

LAPORAN PENELITIAN

STABILISASI TANAH-SEMEN DALAM KEADAAN

BATAS CAIR TANAH

(STUDI LABORATORIUM)

Dikerjakan Oleh :

Ir. Idrus M.Sc
Staff Pengajar Jurusan Sipil ISTN



ISTN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA
1997

THE UNIVERSITY OF

THE STATE OF NEW YORK

STATE OF NEW YORK

STATE OF NEW YORK

STATE OF NEW YORK

STATE OF NEW YORK



THE UNIVERSITY OF
THE STATE OF NEW YORK
STATE OF NEW YORK
1907

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**



ISTN

**STABILISASI TANAH-SEMEN DALAM
KEADAAN BATAS CAIR TANAH
(STUDI LABORATORIUM)**

Dikerjakan Oleh:

Ir .Idrus M.Sc, (Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil)

Mengetahui :

Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Arimulyo Diah Utami, M.T

**Program Studi Teknik Sipil
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jakarta 1997**

UNIVERSITY OF GORONTALO
LIBRARY



STUDI TENTANG
KEADARAN BATAS CAIR TANAH
(STUDI LABORATORIUM)

Diketahui di GORONTALO

(Diketahui di GORONTALO, tanggal 20 Mei 2014)

Diketahui di GORONTALO

(Diketahui di GORONTALO, tanggal 20 Mei 2014)

Diketahui di GORONTALO

Diketahui di GORONTALO

Diketahui di GORONTALO

(Diketahui di GORONTALO, tanggal 20 Mei 2014)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Alhamdulillah, segala puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Rakhmat dan Karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian ini dengan sebaik-baiknya.

Pembuatan Laporan Penelitian ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus diselesaikan pada Fakultas Teknik Sipil – Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta.

Laporan Penelitian ini berjudul **“Stabilisasi Tanah-Semen Dalam Keadaan Batas Cair Tanah (Studi Laboratorium)”**.

Dalam menyusun laporan penelitian ini, penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan – kekurangan, karena keterbatasan dan kemampuan yang ada. Walaupun demikian laporan penelitian ini telah dibuat dengan usaha semaksimal mungkin dengan dukungan dan bantuan yang diberikan dari berbagai pihak.

Penulis menyadari bahwa Laporan Penelitian ini masih kurang sempurna, oleh karena itu segala saran dan kritikan yang membangun akan penulis terima dengan senang hati.

Akhir kata, mudah – mudahan laporan Penelitian ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi perkembangan ilmu Teknik Sipil.

Jakarta, 1997
Penulis

(Ir. IDRUS M.Sc)

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK	vi
DAFTAR TABEL	vii
 BAB I : PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Metodologi	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
 BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Konstruksi Jalan Raya Secara Umum	5
2.1.1. Tanah Dasar (Sub-grade)	5
2.2. Klasifikasi Tanah	7
2.2.1. Klasifikasi Tanah Sistem Unified	7
2.2.2. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO	9
2.3. Stabilisasi Tanah Dasar	11
2.3.1. Prinsip Dasar Stabilisasi Tanah	11
2.3.2. Metoda-metoda Stabilisasi Tanah	13
2.4. Stabilisasi Tanah dengan Semen	14
2.4.1. Semen	14
2.4.2. Perkembangan Campuran Tanah-Semen	14
2.4.3. Sifat-sifat Campuran Tanah-Semen	15
2.4.4. Stabilisasi Tanah-Semen dan Kegunaannya	16
2.4.5. Macan-macam Stabilisasi Tanah-Semen	16
2.4.6. Interaksi Antara Tanah dan Semen	18
 BAB III : PROGRAM KERJA DAN PROSEDUR PENGUJIAN DI LABORATORIUM	
3.1. Diagram Alir (Flow Diagram)	20
3.2. Persiapan Material	20
3.2.1. Persiapan Tanah Asli	20
3.2.2. Persiapan Campuran (Tanah+Semen)	22

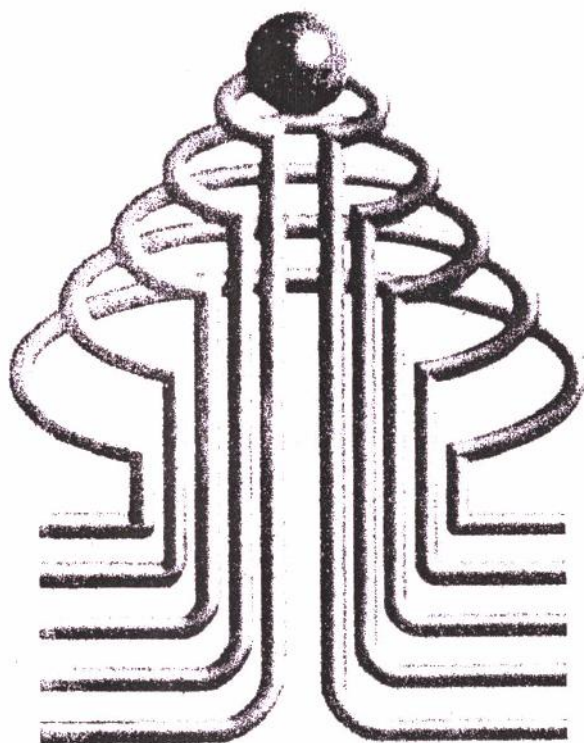
3.3. Teori-teori Laboratorium	22
3.3.1. Batas-batas Atterberg	22
3.3.2. Analisa Ayakan dan Hydrometer	25
3.3.3. Berat Jenis (Specific Gravity)	25
3.3.4. Pemadatan (Compaction)	26
3.3.5. California Bearing Ratio (CBR)	27
3.3.6. Kuat Tekan Bebas	28
BAB IV : PENYAJIAN DATA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Pengujian Contoh Tanah Asli	30
4.2. Pengujian Terhadap Campuran Tanah - Semen	31
4.2.1. Pengaruh Persentase Penambahan Semen Terhadap Plastisitas Tanah	31
4.2.2. Pengaruh Persentase Penambahan Semen Terhadap Harga CBR	34
4.2.3. Pengaruh Persentase Penambahan Semen Terhadap Harga Kuat Tekan Bebas	40
BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	46
NOTASI	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	49

DAFTAR GAMBAR DAN TABEL

	Halaman
Gambar 2.1. Grafik Plastisitas : Sistim UNIFIED	9
Gambar 3.1. Daigram Alir Proses Pengujian Laboratorium	21
Grafik 4.1. Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Plastisitas Tanah	33
Grafik 4.2. Hubungan Kadar semen dengan Berat Jenis	34
Grafik 4.3. Hasil Uji CBR , rendam (Soaked)	37
Grafik 4.4. Hasil Uji CBR , tidak direndam (Unsoaked)	38
Grafik 4.5. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas ($q_u = \text{kg/cm}^2$), Soaked	42
Grafik 4.6. Hasil Uji Kuat Tekan Bebas ($q_u = \text{kg/cm}^2$), Unsoaked	43

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Klasifikasi Tanah Sistem AASTHO	10
Tabel 3.1. Keadaan Tanah Dalam Istilah yang Digunakan Sebagai Perbatasannya	23
Tabel 4.1. Sifat-sifat Fisik Contoh Tanah Asli	30
Tabel 4.2. Klasifikasi Contoh Tanah	31
Tabel 4.3. Hasil Uji Batas-batas Atterberg	32
Tabel 4.4. Hasil Uji CBR , campuran	35
Tabel 4.5. Nilai CBR dan Penggunaannya Pada Konstruksi Jalan	36
Tabel 4.6. Harga Kadar Air (w) , Setelah Pengujian CBR	39
Tabel 4.7. Harga Berat Isi Kering (γ_d) , campuran	40
Tabel 4.8. Nilai Hasil Uji Kuat Tekan Bebas (q_u), campuran	41
Tabel 4.9. Nilai Regangan (ϵ) pada Kondisi q_u , campuran	44



ISTN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah, dalam beberapa hal belum tentu dapat langsung digunakan sebagai lapis dasar (sub-grade) suatu konstruksi jalan raya. Mengingat bahwa tanah dalam keadaan asli merupakan suatu bahan yang sangat bervariasi dan kompleks kandungan materialnya. Karena itulah, maka tanah memberikan kemungkinan-kemungkinan yang luas dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi jalan.

Kekuatan tanah dasar memegang peranan penting dalam perencanaan suatu konstruksi jalan raya, sebab tanah dasar harus cukup kuat menahan konstruksi jalan itu sendiri serta cukup kuat pula menahan beban kendaraan yang lewat pada jalan raya tersebut. Karena hal itu, maka wajarlah bila kekuatan tanah dasar perlu mendapat perhatian yang lebih serius.

Dengan memperhatikan syarat-syarat yang dituntut terhadap tanah dasar tersebut, ada beberapa alternatif yang dapat diambil :

1. Menerima tanah tersebut sebagaimana kualitas tanah yang ada.
2. Mengganti tanah yang ada dengan tanah yang lebih baik mutunya.
3. Memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, hingga mendapatkan sifat-sifat tanah yang lebih baik dan sesuai dengan persyaratan yang dikehendaki.

Alternatif ketiga inilah yang biasa disebut “Stabilisasi Tanah” (Soil Stabilization). Alternatif ini pula yang akan dipelajari dan dibahas dalam penulisan ini.

Ada beberapa macam metoda stabilisasi tanah yang biasa digunakan dalam konstruksi jalan raya, diantaranya adalah stabilisasi secara mekanis dan stabilisasi dengan memakai bahan kimia. Stabilisasi tanah dengan memakai semen, merupakan salah satu dari bermacam-macam cara stabilisasi secara mekanis.

Pada penelitian berikut ini akan dicoba untuk melakukan stabilisasi tanah-semen, dalam keadaan batas cair tanah asli. Seperti diketahui, umumnya tanah di Indonesia adalah tanah kohesif dengan Indeks Plastis dan kadar air asli tinggi, hal ini melihat dari pelaksanaan stabilisasi tanah umumnya didasarkan atas perbandingan atas berat kering butiran tanah dengan berat bahan pencampurnya. Dalam pelaksanaannya, sering kita jumpai kesulitan dalam mendapatkan kadar air ideal yang sesuai dengan kadar air yang telah dicoba di laboratorium. Keadaan ini terutama terjadi pada saat musim hujan, dimana kadar air tanah selalu berada di atas kadar air optimum.

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan tiga contoh tanah yang berbeda. Contoh tanah tersebut penulis ambil dari daerah Bekasi, Cibadak, dan Ciganjur. Untuk selanjutnya contoh tanah tersebut dicampur dengan semen portland sebagai bahan stabilisasi.

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan ini adalah untuk memahami dan mendalami permasalahan tentang stabilisasi tanah dasar pada pekerjaan konstruksi jalan raya khususnya. Serta untuk mengetahui seberapa besar pengaruh semen terhadap perubahan sifat-sifat tanah yang dipakai sebagai lapis dasar konstruksi jalan raya.

Sedang tujuan akhir yang hendak dicapai adalah, penulis ingin mengetahui kesimpulan apa yang dapat diambil ditinjau dari segi :

1. Sifat-sifat tanah dasar setelah dicampur dengan semen.
2. Apakah pencampuran tanah dengan semen dalam keadaan batas cair tanah asli, akan memperbaiki kekuatan tanah contoh.

1.3. Ruang Lingkup

Dalam pembahasan ini, penulis batasi pada stabilisasi tanah dasar untuk lapis dasar (sub-grade) jalan raya (tinjauan terhadap contoh tanah dari daerah Bekasi, Cibadak, dan Ciganjur) dengan memakai bahan pencampur semen portland type I.

Kriteria yang dipergunakan untuk dapat mengetahui hasil dari penelitian ini, didasarkan pada hasil-hasil pengujian laboratorium seperti ; Pemadatan (tanah asli), Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compaction Strength), Pengujian CBR, ditambah pengujian terhadap batas-batas Atterberg sesuai dengan diagram alir yang diambil.

1.4. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah, dengan melakukan serangkaian pengujian laboratorium di Laboratorium Mekanika Tanah pada Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) Jakarta, dan dengan memakai beberapa literatur sebagai bahan acuan/pegangan yang berhubungan dengan permasalahan stabilisasi tanah dengan semen.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistimatika penulisan Tugas Akhir ini secara garis besar dibagi dalam 5 (lima) bab, seperti diuraikan dibawah ini :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini dijelaskan tentang latar belakang penulisan tugas akhir, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup serta metodologi yang dipergunakan dalam penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini, kemudian sebagai penutup dari bab ini adalah sistimatika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai teori-teori yang menunjang permasalahan yang dibahas, antara lain meliputi teori konstruksi jalan raya (khususnya tanah dasar),

klasifikasi tanah sebelum pekerjaan stabilisasi dilakukan, stabilisasi tanah dasar, serta stabilisasi tanah dengan semen.

BAB III : PROGRAM KERJA DAN PROSEDUR PENGUJIAN DI LABORATORIUM

Bab ini menguraikan tentang diagram alir dari pelaksanaan pekerjaan dilaboratorium, mulai dari persiapan material, prosedur pencampuran serta pelaksanaan pengujian di laboratorium yang meliputi pengujian-pengujian batas-batas Atterberg, pemadatan, CBR tanah, dan uji kuat tekan bebas.

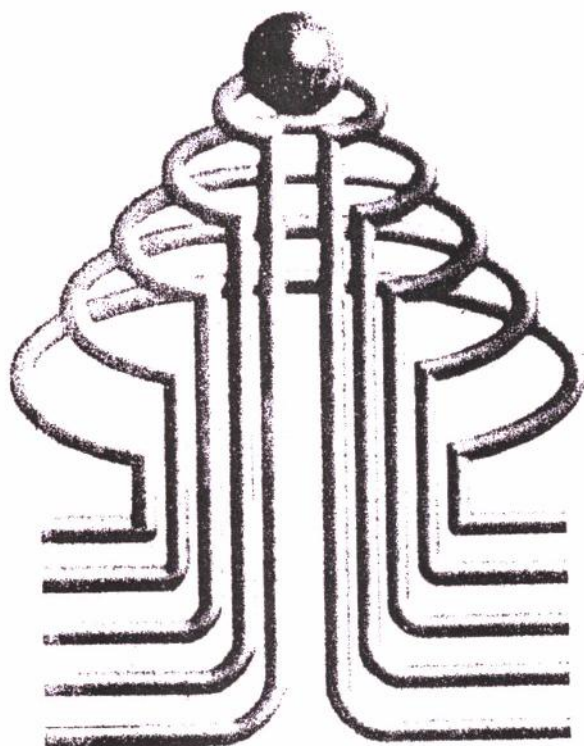
BAB IV : PENYAJIAN DATA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini disajikan hasil-hasil yang diperoleh dari serangkaian pengujian di laboratorium yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk selanjutnya dari hasil-hasil yang didapat penulis membahas dan menganalisa pengaruh semen terhadap plastisitas tanah, pemadatan, nilai CBR tanah, dan juga pengaruh semen terhadap kekuatan tanah contoh.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini penulis menguraikan kesimpulan-kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan atas hasil-hasil pengujian tersebut, ditambah dengan saran-saran yang mungkin dipergunakan dalam pekerjaan stabilisasi tanah di lapangan.





ISTN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konstruksi Jalan Raya Secara Umum

Bagian-bagian dari suatu konstruksi jalan raya secara garis besar terdiri dari lapisan perkerasan jalan dan lapisan tanah dasar. Bagian perkerasan merupakan lapis-lapis meterial yang dipilih dan dikerjakan menurut persyaratan tertentu sesuai dengan macamnya serta berfungsi untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa, sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas-batas daya dukungnya.^{1.)}

Umumnya konstruksi jalan raya terdiri dari beberapa lapisan yaitu : lapis permukaan (surface Coarse), lapis pondasi atas (base coarse), lapis pondasi bawah (sub-base coarse), dan lapis tanah dasar (sub-grade).

Sesuai dengan permasalahan yang akan dibahas, yaitu mengenai perbaikan tanah dasar (stabilisasi tanah), maka lapisan konstruksi yang ditinjau didalam penulisan ini adalah lapis tanah dasar-nya saja (lapisan sub-grade).

2.1.1. Tanah Dasar (Sub-Grade)

Kekuatan dan keawetan perkerasan jalan tergantung dari sifat dan daya dukung tanah dasarnya. Tanah dasar adalah bagian yang berada dibawah struktur perkerasan dan berfungsi sebagai pendukung tegangan desak akibat beban lalu lintas yang telah disebarkan melalui lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Pada umumnya persoalan yang perlu diperhatikan menyangkut tanah dasar (sub-grade) adalah sebagai berikut :^{2.)}

¹ Dep. PU. Dir. Jen. Bina Marga, Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya, No. 04/PD/1974.

² Dep. PU. Dir. Jen. Bina Marga, Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya, No. 01/PD/B/1983.

1. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat kembang dan susut dari tanah, akibat perubahan kadar air .
3. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kadudukannya.
4. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.
5. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas yang berulang dan penurunan yang diakibatkannya, yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah timbulnya persoalan yang menyangkut tanah dasar serta mengingat begitu pentingnya pengaruh kekuatan tanah dasar terhadap jenis konstruksi maupun tebal-tipisnya suatu konstruksi perkerasan jalan, maka hendaknya dipersiapkan tanah dasar dengan sebaik-baiknya agar konstruksi jalan raya dapat dilaksanakan sesuai dengan perencanaan serta dapat berfungsi dengan baik.

Pada umumnya kemantapan suatu tanah dilihat dari kekuatan tanah tersebut yang ditinjau dari daya dukungnya. Pengujian California Bearing Ratio (CBR) dan uji kuat tekan bebas adalah cara yang umum dipakai.

Pada pembangunan jalan raya, sering dijumpai keadaan tanah dasar yang lunak, dimana daya dukungnya kecil sekali. Untuk mengatasi hal ini, metoda stabilisasi merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan kemantapan suatu tanah yang akan digunakan sebagai sub-grade jalan raya.

2.2. Klasifikasi Tanah.

Metoda stabilisasi sangat dipengaruhi oleh jenis tanahnya. Oleh sebab itu klasifikasi dari suatu jenis tanah haruslah diketahui terlebih dahulu sebelum pelaksanaan stabilisasi dilakukan.

Klasifikasi jenis tanah yang umum digunakan adalah “Unified Soil Classification System” (sistim Unified) dan “AASHTO Soil Classification System” (sistim AASHTO).

2.2.1. Klasifikasi Tanah Sistim Unified.

Sistim ini mengklasifikasikan tanah kedalam bentuk yang terdapat pada unsur-unsur pokok tanah, seperti ukuran butir tanah, gradasi, tingkat plastisitas tanah serta unsur organik yang terkandung pada tanah tersebut. Sistim ini menggolongkan tanah ke dalam tiga kelompok besar, yaitu :

1. Tanah Berbutir Kasar.

Tanah berbutir kasar didefinisikan sebagai tanah yang mempunyai prosentase lolos saringan no.200 kurang dari 50%, dan tanah berbutir kasar ini dibagi lagi menjadi Kerikil dan Pasir. Masuk kedalam klasifikasi kerikil adalah tanah yang prosentasi lolos saringan no. 4 kurang dari 50% , sedangkan golongan pasir adalah tanah yang lolos saringan no. 4 lebih dari 50%. Dalam menentukan jenis kelompoknya, baik kerikil maupun pasir masih dibagi lagi berdasarkan ukuran butir, gradasi dan sifat plastisitasnya lebih dominan.

2. Tanah Berbutir Halus.

Didefinisikan sebagai tanah yang mempunyai prosentase lolos saringan no. 200 lebih dari 50%. Tanah berbutir halus ini terbagi lagi dalam jenis Lanau (M) dan Lempung (C) yang didasarkan pada batas cair dan indeks plastisitasnya. Jadi pembagian kelompok dari tanah berbutir halus ini didasarkan kepada hubungan antara Batas Cair

(Liquid Limit) dan Indeks Plastis (PI) serta ada tidaknya bahan organik di dalam tanah tersebut.

3. Tanah Organik.

Didefinisikan sebagai tanah dengan tekstur organik yang tinggi dan tidak terbagi lagi, akan tetapi diklasifikasikan kedalam kelompok Peat (Pt).

Simbol huruf yang digunakan untuk menentukan kelompok tanah tersebut adalah sebagai berikut :

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| - Kerikil - G (Gravel) | - Organik - O (Organic) |
| - Pasir - S (Sand) | - Lempung - C (Clay) |
| - Lanau - M (Silt) | - Humus - Pt (Peat) |

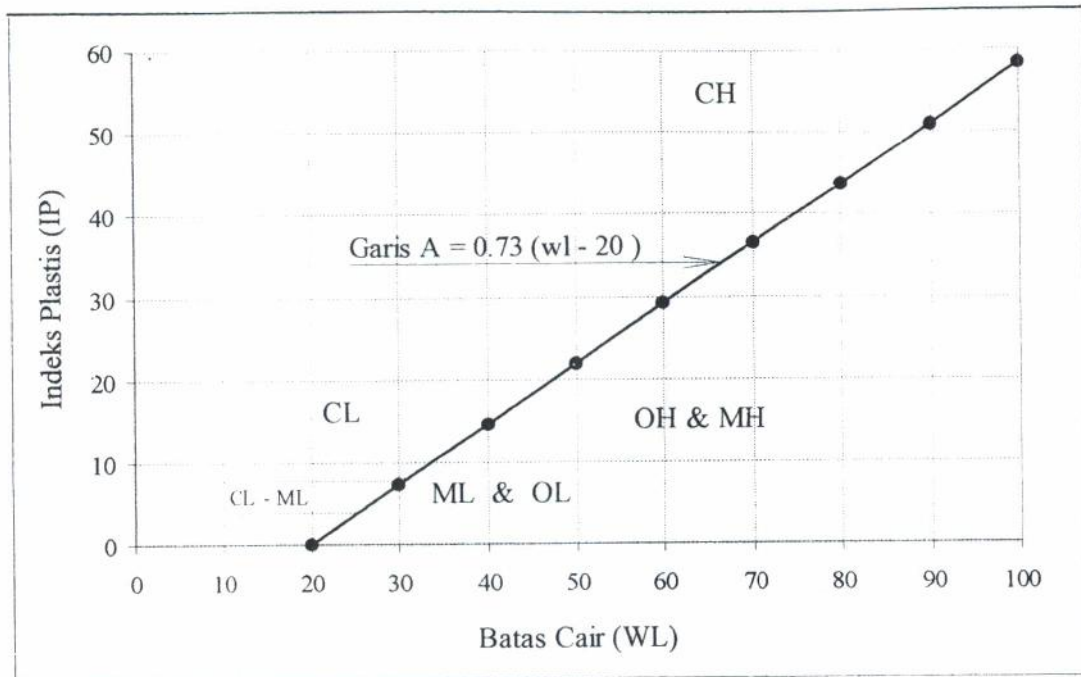
Kemudian simbol untuk pasir dan kerikil dapat dikombinasikan dengan keadaan :

- | | |
|------------------|-------------------|
| Bergradasi Baik | - W (Well Graded) |
| Bergradasi Buruk | - P (Poor Graded) |
| Kelempungan | - C (Clayey) |
| Kelanauan | - M (Silty) |

Sementara untuk tanah berbutir halus, simbol-simbol yang ada dapat ditambah dengan huruf lain yang menunjukkan tingkat plastisitas tanah tersebut, seperti :

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| Plastisitas Tinggi | - H (High Plasticity) |
| Plastisitas Rendah | - L (Low Plasticity) |

Pada jenis tanah Silt, simbol L dan H diartikan sebagai Low Compressibility dan High Compressibility. Simbol L dan H digunakan bila nilai Liquid Limit (Batas Cair) dari tanah tersebut kurang/lebih dari 50%. Dengan diketahuinya Batas Cair dari tanah silt atau lempung, maka dapat diketahui pula plastisitas tanah tersebut berdasarkan "Plasticity Chart" seperti terlihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Grafik Plastisitas: Sistem UNIFIED.
Gambar dikutip dari: Craig, R.F., "Mekanika Tanah", Edisi Keempat, Erlangga, 1991.

2.2.2. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO.

Penggolongan tanah sistem AASHTO ini disusun seperti tertera pada tabel 2.1. Untuk menggolongkan tanah kedalam sistem ini dapat dilakukan dengan beberapa pengujian, seperti Grain Size Analysis, Liquid Limit, dan Plasticity Index.

Pembagian golongan tanah dari sistem AASHTO ini terbagi atas dua jenis material yaitu Granular Material dan Silt Clay Material, dengan kriteria pembagian 35% lolos saringan no. 200.

Pada grup Granular Material terdiri dari tiga (3) kelompok, masing-masing A1, A2, dan A3 dengan kelompok A2 sebagai daerah perbatasan antara Granular Material (bahan berbutir kasar) dan Silty Clay Material (bahan berbutir halus). Kelompok A1 dan A2 masih dibagi lagi menjadi 2 dan 4 sub kelompok yaitu : A-1-a ; A-1-b dan A-2-4 ; A-2-5 ; A-2-6 ; A-2-7. Sedangkan untuk Silty Clay Material dibagi atas 4 kelompok yaitu, A4, A5, A6, A7, dengan memakai dasar penentuan Liquid Limit dan Plasticity Index.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO.

Sistem klasifikasi tanah AASHTO

Perhatikan bahwa A-8, gambut dan rawang ditentukan dengan klasifikasi visual dan tidak diperlihatkan dalam tabel.

Klasifikasi umum	Bahan - bahan (35% atau kurang melalui no. 200)							Bahan - bahan lanau - lempung (Lebih dari 35% melalui No. 200)			
	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
Klasifikasi kelompok	A - 1a	A - 1b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7			A - 7 - 5; A - 7 - 6	
Analisis saringan : Persen melalui :	50 maks. 30 maks. 15 maks.										
No. 10											
No. 40											
No. 200											
Karakteristik fraksi melalui No. 40											
Batas cair :											
Indeks plastisitas	6 maks.		N.P.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 11 min.	41 maks. 10 maks.	40 maks. 10 maks.	40 maks. 11 min.	41 maks. 11 min.	
Indeks kelompok	0		0		0	4 maks.		8 maks.	12 maks.	20 maks.	
Jenis - jenis bahan pendukung utama	Fragmen batuan, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung			Tanah berlanau sedang sampai buruk		Tanah berlempung		
Tingkatan umum sebagai tanah	Sangat baik sampai baik										

Dikutip dari Bowles, J.E., "Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah", Erlangga, 1989.

2.3. Stabilisasi Tanah Dasar.

Pada pembangunan suatu badan jalan, sifat dan keadaan tanah perlu ditinjau untuk dapat diketahui apakah tanah yang bersangkutan cukup memadai untuk dapat digunakan sebagai lapis dasar jalan raya, jarang sekali dijumpai tanah yang demikian saja dapat dipakai serta dipadatkan hingga mencapai nilai kekuatan yang tinggi.

Metoda Stabilisasi Tanah (soil stabilization) adalah salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan mutu tanah dasar sebelum digunakan. Stabilisasi tanah berarti mencampur tanah dengan suatu bahan tertentu yang berguna untuk mengubah/memperbaiki mutu tanah asli, sehingga akan diperoleh sifat-sifat tanah yang lebih baik sesuai dengan yang dikehendaki.

2.3.1. Prinsip Dasar Stabilisasi Tanah.

Sifat-sifat tanah dasar dapat diperbaiki dengan berbagai cara, seperti ; dipadatkan, dicampur, dengan bahan-bahan kimia seperti semen, kapur, garam dapur, maupun dengan bahan-bahan lainnya. Pada kenyataannya tidak satupun metoda perbaikan tanah yang dapat dilakukan pada setiap jenis tanah dengan hasil yang sama baiknya, hal ini disebabkan karena keanekaragaman sifat masing-masing jenis tanah yang satu sama lainnya berbeda.

Ada tiga macam cara untuk perbaikan tanah yang umum dilakukan untuk pekerjaan konstruksi jalan raya, yaitu :³⁾

a. Cara Mekanis , yaitu perbaikan tanah yang dilakukan tanpa penambahan bahan-bahan lain.

Perubahan sifat-sifat tanah dapat dicapai dengan ;

- mengurangi volume rongga (membuang udara) dari tanah dengan melakukan pemadatan
- kadar air yang harus dijaga dalam suatu batas yang konstan, misalnya dengan drainase
- perbaikan gradasi, yaitu dengan penambahan fraksi tanah yang masih kurang

b. Cara Fisik , yaitu dengan memanfaatkan perubahan fisik yang terjadi seperti ;

³⁾ Kezdi Arpart, Stabilized Earth Roads, Elsevier Scientific Publishing Company, New York, 1979.

- hidrasi (proses hidrasi semen yang akan membentuk ikatan antar partikel tanah sehingga campuran semen dengan tanah akan mengeras)
 - penyerapan air/absorpsi (seperti yang terjadi pada stabilisasi dengan kapur)
 - perubahan temperatur (seperti pada stabilisasi dengan bitumen, dimana aspal harus dicairkan terlebih dahulu dengan jalan dipanaskan agar dapat dicampur)
 - evaporasi/penguapan (yaitu dengan penguapan emulsi aspal untuk menguatkan tanah)
- c. Cara Kimiawi, yaitu dengan memanfaatkan reaksi-reaksi kimia yang akan mengakibatkan perubahan sifat-sifat tanah seperti ; pertukaran ion yaitu dengan menukar reaksi ion antar butir-butir tanah presipitasi/pengendapan yaitu dengan mencampur dua macam campuran (solusi) sehingga akan menghasilkan suatu campuran yang baru dan dapat menimbulkan pemadatan pada tanah atau stabilisasi tanah polimerisasi/perubahan bentuk molekul yaitu dalam kondisi tertentu beberapa zat sederhana dicampur sehingga akan membentuk zat baru yang memiliki molekul lebih besar dan menimbulkan pengaruh stabilisasi.

Cara perbaikan tanah dapat juga digolongkan dengan melihat tujuan yang ingin dicapai, seperti :

- a) Perbaikan terhadap sifat-sifat tanah tanpa penambahan suatu material baru. Cara ini adalah untuk meningkatkan kekuatan tanah, mengurangi kompresibilitas dan permeabilitas yang dilakukan dengan cara memadatkan.
- b) Perbaikan terhadap sifat-sifat tanah dengan penambahan suatu material baru, biasanya dengan menambahkan bahan-bahan tertentu (seperti semen, aspal, kapur dan sebagainya).
- c) Tanah yang kedap air, yaitu dengan menggunakan bahan tambahan seperti hidrokarbon, atau dapat juga menggunakan membran (selaput) kedap air.
- d) Perlindungan terhadap erosi, biasanya dengan penambahan garam dapur atau bahan kimia lainnya.

2.3.2. Metoda-metoda Stabilisasi Tanah.

Pada konstruksi jalan raya, perbaikan tanah dasar merupakan stabilisasi tanah dangkal, hal ini memungkinkan berbagai macam metoda perbaikan yang dapat dilakukan ditinjau dari segi teknik pencampurannya. Metoda perbaikan tanah yang lazim digunakan pada konstruksi jalan antara lain, adalah:

- Metoda pencampuran terpusat, yaitu tanah tersebut tersebut dicampur dengan bahan stabilisasi pada suatu tempat, kemudian baru diangkut ketempat pekerjaan untuk kemudian dilakukan pemadatan. Untuk hal ini diperlukan alat pencampur.
- Metoda pencampuran dalam galian, yaitu bahan stabilisasi dicampur dengan tanah pada lubang galian tanah untuk kemudin diangkut ketempat pekerjaan.
- Metoda pencampuran di tempat, yaitu tanah yang akan dicampur setelah digemburkan kemudian ditaburi bahan pencampur stabilisasi dan diaduk dilokasi pekerjaan.

Selain dari teknik pencampurannya, metoda lain yang juga perlu diperhatikan adalah dari macam campurannya. Hal ini terutama dilakukan pada stabilisasi tanah dengan cara kimiawi dimana bahan campuran tersebut mudah larut dalam air atau tidak. Macam bahan campuran tersebut dapat berupa :

- Larutan, dalam arti bahan campuran tersebut dilarutkan dalam air baru kemudian dicampur dengan tanah yang bersangkutan, atau
- Butiran, dalam arti bahan campuran itu masih dalam keadaan butiran, untuk kemudian dicampur dengan contoh tanah dan air, baru diaduk. Hal ini perlu diperhatikan karena konsentrasi dari bahan-bahan pencampur tersebut dapat berbeda dalam jumlah maupun hasil yang didapat.

2.4. Stabilisasi Tanah Dengan Semen.

2.4.1. Semen.

Semen adalah suatu material yang bersifat adhesif dan kohesif yang membuat bagian-bagian material terikat satu sama lain menjadi suatu massa yang kokoh (*Iskandar, 1979*).

Semua jenis semen dapat dipakai untuk stabilisasi tanah, tetapi pada umumnya yang sering dipakai adalah Semen Portland (PC). Mengingat semen PC mudah didapat dan selalu tersedia di pasaran dalam jumlah yang cukup. Apapun jenis semen yang akan dipakai, sebaiknya dikonfirmasi terlebih dahulu terhadap standart yang dipakai, karena pemakaian jenis semen yang tidak cocok akan mengakibatkan kegagalan konstruksi. Mutu semen yang rendah atau semen yang telah rusak sedapat mungkin tidak dipakai (*Herry Budianto, 1986*).

Hal-hal yang menyebabkan semen sangat disukai sebagai bahan stabilisasi, antara lain :

1. Semen mudah didapat dan tersedia dalam jumlah yang banyak dengan harga terjangkau
2. Penggunaan semen untuk stabilisasi tanah umumnya membutuhkan lebih sedikit perawatan dibanding dengan metode stabilisasi tanah lainnya
3. Hampir semua jenis tanah dapat distabilisasi dengan semen, apabila digunakan sejumlah semen dan air yang tepat serta pemadatan dan perawatan (curing) yang memadai.^{4.)}

2.4.2. Perkembangan Campuran Tanah - Semen

Perkembangan dan pengembangan stabilisasi campuran tanah-semen mulai dilakukan pada permulaan abad ke-20 di Amerika Serikat. Bertahun-tahun kemudian, orang membuat dan mengembangkan campuran (kombinasi campuran) tanah-semen, dengan tujuan utama untuk menghasilkan bahan lapisan perkerasan yang kuat dan tahan lama dengan biaya murah.

Penelitian dan percobaan-percobaan terus dilakukan, sehingga semakin diketahui dan dipahami sifat dan perilaku dari campuran tanah-semen. Ribuan kilometer jalan tanah-semen telah dibangun di Amerika Serikat dan Kanada, diikuti oleh banyak negara lain. Dengan

⁴ A.T.P.U. Propinsi Dati. I, Jawa Barat, Campuran Tanah-Semen sebagai Lapisan Perkerasan Pada Konstruksi Jalan Raya, 1978.

mengadakan penelitian secara intensif dan juga membangun jalan-jalan dengan campuran tanah-semen sebagai bagian dari konstruksi badan jalan.

Di Indonesia, dimulai pada tahun 1973 di provinsi Jambi, dan untuk daerah-daerah yang sulit untuk mendapatkan sumber pasir dan kerikil atau terlalu jauh jarak pengangkutan bahan-bahan pasir dan kerikil, maka telah dicoba mengerjakan stabilisasi tanah dengan semen.

2.4.3. Sifat-sifat Campuran Tanah-Semen

Jenis tanah yang mengandung 20 - 30% pasir atau kerikil yang lolos saringan 0,74 akan mendapatkan hasil paling efisien, akan tetapi perbaikan juga dapat terjadi pada tanah kohesif yang mengandung sedikit butir-butir tanah yang lebih halus dari yang tertera diatas, terutama tanah kohesif dengan sifat-sifat abu vulkanis.

Tujuan umum pencampuran bahan semen pada lapisan tanah adalah untuk mengurangi sifat kembang-susut, stabilitas, permeabilitas, dan durabilitas lapisan tanah (*Suyadi, 1972*).

Secara umum kualitas campuran tanah-semen tergantung pada material pembentuknya (tanah+semen+air), metode dan tingkat pencampuran, saat pencampuran dan pemadatan, metoda dan lama pemeraman. Kekuatan lapisan tanah-semen padat, terutama tergantung pada kadar semen dan pemadatan (*Herry Budianto, 1986*), selain itu juga dipengaruhi oleh jenis tanah, alat pencampur, pelaksanaan curing dan faktor-faktor lainnya (*Ingles dan Metcalf, 1972*).

Sifat-sifat asli tanah akan berubah seiring dengan peningkatan kadar semen, kekuatan dan daya dukungnya bertambah, juga ketahanan terhadap perubahan cuaca, permeabilitas akan turun, tetapi pada tanah lempung akan meningkat. Penambahan semen juga akan mengurangi pemuaihan (swelling) pada lempung, namun kecenderungan untuk menyusut (shrink) pada tanah granular justru bertambah. Pada umumnya tingkat efektifitas stabilisasi tanah-semen ditentukan oleh kuat tekannya (Unconfined Compressive Strenght) atau nilai CBR-nya, serta daya tahan terhadap

cuaca. Kekuatan akan bertambah sebanding dengan penambahan semen (linier), namun tingkatnya akan berbeda tergantung dari jenis tanahnya.

Waktu pemeraman juga merupakan hal yang penting karena kekuatan campuran akan bertambah seiring dengan lamanya waktu pemeraman. Berbagai variasi dari masa pemeraman juga akan mempengaruhi, tetapi pada umumnya pengaruh terbesar adalah suhu udara. Suhu yang tinggi akan dengan cepat meningkatkan kekuatan, tetapi pengeringan yang berlebihan memang menaikkan kekuatan namun akan mengakibatkan retak-retak.

Pemeraman pada campuran tanah-semen perlu dilakukan agar proses pengerasan dapat berlangsung dengan baik. Campuran tanah-semen pada umumnya akan mengeras pada periode pemeraman antara 7 hari sampai 8 hari, tergantung pada kadar semen yang digunakan. Selama masa pemeraman ini lapisan tanah-semen harus dijaga agar tetap lembab dan diusahakan agar penguapan yang terjadi seminimal mungkin.^{5.)}

2.4.4. Stabilisasi Tanah-Semen dan Kegunaannya

Stabilisasi tanah dengan semen adalah upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang kurang baik, juga untuk menambah ikatan antar butir tanah, sehingga tanahnya makin kuat. Dimana kekuatan dan kualitas dari stabilisasi tanah-semen tergantung dari kadar semen, jenis tanah, cara pencampuran, suhu dan umur campuran (*Lembaga Masalah Jalan, 1983*).

Campuran tanah-semen terutama dipakai untuk lapisan perkerasan sub-base jalan raya, perkerasan tempat parkir kendaraan, lapisan perkerasan landasan udara, pelapis saluran irigasi dan lainnya.

Stabilisasi tanah dengan semen mempunyai fungsi sebagai lapis pondasi bawah, sebagai tanah dasar, untuk meningkatkan daya dukung tanah, dan menyediakan lantai kerja untuk jalan sementara.

2.4.5. Macam-macam Stabilisasi Tanah - Semen

^{5.} Ibid.

Stabilisasi tanah dengan semen dapat dibedakan atas tiga macam cara pengerjaan, yaitu:

1. Tanah-semen yang dipadatkan, campuran ini mengandung cukup semen untuk memperkeras tanah serta cukup basah untuk kelangsungan proses pengerasan semen, kemudian tanah dan semen dipadatkan.
2. Tanah-semen Modified, yaitu suatu campuran tanah-semen dimana campuran ini akan menghasilkan suatu lapisan yang agak keras. Apabila sejumlah semen dicampurkan pada tanah yang telah dihancurkan menjadi butiran-butiran atau tanah liat bercampur lumpur, maka sifat-sifat kimia dan alami tanah akan berubah. Semen akan mengurangi sifat plastis tanah, mengikat air, dan meningkatkan daya dukung tanah. Tingkat keberhasilan dari cara ini tergantung pada jumlah semen yang dipakai serta jenis tanah. Pada tanah semen modified, semen yang dipergunakan hanya untuk mengubah sifat fisik tanah, sehingga semen yang dipakai lebih sedikit dibandingkan dengan campuran tanah-semen yang dipadatkan. Tanah-semen modified ini biasa digunakan untuk sub-base, tanah timbunan jalan dan sebagainya.
3. Tanah-semen Plastis, ialah suatu campuran butiran tanah dengan sejumlah semen dan ditambah air yang agak banyak, sehingga pada waktu pengerjaannya mempunyai kekentalan yang sama dengan adukan untuk pekerjaan plesteran. Tanah-semen plastis ini dipakai untuk lapisan perkerasan yang curam, misalnya pelapis saluran drainase jalan.

Ada tiga metode pencampuran tanah-semen yang umum dilaksanakan, yaitu :

1. Metode pencampuran di tempat, yaitu tanah yang akan dicampur digemburkan terlebih dulu, lalu ditaburi semen hingga merata dan diaduk sampai homogen.
2. Metode pencampuran terpusat, tanah yang akan dicampur dengan bahan stabilisasi di tempatkan pada satu lokasi. Dan setelah siap, baru diangkut ke tempat pekerjaan. Maka untuk ini diperlukan mesin pencampur.

3. Metode pencampuran dalam galian, tanah dan bahan stabilisasi dicampur pada lubang galian tanah, lalu diangkut ke tempat pekerjaan.

2.4.6. Interaksi Antara Tanah dengan Semen

Interaksi antara tanah dan semen tergantung dan berkaitan erat dengan peran nyata yang dilakukan oleh semen, dan akan berbeda antara tanah berbutir kasar dengan tanah yang berkoheisi.

Pada tanah lempung berbutir halus dan lanau, hidrasi semen akan terikat kuat dengan berbagai bahan mineral dan membentuk ikatan yang secara efisien akan mengikat partikel tanah yang tidak terikat. Ikatan ini mengembangkan suatu struktur celluar, dimana kekuatan dari seluruh konstruksi bertumpu pada partikel tanah liat yang mengikat partikel-partikel tanah. Maka akibatnya semen akan mengurangi plastisitas tanah dan pada sisi lain akan meningkatkan kuat gesernya. Pengaruh kimia pada permukaan semen akan mengurangi afinitas air pada tanah liat, dengan demikian kandungan air dalam tanah liat tetap terpelihara.

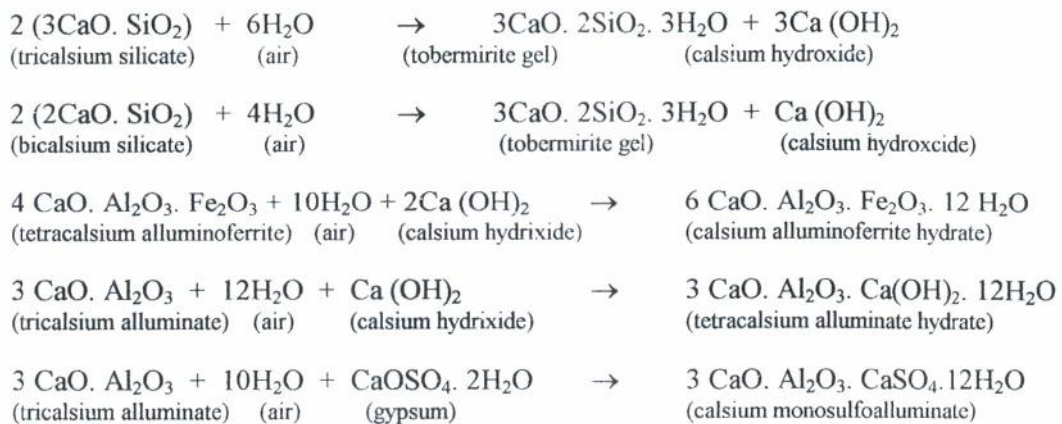
Pada tanah berbutir kasar pengaruh sementasi akan sama pengaruhnya dengan campuran beton. Perbedaan yang ada hanyalah dimana pasta semen tidak mengisi aditif, sehingga untuk selanjutnya sementasi terjadi pada bidang yang berhubungan.

Pada tanah yang memiliki distribusi gradasi butiran yang lebih baik, bagian yang tidak terisi (kosong) jumlahnya lebih sedikit, sedangkan jumlah permukaan partikel yang bersentuhan lebih besar, sehingga pengaruh sementasi akan lebih kuat.

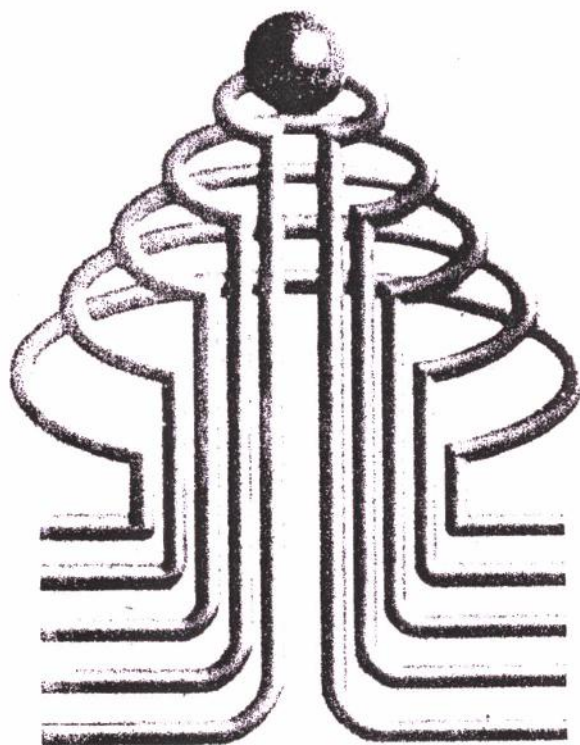
Partikel semen portland (PC) adalah suatu bahan heterogen yang mengandung kristal kecil C_3S , C_4S dan C_3A juga larutan padat yang dilukiskan sebagai C_4AF . Dimana C adalah CaO , S adalah SiO_2 , A adalah Al_2O_3 , F adalah Fe_2O_3 , dan H adalah H_2O . Selama hidrasi semen, komponen-komponen bereaksi dengan semen sehingga menghasilkan silikat, aluminat dan kalsium hidroksida terhidrasi.

Komposisi semen terhidrasi masih tidak jelas didefinisikan berdasarkan rumus kimia, maka terdapat banyak variasi yang layak. Pada hidrat kalsium silikat (CSH) yang diproduksi dari C_3S dan merupakan senyawa yang paling mungkin menghasilkan kekuatan yaitu Ca.

Menurut *Brunauer dan Copeland* (1964), senyawa pada semen ditransformasikan pada adisi air, sebagai berikut :



Selama proses hidrasi semen portland, maka interaksi antara semen dengan mineral lempung dapat diharapkan mempunyai kepentingan yang agak nyata pada proses interaksi semen-lempung. Reaksi mineral lempung dan semen dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) tahapan, yaitu tahap pertama adalah tingkat kecepatan (pertukaran ion dan penggumpalan) dan tahap kedua adalah proses yang lambat dan akan memproduksi substansi batu.



ISTN

BAB III

PROGRAM KERJA DAN PROSEDUR PENGUJIAN DI LABORATORIUM

Material yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 kategori besar, yaitu :

1. Tanah asli (Natural Soil).
2. Tanah asli + Semen portland, dengan beberapa variasi penambahan semen.

Selanjutnya material-material tersebut diperiksa sesuai dengan standart pengujian di laboratorium. Program kerja dan prosedur pengujian di laboratorium akan dijelaskan berikut ini.

3.1. Diagram Alir (Flow Diagram)

Diagram alir dari proses pengujian laboratorium yang menunjukkan berbagai tingkatan dari program kerja yang dilakukan di laboratorium, dapat dilihat pada gambar 3.1.

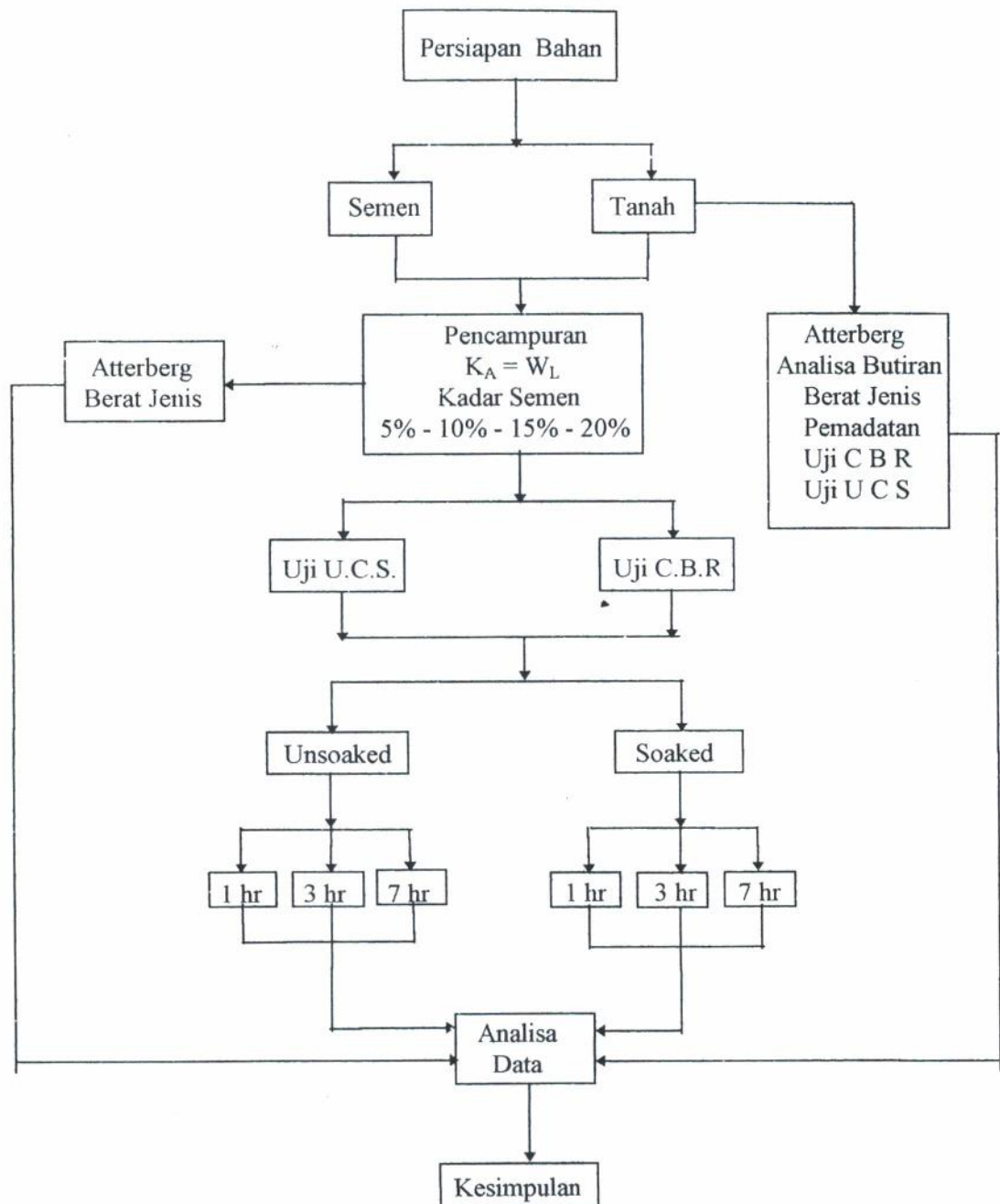
3.2. Persiapan Material

3.2.1. Persiapan Tanah Asli

Tanah yang dipergunakan dalam penelitian ini diambil dari daerah Bekasi, Cibadak, dan Ciganjur. Tanah tersebut termasuk tanah permukaan, dengan kedalaman ± 1 meter dari permukaan tanah.

Setelah pengambilan, contoh tanah dikeringkan dengan cara dijemur dengan bantuan sinar matahari. Selanjutnya tanah tersebut ditumbuk dan disaring dengan menggunakan saringan no. 4. Tanah yang lolos saringan no. 4 ini dimasukkan kedalam kantong-kantong plastik dan digunakan untuk keperluan pemeriksaan pemadatan, pemeriksaan CBR dan gradasi butiran.

Sedangkan untuk pemeriksaan batas Atterberg dan pemeriksaan berat jenis tanah, contoh tanah tersebut harus disaring terlebih dahulu dengan saringan no. 40.



Gambar 3.1. Diagram Alir Proses Pengujian Laboratorium

Setelah tanah asli disiapkan, barulah dilakukan pemeriksaan terhadap tanah asli untuk mengetahui sifat dan klasifikasi dari tanah tersebut. Pemeriksaan ini meliputi :

- Batas-batas Atterberg.
- Analisa Saringan dan Hygrometer.
- Berat Jenis Tanah (Specific Gravity).
- Pemadatan Standart.
- California Bearing Ratio (CBR).
- Kuat Tekan Bebas.

3.2.2. Persiapan Campuran (Tanah + Semen)

Tanah kering udara yang telah disiapkan dan telah diayak dengan saringan no. 4, ditimbang dan dimasukkan ke dalam kantong-kantong plastik dengan berat masing-masing 4,5 kg, dan diperiksa kadar airnya.

Dalam penelitian ini, kadar semen yang diberikan adalah sebesar 5% , 10% , 15% , dan 20%, persentase kadar semen tersebut dihitung berdasarkan berat kering contoh tanah. Sedangkan kadar air yang dicampurkan, didasarkan atas harga kadar air pada keadaan Batas Cair (WL) contoh tanah asli.

Untuk pemeriksaan Kuat Tekan Bebas dan pemeriksaan CBR contoh tanah diperam (curing) selama 1 hari - 3 hari - 7 hari sebelum pelaksanaan test.

3.3. Teori-teori Laboratorium.

Sebelum dilakukan proses stabilisasi tanah dengan semen, maka terlebih dahulu harus diketahui jenis dan sifat-sifat dari material yang akan digunakan.

3.3.1. Batas-batas Atterberg.

Metode ini menggambarkan suatu proses keadaan tanah yang mana bila tanah tersebut dibiarkan mengering secara perlahan-lahan sampai tidak terjadi perubahan volume lagi, maka

tanah tersebut akan melampaui proses-proses tertentu. Tujuan dari pemeriksaan batas-batas Atterberg ini adalah untuk mengetahui nilai-nilai dari Batas Cair, Batas Plastis, dan Batas Mengkerut, selama proses berlangsung menurut ketentuan dari pengujian batas-batas Atterberg yang dilakukan pada contoh tanah yang lolos saringan no. 40.

Jika tanah dikeringkan, dan kadar airnya kurang dari batas plastis, maka tanah tersebut dalam keadaan kaku. Jika kadar airnya dinaikkan sehingga berada diantara batas plastis dan batas cair, maka tanah itu berada dalam keadaan plastis. dan jika kadar airnya diturunkan lagi sehingga melebihi batas cairnya maka tanah tersebut berada dalam keadaan cair. Keadaan-keadaan tersebut dengan istilah-istilah yang dipakai untuk perbatasan antaranya adalah sebagaimana di bawah ini.

Adapun keadaan antara batas cair (WL), batas plastis (WP), dan batas susut (SL) dapat dilihat pada Tabel 3.1. berikut :

Basah	Makin Kering		Kering
Keadaan Cair	Keadaan Plastis	Keadaan Semi Plastis	Keadaan Beku
(Liquid)	(Plastic)	(Semi Plastic)	(Solid)
Batas Cair (Liquid Limit)	Batas Plastis (Plastic Limit)	Batas Mengkerut (Shrinkage Limit)	

Sumber : Wesley, L. D., Dr. Ir., "Mekanika Tanah", Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1977.

Tabel. 3.1. Keadaan Tanah Dalam Istilah yang Digunakan Sebagai Perbatasannya

Selanjutnya yang dimaksud dengan :

- Batas Cair , adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Tanah yang batas cairnya tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk, yaitu kekuatannya rendah, dan compressibility-nya tinggi serta sulit dipadatkan.

- Batas Plastis , adalah kadar air pada batas bawah daerah plastis atau keadaan dimana kadar air tanah telah melampaui keadaan plastis menuju ke semi-plastis dan tanah tersebut menjadi lebih kering dari keadaan plastis.
- Batas Susut , adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan semi plastis dengan keadaan beku dan tanah tersebut menjadi semakin kering.

Dan sebagai tambahan untuk pembahasan selanjutnya dalam pengujian batas-batas Atterberg setelah dilakukan pencampuran dengan semen mengacu kepada :

- Indeks Plastis , adalah sifat-sifat plastisitas tanah yang merupakan selisih antara batas cair dengan batas plastis dan keadaan inilah yang dinamakan daerah dimana tanah dalam keadaan plastis dan secara notasi hal tersebut dapat dinyatakan dengan rumus : $IP = WL - WP$.
- Indeks Kecairan , adalah suatu angka yang kadang-kadang dipakai sebagai petunjuk akan keadaan tanah ditempat aslinya.

Kadar tanah dalam keadaan asli biasanya terletak antara batas plastis dan batas cair, secara notasi dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$IL = \frac{w - WP}{WL - WP} = \frac{w - WP}{IP} \quad \begin{array}{l} \text{dimana ; } w = \text{kadar air tanah asli} \\ \text{nilai IL umumnya berkisar antara } 0 \leq IL < 1 \end{array}$$

Berpegang pada teori di atas, terlihat bahwa bila nilai Indeks Plastis tinggi, akan menunjukkan bahwa tanah berada dalam keadaan sangat plastis dan sangat berpengaruh terhadap perubahan kadar air. Hal ini juga menunjukkan bahwa tanah tidak baik untuk konstruksi jalan. Bila tanah tersebut akan digunakan sebagai konstruksi jalan, maka tanah seperti ini harus diperbaiki mutunya.

Maksud dari penambahan semen disini adalah untuk menurunkan batas cair, menaikkan batas plastis dan pada akhirnya akan mengurangi indeks plastis dari tanah tersebut.

3.3.2. Analisa Saringan dan Hygrometer

Sifat-sifat suatu macam tanah banyak tergantung pada ukuran butirnya. Pengujian ukuran butir dari material tanah dapat dijadikan sebagai petunjuk dalam usaha untuk mengklasifikasikan jenis tanah. Klasifikasi tanah yang lebih teliti untuk material yang termasuk butiran halus diperlukan untuk pengujian batas-batas Atterberg. Oleh karena itu pengukuran besarnya butiran tanah merupakan suatu percobaan yang sering dilakukan dalam bidang mekanika tanah.

Besarnya ukuran butir tanah dari hasil pengujian, biasanya digambarkan pada grafik lengkung gradasi (Grading Kurve) atau grafik lengkung pembagian butir (Particle Size Distribution Curve). Pada grafik ini dapat dilihat besarnya diameter butir yang merupakan batas antara kerikil, pasir, lanau, dan lempung.

Dalam penentuan ukuran butiran tanah dilakukan dengan dua cara seperti penjelasan berikut ini :

1. Cara Analisa Saringan; dilakukan untuk menentukan ukuran butiran yang kasar, yaitu dengan cara tanah dikeringkan dahulu kemudian diayak pada serangkaian saringan dengan ukuran lubang tertentu, mulai dari yang paling kasar sampai dengan yang paling halus.
2. Cara Analisa Hygrometer (Pengendapan); dilakukan untuk menentukan pembagian ukuran butiran tanah halus yang lewat/lolos saringan no. 200.

3.3.3. Berat Jenis (Specific Gravity).

Adalah ukuran berat jenis butiran tanah yang merupakan perbandingan antara berat butiran tanah di udara dengan isi (volume) tanah seluruhnya di dalam air. Berat jenis tanah ini dinyatakan sebagai bilangan saja. Dan nilai rata-ratanya adalah sebesar 2,65 dengan variasi yang kecil, yaitu antara 2,4 dan 2,8. ^{6.)}

Angka besaran dari berat jenis butir tanah ini dipergunakan untuk mendukung percobaan-percobaan lainnya seperti pengujian hygrometer dan percobaan pemadatan.

⁶ DR. Ir. L.D. Wesley, Mekanika Tanah, Badan Penerbit P.U. , 1977.

3.3.4. Pemadatan (Compaction).

Yang dimaksud dengan pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan secara mekanis. Tujuannya adalah untuk menaikkan kekuatannya, memperkecil kompressibilitinya dan daya rembesan airnya, serta memperkecil pengaruh air terhadap tanah tersebut.

Dilapangan biasanya dipakai cara menggilas dengan memakai alat penggilas mekanis, sedangkan di laboratorium dilakukan dengan cara memukul. Pelaksanaan pemadatan di laboratorium bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar air yang optimum serta nilai berat isi kering maksimum. Nilai kadar air optimum yang didapat di laboratorium kemudian dipakai sebagai patokan dalam pelaksanaan pemadatan dilapangan, sebab tujuan pemadatan dilapangan adalah untuk memadatkan tanah pada keadaan kadar air yang optimum sehingga akan tercapai keadaan yang paling padat (kepadatan maksimum).

Derajat kepadatan tanah diukur berdasarkan satuan kerapatan kering (Dry Density), yaitu massa partikel padat per-satuan volume tanah. Bila kerapatan butiran tanah adalah “ γ ” dan kadar air “ w ”, maka dengan meninjau persamaan dibawah ini didapat kerapatan kering adalah :

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

dimana : γ = Kerapatan butiran tanah
 γ_d = Kerapatan butiran tanah kering
 w = Kadar air

Karakteristik pemadatan suatu tanah dapat diketahui dari uji pemadatan standart di laboratorium. Proses pemadatan standart ini diulangi beberapa kali (lima sampai enam kali) untuk contoh tanah yang sama dan pada setiap proses pemadatan, kadar air rencana untuk contoh dimaksud, dinaikan.

Dengan menggambarkan hubungan antara kadar air dengan kerapatan kering akan diperoleh suatu kurva.

Kurva tersebut menunjukkan bahwa untuk suatu metoda dengan usaha pemadatan tertentu akan diperoleh suatu nilai kadar air tertentu yang biasa disebut dengan kadar air optimum (w_{opt}) dan akan menghasilkan nilai kerapatan kering yang maksimum.

Pada kondisi nilai kadar air yang rendah, sebagian besar tanah cenderung menjadi kaku dan sukar untuk dipadatkan, selanjutnya dengan menambah kadar airnya tanah menjadi lebih mudah dibentuk dan dipadatkan sehingga akan menghasilkan kerapatan kering yang lebih tinggi. Akan tetapi pada kondisi kadar air yang lebih tinggi lagi kerapatan kering akan menjadi berkurang, dimana air tersebut akan mengisi pori-pori tanah dan akhirnya volume tanah tersebut akan bertambah.

Jika semua udara dalam tanah dapat dikeluarkan dengan melakukan pemadatan, maka tanah tersebut akan berada dalam kondisi jenuh sempurna dan kemungkinan akan menghasilkan nilai kerapatan kering maksimum untuk satu nilai kadar air yang telah ditetapkan.

Nilai kerapatan kering maksimum yang mungkin terjadi, disebut sebagai kerapatan kering dengan “ruang pori tanpa udara” (Zero Air Void) atau kerapatan jenuh, dan dapat dihitung dengan rumus :^{7.)}

$$\gamma_d = \frac{G_s}{1 + w \cdot G_s} \times \gamma_w$$

dimana : G_s = Berat jenis tanah

γ_w = Berat isi air

w = Kadar air

γ_d = Berat Isi Kering

3.3.5. California Bearing Ratio (CBR).

Adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standart dengan kedalaman dan kecepatan yang sama, notasi dari nilai CBR ini dinyatakan dalam persen.

^{7.} R.F. Craig, Mekanika Tanah, Edisi ke-empat, Penerbit Erlangga, 1989.

Pengukuran nilai CBR menggunakan alat yang disebut Penetrometer, caranya adalah dengan melakukan test penetrasi dengan menggunakan dongkrak mekanis (piston penetrasi), luas piston tersebut 3 inci persegi dengan kecepatan penetrasi 0,05 inci per menit. Besarnya nilai CBR dihitung pada harga penetrasi 0,1 dan 0,2 inci, bila dinyatakan dalam bentuk rumus:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Beban benda uji saat piston menembus } 0,1'}{\text{Beban standart saat piston menembus } 0,1'} \times 100\%$$

Di dalam laboratorium biasanya dilakukan dua macam pengujian CBR yaitu pada kondisi terendam (Soaked) dan kondisi tidak terendam (Unsoaked). Pada kondisi Soaked biasanya dilakukan perendaman dalam air selama 4 hari setelah curing (pemeraman) dan selama perendaman benda uji diberi beban pemberat untuk dapat mengetahui seberapa pengembangan yang terjadi pada benda uji.

Waktu pemeraman selama 4 hari tersebut dilaksanakan dengan anggapan, bahwa pada masa perendaman akan didapatkan kondisi tanah terburuk serta tidak akan terjadi lagi proses pengembangan pada tanah tersebut. Setelah dilakukan proses perendaman, kemudian pada benda uji tersebut dilakukan pengujian CBR.

3.3.6. Kuat Tekan Bebas.

Percobaan ini dimaksudkan untuk mengetahui besarnya kekuatan tekan bebas dari contoh tanah yang diuji. Dimana kekuatan tekan bebas ini dilihat dari besarnya beban aksial per satuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan.

Dalam penelitian ini dibuat dua macam contoh, yaitu satu contoh untuk pengujian dalam keadaan soaked dan lainnya pada keadaan unsoaked. Pengujian dilakukan dengan mengontrol besarnya regangan benda uji. Contoh tanah diletakkan diatas mesin penguji, dan kedudukan pelat

atas dari mesin diatur sehingga menyentuh tanah. Semua arloji pembacaan dan stopwatch dipasang pada posisi nol.

Pembacaan beban dilakukan pada regangan 0,5% - 1% - 2% - dan seterusnya dengan kecepatan regangan sebesar 0,5% - 2% per menit, biasa diambil sebesar 1% per menit. Percobaan ini dilakukan terus sampai contoh tanah mengalami keruntuhan. Keruntuhan akan terlihat dari makin kecilnya beban yang dapat diterima, walaupun angka regangannya makin besar. Jika regangan telah mencapai nilai 20%, tetapi contoh tanah belum runtuh, maka percobaan sudah dapat dihentikan. Perhitungan :

$$\bullet \quad A' = \frac{A_o}{1 - \epsilon} \quad (\text{cm}^2)$$

$$\bullet \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \quad (\%)$$

$$\bullet \quad P = C \times Pr \quad (\text{kg})$$

$$\bullet \quad \tau = P \div A \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Dimana : ϵ = regangan aksial (%)

τ = tegangan aksial (kg/cm²)

ΔL = perubahan panjang benda uji (cm)

L_o = panjang benda uji semula (cm)

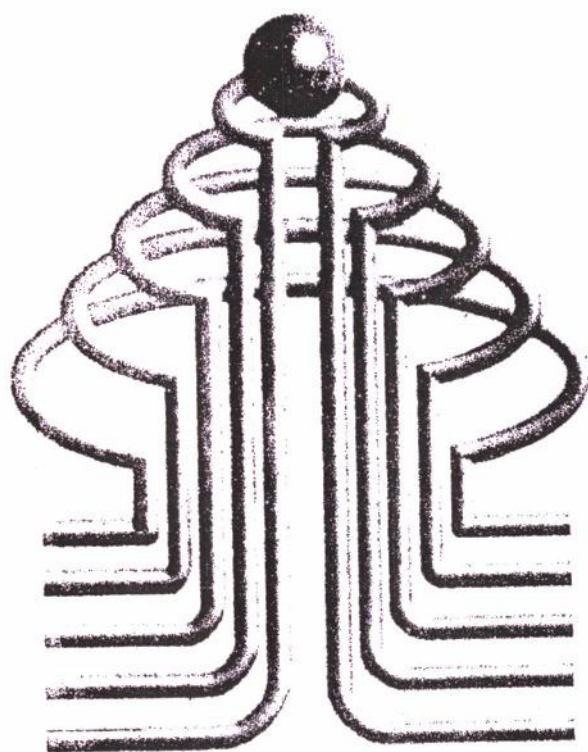
A_o = luas penampang awal (cm²)

A' = luas terkoreksi (cm²)

P = beban/gaya (kg)

Pr = arloji tegangan/Proving-ring

C = angka kalibrasi dari proving-ring



ISTN

BAB IV

PENYAJIAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Tanah Asli

Tanah contoh yang digunakan berasal dari Ciganjur (Jakarta), Kerawang, dan Cibadak (Jawa Barat). Hasil pengujian sifat-sifat fisik dari contoh tanah asli dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Sifat-sifat fisik contoh tanah asli

		Ciganjur	Kerawang	Cibadak
Analisa	Satuan	Nilai	Nilai	Nilai
Indeks Properties :				
Kadar Air	%	39.82	31.01	47.56
Berat Isi (γ)	gr/cm ³	1.71	1.62	1.58
Berat Isi Kering (γ_d)	gr/cm ³	1.22	1.24	1.07
Berat Jenis (Gs)	-	2.55	2.52	2.58
Karakteristik Partikel :				
Pasir (Sand)	%	6	6	41
Lanau (Silt)	%	37	35	58
Lempung (Clay)	%	57	59	1
Batas-batas Atterberg :				
Batas Cair (WL)	%	72.26	63.30	48.23
Batas Plastis (WP)	%	36.37	33.39	22.10
Indeks Plastis (Ip)	%	35.89	29.91	26.13
Pemadatan Standart :				
Kadar Air Optimum ($W_{opt.}$)	%	34.39	27.39	24.48
Berat Isi Kering maks (γ_d maks)	gr/cm ³	1.317	1.402	1.484
Kekuatan :				
CBR (dengan pemadatan)	%	4.45	3.62	9.32
Tegangan ultimit (q_u)	kg/cm ²	0.403	1.021	0.748

Dari data-data di atas, dapat disimpulkan bahwa contoh tanah yang dipakai dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Tabel 4.2. Klasifikasi Contoh Tanah

Sistim klasifikasi	Contoh Tanah		
	Ciganjur	Kerawang	Cibadak
Gradasi	Lempung Kelanauan	Lempung Kelanauan	Lanau Kepasiran
AASHTO			
- Grup	A - 5	A - 5	A - 5
- Sub-grup	A - 7 - 5	A - 7 - 5	A - 7 - 6
- Indeks Kelompok	20	20	16

4.2. Pengujian Terhadap Campuran Tanah - Semen

Dalam percobaan ini dilakukan pencampuran dengan beberapa variasi penambahan semen pada tiga contoh tanah. Ketiga contoh tanah tersebut diambil dari daerah Ciganjur, Kerawang, dan Cibadak. Pencampuran tanah-semen-air dilaksanakan pada keadaan Batas Cair contoh tanah asli. Berdasarkan rangkaian pengujian dan data-data yang didapat penulis mencoba menganalisa, sebagai berikut :

4.2.1. Pengaruh Persentase Penambahan Semen Terhadap Plastisitas Tanah

Penentuan harga Batas Cair dari setiap persentase kadar semen terhadap contoh tanah didapat dengan melakukan interpolasi dan harga Batas Cairnya diplot pada ketukan ke-25.

Dari Tabel 4.3. dan Grafik 4.1. di bawah dapat terlihat hasil pengujian Batas-batas Atterberg. Dari tabel dan grafik tersebut terlihat gambaran perubahan sifat plastis yang terjadi pada tanah sebagai akibat penambahan semen.

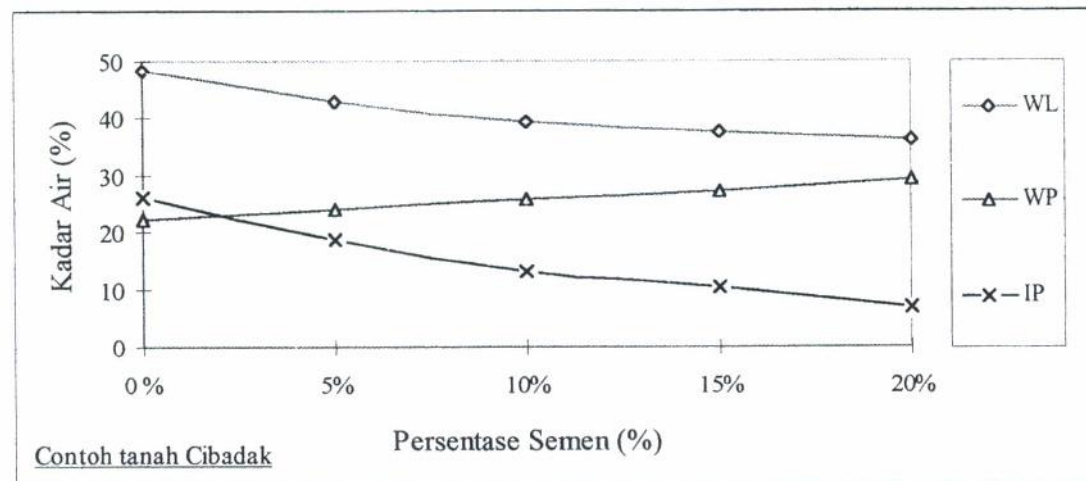
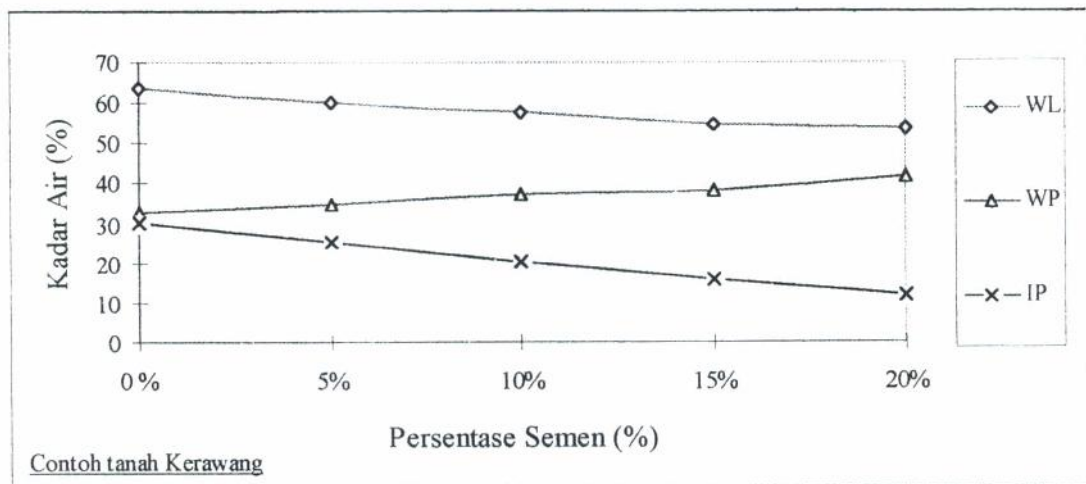
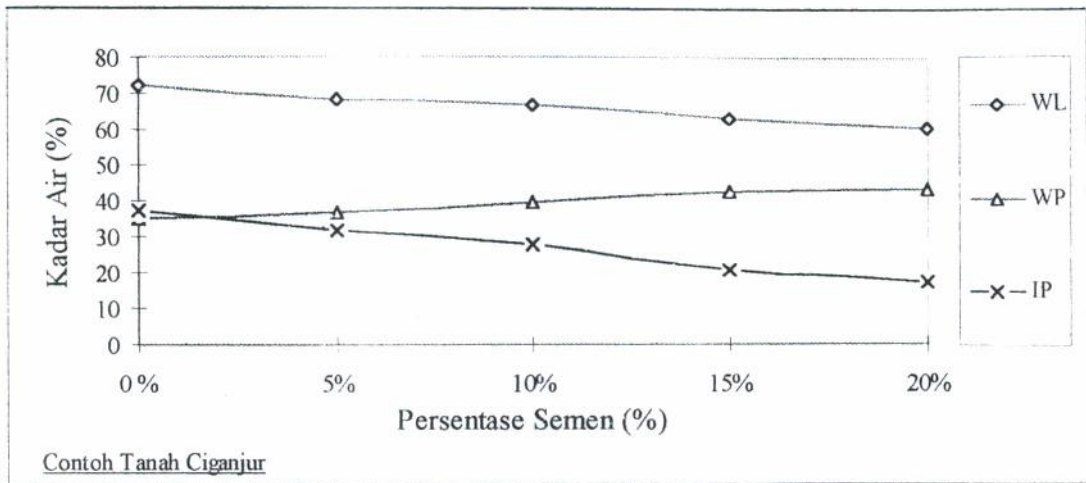
Melihat dari Grafik 4.1. hasil pengujian Batas-batas Atterberg memperlihatkan bahwa dengan meningkatnya persentase kandungan semen pada contoh tanah, mengakibatkan penurunan nilai Batas Cair (WL) dan menaikkan nilai Batas Plastis (WP), sehingga nilai Indeks Plastis (IP)

contoh tanah turun. Dan dengan turunnya Indeks Plastis sebagai akibat penambahan persentase semen, maka kualitas dari contoh tanah makin meningkat dan baik.

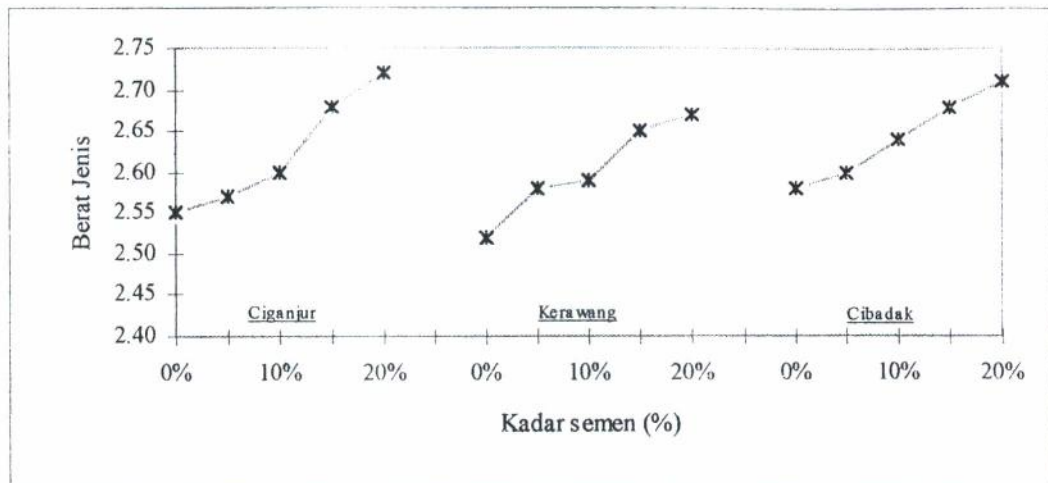
Tabel 4.3. Hasil uji Batas-batas Atterberg

Contoh Tanah	W _L (%)	W _P (%)	I _P (%)	G _s
Cgr + 0 % pc	72.26	34.79	37.47	2.55
Cgr + 5 % pc	68.41	36.47	31.94	2.57
Cgr + 10% pc	66.70	39.19	27.51	2.60
Cgr + 15% pc	62.58	41.99	20.59	2.68
Cgr + 20% pc	60.72	43.50	17.22	2.72
Krn + 0 % pc	63.30	32.84	30.46	2.52
Krn + 5 % pc	60.13	34.72	25.41	2.58
Krn + 10% pc	57.74	37.26	20.48	2.59
Krn + 15% pc	54.51	38.38	16.13	2.65
Krn + 20% pc	53.76	41.88	11.88	2.67
Cbd + 0 % pc	48.23	22.10	26.13	2.58
Cbd + 5 % pc	42.59	23.99	18.60	2.60
Cbd + 10% pc	39.14	25.85	13.29	2.64
Cbd + 15% pc	37.48	27.14	10.34	2.68
Cbd + 20% pc	36.04	29.15	6.89	2.71

Turunnya harga WL dan Ip, serta meningkatnya harga WP terjadi karena terjadi penyerapan air tanah (absorpsi) oleh senyawa kimia pada semen, absorpsi ini menyebabkan butiran tanah menjadi agak lebih besar (ber-flokulasi). Adanya proses kimia ini, mengakibatkan plastisitas dari contoh tanah turun. Sehingga tanah menjadi lebih baik mutunya dan lebih mudah untuk melaksanakan pekerjaan perbaikan tanah. Jadi dengan makin kecilnya harga WL dan Ip, maka makin baik kualitas tanah tersebut sebagai bahan konstruksi jalan.



Grafik 4.1. Pengaruh Penambahan Semen Terhadap Plastisitas Tanah



Grafik 4.2. Hubungan Kadar semen dengan Berat jenis.

4.2.2. Pengaruh Persentase Penambahan Semen Terhadap Harga CBR

Pada pengujian CBR ini, waktu pemeraman dilakukan selama 1, 3, dan 7 hari, terhitung dari tanggal mulai dicetaknya contoh tanah.

Untuk pengujian contoh tanah yang tidak direndam (Unsoaked), pengujian dilakukan setelah campuran berumur 1, 3, dan 7 hari. Selama masa perawatan ini contoh tanah ditutup sedemikian rupa dengan memakai plastik untuk mengurangi terjadinya penguapan air, sehingga kadar airnya terjaga. Sedang untuk pengujian contoh tanah yang direndam (Soaked), contoh tanah direndam dalam air setelah masa perawatan 1, 3, dan 7 hari. Perendaman ini dilakukan selama 4 hari, dengan asumsi bahwa selama perendaman ini contoh tanah dalam keadaan yang paling lemah, selain itu juga untuk mengetahui apakah ada pengembangan pada contoh tanah (swelling).

Pada contoh tanah yang penulis pakai, tidak terjadi pengembangan yang berarti (dapat dikatakan = nol). Hal ini terjadi karena adanya proses sementasi pada campuran tanah-air-semen selama masa pemeraman, sehingga gerakan partikel yang menyebabkan makin besarnya ruang pori dapat tertahan oleh proses penggumpalan (flokulasi) antar partikel. Pada proses ini partikel-

partikel dari contoh tanah yang kecil akan mengelompok dan membentuk partikel-partikel baru yang lebih besar.

Seperti diketahui, bahwa semen akan mulai mengeras setelah mencapai waktu 10 jam lebih, hingga pada saat direndam setelah masa pemeraman, semen telah mengabsorpsi air pada contoh tanah secara sempurna, sehingga tidak ada lagi pengembangan (swelling = 0). Semakin besar persentase semen yang ditambahkan, semakin kecil pula kemungkinan campuran tanah-semen untuk menyerap air selama dilakukan perendaman.

Dari hasil pengujian CBR, terhadap contoh-contoh tanah, didapat harga-harga CBR contoh-contoh tanah seperti terlihat pada Tabel 4.4. berikut :

Tabel 4.4. Hasil uji CBR campuran

Contoh Tanah	CBR (%)					
	Soaked			Unsoaked		
	1 hr	3 hr	7 hr	1 hr	3 hr	7 hr
Cgr + 5 % pc	0.35	0.37	0.41	0.00	0.21	0.21
Cgr + 10% pc	7.45	13.87	21.74	6.21	12.22	13.46
Cgr + 15% pc	21.26	32.71	37.48	14.63	18.01	22.98
Cgr + 20% pc	45.55	49.28	50.73	22.88	22.05	36.33
Krn + 5 % pc	2.05	3.62	3.31	0.79	1.86	1.97
Krn + 10% pc	23.19	22.15	23.19	11.59	15.53	18.01
Krn + 15% pc	35.61	39.75	40.17	19.46	26.92	28.16
Krn + 20% pc	48.66	50.31	53.63	26.50	32.30	41.82
Cbd + 5 % pc	0.93	1.17	1.38	0.83	0.97	1.97
Cbd + 10% pc	48.24	45.76	57.56	8.49	25.26	45.96
Cbd + 15% pc	100.21	128.37	165.22	22.57	58.59	138.10
Cbd + 20% pc	154.87	159.84	222.37	29.81	95.24	192.14

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai CBR cenderung naik sesuai dengan peningkatan kadar semennya, baik untuk contoh yang direndam maupun yang tidak direndam. Menurut buku Petunjuk Pelaksanaan Stabilisasi Tanah-Semen, Departemen PU, ditentukan nilai CBR tanah dasar adalah $> 6 \%$ dan diperiksa pada umur pemeraman 7 hari.

Dan berdasarkan persyaratan dan kegunaan dari nilai CBR, seperti tertera pada Tabel 4.5. dibawah ini, apabila contoh tanah mempunyai nilai CBR $> 50 \%$, maka tanah tersebut termasuk dalam penggolongan “sangat baik” dan dapat dipakai sebagai bahan lapis perkerasan pada konstruksi jalan.

Tabel 4.5. Nilai CBR dan penggunaannya pada konstruksi jalan.

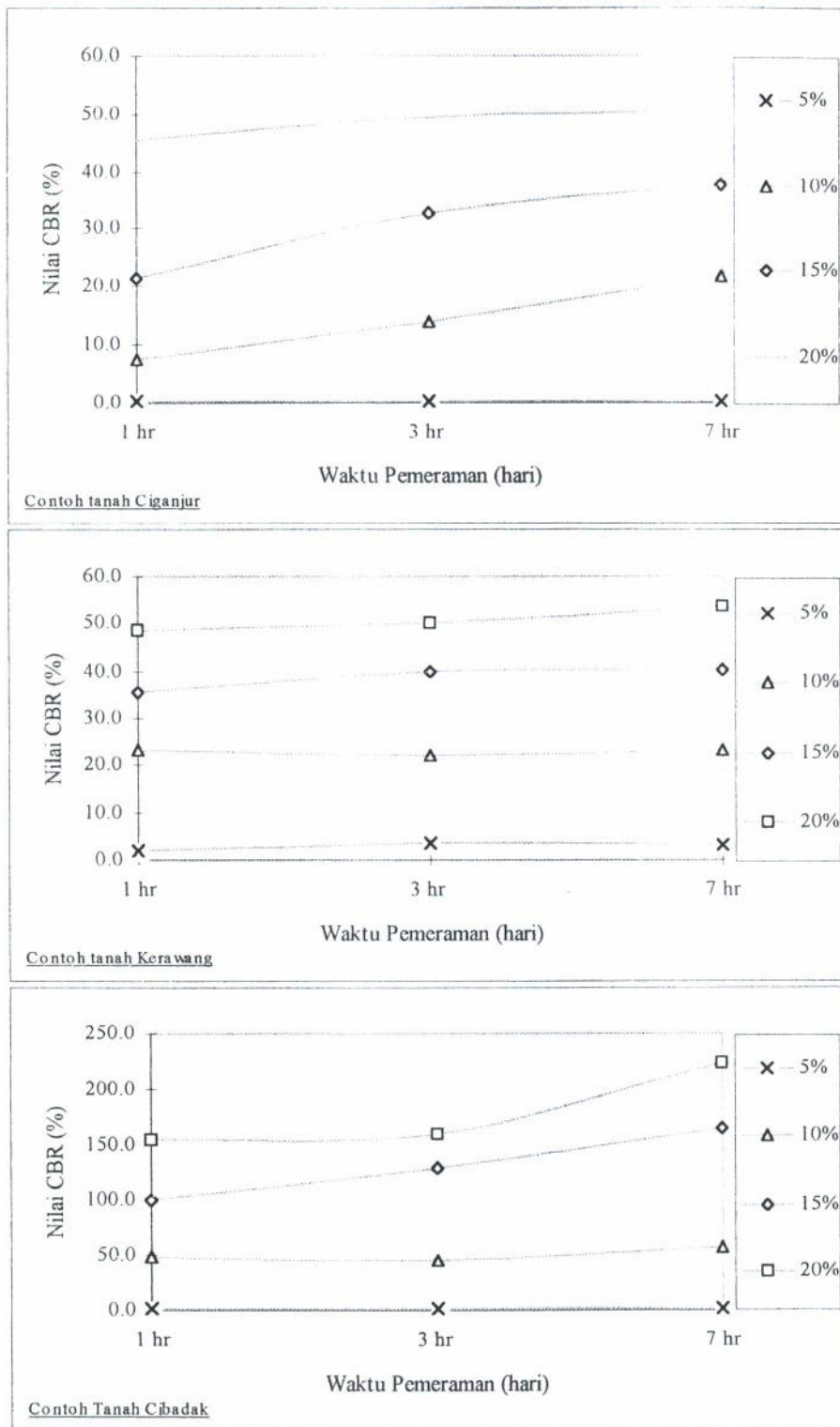
Nilai CBR	Penggolongan	Penggunaan
0 - 3 %	Sangat buruk	Tanah dasar
3 - 7 %	Buruk $\longrightarrow$ Sedang	Tanah dasar
7 - 20 %	Sedang	Pondasi Bawah
20 - 50 %	Baik	Pondasi bawah dan atas
$> 50 \%$	Sangat Baik	Perkerasan

Dari tabel 4.4. dan persyaratan pada tabel 4.5. diatas, prosentase penambahan semen sebesar 10 % sudah memadai, dalam arti ekonomis dalam pembiayaan maupun kekuatannya.

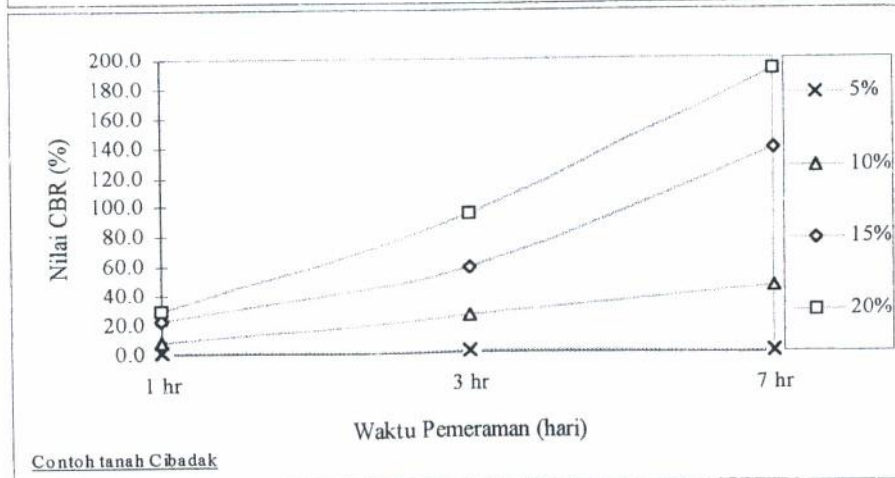
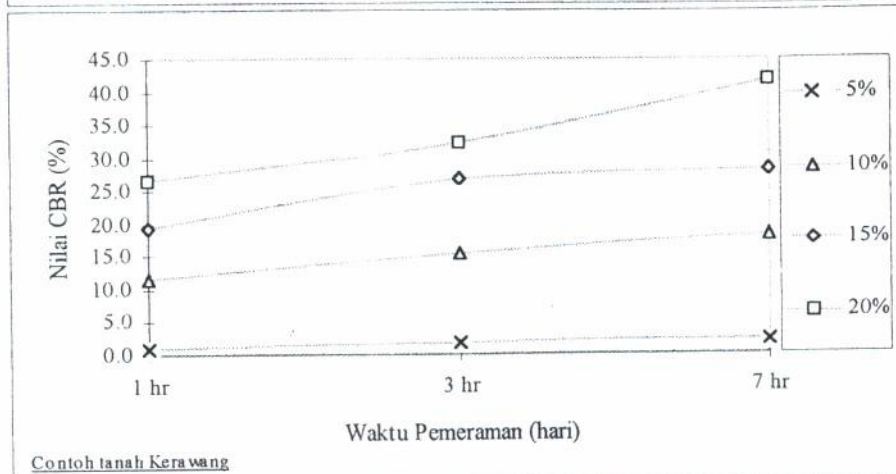
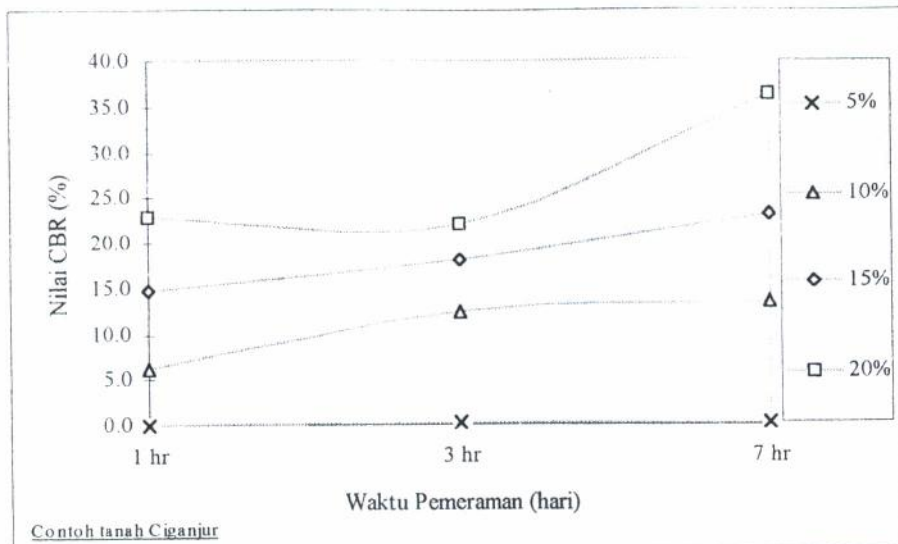
Jadi pada penambahan semen sebesar 10 %, contoh tanah sudah dapat dipakai sebagai :

1. Contoh tanah Ciganjur ; CBR = 21,74 % , Perkerasan bawah dan atas,
2. Contoh tanah Kerawang ; CBR = 23,19 % , Perkerasan bawah dan atas,
3. Contoh tanah Cibadak ; CBR = 45,96 % , Perkerasan bawah dan atas.

Nilai CBR dan penggunaannya di atas, diambil dari nilai CBR rendam dengan asumsi pada saat direndam selama 4 hari contoh tanah dalam keadaan yang terburuk (jenuh).



Grafik 4.3. Hasil Uji CBR, rendam (Soaked)



Grafik 4.4. Hasil Uji CBR tidak direndam (Unsoaked)

Tabel 4.6. Harga Kadar air (w), setelah pengujian CBR

Contoh Tanah	Kadar Air (w %)					
	Soaked			Unsoaked		
	1 hr	3 hr	7 hr	1 hr	3 hr	7 hr
Cgr + 5 % pc	87.57	54.64	58.12	60.59	61.64	63.21
Cgr + 10% pc	60.44	58.47	56.56	62.67	58.16	56.39
Cgr + 15% pc	57.39	57.00	55.32	59.69	59.39	55.36
Cgr + 20% pc	57.22	55.75	53.67	56.83	54.81	53.23
Krn + 5 % pc	52.17	47.61	35.60	60.28	57.12	62.98
Krn + 10% pc	54.15	53.63	38.09	54.42	53.76	53.32
Krn + 15% pc	47.12	49.60	30.30	52.43	49.99	49.36
Krn + 20% pc	48.18	45.32	32.78	49.44	48.53	48.35
Cbd + 5 % pc	43.18	43.13	44.47	41.80	42.27	41.35
Cbd + 10% pc	42.29	43.18	40.80	39.76	39.69	40.99
Cbd + 15% pc	39.43	40.76	40.97	37.53	38.53	38.94
Cbd + 20% pc	39.37	38.86	37.83	37.75	37.31	36.12

Tabel 4.7. Harga Berat Isi Kering (γ_d) campuran

Contoh Tanah	γ_d (kg/cm ²)					
	Soaked			Unsoaked		
	1 hr	3 hr	7 hr	1 hr	3 hr	7 hr
Cgr + 5 % pc	0.928	0.828	0.963	0.916	0.956	0.955
Cgr + 10% pc	0.958	1.008	0.982	0.948	1.009	0.737
Cgr + 15% pc	0.997	1.005	1.020	0.986	1.017	0.989
Cgr + 20% pc	1.023	1.045	1.011	1.047	1.017	1.026
Krn + 5 % pc	1.200	1.114	1.222	1.015	1.189	1.012
Krn + 10% pc	1.042	1.065	1.172	1.038	1.066	1.060
Krn + 15% pc	1.267	1.124	1.097	1.083	1.108	1.100
Krn + 20% pc	1.264	1.120	1.147	1.123	1.115	1.126
Cbd + 5 % pc	1.200	1.222	1.223	1.304	1.226	1.230
Cbd + 10% pc	1.201	1.205	1.242	1.226	1.237	1.238
Cbd + 15% pc	1.218	1.243	1.255	1.231	1.257	1.267
Cbd + 20% pc	1.305	1.263	1.292	1.266	1.317	1.301

4.2.3. Pengaruh Persentase Penambahan Semen Terhadap Harga Kuat Tekan Bebas

Contoh tanah untuk pengujian Kuat Tekan Bebas (UCS) dibuat dalam dua bagian, masing-masing adalah untuk pengujian yang direndam (soaked) dan tidak direndam (unsoaked). Pembuatan contoh untuk pengujian tidak direndam, dilakukan dengan cara memasukkan campuran tanah-semen-air secara langsung ke dalam tabung. Tabung terbuat dari pralon dengan ukuran tinggi 75 ± 0.5 mm dan diameter tabung 35 ± 0.3 mm. Setelah campuran di masukkan ke dalam tabung, lalu tabung ditutup dengan memakai plastik untuk mengurangi terjadinya penguapan air dari campuran (tanah-semen-air). Contoh yang telah selesai dicetak selanjutnya diperam selama 1, 3, dan 7 hari. Contoh benda uji dibuat sebanyak 3 buah, untuk setiap

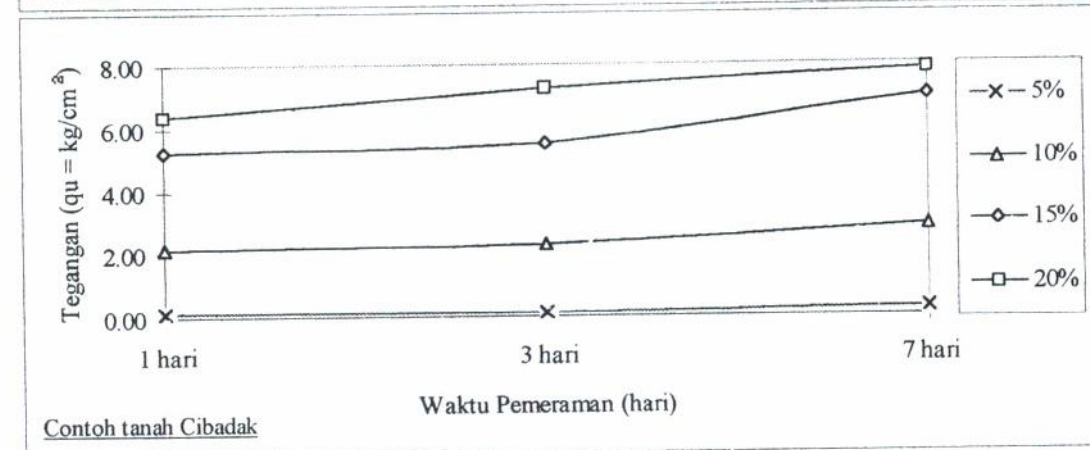
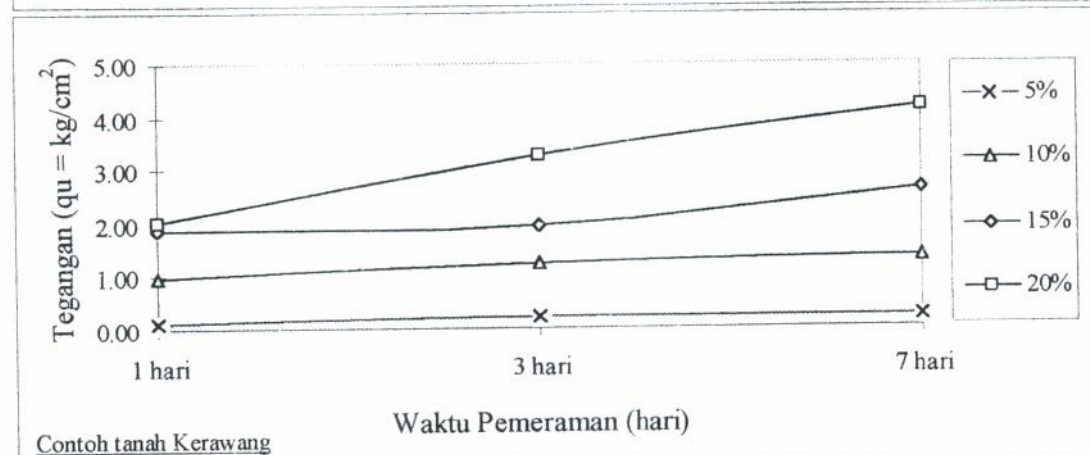
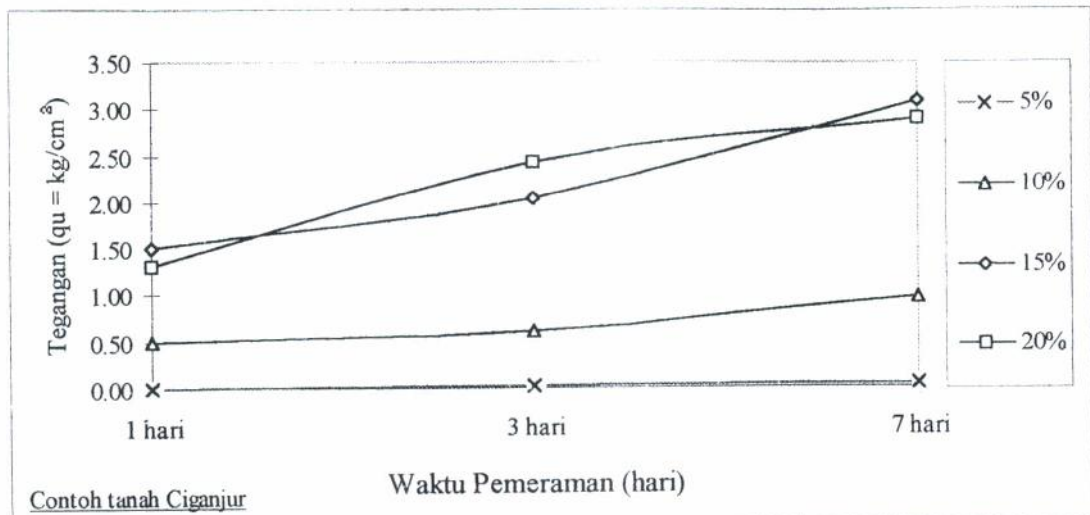
persentase kadar semen dan masa pemeraman. Sesudah campuran berumur 1, 3, dan 7 hari, contoh benda uji di dikeluarkan dari dalam tabung, untuk selanjutnya dilakukan pengujian Kuat Tekan Bebas.

Pengujian terhadap benda uji yang direndam (soaked), pelaksanaannya sama seperti untuk contoh benda uji yang tidak direndam. Akan tetapi sebelum dilakukan pengujian terhadap benda uji, benda uji direndam dulu selama 4 hari.

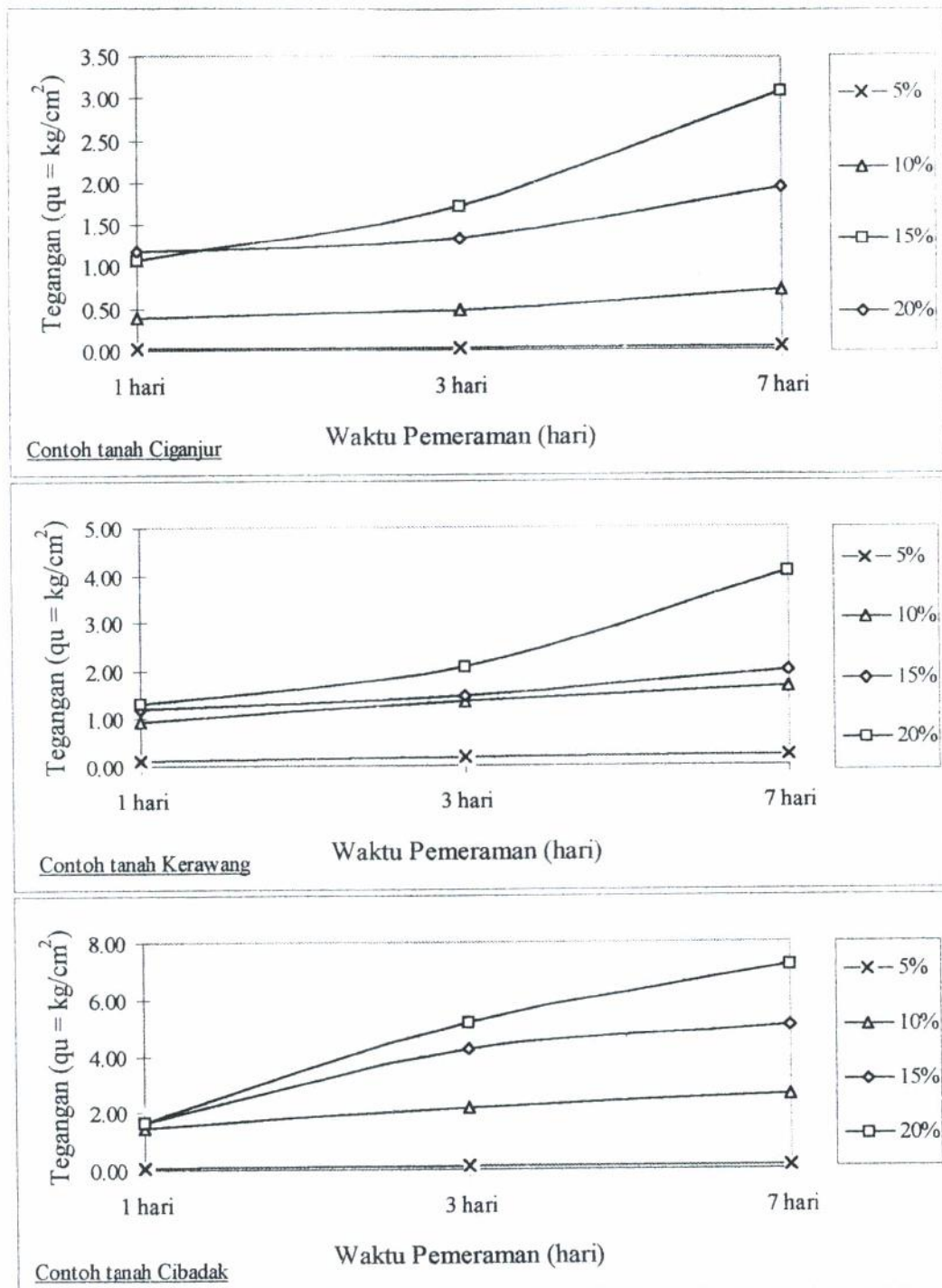
Hasil pengujian Kuat Tekan Bebas (q_u) dan nilai regangan (ϵ) yang terjadi pada kondisi q_u , di sajikan pada Tabel 4.8. dan Tabel 4.9.

Tabel 4.8. Nilai hasil uji Kuat Tekan Bebas (q_u) campuran

Contoh Tanah	Tegangan ($q_u = \text{kg/cm}^2$)					
	Soaked			Unsoaked		
	1 hari	3 hari	7 hari	1 hari	3 hari	7 hari
Cgr + 5 % pc	0.008	0.013	0.045	0.014	0.029	0.047
Cgr + 10% pc	0.497	0.592	0.967	0.385	0.474	0.706
Cgr + 15% pc	1.493	2.048	3.094	1.068	1.719	3.092
Cgr + 20% pc	1.313	2.428	2.893	1.187	1.329	1.946
Krn + 5 % pc	0.110	0.238	0.235	0.111	0.206	0.210
Krn + 10% pc	0.988	1.255	1.351	0.929	1.359	1.645
Krn + 15% pc	1.875	1.945	2.623	1.217	1.449	1.978
Krn + 20% pc	2.041	3.280	4.176	1.318	2.072	4.068
Cbd + 5 % pc	0.112	0.116	0.235	0.087	0.112	0.141
Cbd + 10% pc	2.122	2.271	2.808	1.449	2.123	2.555
Cbd + 15% pc	5.247	5.450	7.019	1.633	4.192	5.020
Cbd + 20% pc	6.335	7.266	7.830	1.647	5.145	7.208



Grafik 4.5. Hasil uji Kuat Tekan Bebas ($q_u = \text{kg/cm}^2$), Soaked



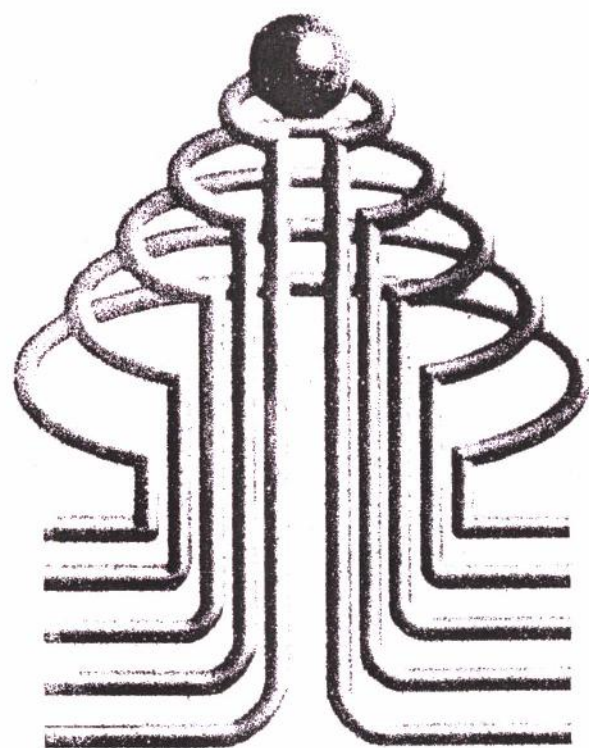
Grafik 4.6. Hasil uji Kuat Tekan Bebas ($q_u = \text{kg/cm}^2$), Unsoaked.

Tabel 4.9. Nilai Regangan (ϵ) pada kondisi qu (campuran)

Contoh Tanah	Regangan (%)					
	Soaked			Unsoaked		
	1 hr	3 hr	7 hr	1 hr	3 hr	7 hr
Cgr + 5 % pc	1.478	3.541	2.022	12.458	5.655	7.510
Cgr + 10% pc	1.583	2.579	2.702	4.092	2.161	1.654
Cgr + 15% pc	1.276	2.549	1.999	3.361	2.151	0.746
Cgr + 20% pc	1.433	2.522	2.095	2.574	1.608	1.170
Krn + 5 % pc	5.645	3.360	3.705	7.652	3.796	3.658
Krn + 10% pc	1.209	1.987	2.601	1.777	1.213	1.262
Krn + 15% pc	1.701	1.006	1.493	1.717	1.072	2.471
Krn + 20% pc	1.233	2.432	1.602	2.333	0.929	1.718
Cbd + 5 % pc	6.494	4.080	2.381	8.573	3.500	2.776
Cbd + 10% pc	1.384	1.724	0.873	2.556	1.589	1.965
Cbd + 15% pc	1.388	0.829	0.881	2.112	1.643	1.077
Cbd + 20% pc	3.893	1.307	1.122	2.225	1.068	0.999

Secara umum nilai qu (kg/cm^2) dari masing-masing contoh tanah mengalami kenaikan, baik untuk contoh yang direndam ataupun yang tidak direndam. Untuk masing-masing contoh tanah nilai qu terbesar, adalah :

- Contoh tanah Ciganjur ; $3,094 \text{ kg/cm}^2$, pada kondisi terendam, masa pemeraman 7 hari, dan prosentase semen 15 %.
- Contoh tanah Kerawang ; $4,176 \text{ kg/cm}^2$, pada kondisi terendam , masa pemeraman 7 hari, dan prosentase semen 20 %.
- Contoh tanah Cibadak : $7,830 \text{ kg/cm}^2$, pada kondisi terendam, masa pemeraman 7 hari, dan prosentase semen 20 %



ISTN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian laboratorium terhadap contoh-contoh tanah yang distabilisasi dengan menggunakan semen dan penambahan air dalam keadaan batas cair tanah asli, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai Indeks Plastis pada campuran mengecil, sejalan dengan meningkatnya kadar semen pada campuran.
2. Nilai CBR dan Kuat Tekan Bebas pada campuran yang rendam (soaked), lebih besar dibandingkan dengan nilai CBR dan Kuat Tekan Bebas yang tidak direndam (unsoaked). Hal ini terjadi karena penguapan air pada proses pengikatan semen tertahan, sehingga air yang diperlukan untuk pengikatan semen dapat dioptimalkan.
3. Nilai CBR dan Kuat Tekan Bebas juga meningkat sesuai dengan jumlah kadar semen yang diberikan dan lamanya waktu pemeraman (curing).
4. a. Lapisan tanah dasar , dimana disyaratkan harga CBR > 6 % dan pengujian dilakukan pada umur pemeraman 7 hari, untuk masing-masing contoh tanah diambil pada kondisi tidak direndam dan kadar semen 10 % ;
 - Contoh tanah Ciganjur , dengan harga CBR = 13,46 %,
 - Contoh tanah Kerawang , dengan harga CBR = 18,01 %,
 - Contoh tanah Cibadak , dengan harga CBR = 45,96 % , (untuk contoh tanah ini sudah dapat dipakai sebagai lapis pondasi bawah/atas).
- b. Lapisan pondasi , dipakai harga CBR terendam, peram 7 hari, dan kadar semen 10 % ;
 - Contoh tanah Ciganjur, dengan harga CBR = 21,74 %,
 - Contoh tanah Kerawang, dengan harga CBR = 23,19 %,

- Contoh tanah Cibadak, dengan harga CBR = 57,56 %.

c. Lapisan perkerasan , dipakai harga CBR terendam dengan kadar semen 20 %, dan masa pemeraman 7 hari ;

- Contoh tanah Ciganjur, dengan harga CBR = 50,73 %,

- Contoh tanah Kerawang, dengan harga CBR = 53,63 %,

- Contoh tanah Cibadak, dengan harga CBR = 222,37 %.

5. Dari rangkaian percobaan yang dilaksanakan untuk stabilisasi tanah-semen dengan cara ini, kadar semen yang optimum adalah sebesar 10 %. Dengan kadar semen 10 % ini, contoh tanah yang distabilisasi sudah dapat dipakai sebagai :

Contoh Tanah	Kondisi	Harga CBR	Pemanfaatan
Ciganjur	Terendam	13,86 %	Pondasi bawah
	Tidak direndam	13,46 %	Pondasi bawah
Kerawang	Terendam	23,19 %	Pondasi bawah/atas
	Tidak direndam	18,01 %	Pondasi bawah
Cibadak	Terendam	45,96 %	Pondasi bawah/atas
	Tidak direndam	57,56 %	Perkerasan

Kondisi diatas diambil pada masa pemeraman 7 hari.

6. Stabilisasi tanah-semen dengan cara ini (dalam keadaan batas cait),dapat dipakai sebagai salah satu pilihan dari berbagai pilihan yang ada. Cara ini akan mempermudah pelaksanaan pekerjaan, karena kita tidak perlu lagi menjemur tanah dan melakukan pemadatan.

5.2. SARAN

Perlu dilakukan uji ketahanan (durability), mengingat makin besar kadar semen pada campuran, campuran tanah-semen menjadi getas (terlihat dari hasil pengujian Kuat tekan bebas).

Notasi.

A_o	: Luas penampang semula
A'	: Luas penampang terkoreksi
c	: Angka kalibrasi
G_s	: Specific gravity
I_L	: Indeks kecairan
I_p	: Indeks plastis
L_o	: Panjang semula
ΔL	: Perubahan panjang
P	: Beban / gaya
P_r	: Proving ring
q_u	: Tegangan ultimit
SL	: Batas susut
WL	: Batas Cair
WP	: Batas plastis
w	: Kadar air
$w_{opt.}$	: Kadar air optimum
γ	: Berat Isi
γ_d	: Berat isi kering
ϵ	: Regangan aksial
τ	: Tegangan aksial



ISTN

DAFTAR PUSTAKA

1. Arifin S. , "Campuran tanah-semen sebagai lapisan perkerasan pada konstruksi jalan raya" , Akademi Teknik P.U. , Prop. Dati I Jabar , Bandung 1978.
2. Bowles Joseph E. , "Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah" , Erlangga , Jakarta 1986.
3. Craig, Budi Susilo S. , "Mekanika Tanah" , Erlangga , Jakarta 1987.
4. Ingles dan J.B. Metcalf , "Soil Stabilization : Principles and Practice" , Butterworths , Sidney 1972.
5. Ir. Idrus Msc. , "Stabilisasi pada tanah lempung Losari dengan Kapur dan Semen" , Tesis S-2 , ITB , Bandung , 1991.
6. Kezdi Arpad , "Stabilized Earth Roads" , Elsevier Scientific Publishing Company, New York 1979.
7. Soedarsono , Djoko U. , "Konstruksi Jalan Raya" , DPU , Jakarta 1985.
8. Sjahdanulirwan M. , "Petunjuk pelaksanaan stabilisasi tanah-semen" , Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan P.U. , Dep. P.U. , Bandung 1986.
9. Soelarnoasidi D. , H. Wibowo , Gunawan , A. Harun , Danny H.B. , "Stabilisasi tanah-semen dengan teknik baru : Tanah kohesif (Studi Laboratorium)" , Jurnal Lit-bang Dep. P.U. , Bandung 1989.
10. Wesley L.D. , "Mekanika Tanah" , DPU , Jakarta 1977.
11. Widodo Suyudi , "Pengaruh Jumlah Kandungan Semen Terhadap Kekuatan Bahan Campuran Tanah Semen Untuk Perbaikan Tanah" , Universitas Brawijaya , Malang 1987.
12. Budianto H. , "Diktat Kuliah Jalan Raya IV" , FT. Sipil ISTN , Jakarta 1986.
13. Institut Sains dan Teknologi Nasional , "Pedoman Praktikum Mekanika Tanah " , FTSP , ISTN , Jakarta 1985.
14. Dep. P.U. Direktorat Jenderal Bina Marga , "Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya" , No. 01/PD/1974.
15. Dep. P.U. Direktorat Jenderal Bina Marga , "Pedoman Penentuan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya" , No. 01/PD/ B/1983.