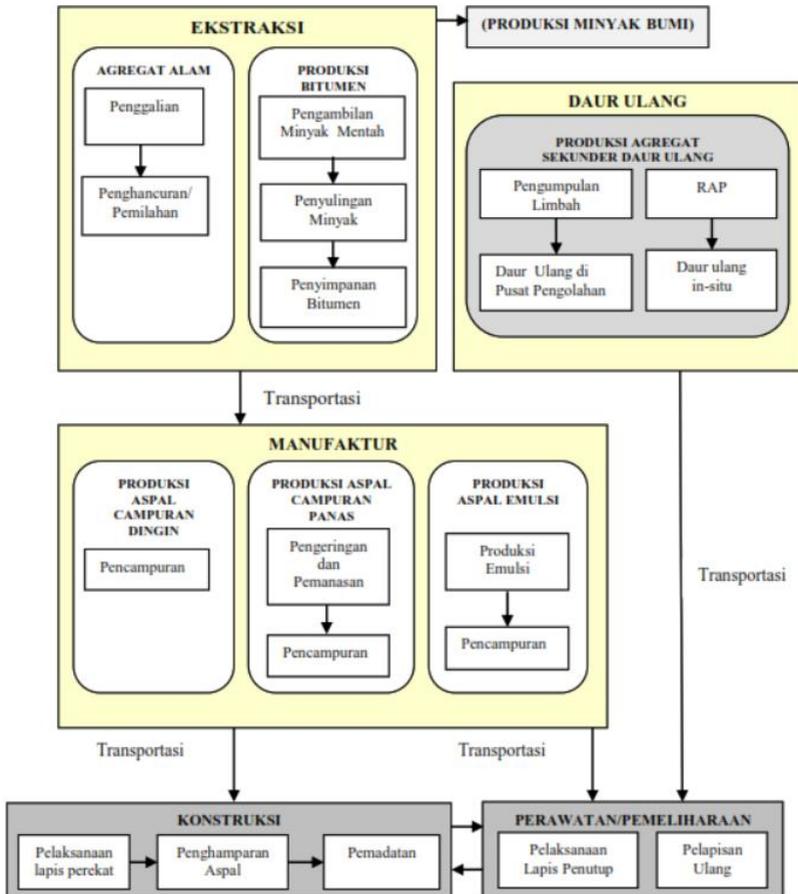
Sumber: (DPU Provinsi Bali, 2013)

Tabel 1 menunjukkan lokasi sumber-sumber material agregat yang diizinkan untuk ditambang/digali. Sumber-sumber yang lain seperti Tukad Yeh Ho Tabanan berhubungan persediaan material sudah menipis, tidak diizinkan lagi untuk

digali. Padahal, properties batuan dari lokasi Tukad Yeh Ho termasuk baik, berat jenisnya lebih besar daripada sumber-sumber material lainnya. Dengan semakin berkurangnya sumber-sumber agregat, maka teknologi daur ulang sangat mendesak dilakukan untuk memaksimalkan agregat hasil bongkaran perkerasan lama.

Untuk mengetahui material agregat hasil bongkaran dilakukan penelitian karakteristik dan daya dukung agregat sehingga dapat digunakan untuk lapisan perkerasan jalan yang baru. Apabila agregat tidak memenuhi spesifikasinya untuk lapis perkerasan jalan maka material agregat bongkaran perlu bahan tambah misalnya material baru dan juga menambahkan *filler* ke dalam agregat hasil bongkaran tersebut (Mato, 2014). Bahia dan Hussain (2012), membagi beberapa tahap dalam siklus pelaksanaan pengaspalan yang dimulai dari pengambilan bahan aspal, proses di pabrik, digunakan dalam konstruksi dan sampai pada tahap pemeliharaan seperti terlihat pada Gambar 1

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN



Gambar 1 Siklus Proses Material Campuran Perkerasan Aspal  
Sumber: Bahia dan Hussain (2012)

### Metode Daur Ulang

Salah satu upaya memperbaiki kerusakan jalan adalah dengan pengembangan teknologi daur ulang (*recycling*) terhadap perkerasan yang rusak. Prinsip dari proses ini adalah

memanfaatkan material jalan yang ada yang sudah tidak memiliki nilai struktur untuk diolah dan ditambah bahan aditif sehingga dapat dipergunakan kembali dengan nilai struktur yang lebih tinggi. Metode daur ulang akan mengurangi pemakaian material baru, perlindungan sumber daya alam, penghematan sumber daya dan penghematan biaya konstruksi dan proses industri merupakan hal yang sangat penting dipertimbangkan (Muda, 2009).

Diperlukan inovasi untuk mencari metode alternatif yang dapat meningkatkan keefektifan penggunaan biaya yang ada, yaitu dengan cara mengusahakan lebih banyak jalan yang direhabilitasi dari biaya yang dikeluarkan. Penanganan dengan teknologi daur ulang perkerasan memiliki beberapa keuntungan seperti dapat mengembalikan kekuatan perkerasan dan mempertahankan geometrik jalan serta mengatasi ketergantungan akan material baru. Untuk mencapai hasil pelaksanaan yang optimal sesuai dengan spesifikasi teknik dan syarat-syarat teknis dituntut kinerja penyedia jasa yang profesional dalam pengendalian mutu (Raharmadi, 2016)

Daur ulang yang diproses dan ditunjang dengan peralatan yang memadai akan menghasilkan bahan campuran yang nilai strukturnya dapat mengimbangi campuran baru. Penambahan material baru pada material bekas garukan perkerasan lama merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan daya dukung dari material bekas garukan.

Metode daur ulang material perkerasan sudah menjadi suatu alternatif yang sehat untuk dipertimbangkan di dalam pemeliharaan jalan dan rehabilitasi. Konservasi sumber daya, pemeliharaan lingkungan adalah sebagian dari manfaat yang diperoleh dengan bahan-bahan perkerasan eksisting. Di Amerika Serikat lebih dari 50 juta ton dari campuran aspal

digiling tiap-tiap tahun dengan metode daur ulang ke dalam campuran apal yang baru (Muda, 2009).

Tujuan dari upaya pemanfaatan dari *recycling* aspal tersebut untuk bahan konstruksi, yaitu (Kiswara, 2007):

1. Meningkatkan nilai guna bangunan
2. Pemanfaatan bahan bongkaran
3. Memelihara kelestarian lingkungan dan alam
4. Meningkatkan mutu bahan bangunan

Tabel 1 Keuntungan dan kerugian kedua teknik daur ulang

Teknik Daur Ulang	Keuntungan	Kerugian	Peralatan
Dilapangan ( <i>in place</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kekuatan mendekati properties aslinya.</li> <li>• Memperbaiki jenis kerusakan yang lebih luas, retak refleksi dapat dcegah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kendali mutu sukar dilakukan</li> <li>• Kehomoginan campuran sukar dilakukan</li> </ul>	Memerlukan perangkat alat khusus seperti <i>cold milling</i> dan <i>recycler</i>
Ditempat pencampur ( <i>in plant</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kekuatan mendekati sifat campuran baru.</li> <li>• Mutu campuran lebih mudah diatur</li> <li>• Geometrik jalan lebih mudah disesuaikan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diperlukan pengangkutan hasil garukan ke mesin pencampur</li> <li>• Bagian bekas garukan harus diamankan sebelum ditutup kembali</li> </ul>	Dapat dilakukan dengan memodifikasi alat pencampur aspal (AMP) yang ada saat ini.

Sumber: Nicholls (1998)

Berdasarkan cara pencampurannya daur ulang dibagi menjadi 2 (dua), yaitu (Writgen, 2004):

1. Daur ulang campuran dingin (*cold recycling*), misalnya: *Cement Treated Recycling Base (CTRB)*, *Cement Treated Recycling Sub Base (CTRSB)*, campuran dengan pengikat aspal emulsi, campuran dengan pengikat aspal cair, *Foam Bitumen*.
2. Daur ulang campuran panas (*hot recycling*), misalnya: daur ulang bahan garukan yang dipanaskan kembali di AMP (*in*

*plant*) dan di permukaan (*in place*). Tabel 2 menunjukkan jenis daur ulang berdasarkan cara pencampuran.

Metode daur ulang dingin yang umum dipakai dalam konstruksi jalan bila ditinjau dari penggunaan peralatan ada 2 macam, yaitu (Writgen, 2004):

1. Teknik daur ulang *in-situ recycling*

Pada teknik ini digunakan *in place recycling machine*. Pemanasan lapis perkerasan, pembongkaran, penggemburan lapisan lama, penambahan baru (agregat, aspal dan bahan peremaja) pencampuran, serta perataan dilakukan oleh satu unit peralatan yang terdiri dari pemanas lapis permukaan perkerasan (*road preheater*), alat bongkar lapis perkerasan (*hot milling*), alat pencampur bahan lama dengan bahan baru (*pugmill mixer*), alat penghampar (*pave/finisher*), alat perata dan pemadat (*compacting screed*)

2. Teknik daur ulang *in plant recycling*

Pada teknik ini material bongkaran jalan lama hasil penggarukan dengan menggunakan alat penggaruk (*milling*) diangkut ke unit pencampur aspal (AMP) tipe batch. Di dalam unit pencampur ini material bongkaran tersebut dicampur dengan material baru, yaitu agregat, aspal, dan bahan peremaja bila diperlukan. Campuran tersebut kemudian diangkut ke lokasi penghamparan dan dihampar dengan menggunakan alat penghampar kemudian dipadatkan. Peralatan yang diperlukan untuk pelaksanaan daur ulang *plant mix* antara lain alat penggaruk, AMP, *dump truck*, alat penghampar dan alat pemadat. Cold recycling ini bisa dengan menambah semen yang digunakan sebagai *Cement Treated Recycling Base (CTRB)* dan *Cement Treated Recycling Sub Base (CTRSB)* dan pengikat aspal emulsi atau pengikat foam bitumen biasa disebut *CMFRB (cold mix recycling by foam bitumen) Base*.

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

Tabel 2 Keuntungan Kerugian Jenis Daur Ulang Berdasarkan Jenis Pencampuran

Cara pencampuran	Contoh jenis daur ulang	Deskripsi	Keuntungan	Kerugian	Teknik pencampuran /penghamparan
	<i>Cement treated Recycling base</i> (CTRB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semen ditambahkan pada bahan garukan</li> <li>• Sebagai lapis pondasi</li> </ul>	Meningkatkan kekuatan material	Dapat terjadi retak	<i>In place</i> atau <i>in plant</i>
Dingin	Daur ulang dengan aspal emulsi	Aspal emulsi digunakan sebagai bahan pengikat bahan garukan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak tergantung temperatur</li> <li>• Digunakan sebagai tambalan, overlay</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kekuatan tidak sekuat campuran panas</li> <li>• Lalu lintas ringan-sedang</li> </ul>	<i>In plant</i> atau <i>in place</i>
	Daur ulang dengan <i>foamed bitumen</i>	<i>Foamed bitumen</i> digunakan sebagai bahan pengikat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material dapat disimpan (distok)</li> <li>• Dapat digunakan sebagai overlay</li> <li>• Dapat segera dibuka untuk lalu-lintas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kekuatan tidak sekuat campuran panas</li> <li>• Untuk beberapa jenis aspal perlu additive</li> <li>• Perlu unit alat khusus untuk membuat <i>foamed bitumen</i></li> </ul>	<i>In place</i> atau <i>in plant</i>
Panas	Daur ulang dengan aspal +peremajaan	Aspal dan peremajaan dicampur dengan agregat baru dan RAP.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kekuatan mendekati campuran panas agregat baru</li> <li>• Digunakan sebagai overlay (lapis antara)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemanasan diperoleh dari transfer panas material baru</li> <li>• Perlu ada modifikasi alat AMP</li> </ul>	<i>In plant</i>

Sumber: Nicholls (1998)

Pada umumnya ada 3 jenis bahan yang dapat digunakan pada daur ulang, yaitu:

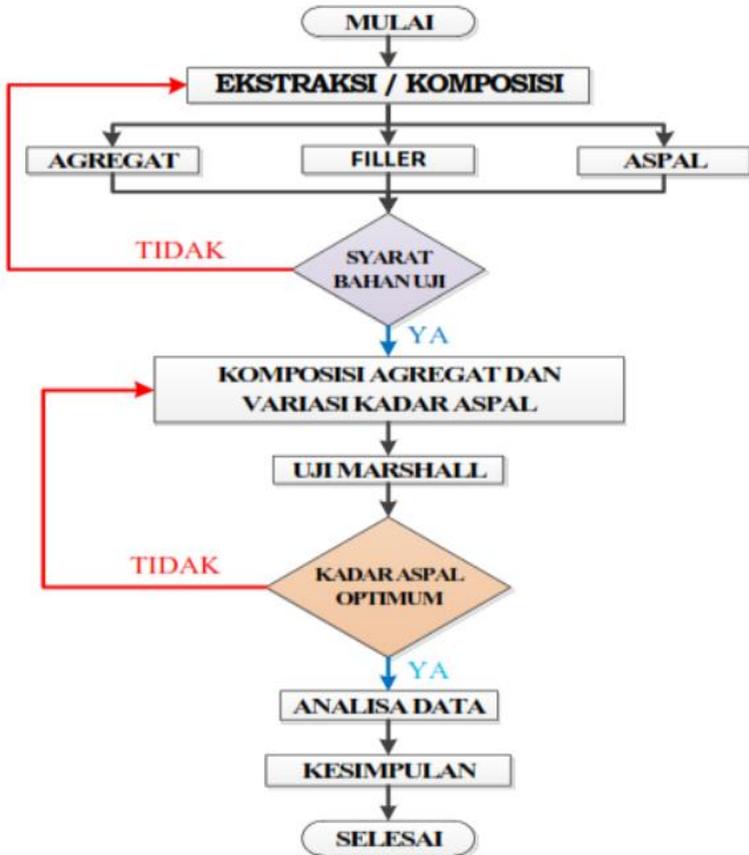
1. Bahan lama (*reclaimed*)
2. Bahan baru (agregat dan aspal keras)
3. Bahan stabilisasi (semen, aspal emulsi dan *foam bitumen*)

Bagan alir pelaksanaan penelitian di Laboratorium dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu (Mato, 2014):

1. Dimulai dengan uji ekstraksi sampel bongkaran campuran aspal.

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

2. Pemeriksaan bahan penyusun campuran aspal (agregat, filler, dan aspal).
3. Penentuan gradasi campuran.
4. Pembuatan formula campuran JMF, pengujian secara skematis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Bagan Alir Pembuatan JMF  
Sumber: Mato (2014)

## Bahan Peremaja

Manfaat yang dapat diberikan bahan peremaja dalam perkerasan daur ulang aspal adalah sebagai berikut (Kiswara, 2007):

1. Memperbaiki/mengembalikan sift-sifat daur ulang atau aspal lama ke suatu tetapan batasan yang tepat untuk tujuan pembangunan dan akhir dari campuran.
2. Memberikan tambahan binder yang cukup untuk memenuhi keperluan perencanaan campuran.

Bahan peremaja yang digunakan untuk campuran aspal lama harus memenuhi syarat standar penetrasi bahan peremaja, karena itu bahan peremaja yang digunakan perlu dilakukan pemeriksaan/pengujian meliputi pemeriksaan viskositas, berat jenis dan titik nyala minimum. Bahan peremaja yang biasa digunakan untuk tambahan pada hasil ekstraksi aspal lama (limbah perkerasan) merupakan bahan yang mengandung polimer (Wahyudi dan Hoesein, 2015). Bahan-bahan peremaja untuk daur ulang adalah antara lain: *softening agent*, *reclaiming agent*, *recycling agent*, *fluxing oils*, *extender oils*, *aromatic oils*, dan sebagainya (Kiswara, 2007). Solar adalah hasil penyulingan minyak bumi *crude oil* dan bila ini dipanaskan sekitar 350<sup>0</sup>C, akan menjadi campuran uap dan cairan. Kemudian dialirkan akan terjadi pemisahan antara gas, bensin, minyak tanah, solar, residu dan *heavy oil* pada sekat-sekatnya. Solar dikeluarkan pada temperatur 200-340<sup>0</sup>C (Sumantri, *et al.*, 2014).

Bahan peremaja lainnya adalah minyak pelumas. Berdasarkan jenis *base oilnya*, minyak pelumas diklasifikasikan menjadi 2, yaitu (Boentarto, 2003):

### 1. Oli Mineral

Oli Mineral terbuat dari *Crude Oil* yang mengandung bahan hidrokarbon dan paraffin yang cukup tinggi.

## 2. Oli Sintetis

Oli sintetis merupakan hasil dari perpaduan beberapa senyawa kimia. Oli sintetis lebih baik daripada oli mineral karena bisa tahan bekerja pada suhu rendah dan suhu tinggi

### **Ketersediaan Alat Berat Asphat Recycling**

Daur ulang aspal panas atau *asphalt hotmix recycling* adalah proses penggunaan kembali bahan perkerasan lama beraspal maupun bahan agregat perkerasan lama yang ditambah atau dikombinasikan dengan campuran agregat atau aspal baru, dengan atau tanpa bahan aditif yang pencampurannya dilakukan di alat pencampur terpusat (*central mixing plant*) atau pun in-situ dengan produk campuran aspal panas (Kiswara, 2007).

Daur ulang pencampuran di tempat atau *in-situ recycling* adalah daur ulang yang proses pengupasan, pencampuran dan penggelaran serta pemadatan dilakukan di tempat yang sama atau tempat asalnya. Daur ulang *in-situ* biasanya dilakukan bilamana tingkat ketebalan daur ulang (pengupasan dan penggelaran kembali) yang dilakukan tidak terlalu tebal (sekitar 2,5 cm). Daur ulang pencampuran terpusat biasanya diterapkan bilamana bahan yang didaur ulang dan digelar kembali dalam jumlah yang cukup banyak baik dalam ketebalan maupu volume (Kiswara, 2007).

### **Simpulan**

Pemeliharaan perkerasan jalan dengan metode daur ulang (*recycling*) merupakan jawaban dunia konstruksi atas permasalahan pengaruh pekerjaan infrastruktur terhadap lingkungan. Metode daur ulang merupakan metode yang sangat ramah lingkungan. Dari pembahasan di atas dapat ditarik beberapa simpulan antara lain:

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

1. Metode daur ulang akan mengurangi pemakaian material baru, yang berarti pula mengurangi penggalan-penggalan pada sumber-sumber material.
2. Perlindungan sumber daya alam, karena agregat yang lama dapat dipergunakan lagi, apabila pemeriksaan propertiesnya memenuhi.
3. Penghematan energi, karena pasokan material ke lapangan semakin berkurang, mengingat agregat lama dapat digunakan. Seperti biaya pengangkutan material ke lapangan, biaya produksi AMP dan biaya produksi mesin pemecah batu.
4. Menjaga geometrik jalan tidak berubah. Seperti tinggi elevasi permukaan baru, tidak melebihi tinggi trotoar, rumah-rumah penduduk tidak terancam tenggelam dari perkerasan jalan baru
5. Penghematan sumber daya alam, sumber daya manusia dan penghematan biaya konstruksi.

### **Saran-Saran**

Berdasarkan simpulan, penggunaan metode daur ulang banyak memberikan keuntungan, maka dapat ditarik beberapa saran sebagai berikut:

1. Pemerintah dalam hal ini Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Provinsi Bali, Daerah Kabupaten dan Pemerintah Kota agar dapat mewujudkan pemeliharaan jalan dengan metode daur ulang (*recycling*) pada paket-paket proyek pemeliharaan jalan dalam mendukung kelestarian lingkungan.
2. Pihak Penyedia Jasa harus mendukung penggunaan metode daur ulang dengan cara menyesuaikan manajemen perusahaan yang menyangkut tenaga kerja yang akan

kehilangan pekerjaannya, khususnya bagian penyiapan material agregat.

3. Material agregat hasil bongkaran/garukan (*milling*) agat dilakukan pemeriksaan properties secara seksama, sebelum dipergunakan sebagai bahan penyusun campuran beraspal yang baru, sehingga umur layanan perkerasan jalan dapat bertahan lebih lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- DPU Provinsi Bali, 2013. *Inventarisasi Jasa Konstruksi*. Denpasar: Pemerintah Provinsi Bali.
- Alamsyah, A.A. 2012. "Korelasi Antara PEnambahan Aspal Minyak paa Campurn Perkerasan Aspal Beton Hasil Daur Ulang terhadap Karakteristik Marshall." *JURNAL GAMMA* Vol. 8, No. 1 September 2012:132-139.
- Anonim. 2015. "Peremajaan Jalan Pemuda Pramuka dengan Teknologi Recycling CMRFB." *Majalah Techno Konstruksi* Edisi 81 Tahun VII September 2015.
- Bahia, U.H., dan Hussain, T.A. 2012. "Life Cycle Energy and Cost Assessment Method for Modified Asphalt Pavements." *International Scientific Conference Energy Efficient Transportation Networks* Paris, 10-13 September 2012:1-10.
- Boentarto. 2003. *Panduan Praktis Tune Up Mesin Mobil*. Edited by I, Cetakan. Jakarta: Kawan Pustaka.
- Bria, M., Muda, A.H., Dumin, L., dan Abia, E.M. 2017. *Studi Perencanaan Pemeliharaan Perkerasan Jalan MEnggunakan Teknologi Daur Ulang*. Kupang: Jurusan Teknik Sipil Kupang.

- Fipiana, W.I. 2016. *Langkah Ekonomis Perawatan Jalan dengan Daur Ulang Perkerasan Aspal*. Jakarta: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Borobudur.
- Karimulloh, U.F. 2010. *Penggunaan Perkerasan Aspal Recycling Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) terhadap Stabilitas Campuran Laston*. Jember: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Kasan, M. 2009. *Karakteristik Stabiitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang*. Majalah Ilmiah Mektek. Palu: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
- Kiswara, S. 2007. *Pengaruh Recycling Aspal sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat Halus terhadap Kualitas Beton*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Mato, H. 2014. "Karakteristik Sifat Fisik Daur Ulang Lapis Perkerasan Aspal (Pemeliharaan Rutin Jalan Paguyaman-Jalan Tabulo Kabupaten Bualemo)." *Jurnal RADIAL STITEK* Vol. 2, No. 1:1-17.
- Mingjiang, T. 2008. "Simple Procedure to Access Performance and Cost Benefits of Using Recycled Materials in Pavement Construction." *Journal of Materials in Civil Engineering*. ASCE.
- Muda, A.H. 2009. *Tinjauan Kuat Tekan Bebas dan Drying Shrinkage Cement Trated Recycling Base (CTRB) pada Rehabiltasi Jalan Boyolali-Kartosuro*. Surakarta: Magister Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Sebelas Maret.
- Nicholls, J.C. 1998. "Asphalt Surfacing (Aguide to Asphalt Surfacing and Treatment Used for the Surface Course of Road Pavements."

- Raharmadi, B. 2016. "Kinerja Penyedia Jasa dalam Pengendalian Mutu Pekerjaan Cement Treated Recycling Base pada Paket Peningkatan Jalan Lingkar Luar Muara." *INFO TEKNIK* Vol. 17, No. 1, Juli 2016:37-52.
- Rondi, M. 2016. *Evaluasi Perkerasan Jalan Menurut Metode Bina Marga dan Metode Pavement Condition Index (PCI) Serta Alternatif Penanganannya*. Surakarta: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Setiawan, H., dan Pradani, N. 2013. "Analisis Sifat Fisik Material Perkerasan Jalan Hasil Daur Ulang." *Jurnal INFRASTRUKTUR* Vol. 3, No. 2 Desember 2013.
- Sjahanulirwan, M. 2008. *Kelebihan serta Kekurangan Perkerasan Beraspal dan Beton*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Sumantri, B., Santiko, H., Djakfar, L., dan Bowoputro, H. 2014. *Pengaruh Peremaja Oli Bekas dan Solar terhadap Karakteristik Maershall Perkerasan Daur Ulang dengan Asbuton*. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Wahyudi, M., dan Hoesein, I. 2015. "Penerapan Teknologi Daur Ulang dengan Bahan Peremaja Lokal untuk Peningkatan Umur Layanan." *Spektrum Sipil* Vol. 2, No. 1:93-104.
- Writgen. 2004. *Cold Recycling Manual*. Germany: Writgen Group.

# PERHITUNGAN INTENSITAS HUJAN BERDASARKAN DATA CURAH HUJAN STASIUN CURAH HUJAN DENGAN METODA MONONOBE DI KABUPATEN BADUNG

A.A.A MADE CAHAYA WARDANI  
COKORDA PUTRA

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hujan merupakan bagian dari siklus air untuk menjaga keseimbangan air di alam semesta. Usaha maksimal yang dapat dilakukan oleh manusia adalah mengenali pola atas keberadaan hujan dengan memformulasi pola hujan. Kondisi geografis Indonesia seperti posisi lintang, ketinggian, pola angin (angin pasat dan monsun), sebaran bentang darat dan perairan, serta pegunungan atau gunung-gunung yang tinggi berpengaruh terhadap variasi dan tipe curah hujan di wilayah Indonesia. Durasi hujan ( $t$ ), dan ketebalan hujan ( $R$ ) adalah dua variabel utama hujan yang hampir selalu diamati untuk berbagai kebutuhan analisa, prediksi dan juga perencanaan, yaitu berdasarkan variabel utama ini, dapat diturunkan variabel lain, antara lain intensitas curah hujan ( $I$ ). Hasil formulasi curah hujan sangat penting untuk upaya-upaya penanganan dan pengendalian dampak negatif akibat hujan di kawasan hulu Daerah Aliran Sungai (DAS). Perencanaan bangunan konservasi, perencanaan saluran drainage dan implementasi kegiatan vegetatif maupun dalam pengembangan Sumber Daya Air, semuanya memerlukan masukan data dan pola hujan.

Curah hujan adalah satuan yang menggambarkan besarnya air hujan yang turun ke bumi yang dinyatakan dalam satuan tinggi (mm ) per periode waktu tertentu seperti hari, perbulan atau pertahun. Intensitas curah hujan adalah jumlah curah hujan yang dinyatakan dalam tinggi hujan atau volume hujan tiap satuan waktu, yang terjadi pada satu kurun waktu air hujan terkonsentrasi (Wesli, 2008). Besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda tergantung dari lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya.

Wilayah Badung sebagai salah satu tujuan destinasi wisata di Indonesia memiliki laju pembangunan ekonomi, social dan budaya yang cukup pesat, Di wilaya ini juga terjadi hujan dengan intensitas yang sangat tinggi serta berlangsung dalam waktu yang cukup lama. Kondisi ini telah mengakibatkan kerugian materil dan immateril akibat terjadinya beberapa bencana seperti banjir, tanah longsor. Oleh karena itu kondisi ini juga perlu diimbangi dengan membangun sarana dan prasarana public baik itu jalan, trotoar, bangunan umum dan system drainage yang baik . Sebab dengan tingginya intensitas curah hujan dibarengi dengan pertumbuhan pembangunan yang pesat, diperlukan pembangunan fasilitas drainage perkotaan yang baik, untuk mencegah timbulnya banjir pada saat curah hujan tinggi di musim hujan.

Berdasarkan masalah yang telah diuraiakn di atas, maka disusumlah tulisan megenai perhitungan intensitas hujan berdasarkan data curah hujan di Kabupaten Badung, dimana langkah-langkah perhitungan intensitas curah hujan dengan berbagai periode ulang dapat dipergunakan untuk menghitung besarnya debit banjir rencana.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Metoda distribusi apakah yang paling dipakai untuk perhitungan intensitas hujan dengan data curah hujan maksimum di Kabupaten Badung
2. Bagaimana gambar intensitas hujan untuk berbagai periode ulang menggunakan data curah hujan maksimum harian dengan menggunakan rumus mononobe di Kabupaten Badung?

## **1.3 Tujuan dan Manfaat**

1. Untuk mengetahui rumusan yang paling mendekati hasil perhitungan intensitas hujan dengan data curah hujan maksimum di Kabupaten Badung
2. Untuk mengetahui hasil perhitungan rumus intensitas hujan untuk berbagai periode ulang menggunakan data curah hujan maksimum harian stasiun curah hujan di Kabupaten Badung

## **2. Curah Hujan**

### **2.1 Definisi**

Curah hujan adalah ketinggian air hujan yang terkumpul pada tempat yang datar, tidak menguap, tidak meresap dan tidak mengalir dalam periode waktu tertentu. Periode waktu ini bias mencakup harian, bulanan ataupun tahunan. Satuan curah hujan dinyatakan dalam satuan millimeter atau inchi, Dan untuk Indonesia satuan curah hujan dinyatakan dalam millimeter. Sebagai contoh curah hujan dalam 1 (satu) millimeter berarti dalam luasan satu meter persegi pada tempat yang datar terdapat air setinggi satu millimeter atau tertampung air sebanyak satu liter.

Sedangkan Intensitas Hujan adalah jumlah curah hujan dalam suatu satuan tertentu yang biasanya dinyatakan dalam mm/jam, mm/hari. Dan sebagainya/ yang dinyatakan sebagai hujan jam-jaman harian, tahunan dan sebagainya.

## **2.2 Tipe Hujan di Indonesia**

Karakteristik Curah Hujan Di Indonesia Berdasarkan pola umum terjadinya, curah hujan di Indonesia dapat dibedakan menjadi 3 tipe, yakni tipe ekuatorial, tipe monsun, dan tipe lokal. Tipe curah hujan ekuatorial proses terjadinya yaitu :

1. Tipe Ekuatorial Pola ini berhubungan dengan pergerakan zona konvergensi ke arah utara dan selatan mengikuti pergerakan semu matahari. Zone konvergensi merupakan pertemuan dua massa udara (angin) yang berasal dari dua belahan bumi, kemudian udaranya bergerak ke atas. Angin yang bergerak menuju satu titik dan kemudian bergerak ke atas disebut konvergensi, dan tempat terjadinya konvergensi disebut daerah konvergensi. Posisinya relatif sempit dan berada pada lintang rendah dan dikenal dengan nama Inter-tropical Convergence Zone (ITCZ) atau Daerah Konvergensi Antar Tropik (DKAT). ITCZ juga dikenal dengan nama ekuator panas (heat equator) atau front ekuator (equatorial front) (Subarna, 2002: 45) Di atas lautan Atlantik dan Pasifik posisi ITCZ sangat dekat terhubung dengan “doldrums” (daerah 5°LU-5°LS), maka ITCZ merupakan batas antara angin pasat utara-timuran dengan angin pasat selatan-timuran, sedangkan di atas benua pergeseran posisi ITCZ tampak lebih tegas. Sirkulasi monsun terhubung dengan pergeseran utara-selatan dari ITCZ, dan juga berhubungan dengan

pergerakan zona konvergensi ke arah utara dan selatan mengikuti pergerakan semu matahari, sedangkan tipe monsun lebih dipengaruhi oleh adanya tiupan angin musim (Angin Musim Barat),

2. Tipe Monsun Curah hujan di Indonesia dipengaruhi oleh monsun yang digerakan oleh adanya sel tekanan tinggi dan sel tekanan rendah di benua Asia dan Australia secara bergantian. Dalam bulan Desember-Januari-Februari (DJF) di Belahan Bumi Utara terjadi musim dingin akibatnya terjadi sel tekanan tinggi di Benua Asia, sedangkan di Belahan Bumi Selatan pada waktu yang sama terjadi musim panas, akibatnya terjadi sel tekanan rendah di benua Australia. Oleh karena terdapat perbedaan tekanan udara di kedua benua tersebut, maka pada periode DJF bertiup angin dari tekanan tinggi di Asia menuju ke tekanan rendah di Australia, angin ini disebut Monsun Barat atau Monsun Barat Laut (lihat Gambar 4). Dalam bulan Juni-Juli-Agustus (JJA) terjadi sebaliknya, terdapat tekanan rendah di Asia dan sel tekanan tinggi di Australia, maka pada periode JJA bertiup angin dari tekanan tinggi di benua Australian menuju ke tekanan rendah di Asia, angin ini disebut Monsun Timur atau Monsun Tenggara (lihat Gambar 4). Monsun Barat biasanya lebih lembab dan banyak menimbulkan hujan daripada Monsun Timur. Perbedaan banyaknya curah hujan yang disebabkan oleh kedua monsun tersebut karena perbedaan sifat kejenuhan dari kedua massa udara (angin) tersebut. Pada Monsun Timur arus udara bergerak di atas laut yang jaraknya pendek, sedangkan pada Monsun Barat arus udara bergerak di atas laut dengan jarak yang cukup jauh, sehingga massa udara

Monsun Barat lebih banyak mengandung uap air dan menimbulkan banyak hujan dibanding Monsun Timur. Gambar 4. Angin Musin Barat dan Muson Timur

3. Tipe lokal lebih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan fisik setempat, yakni adanya bentang perairan sebagai sumber penguapan dan pegunungan atau gunung-gunung yang tinggi sebagai daerah tangkapan hujan. Tipe Lokal Pola curah hujan tipe lokal dicirikan dengan besarnya pengaruh kondisi setempat, yakni keberadaan pegunungan, lautan dan bentang perairan lainnya, serta terjadinya pemanasan lokal yang intensif. Faktor pembentukannya adalah naiknya udara yang menuju ke dataran tinggi atau pegunungan karena pemanasan lokal yang intensif. Tipe curah hujan ini banyak terjadi di Maluku, Papua, dan sebagian Sulawesi. Grafik (Gambar 5) berikut ini menggambarkan pola curah hujan tipe lokal. Tipe curah hujan ini hanya terjadi satu kali maksimum curah hujan bulanan dalam satu tahun, dan tampak adanya beberapa bulan kering yang bertepatan dengan bertiupnya

### **2.3 Proses Terjadinya Hujan**

Proses terjadinya hujan dinilai dari siklus hidrologi yang merupakan proses yang berlangsung terus menerus dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi lagi. Proses ini diawali dengan menguapnya air dipermukaan tanah, laut, danau, sungai dan pohon ke udara, Uap air bergerak dan naik ke atmosfer, yang kemudian mengalami kondensasi dan berubah menjadi titik-titik air yang berbentuk awan. Selanjutnya titik-titik air tersebut jatuh sebagai hujan ke permukaan laut dan daratan. Hujan yang jatuh sebagian tertahan oleh umbuh-tumbuhan (intersepsi) dan selebihnya ke

permukaan tanah. Sebagian air hujan yang sampai ke permukaan tanah akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan sebagian lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan atau surface runoff mengisi cekungan tanah, danau dan masuk ke sungai dan akhirnya mengalir ke laut. Air yang meresap ke dalam tanah sebagian mengalir secara vertical di dalam tanah (perkolasi) mengisi air tanah (ground water) yang kemudian keluar sebagai mata air atau mengalir ke sungai. Aliran akhir dari air sungai adalah ke laut (Triatmodjo, 2008).

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang dapat berupa hujan, hujan salju embun dan hujan es. Di daerah Indonesia hujan memberikan sumbangan terbesar dalam presipitasi sehingga dianggap hujanlah presipitasi (Triatmodjo, 2008). Presipitasi adalah sebutan umum dari uap yang mengondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses siklus hidrologi, biasanya jumlahnya dinyatakan dalam curah hujan (mm). Jika uap air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan.

Hujan dapat terjadi di sembarang tempat asalkan terdapat dua faktor yang mendukung yaitu factor massa udara yang lembab dan faktor sarana meteorology yang dapat mengangkat massa udara tersebut untuk berkondensasi. Hujan yang terjadi akibat massa udara yang mengalami penurunan suhu di bawah titik embun dapat mengalami perubahan pembentukan molekul air. Apabila massa udara terangkat ke atas dan mengalami perubahan suhu sampai mencapai ketinggian yang memungkinkan terjadinya kondensasi, maka akan dapat membentuk awan. Hujan akan terjadi apabila molekul-molekul air hujan sudah mencapai ukuran lebih dari 1 mm. Agar hujan dapat terjadi diperlukan titik kondensasi, amoniak debu dan asam belerang. Titik-titik kondensasi ini mempunyai sifa yang dapat mengambil uap air dari udara.

## 2.4 Alat Pengukur curah Hujan

Terdapat 3 jenis alat pengukur curah hujan yaitu :

1. Pengukur curah hujan biasa (observarium) curah hujan yang jatuh diukur tiap hari dalam kurun waktu 24 jam
2. Pengukur curah hujan otomatis melakukan pengukuran curah hujan selama 24 jam dengan merekan jejak hujan menggunakan pias yang terpasang dalam jam alat otomatis tersebut dan dilakukan penggantian pias setiap hari pada pukul 00.00 GMT
3. Pengukuran curah hujan digital dimana curah hujan langsung terkirim ke monitor computer berupa data sinyal yang telah diubah ke dalam bentuk satuan curah hujan.

## 3. PEMILIHAN DISTRIBUSI

Koefisien Kemencengan/skewness ( $C_s$ ) dihitung dengan persamaan:

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S_d^3}$$

Koefisien kepuncakan/curtosis ( $C_k$ ) dihitung dengan persamaan:

$$C_v = \frac{S_d}{\bar{X}} \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S_d^4}$$

Koefisien variasi (Cv) dihitung dengan persamaan:

Perhitungan Intensitas curah hujan dengan metoda Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

#### **4. METODE PENELITIAN**

Analisis dilakukan dengan melakukan perbandingan dari data yang diperoleh selama 3 bulan pengamatan di awal tahun 2010 terhadap data normal maupun terhadap data rekaman kejadian di masa lampau pada titik pengamatan yang bersangkutan<sup>13</sup>). Adapun perbandingan dilakukan terhadap :

1. Data normal jumlah hari hujan
2. Data normal curah hujan bulanan
3. Data rangkaian curah hujan dengan intensitas tinggi

Perbandingan terhadap data tersebut dilakukan untuk kondisi dari 2 titik pengamatan di wilayah Badung yang memiliki rekaman data cukup lengkap yakni Stasiun pengamatan Kubu, Stasiun pengamatan Pengotan dan stasiun pengamatan Kintamani.

Melalui perbandingan ini diharapkan dapat diperoleh gambaran dari kondisi hujan yang terjadi pada saat terjadinya rangkaian bencana di wilayah Badung tersebut.

#### **5. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Curah Hujan 3 stasiun masing-masing :**

1. Stasiun Kubu
2. Stasiun Pengotan
3. Stasiun Kintamani

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

Tahun	Sta. Kubu	Sta. Pengotan	Sta. Kintamani	Curah Hujan Maksimum
	Rata-rata			
	29.330	7.209	0.628	
2009	438.5	684	765	491.630
2010	369	532	732.5	406.753
2011	531.2	669	434	556.286
2012	734.7	681	968	728.224
2013	809.9	548	656.5	756.512
2014	106.6	738	471	235.219
2015	288.6	319	391	296.225
2016	333	453	407	357.525
2017	302	624	980	375.903
2018	206	692	642.5	307.635

Sumber : BMKG, 2019

Tabel 4.6 Koefisien Kemencengan (Cs) dan Koefisien Kepuncakan (Ck)

No	Tahun	Hujan Maksimum (mm)	(Xi - Xr)	(Xi - Xr) <sup>2</sup>	(Xi - Xr) <sup>3</sup>	(Xi - Xr) <sup>4</sup>
1	2009	491.630	40.439	1635.302	66129.791	2674214.246
2	2010	406.753	-44.438	1974.730	-87752.893	3899556.886
3	2011	556.286	105.095	11044.960	1160770.095	121991137.531
4	2012	728.224	277.033	76747.126	21261464.996	5890121422.513
5	2013	756.512	305.321	93220.785	28462243.917	8690114823.779
6	2014	235.219	-215.973	46644.143	-10073854.713	2175676115.618
7	2015	296.225	-154.966	24014.377	-3721405.350	576690287.141
8	2016	357.525	-93.667	8773.432	-821777.555	76973109.900
9	2017	375.903	-75.288	5668.271	-426752.353	32129297.665
10	2018	307.635	-143.557	20608.513	-2958489.169	424710806.578

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

Uji distribusi data

$$\bar{X} = 451.191 \text{ mm}$$

$$n = 10$$

$$S = 179.608$$

$$C_s = 0.788$$

$$C_k = 3.431$$

$$C_v = 0.398$$

Dari uji distribusi data maka metoda yang cocok dipakai adalah metoda Log Pearson III

### PERHITUNGAN CURAH HUJAN (X)

No	Ranking (mm/hari)	Log X	(Log Xi - Log Xr)	(Log Xi - Log Xr) <sup>2</sup>	(Log Xi - Log Xr) <sup>3</sup>
1	235.219	2.371	-0.253	0.064	-0.016
2	296.225	2.472	-0.153	0.023	-0.004
3	307.635	2.488	-0.137	0.019	-0.003
4	357.525	2.553	-0.071	0.005	0.000
5	375.903	2.575	-0.050	0.002	0.000
6	406.753	2.609	-0.015	0.000	0.000
7	491.630	2.692	0.067	0.004	0.000
8	556.286	2.745	0.121	0.015	0.002
9	728.224	2.862	0.238	0.056	0.013
10	756.512	2.879	0.254	0.065	0.016
	Jumlah	26.247	0.000	0.254	0.009

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Diperoleh Nilai S = 0,168

Nilai G = 0,264

PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

Tabel Curah hujan Rancangan dengan Berbagai Kala ulang

No	Kala Ulang T	Frekuensi	Log Xt	Hujan Rancangan X	Pembulatan
	(tahun	K		(mm/hari)	
1	2	-0.044	2.617	414.351	414
2	5	0.826	2.763	579.946	580
3	10	1.306	2.844	698.450	698
4	25	1.838	2.933	857.970	858

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

1. Perhitungan Kurva IDF

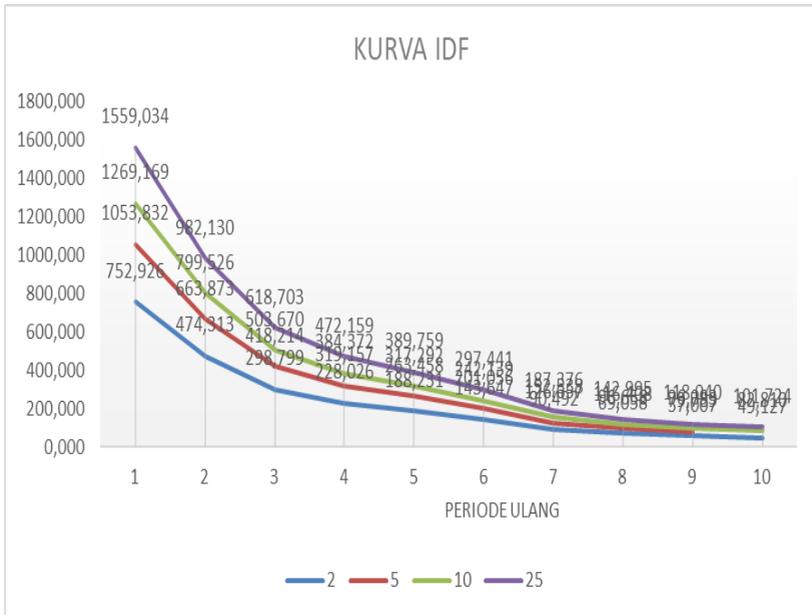
Perhitungan untuk mendapat kurva IDF berdasarkan tabel tentang Data Curah dengan periode ulang T, yaitu menggunakan rumus Mononobe :

Tabel Perhitungan Intensitas Curah Hujan

Waktu (menit)	$(24/t)^{(2/3)}$	Periode Ulang			
		2	5	10	25
5	43.611	752.926	1053.832	1269.169	1559.034
10	27.473	474.313	663.873	799.526	982.130
20	17.307	298.799	418.214	503.670	618.703
30	13.208	228.026	319.157	384.372	472.159
40	10.903	188.231	263.458	317.292	389.759
60	8.320	143.647	201.056	242.139	297.441
120	5.241	90.492	126.657	152.538	187.376
180	4.000	69.058	96.658	116.408	142.995
240	3.302	57.007	79.789	96.093	118.040
300	2.846	49.127	68.760	82.810	101.724

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN



**Gambar 4 Kurva Intensitas Hujan Untuk Berbagai Periode Ulang**

Berdasarkan Rumus Mononobe

**Kesimpulan**

Kesimpulan yang diperoleh dari analisis ini adalah :

1. Metoda yang dipakai untuk menghitung curah hujan maksimum adalah metoda Distribusi Log Pearson III
2. Intensitas curah Hujan Maksimum dengan menggunakan rumus Mononobe untuk periode Ulang 2, 5, 10, 25 untuk periode waktu 5 menit adalah 752,926 mm/jam, 1053,832 mm/jam, 1269,169 mm/jam dan 1559,034 mm/jam.

**Referensi**

- Brotowiryatmo, Sri Harto. 1993. Analisis Hidrologi, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Chay, Asdak. 2007.
- Hendri Andry. 2015. Analisis Metode Inten sitas Hujan Pada Stasiun Hujan Pasar Kampar Kabupaten Kampar. Jur nal Universitas Riau. Kartin, Anna dan M. Ishak Jumarang. 2015.
- Hanifah,dkk, 2010, Analisis Intensitas Curah Hujan Wilayah Bandung, Jurnal Meteorologi dan Geofisika
- Suputra, 2017, Perhitungan Intensitas Hujan Berdasarkan Data Curah Hujan Stasiun Curah Hujan Di Kota Denpasar

# STUDI LITERATUR EKSPERIMENTAL MATERIAL PENGGANTI SEMEN DALAM CAMPURAN BETON

I Putu Laintarawan  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Hindu Indonesia  
[e-mail: Ltrwnn@gmail.com](mailto:Ltrwnn@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Beton sebagai bahan konstruksi yang memiliki produksi terbesar dari semua komponen struktural. Beton konvensional terdiri dari semen, agregat halus dan agregat kasar. Karakteristik beton bervariasi dengan komposisi, umur, rasio air/semen. Kinerja beton dinilai oleh kekuatan tekan untuk mendesain berbagai komponen struktur. Beton merupakan bahan pilihan terbaik dari sisi kekuatan, daya tahan, impermeabilitas, ketahanan api dan penyerapan.

Kuat tekan dianggap sebagai indeks untuk menilai kualitas beton secara keseluruhan dan umumnya diasumsikan bahwa peningkatan kuat tekan menghasilkan peningkatan semua properti lainnya. Meskipun campuran proporsi beton mencapai kuat tekan yang diinginkan pada usia tertentu, peran kuat lentur adalah juga memiliki peran penting dalam beton.

Pemanfaatan bahan limbah seperti abu kayu, abu kayu Mesquite, abu sekam padi, abu tempurung kelapa digunakan secara parsial dalam beton untuk meminimalkan masalah lingkungan dan ekologi. Para ilmuwan dan insinyur terus melakukan riset dan menemukan material sebagai pengganti

bahan konvensional yang memiliki sifat yang sama dan menghasilkan desain struktur yang lebih ekonomis. Beton adalah material komposit. Untuk pengurangan biaya dalam beton, penggunaan bahan pozzolan seperti terak tanur tiup, fly ash dapat disarankan untuk semen, kerang laut, kaca dan material keramik untuk agregat halus serta cangkang sawit, tempurung kelapa dan kerang laut untuk agregat kasar.

Dalam tulisan ini akan menampilkan beberapa penelitian mengenai material sebagai pengganti semen dalam campuran beton antara lain sebagai berikut: Praveenraj, et. al. (2018), Bharati, et. Al (2016), Chakravarthy (2015), Nagendra (2019), Alkhalay (2016), Indrayani (2019), Rahman (2018)

## 2. STUDI LITERATUR

Penelitian yang dilakukan oleh Praveenraj, et. al. (2018) dengan judul penelitian *Experimental Investigation on Partial Replacement of Cement by Prosopis Juliflora Ash & Coarse Aggregate by Seashells*. Dalam penelitian ini, *Mesquite wood ash* (prosopis juliflora) adalah produk sampingan yang dihasilkan oleh proses pembakaran kayu yang diperoleh dari pembangkit listrik berbahan bakar dari hotel, pabrik kertas dan industri pembakaran kayu lainnya. Penelitian ini meneliti mengenai kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dari beton yang diganti sebagian dengan beton konvensional M30. Studi ini adalah studi eksperimental. Dalam penelitian ini, penggantian parsial optimum dari 10% kerang untuk agregat kasar, 5%, 10% dan 15% penggantian parsial dari prosopis juliflora dianggap abu untuk semen. Campuran desain M30 menggunakan cetakan kubus, silinder dan balok yang diuji masing-masing selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari untuk uji kuat tekan, kuat tarik belah dan lentur.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *experimental* dengan langkah-langkah sebagai berikut: tinjauan literatur; pemilihan bahan; tes bahan dasar (Semen, agregat halus, agregat kasar, abu kayu mesquite, kulit kerang) Mix Desain untuk beton Mutu 30 Pengecoran kubus, silinder dan balok Uji tekan, tarik belah, dan lentur. Analisis komparatif kekuatan beton konvensional dan beton pengganti.

Dari hasil studi eksperimental yang telah dilakukan, bahwa penggunaan bahan limbah yang tersedia direkomendasikan untuk mengganti secara parsial semen dan agregat kasar. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan, lentur dengan sedikit penurunan kuat tarik belah untuk proporsi 5% Prosopis Juliflora Ash & 10% Seashell, 10% Prosopis Juliflora Ash & 10% Seashell dan 15% Prosopis Juliflora Ash & 10% Seashell sebagai pengganti parsial semen dan agregat kasar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kemampuan kerja beton menurun dengan meningkatnya proporsi kandungan abu prosopis juliflora karena meningkatnya jumlah air. Kuat tekan beton yang diganti dari prosopis juliflora abu 15% meningkat hingga 5% dari kekuatan rata-rata target campuran M30. Kuat tarik belah beton dengan prosopis juliflora abu 15% menurun sampai 2% dari kuat beton konvensional campuran M30. Kuat lentur beton dengan prosopis juliflora abu 15% meningkat hingga 15% dari kuat beton konvensional campuran M30. Proporsi optimum kandungan prosopis juliflora abu 15% dan kerang 10% menunjukkan peningkatan kinerja kekuatan tekan dan lentur beton yang diganti.

Penelitian yang dilakukan oleh Bharati, et. al (2016) dengan judul *experimental study on partial replacement of coarse aggregate by seashell & partial replacement of cement by fly ash*. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini meliputi: (a) Mengetahui sifat mekanik agregat *seashell*; (b)

pengujian campuran beton yang mengandung 0%, 3%, 5%, 7%, 9% dan 11% *seashell* sebagai pengganti sebagian agregat kasar bersama dengan penggantian parsial semen dengan *fly ash* sekitar 25%, untuk mengevaluasi sifat mekanik beton seperti kuat tekan, kuat tarik belah, dan karakteristik kuat lentur. (c) menganalisis dan mempelajari efek dari berbagai persentase *seashell* dan *fly ash* serta membandingkan hasilnya dengan beton normal tanpa penggantian apapun; (d) melakukan uji *slump test* dan menganalisis variasi *slump test* untuk persentase *seashell* dan *fly ash* yang berbeda untuk karakteristik *workability* beton dengan *seashell* sebagai agregat kasar; (e) memperoleh persentase *seashell* dan *flyash* yang optimal berdasarkan hasil pengujian.

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen, agregat, *fly ash*, *seashell*, air. Pengujian yang dilakukan adalah *compressive strength test*, *split tensile strength test*, *flexural strength test* dan *slump cone test*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (a) penambahan *seashell* sebagai pengganti parsial agregat kasar dan semen dengan *fly ash* meningkatkan kekuatan tekan beton selama 7 hari dan 28 hari; (b) kandungan *seashell* optimum adalah 7% dari agregat kasar menunjukkan hasil yang baik dari kuat tekan tinggi 31,95 MPa dari beton konvensional 23,14 MPa; (c) kekuatan tarik beton dengan *seashell* dan *flyash* sebagai pengganti agregat kasar meningkat maksimum 5% dari 3,966 MPa dari beton konvensional 3,961 MPa; (d) kekuatan lentur berkurang dengan penggantian *seashell*; (e) penggunaan *fly ash* telah berkontribusi pada peningkatan kekuatan pada tahap awal karena kehalusannya; (f) ini mengurangi biaya konstruksi dengan mengurangi biaya semen dan agregat kasar dan juga mengurangi polusi lingkungan akibat *flyash* dan *seashell*.

Penelitian oleh Nagendra (2019) dengan judul *An Experimental Investigation On Properties Of Concrete By Partial Replacement Of Cement With Dolomite And Sand With Crushed Sea Shell*. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi sifat-sifat beton dengan penggantian semen parsial dengan bubuk dolomit bervariasi dari 0% hingga 10% dengan interval 2,5% dan agregat halus dengan bubuk kerang laut yang dihancurkan sekitar 20% sebagai konstan. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen di laboratorium. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen, dolomite, agregat halus, agregat kasar, air, seashell. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji tekan, uji tarik dan uji durabilitas. Dalam penelitian ini, bahan-bahan beton seperti semen dan agregat halus sebagian diganti oleh bubuk Dolomit dan kerang laut yang dihancurkan. Kerang laut yang dihancurkan tetap konstan karena 20% dan bubuk dolomit bervariasi dengan persentase yang berbeda seperti 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa : (a) penambahan bubuk kerang laut dalam campuran beton membutuhkan lebih banyak air dibandingkan dengan campuran konvensional; (b) pada 20% penggantian agregat halus oleh kerang laut dan 7,5% semen oleh dolomit menunjukkan kekuatan tekan yang lebih tinggi yaitu 48,66 Mpa dan sekitar 30,8% kekuatan tambahan yang diperoleh dibandingkan dengan kubus beton konvensional; (c) diamati bahwa, dari uji kuat tarik split, spesimen dicor dengan menggunakan 20% penggantian agregat halus oleh kerang laut dan 5% semen oleh dolomit yang menunjukkan kekuatan tinggi sekitar 3,67 MPa dibandingkan dengan beton konvensional dan sekitar 43,9% kekuatan tambahan diperoleh dibandingkan dengan kubus beton konvensional; (d) dari uji ketahanan seperti serangan asam dan

uji penetrasi klorida, Diamati bahwa spesimen yang dicor menggunakan dolomit 5% dan kerang laut 20% menunjukkan hasil yang lebih baik seperti kekuatan tinggi dalam uji asam sekitar 24,4Mpa, kedalaman penetrasi kurang sekitar 6,75 mm dan kurang penyerapan air dibandingkan dengan semua campuran lainnya; (e) bubuk dolomit maksimum sekitar 5% dan kerang laut yang dihancurkan sekitar 20% dapat dipertimbangkan dalam beton yang membantu dalam peningkatan sifat-sifat beton dalam aspek mekanik dan daya tahan dan (f) bahan-bahan seperti dolomit dan bubuk kerang dapat digunakan untuk memodifikasi sifat beton masing-masing sekitar 5% dan 20%.

Penelitian yang dilakukan oleh Alkhaly (2016) dengan judul studi eksperimen penggunaan abu ampas kopi sebagai material pengganti parsial semen pada pembuatan beton. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental di laboratorium. Abu ampas kopi digunakan sebagai material pengganti sebagian semen. Ampas kopi yang digunakan dibakar dalam furnace pada suhu 700°C dan kemudian diayak dengan saringan No. 200 (75  $\mu$ m). Material lain yang digunakan adalah kerikil berasal dari desa Krueng Sawang dan semen Andalas Tipe I. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi 150 mm x 300 mm dengan masing-masing variasi 5 buah benda uji. Kuat tekan rencana beton normal 20 MPa dengan fas 0,484. Pengujian kuat tekan dilakukan pada saat umur beton 56 hari.

Hasil pengujian berdasarkan persentase abu ampas kopi 5%, 10%, 15%, dan 25% terhadap volume semen didapat kuat tekan berturut-turut 26.085 MPa, 20.162 MPa, 20.080 MPa, dan 15.358 MPa. Sedangkan kuat tekan beton normal tanpa substitusi abu ampas kopi didapat sebesar 25,406 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa penggantian parsial abuampas kopi sebesar 5% terhadap semen dapat meningkatkan kuat tekan

sebesar 2,67% dari beton normal. Selanjutnya, pada substitusi 10% dan 15%, hasil kuat tekan masih memenuhi kuat tekan rencana ( $f_c'$ ).

Penelitian oleh Indrayani (2019) dengan judul *Fly Ash* sebagai Alternatif Pengganti Semen pada Beton Geopolimer Ramah Lingkungan. Beton geopolimer merupakan teknologi beton yang ramah lingkungan dimana bahan dasar dari beton tersebut bukan menggunakan semen, melainkan sisa pembakaran batu bara, yaitu abu terbang (*fly ash*), sehingga sisa pembakaran batu bara dapat dimanfaatkan karena *fly ash* yang tidak dimanfaatkan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Metoda yang dilakukan adalah pertama dengan menyiapkan material, pembuatan benda uji dan pengujian slump beton dan pengujian kuat tekan beton.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton normal pada umur 28 hari didapatkan nilai kuat tekan sebesar 232,59  $\text{kg/cm}^2$ , sedangkan pada beton geopolimer dengan perbandingan 1 : 1 pada umur 28 hari didapatkan kuat tekan sebesar 13,33  $\text{kg/cm}^2$ , jika dibandingkan dengan kekuatan beton normal maka nilai kuat tekan ini berada jauh dibawah kekuatan beton normal pada umur yang sama, sehingga beton geopolimer dengan perbandingan 1 : 1 tidak dapat digunakan sebagai pengganti beton normal. Hal ini didukung dengan penelitian yang telah dilakukan dan menyebutkan bahwa beton polimer dengan penambahan *fly ash* tidak menyebabkan perbedaan yang signifikan dengan beton norma. Kuat tekan beton geopolimer dengan perbandingan 3:1 pada umur 28 hari sebesar 237.78  $\text{kg/cm}^2$ , nilai kuat tekan ini lebih tinggi 2,18% dari kuat tekan beton normal pada umur yang sama, dari hasil ini maka beton geopolimer dengan perbandingan 3 : 1 dapat digunakan sebagai pengganti beton

normal. Sedangkan kuat tekan beton polimer dengan perbandingan 5 : 1 pada umur 28 hari sebesar 395,56 kg/cm<sup>2</sup>, nilai kuat tekan mengalami kenaikan sebesar 41,20% dari kuat tekan beton normal. Dari hasil yang ada maka semakin tinggi perbandingan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/ NaOH, maka kuat tekan beton geopolimer dengan menggunakan *fly ash* semakin tinggi, didukung pula oleh penelitian yang dilakukan sebelumnya bahwa semakin besar penambahan Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>/NaOH terhadap *fly ash* mengakibatkan penambahan kuat tekan walaupun penambahan yang dilakukan penelitian sebelumnya tidak signifikan. Suhu vulkanisasi dan bahan pengisi pati singkong modifikasi berpengaruh terhadap sifat mekanik vulkanisat seal radiator, meliputi kekerasan, tegangan putus, ketahanan sobek dan pampatan tetap. Perlakuan terbaik yang memenuhi persyaratan karet seal radiator komersil adalah Perlakuan suhu vulkanisasi 150 oC dan pati singkong modifikasi konsentrasi 45 dan 55 phr, dengan nilai kekerasan 65 Shore A dan 68 Shore A, tegangan putus 138 kg/cm<sup>2</sup> dan 142 kg/cm<sup>2</sup>, ketahanan sobek 38 kg/cm dan 43 kg/cm dan pampatan tetap 35,01% dan 33,6%.

Penelitian oleh Rahman (2018) dengan judul pengaruh abu sekam padi sebagai material pengganti semen pada campuran beton *self compacting concrete* (scc) terhadap kuat tekan dan porositas beton.

*Self Compacting Concrete* (SCC) merupakan suatu beton yang memiliki sifat kecairan yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa proses pemadatan atau hanya sedikit sekali memerlukan getaran untuk memadatkannya. Pengujian kuat tekan dan porositas dilakukan pada benda uji beton silinder ukuran 15 x 30 cm dengan variasi abu sekam padi sebagai material pengganti semen sebesar 0%, 6%, 9% dan 12%. Kuat tekan

dari beberapa penggunaan variasi abu sekam padi yang menghasilkan nilai 34,14 MPa; 25,09 MPa; 25,65 MPa dan 25,50 MPa dengan nilai porositas sebesar 0,43%; 1,27%; 1,23% dan 1,18%. Kuat tekan untuk penggunaan abu sekam padi pada variasi 9% menghasilkan diameter tertinggi sebesar 65,6 cm dengan nilai kuat tekan yang dihasilkan sebesar 25,65 MPa, dimana nilai tersebut masih belum memenuhi dibandingkan dengan beton konvensional. Pada porositas terjadinya peningkatan yang cukup besar pada variasi 9% dibandingkan dengan beton konvensional. Semakin cepat waktu mengalir campuran beton, maka tingkat ketahanan terhadap segregasi semakin kecil, karena semakin kecil tingkat ketahanan maka prosentase porositas yang terjadi semakin meningkat. Pada nilai porositas terkecil membutuhkan waktu dari beton untuk mengalir lebih cepat. *Passing ability* pada campuran beton masih kurang maksimal dikarenakan apabila dibandingkan dengan beton konvensional waktu alir masih lebih lambat walaupun memiliki selisih yang sedikit. Pada penggunaan abu sekam padi 0% dengan penambahan superplasticizer 1,20% menghasilkan waktu alir tercepat selama 0,54 detik dengan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 34,14 MPa dan nilai dari porositas sebesar 0,47% dibandingkan dengan hasil kuat tekan dan porositas pada penggunaan abu sekam padi yang lainnya. Penggunaan abu sekam padi pada saat pengujian masih dapat meningkatkan *passing ability*, tetapi ketika beton sudah mengeras pada umur 28 hari sifat dari abu sekam padi ini masih belum bisa menggantikan semen sehingga kuat tekan yang dihasilkan semakin turun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (a) desain proporsi campuran beton Self Compacting Concrete dengan penggunaan variasi abu sekam padi sebagai pengganti material semen yang maksimal adalah pada variasi 9% dengan nilai kuat tekan yang

dihasilkan sebesar 25,65 MPa dan porositas sebesar 0,18%; (b) pengaruh penggunaan beberapa variasi abu sekam padi dapat meningkatkan workability dan flowability yang menurut dari kriteria yang dijelaskan pada Efnarc 2002 dan ASTM C1621 sudah memenuhi. Peningkatan yang terjadi berpengaruh pada perubahan dari nilai porositas sebanyak 0,18%, tetapi dari penggunaan abu sekam padi sebesar 9% dengan penambahan superplasticizer 0,99% menurunkan nilai dari kuat tekan sebesar 25,65 MPa yang cukup jauh apabila dibandingkan dengan hasil kuat tekan pada beton konvensional sebesar 34,14 MPa.

Dari hasil studi literatur dari beberapa penelitian mengenai investigasi ekperimental material pengganti semen dalam campuran beton, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata material sebagai pengganti semen menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat lentur semakin meningkat sedangkan kuat terjadi penurunan, namun ada beberapa material yang mengakibatkan penurunan kuat tarik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Rahman (2018). Pengaruh Abu Sekam Padi Sebagai Material Pengganti Semen Pada Campuran Beton Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Kuat Tekan dan Porositas Beton. Jurnal Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Praveenraj (2018). *Experimental Investigation on Partial Replacement of Cement by Prosopis Juliflora Ash & Coarse Aggregate by Seashells*. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). ISSN: 2321-9653. Volume 6 Issue V, May 2018.

- Bharathi (2016). *Experimental Study On Partial Replacement Of Coarse Aggregate By Seashell & Partial Replacement Of Cement By Flyash*. International Journal of Latest Research in Engineering and Technology (IJLRET) ISSN: 2454-5031. Department of Civil Engineering, R.M.K.Engineering College, TamilNadu, India.
- Nagendra (2019). *An Experimental Investigation On Properties Of Concrete By Partial Replacement Of Cement With Dolomite And Sand With Crushed Sea Shell*. International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 8, Issue 10, October 2019. Issn 2277-8616.
- Alkhaly (2016). Studi Eksperimen Penggunaan Abu Ampas Kopi Sebagai *Material* Pengganti Parsial Semen Pada Pembuatan Beton. Teras Jurnal, Vol.6, No.2, September 2016. P-ISSN 2088-0561. E-ISSN 2502-1680. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Indrayani (2019). Fly Ash sebagai Alternatif Pengganti *Semen* pada Beton Geopolimer Ramah Lingkungan. Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia.

# STUDI KONSERVASI ZONASI CEKUNGAN AIR TANAH DAN INTRUSI AIR LAUT BALI UTARA DI PROVINSI BALI

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bali utara merupakan tujuan wisata alternatif setelah Bali Selatan yang mengalami pembangunan yang sangat pesat. Lokasi Pariwisata di Bali Utara antara lain, Daerah Pemuteran yang terletak di Barat Kab. Buleleng, Pantai Lovina yang terletak di Desa Kalibukbuk, yang merupakan daerah CAT Singaraja, dan Tejakula yang merupakan CAT Tejakula terletak di Timur Kab. Buleleng.

Salah satu tujuan yang sangat terkenal di Bali utara adalah Pantai Lovina. Pantai Lovina merupakan salah satu destinasi pariwisata di daerah Utara pulau Bali yang mengalami kemajuan secara pesat, terutama sarana fisik dan berbagai fasilitas dalam menunjang kegiatan sektor pariwisata yang menjadi andalan utama untuk pendapatan asli daerah (PAD).

**Pantai Lovina** atau Lovina terletak sekitar 9 Km sebelah barat kota Singaraja, ini merupakan salah satu objek wisata yang ada di Bali Utara. Wisatawan baik asing maupun lokal banyak yang berkunjung ke sana, selain untuk melihat pantainya yang masih alami, juga untuk melihat ikan lumba-lumba yang banyak terdapat di pantai ini. Dengan menyewa perahu nelayan setempat, kita dapat mendekati lumba-lumba. Berbagai penginapan mulai dari Inn hingga Cottages tersedia

dengan harga yang sangat terjangkau (sumber : [https://id.wikipedia.org/wiki/Pantai\\_Lovina](https://id.wikipedia.org/wiki/Pantai_Lovina)).

Perkembangan Pembangunan yang demikian pesat 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.

Konsekuensinya, degradasi air tanah di daerah tersebut terjadi, sehingga upaya pengelolaan air tanah perlu terus dilakukan agar degradasi secara terus menerus yang sangat merugikan tidak terjadi.

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, salah satu upaya pengelolaan air tanah di cekungan air tanah pada daerah Pantai Lovina yang merupakan bagian dari Cekungan Air Tanah (CAT) Singaraja menurut permen ESDM tahun 2011.

Setelah terjadinya gempa Seririt pada tahun 1976, daerah ini telah berkembang sejak tahun 1980 dan setiap tahun mengalami peningkatan pertumbuhan pembangunan vila dan penginapan. Seiring dengan meningkatnya pembangunan vila dan penginapan, berdampak pada adanya peningkatan kebutuhan air pada daerah tersebut. Sumber air untuk penginapan maupun villa di daerah Lovina berupa air yang berasal dari Perusahaan Air Minum (PAM) dan air sumur. Pada daerah ini masih dimungkinkan untuk dibuat sumur gali pada kedalaman sekitar 5 – 10 m dan sudah bisa mendapatkan air tawar seperti di Banjar Banyu Alit, Desa Kalibukbuk.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui , apakah kondisi geologi dan cekungan air tanah pada daerah penelitian, potensi akifer pada setiap Cekungan Air Tanah (CAT) di lokasi Penelitian. , Untuk mengetahui intrusi air laut di kawasan tersebut, menyusun zona konservasi air tanah,

meliputi zona perlindungan (zona resapan) dan pemanfaatan air tanah (zona aman, rawan, kritis dan rusak) pada daerah telitian.

Menilik air tanah dijumpai dalam jumlah dan kualitas yang dapat berbeda- beda antara satu tempat dan tempat lainnya, tergantung pada kondisi lingkungan setempat, Desertasi Studi Konservasi Zonasi Cekungan Air Tanah Dan Intrusi Air Laut Dengan Metode Geolistrik di di kawasan Lovina merupakan tindakan yang dinilai tepat untuk memahami ketersediaan air tanah di daerah ini serta mengetahui kualitas dan kuantitas potensi akuifer cekungan air tanah serta keberadaan intrusi di di Bali Utara khususnya di Kawasan Lovina dan sekitarnya agar pemanfaatan dan konservasi air tanah sebagai sumber air baku serta untuk pasokan air bersih dapat dilakukan secara optimal dan berkelanjutan.

Dengan metode Isotop didapatkan hasilnya daerah Matair sanih memiliki daerah recharge di ketinggian 1000-1300 m

## **1.2 Maksud :**

Untuk memberikan manfaat terhadap upaya konservasi air tanah sehingga akan dapat menjaga kelangsungan keberadaan Sumber Daya Air termasuk potensi yang terkandung di dalamnya, menjaga keberlangsungan daya dukung Sumber Daya Air, menjaga daya tampung air dan sumber air pada daerah Cekungan air Tanah (CAT).

## **1.3 Tujuan :**

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah untuk:

1. Untuk mengetahui , apakah kondisi geologi dan cekungan air tanah pada daerah penelelitian.
2. Untuk mengetahui , potensi akifer pada setiap Cekungan Air Tanah (CAT) di lokasi Penelitian.
3. Untuk mengetahui intrusi air laut di kawasan tersebut.

4. Untuk menyusun zona konservasi air tanah, meliputi zona perlindungan (zona resapan) dan pemanfaatan air tanah (zona aman, rawan, kritis dan rusak) pada daerah telitian.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat Studi Konservasi Zonasi Cekungan Air Tanah dan Intrusi Air Laut di Bali Utara ini diharapkan dapat menjadi bahan studi bagi kalangan akademis serta masyarakat yang memiliki perhatian di bidang air tanah. Adapun manfaat penelitian tersebut antara lain :

- 1) Menjaga keseimbangan antara pendayagunaan dan konservasi air tanah.
- 2) Sebagai acuan pembangunan daerah dalam mempersiapkan air baku, untuk memenuhi kebutuhan masyarakat setempat.
- 3) Meningkatkan pengetahuan dan kesadaran masyarakat (*public awareness*) dalam melestarikan alam dan lingkungan yang berkaitan dengan keseimbangan air tanah.
- 4) Sebagai acuan untuk menyusun konservasi air tanah di lokasi penelitian, mengingatkan mayoritas masyarakat bali mempergunakan air sebagai salah satu sarana keagamaan bahwa air sangat perlu dijaga dan dilestarikan sehingga keberlangsungan dan kearifan lokal tetap terjaga.

#### **1.5 Batasan Masalah**

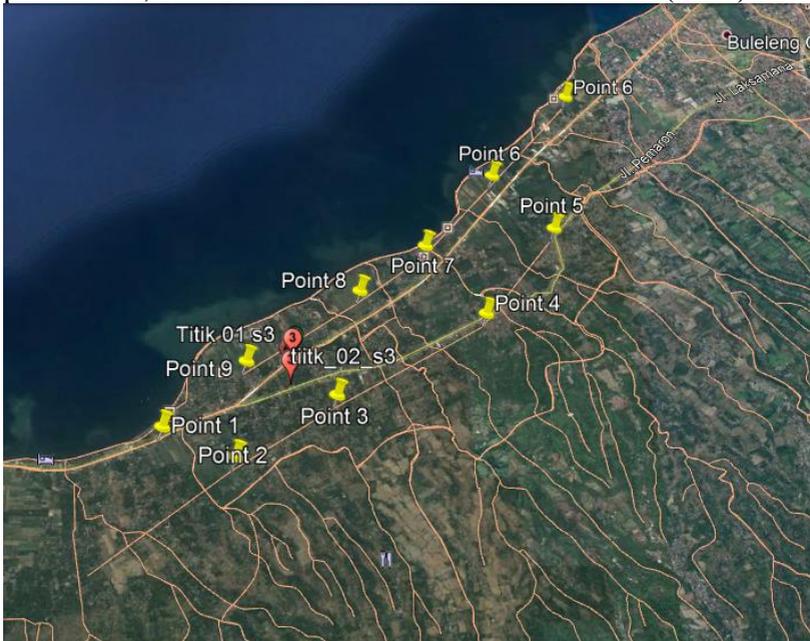
Manfaat penelitian Studi Konservasi Zonasi Cekungan Air Tanah dan Intrusi Air Laut Bali Utara Dengan Metode Geolistrik, Provinsi Bali, antara lain :

1. Untuk mengetahui kondisi air tanah di masing-masing cekungan air tanah pada daerah penelitian.
2. Meneliti cekungan air tanah yang ada di di Bali Utara dengan Metode Geolistrik.
3. Mengetahui intrusi air laut di Bali Utara.

4. Metode Konservasi untuk menjaga kondisi air tanah.

**1.6 Lokasi Penelitian (*Study Area*),**

Lokasi pelaksanaan kegiatan Studi Evaluasi Intrusi Air Laut di Bali Selatan adalah di Provinsi Bali bagian Selatan. Secara Morfologi daerah tersebut merupakan dataran dan perbukitan, dan didominasi oleh batuan limestone (karst).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

**2. TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1. Pengertian Air Tanah**

Kehidupan manusia tidak akan dapat melepaskan dari air tanah karena air tanah merupakan bagian dari sumber kehidupan manusia. Air tanah yang dimaksud adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan di

bawah permukaan tanah dan menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi sebagai salah satu sumber daya air.

*Danaryanto dkk (2005: 3)* bahwa air tanah tidak hanya untuk keperluan air minum dan rumah tangga yang jumlah kebutuhannya perkapita terbatas, tetapi juga digunakan untuk berbagai keperluan yang membutuhkan air banyak, seperti industri tekstil, bahkan air minum dalam kemasan yang diperdagangkan, air tanah menjadi komoditas ekonomi.

*Asdak, (2010)* menjelaskan bahwa air tanah adalah salah satu bentuk air yang berada di sekitar bumi kita dan terdapat di dalam tanah. Air tanah pada umumnya terdapat dalam lapisan tanah baik dari yang dekat dengan permukaan tanah sampai dengan yang jauh dari permukaan tanah. Air tanah ini merupakan salah satu sumber air, ada saatnya air tanah ini bersih tetapi terkadang keruh sampai kotor, tetapi pada umumnya terlihat air tanah terlihat jernih dan bebas dari pencemaran air karena berada dibawah tanah.

*Kodoatie, (2008)* menjelaskan bahwa Air tanah merupakan bagian air di alam yang terdapat di bawah permukaan tanah. Pembentukan air tanah mengikuti siklus peredaran air di bumi yang disebut daur hidrologi, yaitu proses alamiah yang berlangsung pada air di alam yang mengalami perpindahan tempat secara berurutan dan terus menerus

## **2.2 Macam-macam Air Tanah**

Menurut Kodoatie (2008) bahwa air tanah berdasarkan letaknya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Air tanah permukaan(freatik) adalah air tanah yang terdapat di atas lapisan tanah atau batuan yang tidak tembus air (impermeable), seperti air sumur, air sungai dan air danau

2. Air tanah dalam adalah air tanah yang terdapat di dalam lapisan tanah atau bebatuan yang tidak tembus air (impermeable) yang diperoleh melalui pengeboran, seperti sumur bor atau artesis.

Selanjutnya, menurut Kodoatie (2008) bahwa air tanah berdasarkan asalnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Air tanah yang berasal dari atmosfer disebut meteorik water, yaitu air tanah yang berasal dari hujan dan pencairan salju.
2. Air tanah yang berasal dari bumi, misalnya air tanah yang tersimpan dalam batuan sedimen atau air tanah turbid dan air tanah juvenile, yakni air tanah yang naik dari magma bila gas-gas dibebaskan melalui mata air panas.

### **2.3 Jenis Akuifer Air Tanah**

Berdasarkan litologinya *Hindarko (2002)* menjelaskan bahwa jenis akuifer dapat dibedakan menjadi, yaitu:

1. Akuifer Terkekang

Lapisan ini dibatasi oleh dua buah lapisan kedap air, dibawah dan diatasnya. Oleh karena itu, air tanah yang dikandungnya mengalami kekangan dan betekanan lebih besar dari tekanan udara luar/atmosfir.

Akuifer terkekang adalah lapisan rembes air yang mengandung kadungan air tanah yang bektekanan lebih besar dari tekanan udara bebas/atmosfir. Bagian bawah dan atas dari akuifer ini tersusun dari lapisan kedap air (biasanya tanah liat)

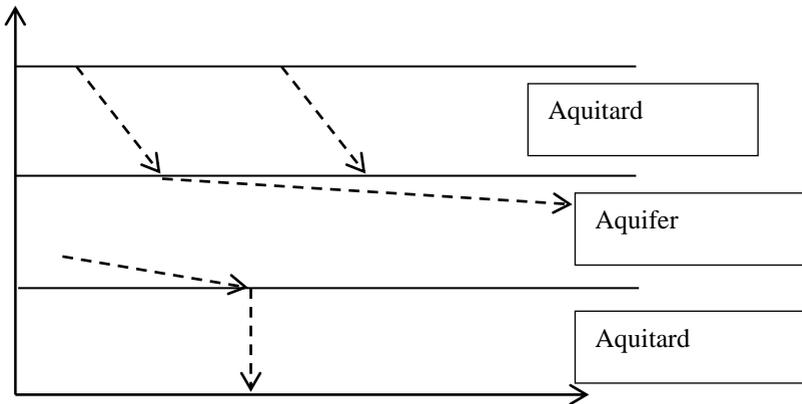
2. Akuifer Tak Terkekang

Lapisan ini hanya memiliki dasar lapisan kedap air tetapi disebelah atas muka air tanah ini tidak terdapat lapisan kedap air, sehingga memiliki muka air bertekanan sama

dengan udara luar/atmosfir (muka air “pneumatik”), yang tidak mengalami kekangan. Akuifer tak terkekang adalah muka air tanahnya sekaligus sebagai batas atas dari “zone of saturation” akuifer tersebut. Muka air ini tidak selalu datar tetapi melengkung sesuai dengan daerah tangkapan hujan, penyadapan oleh sumur bor dan permeabilitas akuifer itu sendiri.

## 2.4 Akuifer dan Aquitard

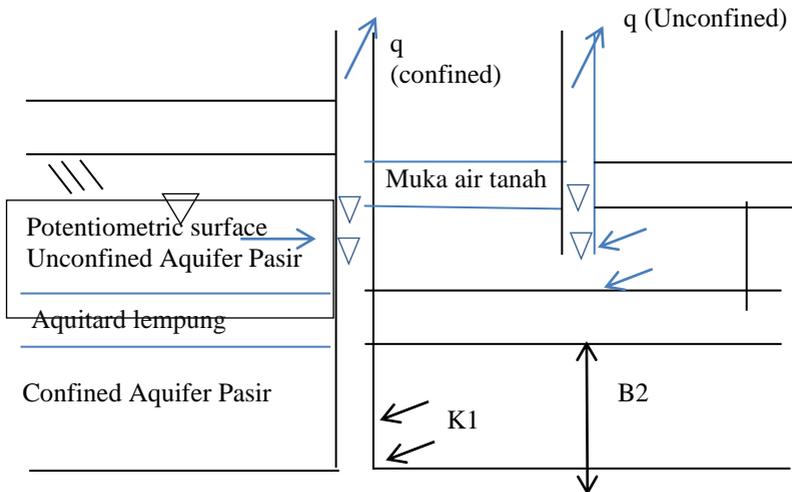
Akuifer didefinisikan sebagai lapisan tanah yang jenuh dan permeabel yang dapat mengalirkan air dalam jumlah besar, walaupun dengan gradient hidraulik yang wajar, yang umumnya adalah lapisan pasir. Aquitard didefinisikan sebagai lapisan yang jenuh air tetapi dengan permeabilitas yang sangat kecil sehingga sulit menghasilkan air dalam jumlah besar, yang umumnya adalah lapisan lempung. System aquitard dan akuifer dengan arah aliran masing – masing diperlihatkan pada gambar 25.



Gambar 2. Sistem akuifer- aquitard

### 2.4.1 Aquifer terkekang dan tidak terkekang (Confined and Unconfined Aquifer)

*Confined Aquifer* adalah aquifer yang terkekang di antara dua lapisan aquitard. *Unconfined aquifer* I sering disebut 'muka air tanah' adalah aquifer permukaan sehingga bebas dan tidak tertekan. Kedua jenis aquifer ini dijelaskan seperti pada Gambar 28



Gambar 3 *Confined dan Unconfined aquifer*

Pada confined aquifer, muka air pada suatu sumur galian dapat lebih tinggi dari permukaan lapisan aquifer tersebut. Sumur pada *confined aquifer* seperti ini disebut sumur artesis (artesian well). Permukaan air pada sumur artesis dapat lebih tinggi dari permukaan tanah karena tekanan artesis yang besar. Tekanan artesis yang besar ini disebabkan oleh sumber air yang jauh lebih tinggi, karena lapisan aquifer dapat berasal dari daerah pegunungan. Konsep tekanan air artesis ini dapat juga

dijelaskan sebagai bejana berhubungan dan bermuara pada sumber air yang lebih tinggi.

## 2.4.2 Transmisivitas dan Storativitas

Secara mendasar, ada enam parameter dasar yang diperlukan untuk menjelaskan aspek hidraulik dari aliran air tanah. Parameter tanah atau media porousnya adalah: porositas ( $n$ ), permeabilitas ( $k$ ) dan kompresibilitas ( $\alpha$ ). Parameter air atau fluida adalah: kerapatan air ( $\rho$ ), viskositas air ( $\mu$ ), dan kompresibilitas ( $\beta$ ). Parameter yang lain sering dipakai diturunkan dari enam parameter di atas seperti parameter hidraulik konduktivitas ( $K$ ), *Specific storage* ( $S_s$ ), Storativitas ( $S$ ) dan transivitas ( $T$ ). Nilai transivitas,  $T > 0,015 \text{ m}^2/\text{s}$ , menyatakan parameter akuifer yang baik untuk pengambilan air, sedangkan nilai storativitas,  $S$ , berkisar antara 0,005 dan 0,00005.

### 2.4.2.1 Specific Storage ( $S_s$ )

Specific storage ( $S_s$ ) didefinisikan sebagai volume air yang dikeluarkan oleh satu unit volume akuifer pada satu unit penurunan *head* hidraulik. Dua mekanisme terjadi yaitu : (a) pemampatan akuifer yang disebabkan oleh kenaikan tegangan efektif,  $\sigma_e$  oleh karenanya dikontrol oleh kompresibilitas  $\alpha$  dan (b) pengembangan air yang disebabkan oleh tekanan  $p$ , oleh karenanya dikontrol oleh kompresibilitas fluida,  $\beta$ .

Pertama, perhatikan pemampatan akuifer akibat kenaikan tekanan efektif. Volume air akibat pemampatan akuifer  $dV_w$  yang diakibatkan oleh penurunan volume akuifer sebesar  $dV_T$ , yaitu :

$$dV_w = -dV_T = \alpha V_T d\sigma_e$$

untuk kenaikan tekanan efektif,  $d\sigma_e = -\rho g dh$ , untuk unit volume  $V_T = 1$  dan penurunan head hidraulik,  $dh = -1$ , maka :

$$dV_w = \alpha \rho g$$

kedua, perhatikan volume air akibat pengembangan air akibat tekanan  $p$ , didapat :

$$dV_w = -\beta V_w dp$$

diketahui bahwa volume air  $V_w$  di dalam total volume  $V_T$  adalah  $nV_T$ , dan  $n$  adalah porositas. Asumsikan  $V_T = 1$  dan  $dp = \rho g dh$  ( $h-z$ ) =  $\rho g dh$  dan untuk  $dh = -1$ , persamaan di atas menjadi:

$$dV_w = \beta n \rho g$$

specific storage merupakan bagian gabungan persamaan :  $dV_w = \beta n \rho g + dV_w = \alpha \rho g$ , sehingga :

$$S_s = \rho g (\alpha + n\beta)$$

Mempunyai dimensi  $[L]^{-1}$

#### 2.4.2.2 Transimisivitas ( $T$ ) dan Storativitas ( $S$ )

Untuk sebuah confined aquifer setebal  $b$  yaitu  $b_1$  dan  $b_2$  untuk confined dan unconfined aquifer pada gambar 28, transimisivitas ( $T$ ) didefinisikan sebagai :

$$T = Kb$$

Storativitas didefinisikan sebagai :

$$S = S_s b \text{ atau } S = \rho g b (\alpha + n\beta)$$

#### 2.4.2.3 Aliran ke Sumur dan Respon terhadap Pemompaan

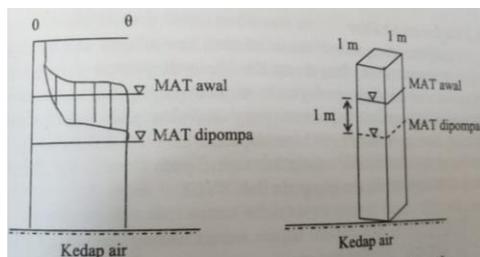
Pada waktu dilakukan pemompaan pada satu sumur maka air akan dipompa dari *storage*, muka air atau *head* hidraulik akan menurun, gradient vertical dan mungkin juga horizontal akan terbentuk menuju sumur dan air tanah akan mengalir ke arah sumur. Suatu pemompaan digambarkan seperti pada Gambar 26.

Pada Gambar 26 diperlihatkan dua keadaan sumur, yaitu *confined* dan *unconfined*. Pada sumur yang *unconfined*, berkuranya muka air tanah akibat pemompaan dan terjadi aliran air yang berasal pori tanah dan pori tanah akan diisi oleh udara. Pada sumur yang *confined*, terjadi penurunan potensiometrik muka air dan bukan muka air tanah, dan tidak ada material yang terdrainase.

Berdasarkan pengalaman di lapangan, lama waktu pemompaan berkisar antara 4 jam untuk tanah nerbutir kasar sampai 170 jam untuk lempung kelanauan atau rata – rata diperlukan 30 jam pemompaan untuk tanah pasir halus untuk mendapatkan penurunan muka air tanah yang diperlukan. Lama waktu pemompaan ini juga tergantung dari kapasitas pompa dan *draw down* yang diperlukan pada sumur uji dan sumur pantau.

#### 2.4.2.4 Sumber Air dari Pemompaan pada Unconfined Aquifer

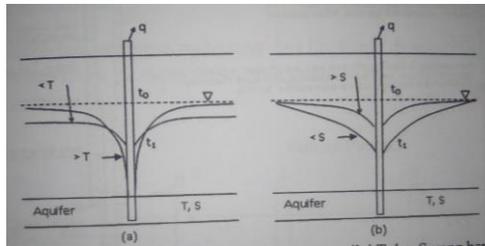
Air sesungguhnya terkandung di dalam pori tanah dan pada retakan batuan geologi. Pada suatu pemompaan pada sumur *unconfined*, air akan dikeluarkan dari storage, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5 Air dikeluarkan dari *storage* pada *unconfined aquife*

### 2.4.2.5 Pengaruh T dan S

Bentuk dari *drag draw down* dipengaruhi oleh rasio  $S/T$ . pengaruh  $S/T$  ini diperlihatkan seperti pada gambar 28, yang dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 6. Bentuk drawdown pada sumur dengan nilai  $T$  dan  $S$  yang berbeda.

- $T$  rendah, berarti lebih banyak air yang mengalir dari *storage* ke sumur, sehingga menimbulkan *drawdown* lebih besar.
- $T$  tinggi, berarti aliran air mengalir secara lebih efektif untuk luas yang lebih besar, mengakibatkan *drawdown* yang lebih kecil dibandingkan dengan  $T$  rendah.
- $S$  rendah, berarti aliran air yang lebih kecil dari *storage*, penurunan head mengalir lebih cepat karena pemompaan.
- $S$  tinggi, pada awalnya lebih banyak air mengalir dari *storage*, dan sangat kecil dari penurunan head apalagi pada jarak yang semakin jauh dari sumur.
- Transmissivity menyebabkan terjadinya penurunan muka air lebih besar daripada storativity.
- Kombinasi dari  $T$  dan  $S$ , misalnya  $T$  rendah dan  $S$  Rendah akan menyebabkan *drawdown* yang lebih besar.

### 2.3.3 Eksplorasi Akuifer

Penelitian atau survei untuk menentukan adanya akuifer dilakukan dengan beberapa cara. Survei akuifer dapat dinyatakan sebagai : *surface geological, sub-surface geological; surface geophysical dan sub-surface geophysical*. Sebagai contoh survei yang dilakukan pada daerah Kalibubuk, Singaraja, Bali pada tahun 1993 mendapatkan *bore-log* dari tes geolistrik dan pengeboran dan konstruksi sumur.

## 2.4 Aliran Tunak (Steady State) pada sumur

Respon dari pemompaan pada bahasan ini dianggap mengalir sebagai aliran tunak (steady state flow). Model tunak pada aliran sumur ini sangat sederhana dan mudah, namun mempunyai keterbatasan dalam penerapannya di lapangan.

Pertama, pada model perubahan karena perubahan waktu tidak dapat dievaluasi. Kedua, model ini tidak memperhitungkan storage atau parameter transien ( memang karena tunak. Selanjutnya, model ini menganggap terjadi gradient pada jarak tidak terbatas dari sumur, yang sesungguhnya gradien pada jarak tidak terbatas dari sumur seharusnya sangat kecil. Namun, model ini masih sering dipergunakan karena sangat mudah dan sederhana.

### 2.4.1 Aquifer Terkekang atau Confined Aquifer

Proses pemompaan yang ideal pada suatu akuifer Pada keadaan tunak, dapat ditulis secara matematis:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = 0 \text{ dan } Q = 2\pi r b \cdot K \frac{dh}{dr} \quad (9.9)$$

Dan  $2\pi r b$  adalah luas potongan melintang dari lingkaran di sekeliling sumur pada aquifer dari mana air mengalir ke arah sumur dan  $K \frac{dh}{dr} = q$  adalah fluks D'arcy ( $q$ )

Penyelesaian dari persamaan ini dilakukan dengan dua variabel, yaitu  $r$  dan  $h$ , sebagai berikut:  $\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi b K}{Q} \int_{h_1}^{h_2} dh$

Dengan boundary condition : apabila  $r = r_1$  maka  $h = h_1$  dan  $r = r_2$  maka  $h = h_2$ . Selesaikan persamaan integral dengan mensubstitusikan  $T = Kb$ , didapat :

$$T = \frac{Q}{2\pi(h_1 - h_2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

#### 5.4.2 Aquifer tidak terkekang atau Unconfined Aquifer

Suatu unconfined ideal digambar seperti pada Gambar 30.

$$A = 2\pi r \cdot h$$

$$q = K \frac{\partial h}{\partial r}$$

$$Q = 2\pi r h \cdot K \frac{\partial h}{\partial r}$$

Integralkan kedua suku dan dengan boundary condition sama seperti confined aquifer di atas, didapat :  $\int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{2\pi b K}{Q} \int_{h_1}^{h_2} h \partial h$

Penyelesaian integral ini menghasilkan :

$$K = \frac{Q}{\pi(h_1 - h_2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$

## 2.5 Aliran Transien pada sumur

### 2.5.1 Confined Aquifer

Persamaan aliran aquifer terkekang dalam 3-dimensi sudah dijelaskan pada bab VI:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( Kx \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( Ky \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( Kz \frac{\partial h}{\partial z} \right) = Ss \frac{\partial h}{\partial t}$$

Persamaan ini merupakan model umum dan penyelesaiannya memerlukan analisis numerik (tidak eksak), dan dapat dipakai

untuk menganalisis aliran pada kondisi heterogen-anisotropik. Persamaan ini sangat kompleks bagi praktisi dan memerlukan data yang banyak, karena itu persamaan ini perlu disederhanakan, sehingga tidak memerlukan data yang sulit.

Apabila suatu sumur dipompa keluar airnya, maka akan terjadi headdrop pada sumur yang yang harganya semakin mengecil pada jarak yang semakin jauh dari sumur. Head drop atau drawdown ini digambarkan pada Gambar 32. Penyederhanaan dari persamaan di atas dapat dilakukan dengan asumsi :

Tanah homogen  $K \neq f(x,y,z)$  dan isotropic ( $K = K_x = K_y = K_z$ ), anggapan tebal aquifer tetap sama, gradien hanya terjadi pada arah horizontal, aquifer dianggap terkekang sempurna, tidak ada aliran dari atas atau bawah. Pada awalnya  $h$  seragam, dan aquifer dianggap tidak terbatas.

Dengan anggapan di atas, maka persamaan menjadi lebih sederhana :

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{Ss}{K} \frac{\partial h}{\partial t}$$

### **Persamaan Aliran dalam Koordinat polar.**

Persamaan aliran kontinu seperti persamaan aliran 3D dalam koordinat kartesian. Sedangkan aliran air ke dalam sumur adalah aliran polar, karena itu persamaan aliran kontinu tersebut harus dikonversi ke dalam sistem koordinat polar.

Persamaan perubahan aliran dalam koordinat kartesian adalah:

$$\nabla \cdot qx = \frac{\partial}{\partial x} (qx)$$

$$\nabla \cdot qx = \frac{\partial}{\partial x} \left( Kx \frac{\partial h}{\partial x} \right)$$

Persamaan perubahan aliran per unit lengkung dalam koordinat polar adalah :

$$\nabla \cdot qx = \frac{1}{r} \left( \frac{\partial}{\partial r} rqr \right)$$

$$\nabla \cdot qx = -\frac{1}{r} \left( \frac{\partial}{\partial r} rKr \frac{\partial h}{\partial r} \right)$$

Persamaan dapat diselesaikan sebagai berikut:

$$\nabla \cdot qx = -\frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial r} \left( Kr \frac{\partial h}{\partial r} \right) - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( Kr \frac{\partial h}{\partial r} \right)$$

$$\nabla \cdot qx = -\frac{Kr}{r} \frac{\partial h}{\partial r} - \frac{\partial}{\partial r} \left( Kr \frac{\partial h}{\partial r} \right)$$

Konversi persamaan kontinuitas dari koordinat kartesian ke koordinat polar menghasilkan:

$$Kr \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{Kr}{r} \frac{\partial h}{\partial r} + Kz \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = Ss \frac{\partial h}{\partial t}$$

Untuk aquifer terkekang,  $T = Kb$  dan  $S = Ssb$ , sehingga persamaan dalam koordinat radial sudah mencukupi, seperti :

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

Persamaan diferensial parsial ini diselesaikan dengan melakukan integral untuk mendapatkan  $h = f(r,t)$ , diperlukan dua boundary condition untuk  $r$ , dan satu inisial condition  $h = t = 0$ . Dengan kata lain, pada jarak tidak terbatas dari sumur tidak akan terjadi drawdown pada setiap waktu, dan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\lim_{r \rightarrow 0} 2\pi rT \frac{\partial h}{\partial r} = Q = \text{konstan}$$

Penyelesaian dari persamaan ini menghasilkan Solusi Theis (1935):

$$h_0 - h(r,t) = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^{-s} \frac{-u}{u} du ;$$

$$h_0 - h(r,t) = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \text{ dengan } u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

dan :

Q = laju pemompaan (m<sup>3</sup>/s)

T = transmisivitas (m<sup>2</sup>/s)

S = storativitas (tanpa dimensi)

r = radius menjauh dari sumur (m)

t = waktu (detik)

### 2.5.2.1 Model Theis dengan plot $W(u)$ versus $\log 1/u$

Penyelesain Theis (1935) untuk aliran radial pada infinite couple homogeny aquifer dengan mendapatkan drawdown bermanfaat untuk mengestimasi parameter aquifer T dan S, atau menganalisis “Puming Test” , mengestimasi drawdown pada kawasan dari sumur dan waktu, apabila Q diketahui atau mengestimasi besar realistik Q apabila diberi batasan pada penurunan muka air sumur  $h_0-h$  pada jarak tertentu dari sumur.

## 3. METODE

Membahas metoda pengambilan data, metode analisis laboratorium, atau metode pengolahan data lainnya.

### 3.1 PENDEKATAN METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah menggunakan metode Pengukuran Geolistrik dan pengambilan sampel air pada sumur bor produksi maupun pada sumur pantau yang ada.

### 3.1.1 Teori Tentang Penyelidikan Geolistrik

Prinsip dasar dalam melakukan penyelidikan intrusi air laut dengan menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis batuan dimaksudkan adalah untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan, ketebalan lapisan pembawa air/akifer yang terkena intrusi air laut berdasarkan variasi harga tahanan jenis batumannya.

### 3.1.2 Teori Dasar Metode Geolistrik Tahanan Jenis

Teori utama dalam metoda resistivity sesuai dengan hukum Ohm yaitu arus yang mengalir ( $I$ ) pada suatu medium sebanding dengan voltage ( $V$ ) yang terukur dan berbanding terbalik dengan resistansi ( $R$ ) medium. Perumusan untuk menghitung besarnya nilai tahanan jenis semu ( $\rho_a$ ) menurut aturan Schlumberger adalah sebagai berikut:

$$\rho_a = \frac{K V}{I}$$

dimana :

$\rho_a$  = Tahanan jenis semu batuan (Ohm -Meter)

$K$  = Konstanta geometri.

$V$  = Beda Potensial yang diukur (Volt)

$I$  = Kuat arus yang dikeluarkan (Amper)

$A - B$  = Jarak antara 2 buah elektroda arus (Meter)

$M - N$  = Jarak antara 2 buah elektroda potensial (Meter).

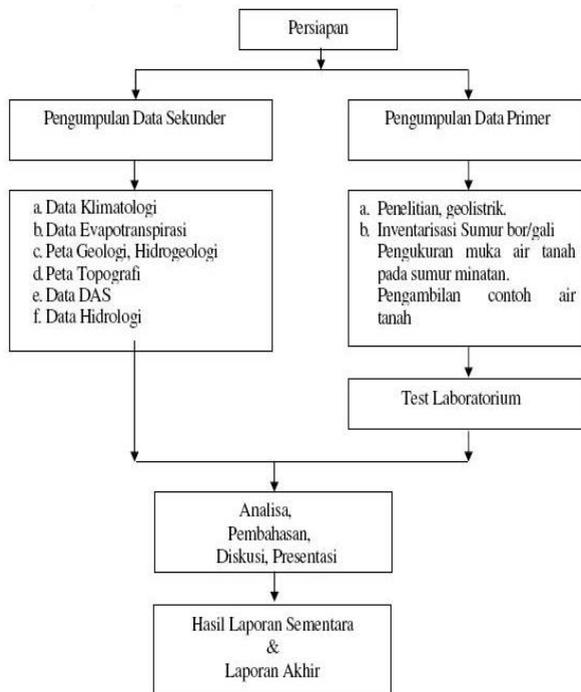
### 3.1.3 Pendekatan Metodologi Pelaksanaan

Ada atau tidak adanya lapisan pembawa air atau akuifer didaerah penyelidikan, hal ini tergantung dari hasil

## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN

penelitian berdasarkan pendugaan/interpretasi geolistrik yang pada prinsipnya sesuai dengan azas stratigrafi yaitu menghubungkan nilai-nilai tahanan jenis batuan yang relatif sama sehingga merupakan suatu perlapisan batuan/akuifer yang sejenis (sistem ruang antar butir).

Adapun urutan-urutan dalam pelaksanaan kegiatan pekerjaan penelitian ini dapat di lihat pada skema / sistematika berikut ini:

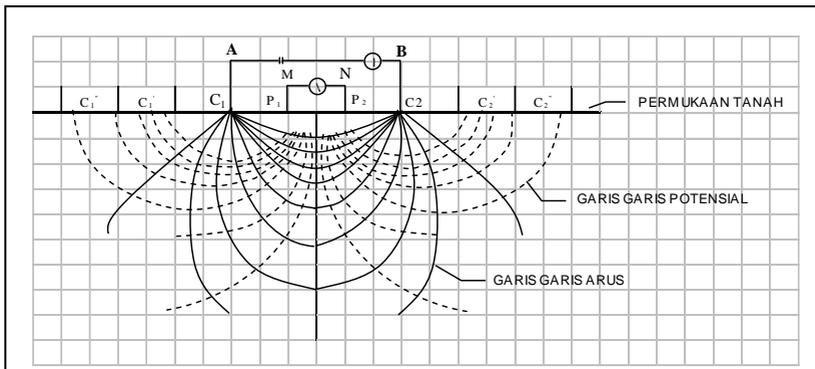


Gambar : Diagram alir studi Konservasi dan Intrusi Laut Bali Utara

### 3.2.2 Penyelidikan Geolistrik

#### 1. Metode Pelaksanaan Penyelidikan Geolistrik

Sistim pengukuran yang digunakan dalam penelitian geolistrik ini adalah sistim *Schlumberger*, dimana elektroda arus mempunyai jarak yang lebih besar dibanding elektroda potensial dengan panjang bentangan kabel yang disesuaikan dengan kondisi lapangan.



Gambar.2 Perumusan untuk menghitung besarnya nilai tahanan jenis semu ( $\rho_a$ ) menurut aturan Schlumberger

Perumusan untuk menghitung besarnya nilai tahanan jenis semu ( $\rho_a$ ) menurut aturan Schlumberger adalah sebagai berikut:  $\rho_a = K \times V / I$

dimana :

$\rho_a$  = Tahanan jenis semu batuan ( Ohm -Meter)

K = Konstanta geometri.

V = Beda Potensial yang diukur ( Volt)

I = Kuat arus yang dikeluarkan ( Ampere)

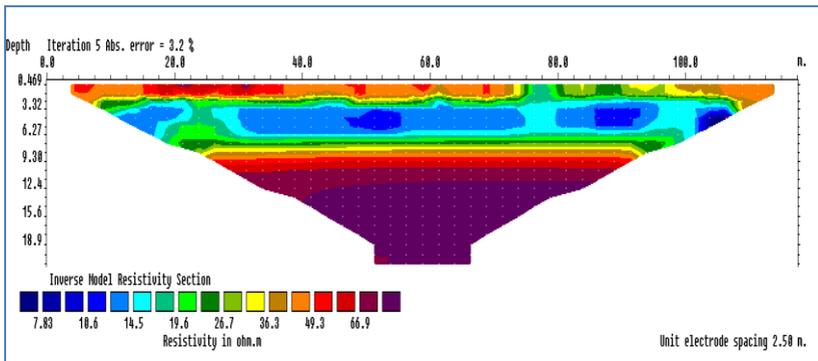
A - B = Jarak antara 2 buah elektroda arus ( Meter)

M - N = Jarak antara 2 buah elektroda potensial (Meter ).

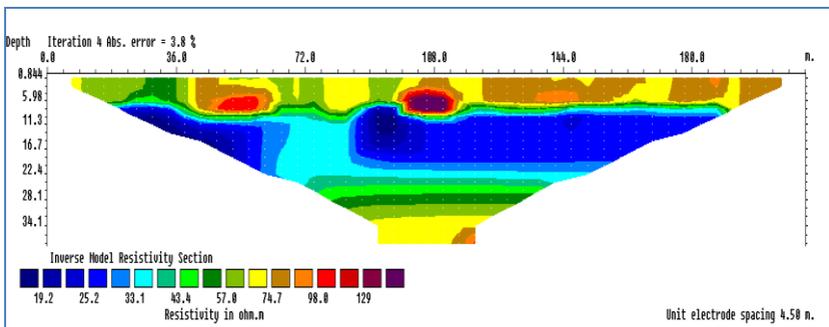
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran Geolistrik yang dilakukan di lapangan maka dapat diperoleh :

- Hasil Pengukuran Geolistrik Di Daerah Lovina, Br. Banyualit, Desa Kalibukbuk, Kecamatan Buleleng, Kabupaten Buleleng

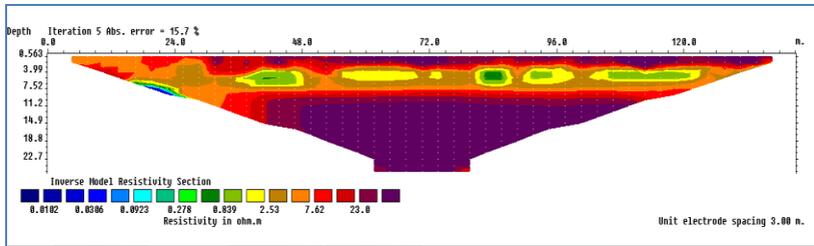


Gambar 1. Penampang hasil pengukuran Geolistrik Di Daerah Lovina, Br. Banyualit, Desa Kalibukbuk, Kecamatan Buleleng, Kabupaten Buleleng.

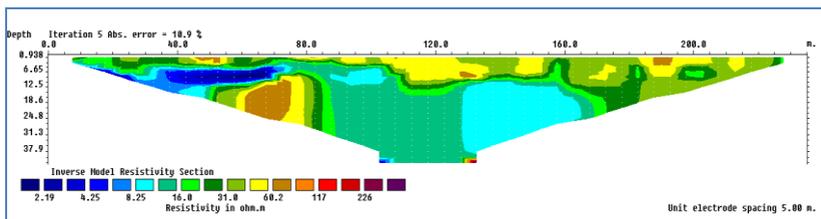


Gambar 2. Penampang Geolistrik Di Daerah Lovina, Br. Banyualit, Desa Kalibukbuk, terlihat air berwarna biru pada kedalaman 5 m – 16,9 m.

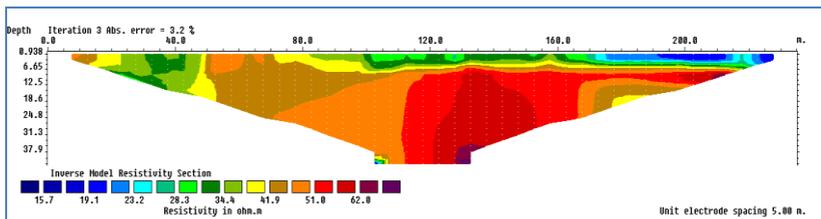
## PROYEK INFRASTRUKTUR RAMAH LINGKUNGAN



Gambar 3. Penampang Geolistrik Di Daerah Lovina, Br. Banyualit, Desa Kalibukbuk, terlihat bahwa ada indikasi terjadi intrusi air laut pada kedalaman 7 m – 11 m. Hal tersebut bisa dilihat dengan nilai tahanan jenis 0.0102 saapai 0.839 ohm m.



Gambar 4. Penampang Geolistrik Di Daerah Lovina, Br. Banyualit, Desa Kalibukbuk, muka air tanah dangkal hali ini bisa dilihat dari nilai tahanan jenis dengan nilai 2,19 sampai 16.0 ohm m dengan kedalaman 37,9 m.



Gambar 5. Penampang Geolistrik Di Daerah Lovina, Br. Banyualit, Desa Kalibukbuk

**5. KESIMPULAN (*CONCLUSION*)**

Selama kegiatan pengukuran geolistrik dan pengambilan sampel air dapat lihat nilai tahanan jenis atau Resistivitynya memiliki nilai tahanan jenis yang beragam tapi nilai ini tidak cukup untuk menentukan apakah lokasi tersebut sudah terkena dampak Intrusi air laut atau tidak dan perlu pengambilan data titik geolistrik yang lebih banyak sehingga intepretasinya menjadi lebih akurat.

## TENTANG PENULIS



**Dr. Ir. I Wayan Muka, ST. MT.**  
Lahir di Badung 15 Maret 1971. Pendidikan yang ditempuh; SDN 5 Benoa tahun 1979, SMPN 2 Kuta tahun 1985, SMAN 3 Denpasar tahun 1988, S1 Teknik Sipil Universitas Udayana tahun 1991, S2 Magister Teknik Sipil Universitas Udayana tahun 2004, S3 Doktor Teknik Sipil Universitas Diponegoro

Semarang tahun 2010, Program Profesi Insinyur Universitas Udayana 2018. Pengalaman Kerja dibidang keinsinyuran; Pelaksana Proyek PT. Calista Raya Abadi 1997-1998, Site Manajer Proyek PT. Tirta Kencana Luhur Utama 1999-2000, Direktur CV. Dwiyan Jaya 2001-2004, Direktur Utama PT. Dwiyan Jaya Utama 2005-sekarang. Dibidang Akademik sebagai Dosen tetap pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia 2007-sekarang. Jabatan di Universitas Hindu Indonesia; Koordinator pengembangan Fakultas Teknik UNHI tahun 2007, Dekan Fakultas Teknik UNHI 2008-2018, Wakil Rektor 3 UNHI 2018-2022. Di Bidang Organisasi Kemasyarakatan; Ketua LPM Kelurahan Benoa 2011-2017, Ketua Asosiasi DPC LPM Kuta Selatan 2015-2020. Di Bidang Profesi Insinyur sebagai Wakil Ketua DPW PII Bali 2015-2021, Ahli Madya Pengadaan Nasional, Anggota Ikatan Ahli Manajemen Konstruksi Indonesia (IAMPI). Penelitian Ilmiah dan artikel yang pernah ditulis; 1) Penyelesaian sengketa konstruksi ditinjau dari aspek hukum, 2) Optimasi penggunaan modal kerja perusahaan properti, 3)

Model manajemen risiko perusahaan kontraktor, 4) Risk management the property development process in Netherlands, 5) Model for vulnerability and risk manajement property development, 6) Property development risk:case study in Indonesia, 7) Property development risk analysis Mandalika Resort Lombok tourism area



**Ida Ayu Putu Sri Mahapatni, ST., MT.**, lahir di Tabanan pada tanggal 19 Oktober 1969. Pendidikan S1 di Fakultas Teknik Universitas Warmadewa dan pendidikan S2 di Fakultas Teknik Universitas Udayana. Sampai saat ini, penulis masih aktif mengajar di Fakultas Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia. Penulis sebagai pengampu mata kuliah Manajemen Proyek, Rencana Anggaran Biaya, Manajemen Proyek Lanjutan, dan Akuntansi Biaya Proyek. Selain mengajar, penulis aktif meneliti, menulis artikel dan juga menghasilkan buku. Artikel yang berjudul Kompleksitas Masalah Sosial Transportasi di Kota Denpasar, dalam buku yang berjudul “Bali dalam Narasi “. Kemudian artikel tentang Eksistensi Penerapan *Telajakan* di Desa Pakraman Cengkilung, Peguyangan Kangin Denpasar Utara dalam buku “Permukiman yang Harmonis” . Serta buku untuk bahan ajar yang diterbitkan oleh UNHI Press dengan judul “ Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi”.



**Made Novia Indriani, ST., MT.,** lahir di Denpasar, pada tanggal 16 November 1977, menyelesaikan Magister Teknik Sipil Manajemen Proyek Konstruksi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Tahun 2003, dan kini sedang menempuh Studi Program Doktor Ilmu Teknik Universitas Udayana Bali sejak Tahun 2017. Selain sebagai Dosen Fakultas Teknik Sipil Unhi, juga sebagai peneliti, pemakalah dalam seminar nasional dan Internasional serta penulis beberapa buku antara lain buku “*Metode-metode*

*Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan*” yang merupakan luaran hasil dari hibah penulisan buku ajar dari Ritekdikti tahun 2018, serta menulis sebuah narasi tentang Restorasi Sebagai Upaya Pelestarian Bangunan Pura di dalam buku “Bali Dalam Narasi”, kemudian buku-buku yang diterbitkan oleh Unhi Press dengan judul “Eksistensi Kearifan Lokal Hindu Bali Di Era Globalisasi (Arsitektur Bali dan Subak Kota Denpasar)” serta menulis artikel tentang Makna Kultural Bale Jineng dalam buku “Permukiman yang Harmonis”



**I NYOMAN SUTA WIDNYANA, ST.,MT.**, lahir di Denpasar, pada tanggal 26 Oktober 1978, menyelesaikan Program Magister Teknik Sipil Konsentrasi Struktur di Universitas Udayana (Unud) Bali Tahun 2008 dan kini sedang menempuh studi Program Doktor Ilmu Teknik di universitas yang sama yaitu di Universitas Udayana

(Unud) Bali sejak Tahun

2018. Selain sebagai Dosen Fakultas Teknik Sipil di Universitas Hindu Indonesia, penulis juga aktif sebagai peneliti. Penulis mempunyai pengalaman mengajar Mata Kuliah Struktur Beton Bertulang, Struktur Kayu, Pemrogram Komputer, serta mata kuliah yang berkaitan dengan bidang teknik sipil



**Ida Bagus Wirahaji, ST., S.Ag., M.Si., MT.**, lahir di Denpasar, Senin 10 Januari 1966. Alamat Jl. Imam Bonjol No. 107 Denpasar. Tamat Sekolah Dasar No. 20 Denpasar pada tahun 1980. Tamat sekolah menengah SMP II Denpasar 1983. Tamat sekolah menengah atas SMA II Denpasar tahun 1986. Tamat S1 Teknik Sipil Unud 1995. Tamat S1 Ilmu Agama Unhi 2003. Tamat S2 Agama dan Budaya Unhi 2007. Tamat S2 Teknik

Sipil Unud 2013.

Tahun 1993 bekerja pada konsultan supervisi pada pengawasan proyek jalan Terminal Cargo Tahap V Denpasar. Tahun 1995-

1997 bekerja pada kontraktor PT Tunas Jaya Sanur. Tahun 1997-2017 bekerja pada konsultan supervisi pada pengawasan proyek-proyek jalan Kabupaten, Provinsi, dan Nasional di Bali. Tahun 1995 menjadi tenaga pengajar pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia sampai sekarang. Sebagai pengampu mata kuliah: Perenc Geometrik Jalan, Konst Perkerasan Jalan, Sistem Transportasi, Rekayasa Lalu Lintas, dan Manajemen Lalu Lintas. Tahun 2008-2012 menulis artikel tentang jalan pada majalah Sabda dan Jurnal Widya Teknik Unhi. Tahun 2013 menulis artikel jalan pada Jurnal Teknik Sipil Unud. Tahun 2014 – 2019 menulis artikel tentang transportasi pada majalah Widya Teknik UNHI.



**A. A. Ayu Made Cahaya Wardani, ST., MT.** Lahir di Badung pada tanggal 17 Oktober 1974. Pendidikan dari SD sampai SMP dilaksanakan di Denpasar, pada tahun 1992 melanjutkan studi di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana yang diselesaikan pada tahun 1999. Setelah lulus bekerja sebagai karyawan swasta bidang konstruksi dan pada tahun 2001 sampai tahun 2003 melanjutkan Pendidikan S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sambil tetap bekerja di bidang konstruksi. Pada tahun 2005 diterima sebagai Dosen PNS dpk pada Akademi Teknik Bima. Pada tahun 2013 pindah home base sebagai Dosen PNS dpk pada Universitas Hindu Indonesia. Pada saat ini sedang melanjutkan studi S3 pada Program Doktor Ilmu Teknik, Fakultas Teknik Universitas Udayana Denpasar.



**I Putu Laintarawan, ST, MT.,** lahir di Nusa Penida, 29 Juli 1977. Pendidikan SMA di SMAN 1 Denpasar. Pada tahun 1996 melanjutkan studi S1 di Program Studi Teknik Sipil Universitas Udayana. Pada tahun 2003 melanjutkan studi S2 Magister Teknik Sipil Universitas Udayana. Setelah selesai studi, dilanjutkan bekerja sebagai profesional sebagai konstruktor untuk beberapa proyek pemerintahan maupun swasta. Tahun 2007 diterima sebagai Dosen di Universitas Hindu Indonesia pada Program Studi Teknik Sipil UNHI Denpasar sampai sekarang. Tahun 2007 – Sekarang menjadi tenaga pengajar di Program Studi Teknik Sipil bidang Struktur dengan mata kuliah : Metode Elemen Hingga, Teknik Jembatan, Teknik Gempa, Mekanika Bahan, Ilmu Bahan, Beton Prategang dan Perancangan Struktur. Tahun 2012-2018 sebagai Kepala Laboratorium Teknik Sipil UNHI, Tahun 2018-sekarang sebagai Wakil Dekan FT UNHI.



**Ketut Agus Karmadi, ST., MBA., MT.** Lahir di Singaraja, 21 Agustus 1970. Pendidikan yang ditempuh; SDN 1 Bengkel tahun 1977, SMPN 1 Busungbiu, Singaraja tahun 1983, SMAN 1 Singaraja tahun 1986, S1 Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Yogyakarta tahun 1990, S2 Master of Bussiness Administration, Saint John Management University tahun 1999, S2 Magister Teknik Sipil, Universitas Udayana tahun 2013, Program S3 Doktor Teknik Sipil Universitas Udayana tahun 2017.