

ISBN 978-602-60122-0-3



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK 2016

TANTANGAN PERCEPATAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR
DI INDONESIA BERWAWASAN LINGKUNGAN

28 Juli 2016, Werdhapura Sanur, Denpasar - Bali

Penerbit :
Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia,
Denpasar, 2016

ISBN : 978-602-60122-0-3



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK 2016

**TANTANGAN PERCEPATAN
PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR DI INDONESIA
BERWAWASAN LINGKUNGAN**

28 Juli 2016, Werdhapura Sanur, Denpasar – Bali

**Penerbit:
Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia,
Denpasar, 2016**

Editor :

1. Dr. Ir. Nyoman Yudha Astana, MT.
2. Dr. A.A. Gede Yana, ST., MT.
3. Dr. I Wayan Muka, ST., MT.

**SEMINAR NASIONAL TEKNIK 2016
TANTANGAN PERCEPATAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR
DI INDONESIA BERWAWASAN LINGKUNGAN**

Oleh : **Kerjasama Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia dan Fakultas
Teknik Universitas Mahasaraswati Denpasar**

Copyright © 2016 pada **FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HINDU INDONESIA**
Dilarang mengutip, menjiplak, memfotokopi sebagian atau
seluruhnya isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit

HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Rencana Kulit : **I Gede Surespayuki Widiarsa Gelgel**
Layout : **I Putu Laintarawan, ST., MT.**
Diterbitkan Oleh : **Fakultas Teknik, Universitas Hindu Indonesia
Jalan Sangalangit, Tembau-Penatih, Denpasar Bali
Telp. (0361) 464700/ 464800 Ext. 304
Email : semnas2016ft@gmail.com**

KATA PENGANTAR

Seminar Nasional Teknik 2016 dengan tema utama “**Tantangan Percepatan Pembangunan Infrastruktur di Indonesia Berwawasan Lingkungan**” berupaya mengakomodasikan pemikiran berbagai baik akademis, praktisi dan birokrat meliputi bidang-bidang : pengembangan infrastruktur sumber daya air, transportasi, geoteknik, struktur, material konstruksi, manajemen konstruksi, dan lingkungan. Seminar ini bertujuan sebagai media komunikasi ilmiah dalam ranah keilmuan, khususnya bidang Teknik Sipil. Seminar ini diharapkan menjadi wadah dialog untuk membangun pengembangan infrastruktur sumber daya air di Indonesia. Dengan demikian, seminar ini bisa menjadi katalisator bagi munculnya pemikiran secara terpadu dan komprehensif dalam pengembangan sumber daya air di Indonesia.

Produk akhir dari kegiatan seminar nasional ini akan dipublikasikan dalam bentuk buku prosiding ber ISBN. Pemakalah yang hadir dalam Seminar Nasional Teknik 2016 berasal dari berbagai institusi perguruan tinggi meliputi: Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang, Politeknik Negeri Bali, Universitas Narotama, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Universitas Hindu Indonesia (UNHI). Ucapan terimakasih disampaikan sebesar-besarnya kepada *keynote speaker*, pemakalah, dan peserta Seminar Nasional Teknik 2016 atas kerjasama dan partisipasinya sehingga kegiatan seminar nasional ini dapat berlangsung dengan baik dan lancar.

Akhir Kata, seminar ini ke depannya diharapkan terus berlangsung sebagai agenda tetap untuk menjembatani komunikasi ilmiah antar praktisi, akademis dan pemerhati masalah Infrastruktur di Indonesia.

Pembahas,
Team Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia

DAFTAR ISI

Cover Dalam	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii

Halaman

ANALISIS RISIKO PENGEMBANGAN PROPERTI PADA KAWASAN PARIWISATA MANDALIKA RESORT LOMBOK I Wayan Muka dan Agung Wibowo	1
KONSEP PERENCANAAN INFRASTRUKTUR BERWAWASAN LINGKUNGAN I Made Letra.....	13
HUBUNGAN ARSITEKTUR DAN LINGKUNGAN PADA PERWUJUDAN RUMAH TINGGAL TRADISIONAL DI DESA PENGOTAN, BANGLI I Kadek Merta Wijaya.....	21
PENGARUH MENGEMBANG ATAU MENYUSUT LEMPUNG DENGAN PENAMBAHAN ABU BATU PADAS TERHADAP KUAT TEKAN I Ketut Sutapa, Ida Bagus Wirahaji	33
PENGARUH PENAMBAHAN SEMEN PORTLAND TERHADAP NILAI CBR TANAH DASAR RUAS JALAN SIMPANG KEROBOKAN – SIMPANG MUNGGU BADUNG Made Novia Indriani dan I.B Wirahaji	47
PENGEMBANGAN TEKNOLOGI LUBANG RESAPAN BIOPORI DI KELURAHAN LEGIAN, KECAMATAN KUTA AAA Cahaya Wardani	76
PENGELOLAAN RISIKO DALAM PENERAPAN MANAJEMEN KOMUNIKASI PADA PROYEK KONSTRUKSI BANGUNAN TINGKAT TINGGI UNTUK MENCEGAH KETERLAMBATAN WAKTU PELAKSANAAN Dewa Ayu Nyoman Ardi Utami	88
PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR JALAN DAN GEDUNG KE ARAH VERTIKAL SEBAGAI WUJUD PEMBANGUNAN YANG RAMAH LINGKUNGAN. Suatu Kajian Batas Kesucian terhadap Konsep Rumah Susun dan <i>Fly Over</i> di Bali. I Made Sastra Wibawa.....	98
PERBANDINGAN KUAT TEKAN BATAKO SESUAI SNI 03-0348-1989 DENGAN DAN TANPA PERAWATAN I Nyoman Suta Widnyana, I Nyoman Adiana	108

SUMBER DAYA MANUSIA BIDANG KONSTRUKSI DAN KETEKNIKAN LAINNYA DI INDONESIA. FAKTA EMPIRIS, PELUANG, DAN TANTANGAN Bambang Endroyo	142
RELEVANSI KONSEP PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN TERHADAP PEMANFAATAN LAHAN DI KOTA DENPASAR Tjokorda Istri Praganingrum, Ida Bagus Suryatmaja	146
PENERAPAN MANAJEMEN MUTU TERPADU PADA PERUSAHAAN KONTRAKTOR DI KABUPATEN BADUNG Ida Ayu Putu Sri Mahapatni	156
ANALISA FAKTOR PENYEBAB PEKERJAAN ULANG PADA PROYEK KONSTRUKSI DI KOTA MALANG Kusnul Prianto	166
PENGARUH PROPERTIES MATERIAL AGREGAT PENYUSUN CAMPURAN CEMENT TREATED BASE TERHADAP KUAT TEKAN Ida Bagus Wirahaji, I Putu Laintarawan dan I Ketut Gede Dwija Astawa	180

ANALISIS PENAMBAHAN SEMEN PORTLAND TERHADAP NILAI CBR TANAH DASAR RUAS JALAN SIMPANG KEROBOKAN – SIMPANG MUNGGU BADUNG

Made Novia Indriani dan I.B Wirahaji

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia

Email : madenovia@gmail.com

ABSTRAK

Pekerjaan tanah dasar merupakan pekerjaan pertama yang harus dikerjakan pada proyek pembangunan konstruksi jalan. Tanah dasar merupakan bagian terpenting pada konstruksi jalan karena bagian ini berfungsi sebagai penahan beban lalu lintas terbesar. Apabila tanah dasar memiliki daya dukung yang buruk maka akan mengakibatkan konstruksi perkerasan jalan mudah rusak. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan cara stabilisasi. Stabilisasi adalah cara memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan suatu bahan tambahan tertentu yang biasa disebut *additif*. Salah satu stabilisasi dalam usaha perbaikan tanah adalah mencampur tanah lempung dengan semen.

Penelitian kuantitatif eksperimen ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah asli dan mengetahui berapa penambahan semen agar mencapai nilai CBR minimum 6%. Penambahan semen menggunakan variasi campuran dengan persentase: 0%, 5%, 10%, 15% dan proses perendaman yang dilakukan selama 2 hari. Data yang diperoleh dari hasil penelitian meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis, batas-batas atterberg, pemadatan tanah dan CBR.

Dari hasil penelitian dilaboratorium maka diperoleh nilai kadar air rata-rata 60,02%, berat volume tanah basah (b) rata-rata 1,611 gr/cm³, dari analisis saringan tanah ini merupakan tanah lempung kepasiran dengan kandungan lempung 52,39%, lanau 12,83%, pasir 34,85%. Setelah penambahan semen 15%, nilai berat jenis meningkatkan sebesar 0,418%, batas cair menurun sebesar 10,90%, batas plastis meningkat sebesar 6,637%, indeks plastis menurun 16,722%, batas susut menurun 4,093%, kadar air optimum menurun sebesar 7,04%, kepadatan volume kering maksimum meningkat 3,90% dan CBR meningkat 3,03%, sehingga pencapaian CBR minimum 6% didapatkan pada campuran semen dengan presentase 15%.

Kata kunci: Tanah dasar, Stabilisasi, CBR.

I Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Tanah asli pada suatu lokasi bangunan teknik sipil kemungkinan tidak selalu dapat mendukung bangunan tersebut sehingga diperlukan suatu teknik perbaikan tanah (Redana, 2011). Secara umum, metode perbaikan tanah dapat dinyatakan sebagai suatu metode yang dipakai untuk memodifikasi sifat-sifat tanah sehingga perilaku teknisnya meningkat. Menurut Hariman P. (2013), stabilitasi tanah dasar sangat diperlukan untuk menentukan tebal lapis perkerasan jalan. Apabila tanah dasar untuk lapisan perkerasan jalan memiliki daya dukung yang buruk seperti halnya pada tanah ekspansif, akan mengakibatkan konstruksi perkerasan jalan mudah rusak. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan cara stabilitasi.

Tanah yang memiliki nilai CBR < 2% harus dilakukan stabilisasi untuk mengangkat nilai CBR tanah tersebut. Sedangkan, menurut Erizal (2012) memperbaiki mutu (meng-*improve*) lapis tanah dasar dapat dilakukan dengan 3 (tiga) cara, yaitu dengan stabilisasi kimia, stabilisasi mekanis, dan menimbun tanah dasar asli dengan bahan tanah timbunan yang lebih baik (CBR yang lebih tinggi). Menurut Asiyanto (2008), pada umumnya nilai CBR tanah dasar yang kehendaki adalah 2% sampai dengan 20% tergantung berat beban lalu lintas kendaraan yang akan menggunakan jalan tersebut.

Jalan Raya Simpang Munggu – Simpang Kerobokan yang panjangnya ±9,5 Kilometer terjadi banyak masalah seperti, kondisi jalan bergelombang dan retak-retak permukaan yang pada dasarnya disebabkan oleh lapisan di bawahnya (lapisan tanah dasar) tidak cukup kuat menahan beban lalu lintas. Kondisi jalan inilah yang menjadi motivasi dalam penelitian ini. Terlebih lagi ruas jalan ini menghubungkan kawasan perhotelan di Badung Selatan dengan objek wisata Pura Tanah Lot. Ruas jalan ini menjadi jalan yang padat dilalui oleh kendaraan yang mengangkut wisatawan manca negara. Tentu, hal ini sedikit banyak ruas jalan Simpang Kerobokan-Simpang Munggu memberi gambaran secara umum tentang kondisi jalan raya di Bali.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka ada beberapa masalah yang dapat dirumuskan, yaitu.

1. Bagaimanakah karakteristik tanah dasar pada ruas jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu?
2. Berapakah penambahan kadar semen portland pada tanah tersebut agar tercapai persyaratan CBR tanah dasar?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang sudah ditetapkan di atas, maka tujuan penelitian terhadap tanah dasar di Desa Cunggu adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui karakteristik tanah dasar asli di Desa Cunggu
2. Untuk mengetahui prosentase penambahan kadar semen terhadap tanah tersebut untuk mencapai persyaratan CBR tanah dasar.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti dapat menambah pengetahuan serta wawasan dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan mempraktekkan teori-teori yang telah didapatkan pada bangku perkuliahan untuk memecahkan masalah di lapangan.
2. Bagi jurusan diharapkan dapat memberikan referensi tambahan dan juga sebagai pembendaharaan perpustakaan agar berguna di dalam pengembangan ilmu pengetahuan sebagai wujud pengabdian terhadap Tri Dharma Perguruan Tinggi

3. Dapat memberi masukan kepada Pemerintah Provinsi Bali dalam hal ini menangani kasus ruas jalan Kerobokan – Canggu – Tanah Lot.

II Kajian Pustaka

2.1 Tanah

Definisi tentang tanah secara mendasar dikelompokkan dalam 3 (tiga) definisi, yaitu (Andry, 2013):

1. Berdasarkan pandangan ahli geologi
2. Berdasarkan pandangan ahli ilmu alam murni
3. Berdasarkan pandangan ilmu pertanian

Tanah terdiri dari 3 (tiga) komponen, yaitu udara, air, dan bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedangkan air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang di antara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya, tanah dikatakan dalam kondisi jenuh. Bila rongga terisi udara dan air, tanah pada kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*).

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang dibentuk oleh butiran-butiran mineral padat yang tidak terikat secara kimia (tersementasi) satu sama lainnya dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) serta rongga-rongga yang ada diantara butiran tersebut yang diisi oleh air atau udara (Das, 1993). Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, selain itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi bangunan.

2.1.1 Sifat-Sifat Tanah

Semua jenis tanah terdiri dari 3 (tiga) bahan, yaitu butiran tanah itu sendiri, air, dan udara yang terdapat dalam rongga antara butir-butiran tersebut. Rongga ini disebut pori (*void*). Bila tanah sudah benar-benar kering, maka tidak akan ada lagi air di dalam porinya. Kondisi tanah seperti ini sulit ditemui di lapangan. Pemanasan tanah dalam oven dapat menghilangkan kadar air tanah dalam waktu tertentu.

2.1.2 Hubungan Jumlah Butir, Air dan Udara Dalam Tanah

Istilah-istilah yang dipakai untuk menyatakan berat volume, banyaknya pori, jumlah air dan udara dalam tanah adalah sebagai berikut (Wesley, 1977):

1. Berat Volume Tanah (γ) adalah perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan volume tanah seluruhnya.
2. Berat Volume Butir (γ_s) adalah perbandingan antara berat butir dengan volume butir.
3. Berat Volume Air (γ_w) adalah perbandingan antara berat air dengan volume air.
4. Berat Volume Kering (γ_d) adalah perbandingan antara berat butir dengan volume tanah seluruhnya.
5. Kadar Air (w) adalah perbandingan berat air dengan berat butir tanah.

6. Angka Pori (e) adalah perbandingan antara volume pori dengan volume butir tanah.
 7. Porositas (n) adalah perbandingan antara volume pori dengan volume tanah seluruhnya.
 8. Berat Jenis (G) adalah perbandingan antara berat volume butir tanah dengan berat volume air.
 9. Derajat kejenuhan (S_r) adalah perbandingan antara volume air pori dengan volume pori.
- Dari definisi-definisi di atas, maka dapat dibuatkan beberapa formula hubungan volume dan berat sebagai berikut:

1. Volume total contoh tanah (V)

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana:

- V_s = volume butiran padat
- V_v = volume pori
- V_w = volume air dalam pori
- V_a = volume udara dalam pori

Bila udara diasumsikan tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$W = W_s + W_w \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana:

- W_s = berat butiran padat
- W_w = berat air

2. Angka Pori (e)

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (2.3)$$

3. Porositas (n)

$$n = \frac{V_v}{V} \dots \dots \dots (2.4)$$

Hubungan antara Angka Pori (e) dan Porositas (n) dapat diturunkan dari persamaan sebagai berikut:

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_v}{V - V_s} = \frac{\left(\frac{V_v}{V}\right)}{1 - \left(\frac{V_v}{V}\right)} = \frac{n}{1 - n} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$n = \frac{e}{1 + e} \dots \dots \dots (2.6)$$

4. Derajat Kejenuhan (S)

$$S = \frac{W_w}{V_v} \dots \dots \dots (2.7)$$

5. Kadar Air (w)

$$w = \frac{W_w}{W_s} \dots \dots \dots (2.8)$$

6. Berat Volume (γ)

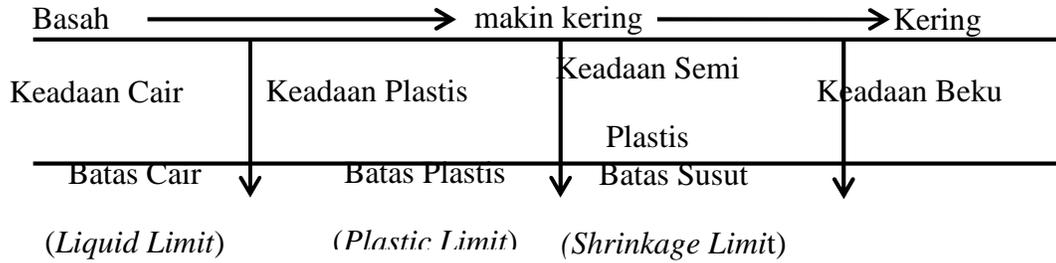
$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} = \frac{W_s \left[1 + \left(\frac{W_w}{W_s} \right) \right]}{V} = \frac{W_s (1 + w)}{V} \dots \dots \dots (2.9)$$

7. Berat Volume Tanah Kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{\gamma}{1 + w} \dots \dots \dots (2.10)$$

2.1.3 Batas-batas Atterberg (*Atterberg Limits*)

Pada awal tahun 1900, seorang ilmuwan dari Swedia bernama Atterberg mengembangkan suatu metode untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Berdasarkan kadar air yang dikandung, tanah dapat dibagi dalam 4 (empat) keadaan, yaitu (Das, 1993): Padat, Semi padat, Plastis dan Cair



Gambar 2.1 Batas-batas atterberg tanah (Sumber: Wesley (1977))

Kadar air yang dikandung tanah dinyatakan dalam persen dan batas-batas keadaan tanah disebut juga sebagai batas-batas Atterberg (*Aterberg Limits*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, terdiri dari:

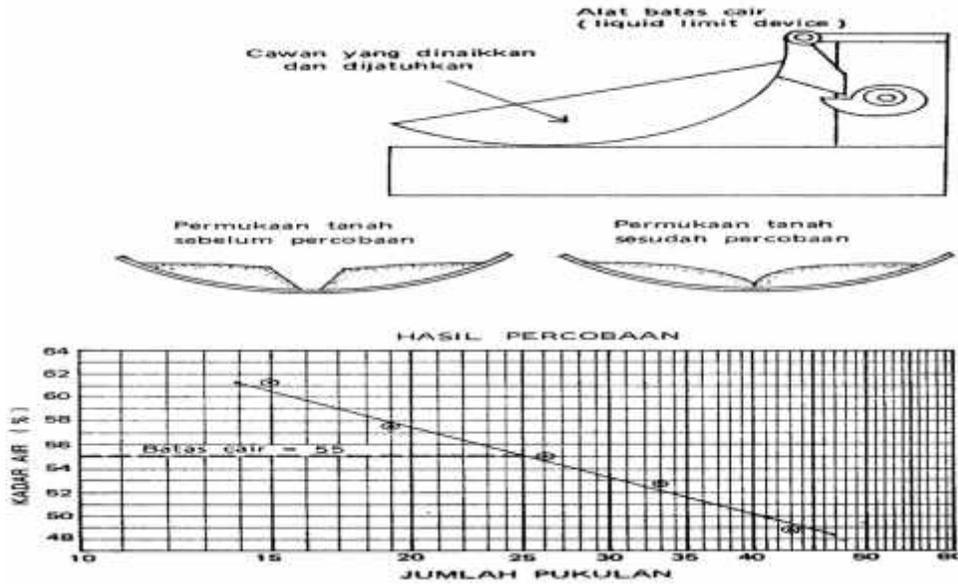
1. Batas Cair (LL)

Batas Cair (*liquid limit*) adalah kondisi transisi tanah dari keadaan plastis ke keadaan cair. Alat untuk menentukan batas cair ditunjukkan pada Gambar 2.3. Atas dasar hasil analisis dari beberapa uji batas cair, maka dibuat persamaan batas cair sebagai berikut (Mississippi, 1949 dalam Das, 1993):

$$L = w_N \left[\frac{N}{2} \right]^{0.75} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana:

- N = jumlah pukulan yang diperlukan untuk menutup goresan selebar 0,5 in pada dasar contoh yang diletakkan dalam mangkok Kuningan dari alat uji batas cair
- w_N = kadar air dimana untuk menutup dasar goresan dari contoh tanah dibutuhkan pukulan sebanyak N . $tg \delta = 0,021$ (tetapi tidak semua tanah mempunyai harga ini)



Gambar 2.2 Percobaan batas cair
Sumber: Wesley (1977)

2. Batas Plastis (PL)

Batas Plastis (*plastic limit*) adalah kondisi tanah dalam transisi dari keadaan semi padat ke keadaan plastis, dimana tanah apabila digiling sampai dengan diameter 1/8 in (3,2 mm) menjadi retak-retak. Batas plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah. Indeks Plastisitas suatu tanah dapat dihitung setelah angka batas cair dan batas plastis didapat.

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (2.12)$$

Indek Plastis (IP) menunjukkan tingkat keplastisan tanah. Apabilan nilai indeks plastis tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Klasifikasi jenis tanah menurut atterberg berdasarkan nilai indeks plastisitas dapat dilihat pada table 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan nilai indeks plastis dengan jenis tanah menurut atterberg

IP	Jenis Tanah	Plastisitas
IP = 0	Pasir	Non Plastis
0 < IP < 7	Lanau	Rendah
7 < IP < 17	Lempung Lanau	Sedang
IP > 17	Lempung	Tinggi

Sumber: Braja M. Das (1985) dalam Andriani, dkk. (2012)

3. Batas Susut (SL)

Batas Susut (*shrinkage limit*) adalah kondisi tanah dalam transisi dari keadaan padat ke keadaan semi padat. Kadar air yang berkurang dalam tanah akan menyebabkan tanah menyusut. Dengan hilangnya air dalam tanah secara terus menerus, maka tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan di mana penambahan air tidak akan menyebabkan perubahan volume.

2.1.4 Stabilisasi Tanah

Menurut Hardiyatmo (2011), dalam pengertian luas stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, atau dapat pula stabilisasi tanah adalah usaha untuk merubah atau memperbiki sifat-sifat tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu. Prose stabilisasi tanah meliputi pencampuran tanah dengan bahan lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambah buatan pabrik, sehingga sifat-sifat teknis menjadi lebih baik. Guna merubah sifat-sifat tanah seperti, kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan, dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air, maka dapat dilakukan dengan cara penanganan dari yang paling mudah.

Dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah. Dalam perancangan perkerasan jalan, kualitas setiap lapisan pembentuk perkerasan harus memenuhi syarat tertentu. setiap komponen lapis perkerasan harus mampu menahan geseran, lendutan berlebih yang menyebabkan retaknya lapisan di atasnya dan mencegah deformasi permanen yang berlebihan akibat memadatnya material penyusun. Jika material tanah distabilisasi, maka kualitasnya menjadi bertambah dan kemampuan lapisan tersebut dalam mendistribusikan beban ke area yang lebih luas jug bertambah, sehingga mereduksi tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan.

Umumnya stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi tiga, yaitu (Redana. 2011):

1. Stabilisasi mekanik
2. Stabilisasi Fisik
3. Stabilisasi Kimia

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam stabilisasi tanah antara lain, mengurangi penurunan pada struktur bangunan dalam hal ini bangunan struktur jalan raya, memperbesar kekuatan geser tanah sehingga dapat meningkatkan daya dukung pondasi, meningkatkan faktor keamanan terhadap bahaya kelongsoran lereng, mengurangi potensi *swelling* dan mengerutnya tanah.

2.2. California Bearing Ratio (CBR)

Metode CBR (*California Bearing Ratio*) mula-mula diciptakan oleh O.J. Porter, kemudian dikembangkan oleh California State Highway Departement, akan tetapi kemudian

dikembangkan dan dimodifikasi oleh insinyur-insinyur tentara Amerika Serikat (*U.S. Army of Engineer*). Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi laboratorium atau di lapangan dengan rencana empiris (*emperical design charts*) untuk menentukan tebal lapis perkerasan. Sehingga secara umum CBR dibedakan menjadi dua yaitu, CBR lapangan dan CBR laboratorium, dalam penelitian ini menggunakan penelitian CBR laboratorium. Nilai CBR(*California Bearing Ratio*) tanah dasar merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi tebal atau tipisnya perkerasan lentur/kaku dari sebuah konstruksi jalan atau landas pacu (*runway*).

Nilai CBR tanah dasar sangat bervariasi dan tergantung dari jenis tanah pada suatu lokasi yang akan dibangun sebuah konstruksi jalan. Nilai CBR juga dipengaruhi oleh keadaan cuaca seperti turunnya hujan. Saat turun hujan air akan masuk (diresapi) ke dalam lapisan tanah dasar tergantung pada intensitas hujan dan durasi hujan, sehingga pada suatu keadaan lapisan tanah dasar digenangi oleh air hujan dan lapisan tanah dasar menjadi jenuh yang diakibatkan oleh genangan air tersebut. Ketika dalam keadaan tergenangi oleh air tentu mempengaruhi pada penurunan nilai CBR tanah dasar yang berarti menurunkan daya dukung tanah tersebut. CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*Test Load*) dengan beban standar (*Standard Load*) dan dinyatakan dalam persentase (Prabowo dkk, 2008). Untuk lebih jelas dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut,

$$C = \frac{P}{P_s} \times 100 \dots \dots \dots (2.13)$$

dalam hal ini: P_t = Beban percobaan (*Test Load*). P_s = Beban standar (*Standard Load*)

Beban penetrasi pada alat uji CBR ada dua macam yaitu beban penetrasi 0,1" dengan tekanan 3000 lb dan beban penetrasi 0,2" dengan tekanan 4500 lb. Pada umumnya nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR pada penetrasi 0,1" , jika nilai CBR pada penetrasi 0,2" lebih besar maka percobaan harus diulang, jika percobaan di ulang tetap memberikan hasil yang sama maka nilai CBR penetrasi 0,2" yang digunakan.



Gambar 2.3 Perbandingan penetrasi bahan standar dan bahan percobaan, (Andriani, dkk. (2012)

2.2.1 CBR Lapangan

CBR lapangan disebut juga $CBR_{inplace}$ atau *field*CBR. CBR lapangan adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan/bahan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR lapangan pada umumnya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (*overlay*). Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini

antara lain, cetakan CBR, dongkrak mekanis yang dipasang dibawah truk atau portal besi yang diangker, alat penggali dan waterpass.

CBR Lapangan rendaman/*Undisturb Soaked* CBR gunanya adalah untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah asli mengalami pengembangan maksimum. Pemeriksaan dilaksanakan pada kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Hal ini sering digunakan untuk menentukandaya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi.

2.2.2 CBR Laboratorium

Menurut SNI 03-1744-1989, CBR laboratorium adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu. CBR laboratorium baik rendaman maupun tanpa rendaman menggunakan tanah hasil pemadatan standar. Untuk CBR laboratorium rendaman dilakukan perendaman selama kurang lebih 4 hari atau 96 jam, kemudian baru dilakukan uji CBR. CBR rendaman dimaksudkan untuk mengasumsikan keadaan hujan atau saat kondisi terjelek di lapangan yang memberikan pengaruh penambahan air pada tanah yang telah berkurang airnya, sehingga akan mengakibatkan terjadinya *swelling* dan penurunan kuat dukung. CBR laboratorium digunakan antara lain untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan lapangan terbang.

Nilai CBR yang umum digunakan di Indonesia berdasar besaran 6% untuk lapis tanah dasar, mengacu pada spesifikasi (versi Departemen Pekerjaan Umum edisi 2005). Akan tetapi tanah dasar dengan nilai CBR 5% dan atau 4% pun dapat digunakan setelah melalui kajian geologi, dengan CBR kurang dari 6% ini jika digunakan sebagai dasar perencanaan tebal perkerasan, masalah yang terpengaruh adalah fungsi tebal perkerasan yang akan bertambah, atau masalah penanganan khusus lapis perkerasan tanah dasar tersebut (Suryawan. 2009).

1. Alat penumbuk sesuai dengan cara: pengujian pemadatan ringan untuk tanah.
2. Alat pengukur pengembangan (swell) yang terdiri dari keping pengembangan
3. yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripod logam, dan arloji penunjuk.
4. Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 lb), diameter 194, 2 mm dengan lubang tengah berdiameter 54,0 mm.
5. Torak penetrasi dari logam berdiameter 49,5 mm atau 1,95” luas 1935 mm² atau 3 inchi² dan panjang tidak kurang 101,6 mm atau 4”.
6. Dua buah arloji pengukur penetrasi, dengan ketelitian 0,01 mm atau 0,001”.
7. Peralatan lain seperti talam, alat perata, dan tempat untuk rendam.
8. Alat timbang sesuai cara pengujian pemadatan ringan.

2.3 Semen Portland (PC)

Semen adalah perekat hidrolis bahan bangunan yang dicampur dengan air. Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat (Mulyono, 2004). Ada 2 (dua) macam semen, yaitu semen hidrolis dan semen non hidrolis. Semen non-hidrolis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air. Semen hidrolis adalah semen yang akan mengeras bila bereaksi dengan air, tahan terhadap air (*water resistance*) dan stabil di dalam air setelah mengeras (Nugraha dan Antoni, 2007)

Jika unsur ketiga tersebut tidak lebih dari 3% umumnya masih mempunyai kualitas tipe I atau OPC (*Ordinary Portland Cement*). Namun bila kandungan material ketiga tersebut lebih tinggi hingga 25% maksimum, maka semen tersebut akan berganti tipe menjadi PCC (*Portland Composite Cement*)

Menurut ASTM C150 (1995), Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang pada umumnya mengandung satu atau lebih kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama bahan utamanya. Semen portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi persyaratan SNI 15-2049-2004. Jenis dan penggunaan semen portland menurut SNI 15-2049-2004 adalah:

1. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.
2. Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.
5. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Sebenarnya banyak sekali merk semen yang beredar dipasaran seperti tiga roda, semen gresik, semen bosowa dan semen holcim. Dari keempat contoh merk semen tersebut mempunyai kualitas yang hampir sama. Letak perbedaannya hanya pada jarak minimum dan maximum dari suatu syarat di SNI. Jarak ini tentunya tidak jauh karena tujuan dari suatu Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah menyeragamkan mutu suatu produk yang ada di pasaran. Apabila kita bandingkan dari keempat contoh merk semen tersebut diatas maka perbedaannya adalah sebagai berikut:

1. Semen tiga roda yang ada dipasaran pada umumnya adalah semen tiga roda Jenis PCC (*Portland Composite Cement*) dengan SNI 15-7064-2004.
2. Semen Gresik umumnya dipasaran adalah Semen Gresik Jenis PPC (*Portland Pozzolan Cement*) dengan SNI 15-0302-2004.

3. Semen bosowa pada umumnya adalah semen bosowa multi guna dengan SNI 15-7064-2004.
4. Semen holcim pada umumnya adalah Semen Holcim Serba Guna dengan SNI 15-7064-2004.

Dari perbandingan keempat merk semen tersebut, hanya Semen Gresik yang menggunakan SNI (Standar Nasional Indonesia) yang berbeda. Untuk standar spesifikasi semen Gresik di tunjukkan oleh tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spesifikasi semen gresik.

Jenis Pengujian	SNI 15-2049-04		ASTM C595-03	Hasil Pengujian
	PPC Tipe	PPC Tipe	PPC Tipe	
	IP-U	IP-K	IP-K	
Komposisi Kimia				
Silikon Dioksida (SiO ₂)%	-	-	-	23.13
Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃)%	-	-	-	8.76
Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃)%	-	-	-	4.62
Kalsium Oksida (CaO)%	-	-	-	58.68
Magnesium Oksida (MgO)%	6.00	6.00	6.00	0.90
Sulfur Trioksida (SO ₃)%	3.50	3.50	3.50	2.18
Hilang Pijer (LOI)%	5.00	5.00	5.00	1.69
Kapur Bebas %	-	-	-	0.69
Bagian Tidak Larut %	-	-	-	0.82
Pengujian Fisika				
Kehalusan				
Sisa diatas ayakan 0.09 mm (%)	-	-	(A)	
Dengan alat Blaine (m ² /Kg)	280	280	(A)	325
Waktu Pengikatan dengan alat Vicat				
Awal (menit)	45	45	45	153
Akhir (menit)	420	420	420	249
Kekekalan dengan alat Autoclave				
Pemuaian (%)	0.80	0.80	0.80	0.043
Penyusutan (%)	0.20	0.20	0.20	-
Kuat Tekan				
3 Hari (Kg/cm ²)	125	110	130	205
7 hari (Kg/cm ²)	200	165	200	290
28 hari (Kg/cm ²)	250	205	250	385
Panas Hidrasi				
7 hari (cal/gr)	-	70	70 (B)	68.15
28 hari (cal/gr)	-	80	80 (B)	78.40
Kandungan Udara (%)	<12 (C)	<12 (C)	<12	6.40

Keterangan: (A) = Sesuai permintaan.

(B) = Berlaku bila diperlukan panas hidrasi rendah atau sedang dan syarat kuattekan minimum menjadi 80% ddari syarat diatas.

(C) = Bila diperlukan/diminta oleh konsumen atau produsen.

Sumber : PT. Semen Gresik (Persero) Tbk (2013).

Semen Gresik menggunakan semen tipe Pozzolan. Semen Portland Pozzolan menggunakan Pozzolan seperti debu vulkanik, debu hasil pemrosesan batu bara, dan sebagainya sebagai bahan tambahan dengan komposisi dari 6 – 40% dari total massa portland semen pozzolan. Salah satu

studi oleh National Science Foundation di Srilanka menunjukan penggunaan Pozzolan ini membuat beton semakin lama menjadi lebih kokoh dibanding dengan yang tipe lainnya. Selain itu semen Gresik telah digunakan diberbagai proyek penting salah satunya Jembatan Suramadu yang menyambung Jawa dan Madura. Itulah alasanannya penulis memilih semen gresik dalam penelitian ini

III Metode Penelitian

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada Gambar 3.1, pertama-tama dengan latar belakang adanya kasus pada ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu, yang mengalami penurunan di beberapa titik, terutama pada ruas jalan yang melewati Desa Cunggu. Perbaikan-perbaikan telah dilakukan Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bali pada tahun-tahun sebelumnya, mulai dari pembongkaran lapis perkerasan beraspal sampai lapisan pondasi bawah, kemudian dilanjutkan dengan pekerjaan overlay saja.

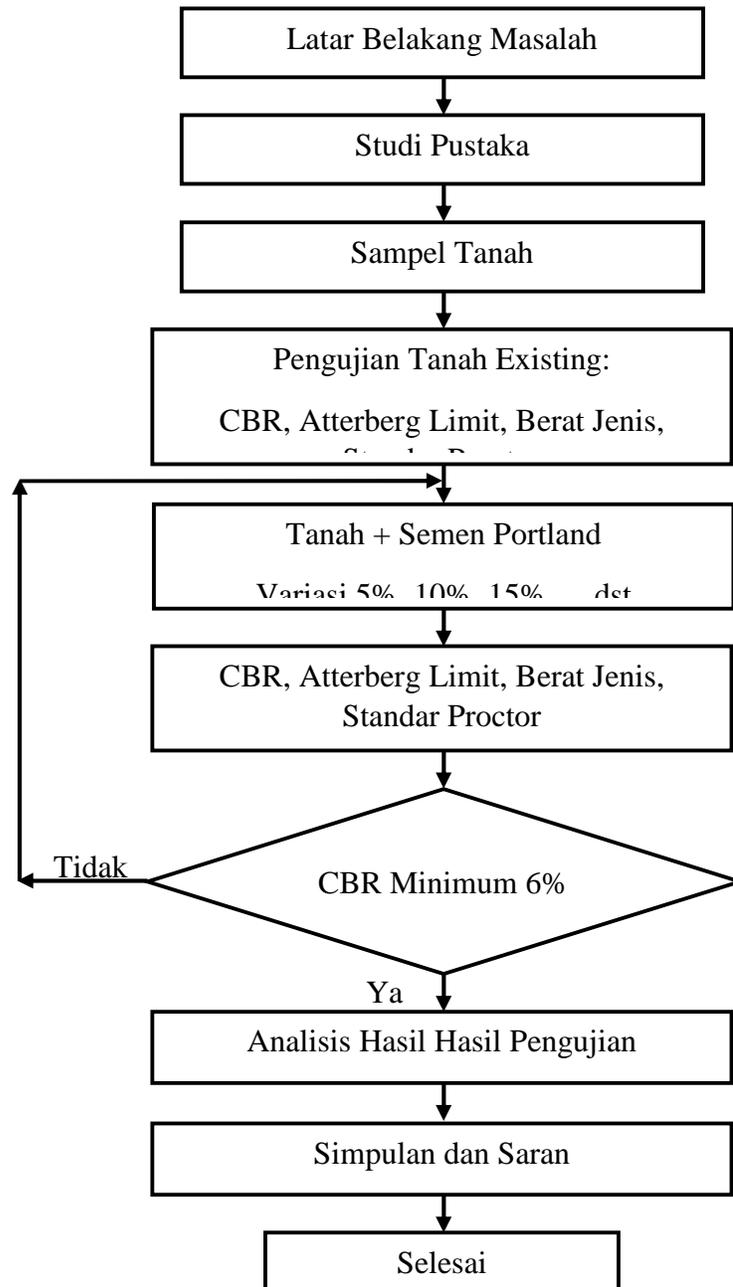
Terjadinya penurunan ini bisa disebabkan oleh tanah dasar (*subgrade*) yang tidak memiliki daya dukung yang cukup atau lapisan pondasi di atasnya tidak mencapai kepadatan yang disyaratkan. Mengingat tanah eksisting adalah persawahan, yang merupakan jenis tanah lempung mengandung gambut, merupakan tanah organik yang memiliki nilai CBR yang rendah, maka diduga penyebab kerusakan jalan berupa penurunan ini disebabkan oleh tanah dasar yang tidak memenuhi syarat sebagai tanah dasar (*subgrade*) jalan raya.

IV. Pembahasan

4.1. Pengambilan Sampel Tanah

Dalam penelitian ini digunakan sampel tanah yang diambil di 4 (empat) titik disepanjang ruas jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu Kabupaten Badung. Hasil penelitian akan memperlihatkan pengaruh penambahan semen yang ditambah proses perendaman terhadap tanah yang terdapat di daerah tersebut. Data dari hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia (UNHI).

Sampel tanah yang digunakan untuk semua pengujian berupa sampel tanah asli yang tidak terganggu (*undisturbed*) dan sampel yang terganggu (*disturbed*), disesuaikan dengan standar ASTM.



Gambar 3.1 Diagram Kerangka Berpikir

4.2 Pengujian Tanah Asli (*Existing*)

4.2.1 Kadar Air

Penelitian kadar air tanah asli dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Hindu Indonesia, penelitian ini menggunakan empat buah sampel tanah tidak

terganggu (*undisturbed sample*) pada kedalaman 1 meter dan masing-masing sampel dilakukan dua kali percobaan. Rangkuman data hasil kadar air jenis tanah dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4.1 Rangkuman hasil pengujian kadar air tanah asli

No.	Sampel	Nilai Kadar Air (%)
1	Titik I	61,77%
2	Titik II	61,62%
3	Titik III	63,82%
4	Titik IV	52,86%
6	Rata-rata	60,01%

Tabel 4.2 Nilai berat volume tanah basah (b) tanah asli

Sampel	Nilai Berat Volume Basah (gr/cm ³)
Simpang Kerobokan – Simpang Munggu Titik I	1,624
Simpang Kerobokan – Simpang Munggu Titik II	1,593
Simpang Kerobokan – Simpang Munggu Titik III	1,611
Simpang Kerobokan – Simpang Munggu Titik IV	1,618
Rata-rata	1,611

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Dari hasil pengujian tersebut, maka dapat diketahui berat volume basah (b) tanah lempung pada ruas jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu berada pada rentang 1.593 gr/cm³ sampai 1.624 gr/cm³, dengan berat volume basah rata-rata 1.611 gr/cm³.

4.2.2. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Penelitian berat jenis tanah dilakukan pada empat buah sampel tanah terganggu (*disturbed sample*). Rangkuman data hasil penelitian berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rangkuman data hasil penelitian berat jenis tanah asli

No.	Sampel	Nilai Berat Jenis (%)
1	Sampel titik I	2,138
2	Sampel titik II	2,084
3	Sampel titik III	2,171
4	Sampel titik IV	2,186
6	Rata-rata	2,145

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Berdasarkan tabel 4.3 rangkuman hasil penelitian berat jenis tersebut didapat bahwa nilai berat jenis rata-rata tanah pada ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu berkisar antara 2,084 sampai dengan 2,186 dengan nilai rata-rata 2,145.

4.2.3. Gradasi Butiran (Analisis Saringan)

Penelitian distribusi ukuran butiran dilakukan dengan analisis saringan.. Rangkuman data hasil penelitian analisis saringan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil analisis saringan

Keterangan	Sampel (%)				Rata-rata
	I	II	III	IV	
Presentase lolos ayakan No. 3/8 (9,5mm)	99,12	99,58	98,65	98,94	99,07
Presentase lolos ayakan No. 4 (4,75mm)	97,82	98,37	96,84	96,48	97,38
Presentase lolos ayakan No. 10 (2mm)	92.45	90.17	92.51	92.25	91.85
Presentase lolos ayakan No. 20 (0,85mm)	86.6	88.27	86.83	86.47	87.04
Presentase lolos ayakan No. 40 (0,425mm)	80.27	82.34	80.66	80.21	80.87
Presentase lolos ayakan No. 80 (0,180mm)	73.14	75.66	73.67	73.15	73.91
Presentase lolos ayakan No. 200 (0,075mm)	65.35	68.36	66.01	65.44	66.29
Diameter butir yang lolos saringan sampai dengan 0,002 mm yang termasuk lanau	14.52	12.24	12.8	11.76	12.83
Diameter butir yang lebih kecil dari 0,002 mm sampai 0,001 mm yang termasuk lempung	50.17	55.52	51.94	51.94	52.39

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Dari tabel 4.4 dapat dilihat proporsi persentase rata-rata pada masing-masing bagian penyusun tanah tersebut:

1. Lempung (*Clay*) = 52,39% (52,39 berat diameternya < 0,002 mm)
2. Lanau (*Silt*) = 12,83% (12,83% berat diameter butirnya terletak antara 0,002 – 0,006 mm)
3. Pasir (*Sand*) = 34,85% (34,85% berat diameternya tertahan saringan no. 200)

Jadi tanah pada ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu memiliki kandungan lempung 52,39%, lanau 12,83%, pasir 34,85%. Tanah ini merupakan tanah lempung kepasiran. Adanya kesimpulan seperti ini karena perlakuan pada saat melakukan test analisis saringan penghancuran material tidak merata.

4.2.4. Batas-Batas Atterberg

4.2.4.1. Batas cair (*Liquid Limit*)

Penelitian batas cair (LL) dilakukan pada empat buah sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) yang masing-masing sampel dilakukan dua kali percobaan. hasil penelitian batas cair dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rangkuman hasil pengujian batas cair tanah asli

No.	Sampel	Nilai Batas Cair (%)
1	Sampel titik I	67,63
2	Sampel titik II	69,72
3	Sampel titik III	66,31
4	Sampel titik IV	68,11
5	Rata-rata	67,94

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai batas cair tanah pada ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu berada pada rentang 66,31% sampai 69,72% dan nilai rata-rata batas cair adalah 67,94%.

4.2.4.2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Penelitian batas plastis (PL) tanah dilakukan pada empat buah sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) yang masing-masing sampel dilakukan dua kali percobaan. Rangkuman hasil penelitian batas susut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rangkuman hasil pengujian batas plastis tanah asli

No.	Sampel	Nilai Batas Plastis (%)
1	Sampel titik I	23,551
2	Sampel titik II	23,128
3	Sampel titik III	25,827
4	Sampel titik IV	26,573
5	Rata-rata	24,770

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai batas plastis tanah pada ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu berada pada rentang 23,128% sampai 26,573% dengan nilai rata-rata 24,770%.

4.2.4.3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Pada bab II sudah dijelaskan bahwa nilai indeks plastisitas (PI) suatu tanah dapat dihitung setelah nilai batas cair dan batas plastis didapat yaitu hasil dari pengurangan nilai batas cair dengan nilai batas plastis ($PI = LL - PL$). Nilai indeks plastisitas pada masing-masing sampel tanah pada setiap percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai indeks plastis tanah asli

Nilai Indeks Plastis				
Sampel	I	II	III	IV
IP	44.079	46.592	40.48 3	41.537
Rata-rata	43,173			

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas tanah pada ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu berada pada rentang 40,483% sampai 46,592% dengan nilai rata-rata 43,173%. Nilai indeks plastis (IP) menunjukkan tingkat keplastisan tanah. Apabila nilai indeks plastis tinggi, maka tanah tersebut banyak mengandung butiran lempung. Dengan demikian maka jenis tanah ini merupakan tanah lempung dengan plastisitas tinggi (IP > 17).

4.2.4.4. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Penelitian batas susut (SL) tanah dilakukan pada empat buah sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) yang masing-masing sampel dilakukan dua kali percobaan. Rangkuman hasil penelitian batas susut dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Rangkuman hasil pengujian batas susut tanah asli

No.	Sampel	Nilai Batas Susut (%)
1	Sampel titik I	26,276
2	Sampel titik II	28,328
3	Sampel titik III	25,085
4	Sampel titik IV	25,913
5	Rata-rata	26,401

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai batas susut tanah lempung pada ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu berada pada rentang 25,085% sampai 26,276% dengan nilai rata-rata 26,401%. Semakin kecil batas susut maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume, karena semakin kecil batas susut suatu tanah, semakin sedikit air yang diperlukan untuk mengalami perubahan volume.

4.2.5. Pemadatan Standar

Penelitian pemadatan standar tanah dilakukan pada lima buah sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) yang masing-masing sampel dilakukan dua kali percobaan. Rangkuman hasil penelitian kadar air optimum tanah asli dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum tanah asli

Sampel	Kadar Air Optimum (%)	Kepadatan Volume Kering Maksimum (gr/cm ³)
I	32,29	1,240
II	27,14	1,282
III	29,58	1,268
IV	30,57	1,252
Rata-rata	29,90	1,261

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Berdasarkan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa kadar air optimum tanah asli pada ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu berada pada rentang 27,14% sampai dengan 32,29% dengan nilai rata-rata 29,90%, sedangkan kepadatan kering maksimum berada pada rentang 1,240 gr/cm³ sampai 1,282 gr/cm³ dengan nilai rata-rata 1,261 gr/cm³.

4.2.6. CBR (*California Bearing Ratio*)

Penelitian daya dukung tanah dengan CBR dilakukan terhadap tanah terganggu (*disturbed sample*). Penelitian CBR ini dilakukan setelah direndam selama 2 hari (48 jam). Untuk masing-masing sampel dipadatkan sebanyak 3 lapisan dengan daya pemadatan 56 tumbukan pada setiap lapisnya.

Rangkuman hasil penelitian CBR dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut ini :

Tabel 4.10 Rangkuman hasil pengujian nilai cbr tanah asli

Sampel	Waktu Perendaman	Nilai CBR 0,1 Inchi Rata-rata (%)	Nilai CBR 0,2 Inchi Rata-rata (%)
1	2 Hari Perendaman	2,755	2,020
2		3,765	2,694
3		3,398	2,755
4		3,581	2,877

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2013)

Berdasarkan Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai CBR 0,1 inchi tanah pada ruas Jalan Raya Simpang Kerobokan – Simpang Munggu (*disturbed sampel*) berada pada rentang 2,755% sampai 3,765% dengan nilai rata-rata 3,375% dan nilai CBR 0,2 inchi berada pada rentang 2,020% sampai 2,877% dengan nilai rata-rata 2,587%. Nilai CBR umumnya dipilih pada penetrasi 0,1 inchi, jika nilai CBR pada penetrasi 0,2 inchi lebih besar maka percobaan harus diulang, jika percobaan diulang memberikan hasil sama yaitu nilai CBR 0,2 inchi tetap lebih besar maka CBR pada penetrasi 0,2 inchi seharusnya digunakan.

4.3. Pengujian Tanah dengan Penambahan 5%, 10% dan 15% Semen

4.3.1. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

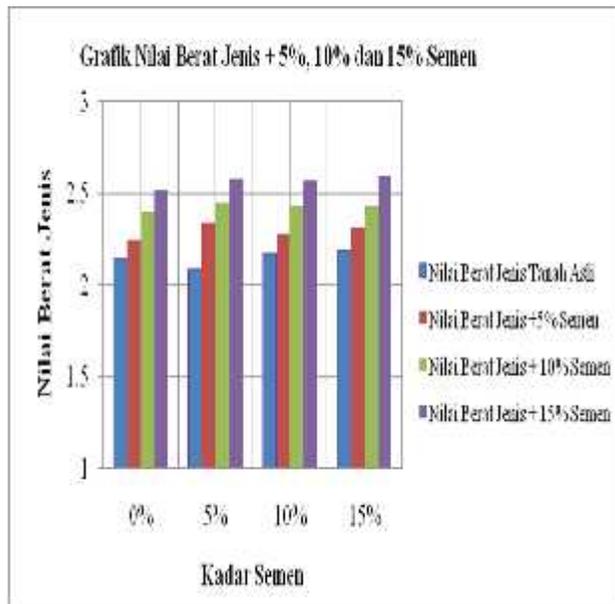
Sebelum ke pembahasan mengenai berat jenis tanah maka terlebih dahulu harus diketahui berat jenis semen sebagai bahan pencampur untuk stabilisasi tanah dasar. Semen mempunyai

nilai berat jenis 3,10 sampai 3,30, berat jenis rata-rata yang digunakan adalah 3,15 (Wuryati S dan Candra R, 2001 dalam Wahyudi, Y. 2012).. Rangkuman data hasil penelitian berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 4.11 Perbandingan nilai berat jenis tanah + 5%, 10% dan 15% semen

Sampel	Nilai Berat Jenis			
	0%	5%	10%	15%
I	2.138	2.248	2.402	2.518
II	2.084	2.341	2.445	2.575
III	2.171	2.280	2.435	2.567
IV	2.186	2.316	2.431	2.592
Rata-Rata	2.145	2.296	2.428	2.563

Sumber: Pengujian Laboratorium (2014)



Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai berat jenis tanah asli + 5%, 10% dan 15% semen.

Berdasarkan Tabel 4.11 dan Gambar 4.1, nilai berat jenis rata-rata tanah asli berada pada rentang 2,084 sampai dengan 2,186 dengan nilai rata-rata 2,186, setelah penambahan semen 5% nilai berat jenis tanah tersebut meningkat sebesar 0,152% yaitu berkisar pada rentang 2,248 sampai 2,341 dengan berat jenis rata-rata 2,296 dan setelah penambahan semen dengan presentase 10% nilai berat jenis terus meningkat sebesar 0,284% yaitu berada pada rentang 2,402 sampai dengan 2,445 dengan nilai berat jenis rata-rata 2,428, sedangkan setelah penambahan semen dengan presentase 15% semen nilai berat jenis meningkat sebesar 0,418% yaitu berada pada rentang 2,518 sampai dengan 2,592 dengan nilai rata-rata 2,563. Dengan demikian nilai

berat jenis tanah tersebut mengalami peningkatan sebesar 0,418% setelah penambahan dengan presentase 15% semen.

4.3.2. Batas-Batas Atterberg

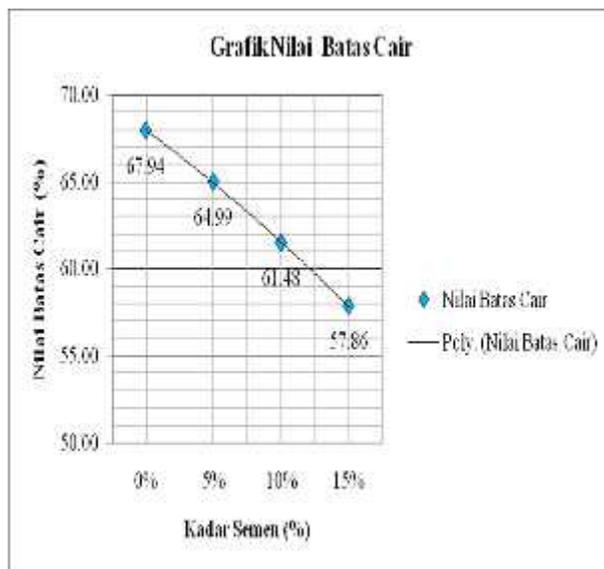
4.3.2.1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Data hasil penelitian dan perhitungan batas cair (LL) selengkapnya dapat dilihat Rangkuman hasil penelitian batas cair dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perbandingan nilai batas cair + 5%,10% dan 15% semen.

No.	Sampel	Nilai Batas Cair (%)			
		Tanah asli	Tanah + 5% Semen	Tanah + 10% Semen	Tanah + 15% Semen
1	Sampel titik I	67,63	65,14	61,70	57,58
2	Sampel titik II	69,72	65,96	62,20	57,70
3	Sampel titik III	66,31	63,64	60,27	57,42
4	Sampel titik IV	68,11	65,23	61,74	58,73
5	Rata-rata	67,94	64,99	61,48	57,86

Sumber: Pengujian Laboratorium (2014)



Gambar 4.2 Grafik perbandingan nilai batas cair tanah + 5%, 10% dan 15% semen.

Berdasarkan Tabel 5.2 dan Gambar 4.2, nilai batas cair rata-rata tanah asli berada pada rentang 66,31% sampai dengan 69,72% dengan nilai rata-rata 67,94%. Setelah penambahan

semen dengan presentase 5% nilai batas cair menurun sebesar 2,95% yaitu berada pada rentang 63,64% sampai 65,96% dengan nilai batas cair rata-rata 64,99%.

Setelah penambahan semen dengan presentase 10% nilai batas cair menurun sebesar 3,52% dari nilai rata-rata penambahan semen 5% atau menurun sebesar 6,46% dari tanah asli yaitu berada pada rentang 60,27% sampai 62,20% dengan nilai batas cair rata-rata 57,86%. Sementara itu setelah tanah tersebut dilakukan penambahan semen dengan presentase 15% nilai batas cair terus menurun sebesar 3,62% dari nilai rata-rata dari penambahan 10% semen atau terjadi penurunan 10,09% dari nilai batas cair tanah asli. Dengan demikian dari masing-masing penambahan semen yaitu 5%, 10%, dan 15% , terjadi penurunan nilai batas cair rata-rata 3,36% pada masing-masing-masing penambahan, sehingga dari nilai rata-rata batas cair tanah asli 67,94% menjadi 57,86% setelah penambahan semen dengan presentase 15%.

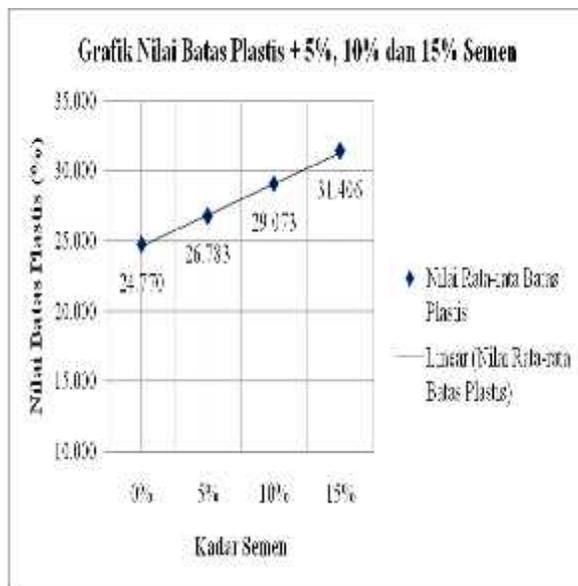
4.3.2.2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Rangkuman hasil penelitian batas plastis dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Nilai batas plastis tanah asli + 5%, 10% dan 15% semen.

No.	Sampel	Nilai Batas Plastis			
		Tanah Asli	Tanah + 5% Semen	Tanah + 10 % Semen	Tanah + 15 % Semen
1	Sampel titik I	23,551	25,902	28,837	31,654
2	Sampel titik II	23,128	25,489	28,119	31,337
3	Sampel titik III	25,827	27,773	29,764	31,105
4	Sampel titik IV	26,573	27,968	29,571	31,527
6	Rata-rata	24,770	26,783	29,073	31,406

Sumber: Pengujian Laboratorium (2014)



Gambar 4.3 Grafik nilai batas plastis tanah + 5%, 10% dan 15% semen.

Berdasarkan Tabel 4.13 dan Gambar 4.3, nilai batas plastis tanah asli berada pada rentang 23,128% sampai dengan 26,573% dengan nilai rata-rata 24,770. Setelah penambahan semen dengan presentase 5% terjadi peningkatan batas plastis sebesar 2,013% yaitu berada pada rentang 25,489% sampai 27,968% dengan nilai batas plastis rata-rata 26,783%. Kemudian setelah penambahan semen dengan presentase 10% terjadi peningkatan 4,303% dari yang berada pada rentang berada pada rentang 28,119% sampai 29,764% dengan nilai batas plastis rata-rata 29,073%. Dan penambahan selanjutnya adalah penambahan semen dengan presentase 15%. Pada penambahan 15% nilai batas plastis meningkat sebesar 6,637% yaitu berada pada rentang 31,105% sampai dengan 31,654% dengan nilai batas plastis rata-rata 31,406%. Jadi dengan demikian penambahan bahan *additive* yaitu semen dengan presentase 15%, mampu meningkatkan nilai batas plastis tanah asli sebesar 6,637%.

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian batas plastis, semakin tinggi kadar semen maka semakin tinggi pula nilai batas plastisnya, hal ini menandakan bahwa terjadinya peningkatan kualitas tanah. Pergeseran batas plastis ini diakibatkan karena sifat dari semen yang membutuhkan air untuk proses awal sementasi sehingga menjadi lebih kering dan kemudian perlahan-lahan menjadi lebih solid saat proses pengeringan, yang mengakibatkan tanah menjadi lebih padat dan kaku.

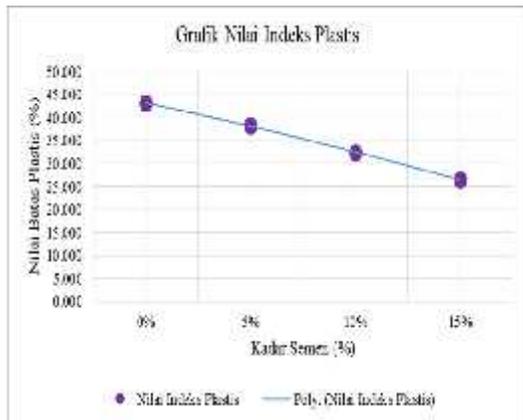
4.3.2.3. Indeks Plastis (*Plasticity Index*)

Data hasil penelitian dan perhitungan nilai indeks plastis (IP) selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Perbandingan nilai indeks plastis tanah + 5%, 10% dan 15% semen

Sampel	Nilai Indeks Plastis			
	0%	5%	10%	15%
I	44.079	39.238	32.863	25.926
II	46.592	40.471	34.081	26.361
III	40.483	35.867	30.506	26.315
IV	41.537	37.262	32.169	27.203
Rata-rata	43.173	38.210	32.405	26.451

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2014)



Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai indeks plastis tanah+ 5%, 10% dan 15% semen.

Berdasarkan Tabel 4.14 dan gambar 4.4, nilai indeks plastis tanah asli berada pada rentang 40,483% sampai dengan 46,592% dengan nilai rata-rata 43,173%, setelah penambahan semen dengan presentase 5% nilai indeks plastisnya menurun sebesar 4,963% yaitu berada pada rentang 35,867% sampai dengan 40,471% dengan nilai rata-rata 38,405% dan setelah penambahan semen dengan presentase 10% nilai rata-rata indeks plastis tanah asli menurun sebesar 10,768% yaitu berada pada rentang 30,506% sampai dengan 34,081% dengan nilai rata-rata 32,405%. Sedangkan setelah penambahan semen dengan presentase 15% terjadi penurunan nilai indeks plastis tanah asli sebesar 16,722% dengan rentang 25,926% sampai dengan 27,203% dengan nilai rata-rata 26,451%.

Dari nilai indeks plastis tersebut diatas dapat dilihat bahwa penambahan kadar semen menyebabkan menurunnya indeks plastisitas. Penurunan indeks plastis terjadi karena pergeseran nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL) akibat adanya penambahan semen. Menurut Putra S dkk. (2013) semakin rendah nilai indeks plastis (IP) maka semakin baik kualitas tanahnya .

4.3.2.4. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

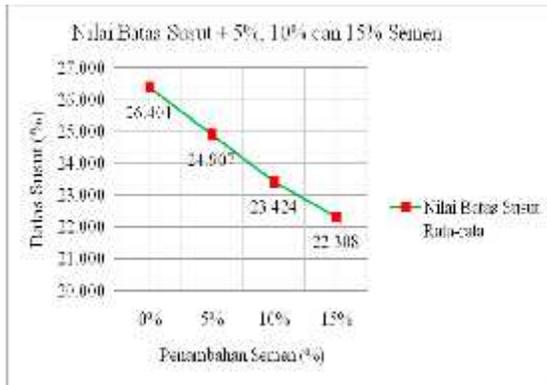
Rangkuman hasil penelitian batas susut dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.15. Perbandingan nilai batas susut tanah + 5%, 10% dan 15% semen.

No.	Sampel	Nilai Batas Susut (%)			
		Tanah Asli	Tanah + 5% Semen	Tanah + 10% Semen	Tanah + 15% Semen
1	Sampel titik I	26,276	25,016	22,991	21,702
2	Sampel titik II	28,328	26,006	24,446	23,228
3	Sampel titik III	25,085	23,729	22,531	21,736
4	Sampel titik IV	25,913	24,878	23,727	22,566

6	Rata-rata	26,401	24,907	23,424	22,308
---	-----------	--------	--------	--------	--------

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2014)



Gambar 4.5 Grafik perbandingan nilai batas susut tanah + 5%, 10% dan 15% semen.

Berdasarkan Tabel 4.15 dan gambar 4.4, nilai batas susut tanah asli berada pada rentang 25,085% sampai dengan 26,276% dengan nilai rata-rata 26,401%. Setelah penambahan semen dengan presentase 5% nilai batas susutnya menurun sebesar 1,493% yaitu berada pada rentang 23,729% sampai dengan 26,006% dengan nilai rata-rata 24,907% dan setelah penambahan semen dengan presentase 10% nilai rata-rata batas susutnya menurun sebesar 1,484% dari nilai rata-rata penambahan semen 5% atau terjadi penurunan dari nilai rata-rata batas susut tanah asli sebesar 2,977% yaitu berada pada rentang 22,531% sampai dengan 24,446% dengan nilai rata-rata 23,424%. Sedangkan setelah penambahan semen dengan presentase 15% terjadi penurunan sebesar 1,116% dari nilai rata-rata batas susut penambahan semen dengan presentase 10% atau terjadi penurunan nilai batas susut rata-rata tanah asli sebesar 4,093%. Jadi dengan demikian penurunan nilai rata-rata batas susut setelah penambahan semen dengan presentase 15% yaitu 4,093% yaitu dari nilai rata-rata batas susut 26,401% menjadi 22,308%.

4.3.3. Pematatan Standar

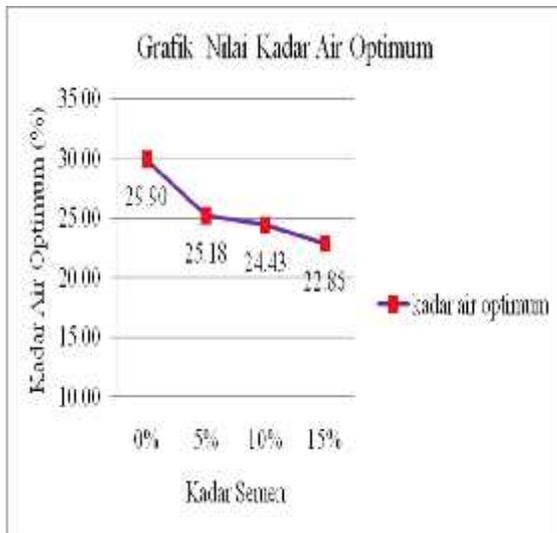
Rangkuman hasil penelitian kadar air optimum tanah asli dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel table 4.16, Perbandingan kadar air optimum dan kepadatan volume kering maksimum tanah + 5%, 10% dan 15% semen.

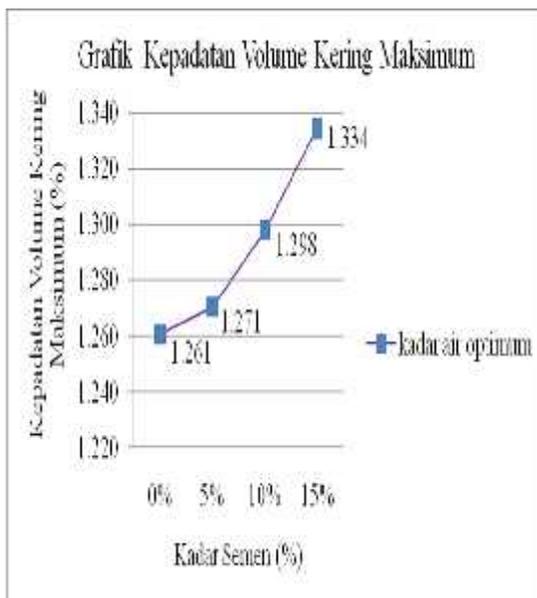
Sampel	Kadar air optimum (%)				Kepadatan volume kering maksimum (gr/cm ³)			
	Penambahan semen (%)				Penambahan semen (%)			
	0%	5%	10%	15%	0%	5%	10%	15%
I	32,29	27,14	26,21	24,34	1,240	1,250	1,274	1,324

II	27,14	22,95	22,58	21,89	1,282	1,295	1,321	1,325
III	29,58	24,95	23,92	22,11	1,268	1,277	1,304	1,351
IV	30,57	25,69	24,99	23,09	1,252	1,260	1,293	1,337
Rata-rata	29,90	25,18	24,43	22,86	1,261	1,271	1,298	1,334

Sumber: hasil pengujian laboratorium (2014)



Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai kadar air optimum tanah + 5%, 10% dan 15% semen.



Gambar 4.7 Grafik perbandingan nilai kepadatan volume kering maksimum tanah + 5%, 10% dan 15% semen.

Dari Tabel 4.16 dan Gambar 4.6 serta 4.7, nilai kadar air optimum tanah asli berada pada rentang 27,14% sampai 32,29% dengan nilai rata-rata 29,90%, setelah ditambahkan semen dengan presentase 5% nilai kadar air optimum menurun sebesar 4,71% yaitu berada pada rentang 22,95% sampai 27,14%. Kemudian setelah penambahan semen dengan presentase 10% nilai kadar air optimum tanah asli turun sebesar 5,47% dengan rentang 22,58% sampai 26,61% dan nilai rata-rata 24,43%. Kemudian penambahan kadar semen dengan presentase 15% mampu menurunkan kadar air optimum tanah asli sebesar 7,04% yaitu berada pada rentang 21,89% sampai dengan 24,34% dengan nilai kadar air optimum rata-rata 22,86%. Penurunan kadar air optimum terjadi karena pada proses pemadatan semen bereaksi dengan air sehingga mengikat butir-butir tanah dan butir-butir tanah tersebut bersatu dengan semen.

Kepadatan volume kering maksimum tanah asli berada pada rentang 1,24% sampai 1,28% dengan nilai rata-rata 1,26%. Setelah dilakukan penambahan semen dengan presentase 5% kepadatan volume kering maksimum mengalami sedikit peningkatan yaitu sebesar 0,01%, berada pada rentang 1,25% sampai 1,30 dengan nilai rata-rata 1,27%. Dan pada penambahan semen dengan presentase 10% cuma mampu meningkatkan kepadatan volume kering sampai 0,04% dengan rentang 1,27% sampai 1,32%, dan penambahan semen dengan presentase 15% nilai kepadatan volume kering maksimum meningkat sebesar 0,07% yaitu pada rentang 1,32% sampai 1,35%. Meningkatnya kepadatan volume kering maksimum disebabkan oleh butir-butir tanah yang bersatu dengan semen menyebabkan penurunan jumlah void sehingga tanah dimampatkan menjadi maksimal dan meningkat berat volumenya.

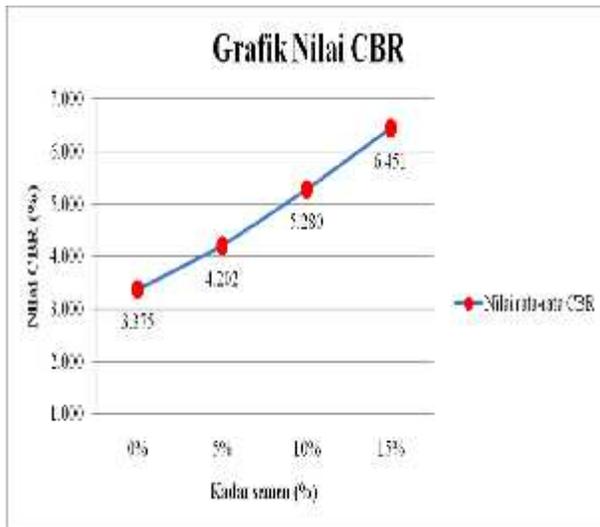
4.3.4. CBR (*California Bearing Ratio*)

Rangkuman hasil penelitian pengembangan dapat dilihat pada tabel 4.17 dan gambar 4.8 berikut ini.

Tabel 4.17 Perbandingan nilai CBR tanah + 5%, 10% dan 15% semen

Sampel	Waktu perendaman	Nilai CBR (%)			
		0%	5%	10%	15%
1	2 Hari perendaman	2.755	2.847	4.132	6.795
2		3.765	4.775	5.785	6.244
3		3.398	4.592	5.785	6.336
4		3.581	4.592	5.418	6.428
	Rata - rata	3.375	4.202	5.280	6.451

Sumber: Pengujian Laboratorium (2014)



Gambar 4.8 Grafik perbandingan CBR tanah + 5%, 10% dan 15% semen.

Berdasarkan Tabel 4.17 dan Gambar 4.7, menunjukkan bahwa nilai CBR mengalami peningkatan sebesar 0,78% setelah penambahan semen dengan presentase 5% yaitu berada pada rentang 2,847% sampai 4,592% dengan nilai rata-rata 4,202%. Nilai CBR tanah asli tersebut terus meningkat sebesar 1,86% setelah dilakukan penambahan semen dengan presentase 10% yaitu berada pada rentang 4,132% sampai 5,785% dengan nilai rata-rata CBR 10% adalah 5,280%. Sedangkan setelah penambahan semen dengan presentase 15%, nilai CBR tanah asli meningkat sebesar 3,03%, yaitu berada pada rentang 6,244% sampai dengan 6,795% dengan nilai rata-rata 6,451%. Jadi dengan demikian nilai rata-rata CBR tanah dasar pada ruas jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu dari 3,375% menjadi 6,451% atau meningkat sebesar 3,03% setelah dilakukan stabilisasi kimia dengan presentase semen 15%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan terhadap data hasil penelitian laboratorium, maka dapat disimpulkan :

Tabel 5.1 Rekapitan Hasil Penelitian

No	Kriteria Pengujian	Kondisi asli (existing)	Setelah ditambah semen Portland 15%
1	Kadar air	52,86% sampai 63,82% dengan rata-rata 60,01%.	-
2	Berat Vol. tanah basah	berkisarantara 1,593 gr/cm ³ sampai 1,624 gr/cm ³ dengan rata-rata 1,611 gr/cm ³ .	-
3	Berat jenis tanah	2,084 sampai 2,186 dengan berat jenis rata-rata sebesar 2,145,	meningkatkan nilai berat jenis sebesar 0,418% yaitu berkisar antara 2,518% sampai 2,592% dengan nilai rata-rata 2,563%.
4	Analisis saringan	besarnya fraksi tanah lempung (diameter butir < 0,002 mm) dari 4 (empat) titik sampel, yaitu : 50,17%, 55,52%, 51,94%	-

*Prosiding Seminar Nasional Teknik 2016 :
Tantangan Percepatan Pembangunan Infrastruktur Di Indonesia Berwawasan Lingkungan*

		dan 51,94% dengan rata-rata 52,32%.	
5	Batas cair	berkisar antara 66,31% sampai 69,72% dengan rata-rata 67,94%.	batas cair menurun sebesar 10,90% berada pada rentang 57,42% sampai 58,73%.
6	Batas susut	berkisar antara 25,085% sampai 26,276% dengan rata-rata 26,401%.	Penurunan nilai rata-rata batas susut setelah penambahan semen dengan presentase 15% sebesar 4,093%.
7	Batas plastis	berkisar antara 23,128% sampai 26,573% dengan rata-rata 24,770%.	maka nilai batas plastis meningkat sebesar 6,637%, berada pada rentang 31,105% sampai 31,654%.
8	Indeks plastis	berkisar antara 40,483% sampai 46,592% dengan nilai rata-rata 43,173%	menurunkan nilai indeks plastis sampai 16,722% yaitu berada pada kisaran 25,926% sampai dengan 27,203% dengan nilai rata-rata 26,451%.
9	Pemadatan standar	kadar air optimum berkisar antara 27,14% sampai 32,29% dengan nilai rata-rata 29,90%,	kadar air optimum menurun sebesar 7,04% yaitu pada rentang 27,89% sampai 24,31%
10	Nilai CBR	CBR tanah asli berada pada rentang 2,755% sampai 3,765% dengan nilai rata-rata 2,587%	nilai CBR meningkat sebesar 3,03%, yaitu berkisar antara 6,244% sampai 6,795% dengan nilai rata-rata 6,451%.

2. Saran

Saran-saran yang dapat diberikan sehubungan dengan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Kondisi tanah di sepanjang ruas Jalan Simpang Kerobokan – Simpang Munggu tergolong tanah lempung yang memiliki kemampuan menumpu beban kendaraan yang tidak begitu besar. Oleh sebab itu diperlukan adanya solusi perbaikan tanah dasar dan struktur jalan/rekonstruksi pada titik-titik yang mengalami penurunan.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan penambahan semen dan waktu perendaman dengan variasi waktu berbeda.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai stabilisasi tanah dengan penambahan bahan-bahan aditif yang lebih inovatif dan kreatif baik dari segi teknis maupun ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, dkk. 2013. *Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Baha Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah*. Jurnal Rekayasa Sipil Vol. 8 No. 1 Februari. Padang, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas.
- Asiyanto. 2008. *Metode Konstruksi Proyek Jalan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. SNI 15-2049-2004 tentang *Semen Portland*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1989. SNI 03-1744-1989 tentang *Metode Pengujian CBR Laboratorium*.

- Bowles, J E. 1991. *Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah* (Mekanika Tanah). Alih Bahasa: Johan Kelanapurtra Hainim. Editor: Yani Sianipar. Jakarta: Erlangga.
- Chairullah, B. 2011. *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Untuk material Dasar Subgrade dan Subbase jalan Raya*. Skripsi. Banda Aceh: Univ. Syiah Kuala.
- Erizal. 2012. *Mata Kuliah Rekayasa Perkerasan Jalan*. Jakarta: WP
- Hairul, A. 2012. *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Portland Composite Cement (PCC) Di Daerah Kampung Satu Kota Tarakan*. Skripsi. Tarakan: Universitas Borneo Tarakan.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2011. *Stabilisasi Tanah – Untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gajah mada University Press.
- Prabowo H, Gandhi dan Albert S, Oktavianus. 2008. *Kajian CBR Lapangan dan CBR Laboratorium Jl. Pawiyatan Luhur Semarang (Studi kasus Bahu Jalan Ruas UNIKA – UNTAG)*. Skripsi.Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
- Redana, I Wayan. 2011. *Mekanika Tanah*.Denpasar:Udayana UniversityPress