

B-6

LAPORAN PENELITIAN

STUDI PEMODELAN KOLOM GYPSUM PADA UJI CBR DAN GESER LANGSUNG UNTUK PERBAIKAN TANAH LUNAK

Dikerjakan Oleh :

Ir. Idrus M.Sc
Staff Pengajar Jurusan Sipil ISTN



ISTN

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
JAKARTA
1995**

LAMARAN PENELITIAN

STUDI PEMBELAJARAN KOLIKUM GYPSUM PADA UJIAN

DAN BEKER LANGSUNG UNTUK PERBAIKAN

TANGKALAN

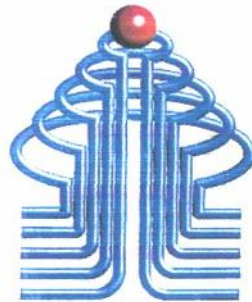
nikelajar uien :

in idua m.2c
Staff Pengajar Jurusan Sipil B. 79

Handwritten signature or stamp, possibly containing the name "N. N."

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
J A R A T A
1998

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN**



ISTN

**STUDI PEMODELAN KOLOM GYPSUM
PADA UJI CBR DAN GESER LANGSUNG
UNTUK PERBAIKAN TANAH LUNAK**

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 1995**

LABORATORIUM
TEKNIK KIRI

1



UJI TEGANGAN DAN PERUBAHAN DIMENSI
PADA BLOK BESI DAN GESER LANGSUNG
UNTUK PERBAIKAN TANAH LUNAK

Disusun oleh:
Nama: ...

M. ...
Kelas: ...

Program Studi Teknik Sipil
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jakarta 1947

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 **“Studi Pemodelan Kolom Gypsum Pada Uji CBR Dan Geser Langsung Untuk Perbaikan Tanah Lunak”**.

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.

ALFA BERG ANTAR

Nama : Nur Hafidza

A. Pendahuluan
Sebagai puij dan syukur diucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kepada kita semua nikmat dan rahmatnya maka dengan ini saya sampaikan Laporan Penelitian ini dengan sebaik-baiknya.
Penyusunan Laporan Penelitian ini merupakan salah satu syarat akademik yang harus dilaksanakan pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Teknologi Responal, Jakarta.

Laporan Penelitian ini berjudul "Studi Pemetaan Kolom Gedung pada 11 Blok pada Gaset Langgung untuk Perbaikan Tanah Bekas".

Penyusunan laporan penelitian ini sendiri merupakan salah satu syarat terdapat kelengkapan - kelengkapan, karena kelengkapan dan ketepatan yang ada walaupun hanya di laporan penelitian ini telah dibuat dengan sangat baik dan terdapat dengan dukungan dan bantuan yang diberikan dan dapat diterima.

Penyusunan ini adalah sebagai Laporan Penelitian ini akan menjadi salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam rangka yang akan diterima.

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

Jakarta, 1995
Penulis

(Ir. IDRUS M.Sc)

Walaupun demikian, perlu diingat bahwa keberhasilan atau kegagalan suatu kegiatan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor yang berkaitan dengan lingkungan sosial, ekonomi, dan politik.

DAFTAR PUSTAKA
Purba, M. (2010).

(M. PURBA, 2010)

D A F T A R I S I

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Ruang lingkup	2
1.4. Metodologi penelitian	3
1.5. Sistematika penulisan	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tanah	5
2.2. Kekuatan Geser Tanah	6
2.3. Stabilisasi Tanah Dangkal	9
2.3.1. Prinsip-prinsip Stabilisasi Tanah	10
2.3.2. Metode-metode Stabilisasi Tanah Dangkal..	11
2.3.3. Pengikatan (sementasi)	13
2.3.4. Penggumpalan (flokulasi)	14
2.3.5. Sifat mengkait butiran tanah	15
2.4. Stabilisasi Tanah Dalam	16
2.4.1. Vertikal Drain	16
2.4.2. Kolom Batu (Stone Column)	17

	halaman
2.4.3. Kolom Kapur (Lime Column)	19
2.4.4. Gypsum sebagai bahan stabilisasi tanah dalam (Kolom Gypsum)	20
2.5. Hasil Riset yang Telah Dilakukan Terhadap Kolom Kapur	22
BAB III. PENELITIAN DI LABORATORIUM	24
3.1. Diagram alir program kerja	24
3.2. Persiapan bahan	24
3.2.1. Pengambilan bahan	24
3.2.2. Penyediaan Gypsum	26
3.3. Pencampuran Tanah dan Gypsum	26
3.4. Prosedur pemeriksaan	27
3.4.1. Pemeriksaan Berat Jenis	27
3.4.2. Pemeriksaan Analisa Ukuran Butir	28
3.4.3. Pemeriksaan Batas-batas Atterberg	31
3.4.4. Pemeriksaan Pemadatan	33
3.4.5. Pemeriksaan CBR	35
3.4.6. Pemeriksaan Kuat Geser Langsung	37
BAB IV. HASIL PENELITIAN	39
4.1. Hasil pengujian terhadap tanah asli	39
4.2. Hasil pengujian setelah distabilisasi dengan kolom gypsum	42
4.2.1. Pengaruh gypsum terhadap CBR	42

	halaman
4.2.2. Pengaruh gypsum terhadap Kuat Geser Langsung (Direct Shear)	48
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN-SARAN	57
5.1. Kesimpulan	57
5.2. Saran-saran	58
Daftar pustaka	
Lampiran-lampiran	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Sifat fisik tanah asli	40
Tabel 4.2 Nilai CBR yang didapat setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dan sebelum direndam (Unsoaked)	44
Tabel 4.3 Nilai CBR yang didapat setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dan sesudah direndam (Soaked)	44
Tabel 4.4 Nilai kadar air yang diperoleh pada saat pencampuran tanah - kolom gypsum	48
Tabel 4.5 Nilai berat isi kering (γ_d) yang diperoleh setelah pencampuran tanah - kolom gypsum	48
Tabel 4.6 Nilai kohesi (c) yang diperoleh setelah pencampuran tanah - kolom gypsum dengan cara Analitis	49
Tabel 4.7 Nilai kohesi (c) yang diperoleh setelah pencampuran tanah - kolom gypsum dengan cara Grafis	50
Tabel 4.8 Nilai gaya geser dalam (ϕ) yang diperoleh setelah pencampuran tanah - kolom gypsum dengan cara Analitis	50
Tabel 4.9 Nilai gaya geser dalam (ϕ) yang diperoleh setelah pencampuran tanah - kolom gypsum dengan cara Grafis	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir Program Kerja	25
Gambar 4.1 Grafik hasil pepadatan tanah asli	41
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara nilai CBR dan Waktu peram setelah distabilisasi dengan tanah-kolom gypsum dan sebelum direndam (Unsoaked)	46
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara nilai CBR dan Waktu peram setelah distabilisasi dengan tanah-kolom gypsum dan sesudah direndam (Soaked)	47
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara Kepadatan gypsum dan Kohesi setelah distabilisasi dengan Kolom gypsum dengan cara Analitis	52
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara Kepadatan gypsum dan Kohesi setelah distabilisasi dengan Kolom gypsum dengan cara Grafis	53
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara Kepadatan Gypsum dan Gaya Geser Dalam setelah distabilisasi dengan Kolom gypsum dengan cara Analitis	54
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara Kepadatan Gypsum dan Gaya Geser Dalam setelah distabilisasi dengan Kolom gypsum dengan cara Grafis	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Tanah dasar dalam keadaan asli merupakan suatu bahan yang kompleks dan bervariasi kandungan mineralnya, serta bersifat sangat lepas dan mudah tertekan. Untuk membuat suatu konstruksi jalan yang baik, kekuatan tanah dasar merupakan hal utama, baik dari segi perencanaan maupun pelaksanaannya.

Stabilisasi tanah dengan kimiawi merupakan salah satu alternatif yang dapat diambil dalam memperbaiki sifat-sifat tanah asli. Menambahkan gypsum pada tanah lunak sebagai bahan penambah bukanlah suatu hal yang baru, tapi "*pemodelan kolom gypsum*" dalam pelaksanaan dilapangan adalah merupakan suatu pengembangan dari penambahan gypsum pada tanah yang akan distabilisasi, seperti yang dipelajari berikut ini.

Adapun cara pengujiannya dilaboratorium, tanah lunak dipadatkan dalam tabung mold dengan pemadatan standard, tetapi kadar air optimumnya diambil disekitar nilai batas cair lapangan hasil pengujian tanah asli Atterberg, kemudian tanah tersebut dilubangi dengan pipa yang diameter lubangnya bervariasi. Lalu pipa tersebut diangkat yang berarti tanah dalam pipa juga ikut terangkat.

Kedalam lubang yang kosong yang terjadi dalam tabung mold dimasukkan bubuk gypsum kedalamnya, lalu campuran tersebut diikat rapat dengan plastik supaya jangan terjadi penguapan kadar air, lalu dirawat selama 1, 3, 7 dan 14 hari kemudian ditest CBR dan Geser Langsung. Adapun dalam pengujian Geser Langsung, bahan yang sudah menjalani perawatan tadi diambil dan dicetak lagi dengan ring kecil standard laboratorium.

1.2 MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari penelitian ini untuk mencoba mengetahui secara garis besar sampai sejauh mana "pemodelan kolom gypsum" dapat memperbaiki sifat-sifat dari tanah lunak.

Sedangkan tujuannya untuk mengetahui sampai sejauh mana "pemodelan kolom gypsum" dapat ditingkatkan pada lapis pondasi jalan dan juga untuk mengetahui akibat dari kadar air lapangan dalam mempengaruhi pelaksanaan stabilisasi tanah dengan gypsum.

1.3 RUANG LINGKUP

Dititik beratkan dalam membahas perbaikan tanah dasar yang diharapkan dapat mengubah mutu bahan jalan yang relatif rendah menjadi lebih baik sekaligus sebagai data masukan dalam pertimbangan pemilihan struktur badan jalan.

Penelitian dilakukan dilaboratorium Mekanika Tanah ISTN, Jakarta meliputi percobaan :

- *Kadar Air*
- *Berat Jenis*
- *Analisa Saringan dan Hydrometer*
- *Atterberg*
- *Pemadatan*
- *C.B.R*
- *Geser Langsung*

1.4 METODE PENULISAN

Metode yang digunakan adalah melalui serangkaian pengujian yang dilaksanakan dilaboratorium Mekanika Tanah ISTN, studi literatur tentang stabilisasi tanah dengan gypsum serta buku-buku pegangan yang berhubungan dengan hal-hal diatas.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Secara garis besar penulis membagi tulisan ini dalam 5 (lima) bab, seperti berikut :

Bab I : Pendahuluan

Dalam bab ini penulis menguraikan tentang latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup, metode penulisan dan sistematika penulisan.

Bab II : Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini diuraikan tentang klasifikasi tanah, macam-macam stabilisasi tanah, stabilisasi tanah dengan gypsum, kegunaannya, gypsum dan sifat-sifat tanah setelah distabilisasi dengan gypsum.

Bab III : Metode Penelitian

Dalam bab ini penulis menguraikan tentang cara kerja yang akan diterapkan dilaboratorium. Cara kerja juga disertai persiapan bahan yang akan digunakan, proses pencampuran bahan serta pengujian bahan-bahan tersebut.

Bab IV : Hasil Pengujian dan Analisa Data

Dalam bab ini penulis menguraikan tentang hasil-hasil yang diperoleh dari pengujian-pengujian dilaboratorium serta analisa data dan pembahasan peningkatan daya dukung tanah setelah distabilisasi dengan model kolom gypsum.

Bab V : Kesimpulan dan Saran-saran

Dalam bab ini penulis menguraikan tentang kesimpulan yang didapat dari hasil-hasil pengujian dilaboratorium dan mengemukakan saran-saran yang bisa digunakan dalam menerapkan stabilisasi tanah dengan pemodelan kolom gypsum.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. TANAH

Dalam pengertian secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari butiran-butiran, mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah mengalami pelapukan disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong antara partikel-partikel padat tersebut.

Butiran-butiran mineral yang membentuk bagian-bagian padat dari tanah merupakan hasil pelapukan dari batuan. Dimana ukuran dari setiap butiran padat sangat bervariasi dan sifat-sifat fisik dari tanah banyak tergantung dari faktor-faktor ukuran, bentuk dan komposisi kimia dari butiran (Braja M. Das , 1985).

Tanah merupakan salah satu bahan konstruksi yang langsung tersedia dilapangan, dimana apabila dapat dipergunakan secara langsung tanpa distabilisasi akan sangat ekonomis. Bendungan tanah, tanggul sungai dan timbunan jalan raya serta rel kereta api, kesemuanya merupakan pemakaian yang ekonomis dari tanah sebagai konstruksi, walaupun sama halnya seperti bahan konstruksi lainnya, tanah tersebut akan digunakan setelah kualitasnya dikontrol.

2.2. KEKUATAN GESER TANAH

Nilai kekuatan geser tanah adalah diperlukan untuk menghitung daya dukung tanah atau untuk menghitung tekanan tanah yang bekerja pada tembok penahan tanah. Bila gaya geser bekerja pada permukaan dimana bekerja pula tegangan normal, maka harga S akan membesar akibat deformasi, mencapai harga batas. Harga batas yang diperoleh ini digambarkan dengan tegangan normal (σ) yang berbeda-beda, maka diperoleh garis lurus yang memperlihatkan karakteristik kekuatan dari tanah yang dinyatakan oleh persamaan :

$$S = c + \sigma \tan \phi$$

dimana :

S = kekuatan geser

c = kohesi tanah sebenarnya

ϕ = sudut geser tanah

σ = tegangan normal yang bekerja

Kekuatan geser dapat dibagi menjadi 2 golongan butiran :

- Butiran kasar (tidak kohesif)

Butiran yang terdapat pada salah satunya adalah pasir yang mempunyai nilai kohesif (c) = 0, dimana permeabilitas air sangat besar sehingga air pasir mudah disingkirkan, maka pada jenis tanah tidak kohesif diperlukan waktu yang tidak lama untuk mencapai keadaan sampai beban luar yang bekerja sepenuhnya sebagai tegangan efektif.

- Butiran halus (kohesif)

Butiran yang terdapat pada tanah lempung dimana nilai dari kohesifnya (c) tidak sama dengan nol. Kohesif dari lempung disebabkan oleh gravitasi listrik dan sifat-sifat air yang diserap pada permukaan partikel lempung. Apabila tanah berada dalam keadaan tidak jenuh, meskipun tanah tidak kohesif maka sifat kohesif kadang-kadang dapat terlihat sebagai tegangan permukaan dari air yang terdapat dalam pori-pori. Jadi kekuatan geser tanah berubah-ubah sesuai dengan jenis dan kondisi tanah itu. Untuk mengetahui kekuatan geser tanah kohesif yang berbeda dalam keadaan jenuh, diperlukan suatu pengertian yang mendalam mengenai peranan dari tekanan air pori.

Jika gaya luar yang bekerja pada tanah jenuh, maka pada permukaan air yang terdapat diantara pori-pori memikul tekanan normal yang bekerja. Setelah air pori itu mengalir keluar, tekanan itu berangsur-angsur dipikul oleh air pori. Pada tanah kohesif permeabilitas air adalah sangat kecil, sehingga air pori sulit disingkirkan. Dengan demikian maka pada jenis tanah kohesif, diperlukan waktu yang lama untuk mencapai keadaan sampai beban luar yang bekerja sepenuhnya sebagai tegangan efektif.

Kekuatan geser tanah terdiri dari 3 (tiga) macam percobaan, yaitu :

1. Percobaan Geser Langsung (Direct Shear)

Dengan alat geser langsung kekuatan geser dapat diukur secara langsung. Dimana contoh yang akan dicoba dipasang dalam alat dan diberikan tegangan vertikal yang konstan. Kemudian contoh diberikan tegangan geser sampai tercapai nilai maksimum. Tegangan geser ini diberikan dengan memakai kecepatan bergerak yang konstan dan perlahan-lahan, sehingga tegangan dipori tetap nol, yaitu hanyalah percobaan "drained" yang dilakukan dengan alat geser langsung. Untuk mendapatkan nilai c dan ϕ maka perlu dilakukan beberapa percobaan dengan memakai nilai tegangan normal berbeda.

2. Percobaan Triaxial

Contoh yang telah dipakai dalam hal ini berbentuk bulat dengan kepanjangan dua kali diameternya. Cara memasang contoh adalah sebagai berikut :

- a. Contoh tanah diletakkan diatas dasar sel dengan penutup ditaruh diatasnya. Kemudian semua ini ditutup dengan membran yang diameternya sama dengan diameter contoh.
- b. Bagian dari atas sel dipasang pada tempatnya dan dibaut. Sel diisi air (kadang-kadang udara juga dipakai) dan tegangan air dinaikkan sampai mencapai nilai yang diperlukan. Tegangan sel yang tetap ini (r_3) dibiarkan bekerja selama jangka waktu tertentu.

c. Pengukuran kekuatan geser dilakukan dengan memberikan tegangan vertikal contoh. Tegangan vertikal diberikan dengan menggunakan dongkrak yang dijalankan oleh mesin dengan kecepatan tertentu. Selama pemberian tekanan vertikal pada contoh, pembacaan "Proving Ring" dapat dilakukan pada nilai tegangan (strain) tertentu, misalnya pada setiap 1% tegangan. Dari pembacaan proving ring ini dapat diketahui tekanan vertikal yang maksimum, yaitu pada saat terjadinya keruntuhan.

3. Percobaan Unconfined Compression Strength

Cara melakukan percobaan adalah sama dengan Triaxial, tetapi tidak ada tegangan sel ($r_3 = 0$). Percobaan Unconfined dimaksudkan terutama untuk tanah lempung atau lanau. Bilamana lempung tersebut mempunyai derajat kejenuhan 100% maka kekuatan geser dapat ditentukan langsung dari kekuatan Unconfined (*Nakazawa Kazuto , 1984*).

2.3. STABILISASI TANAH DANGKAL

Dalam keadaan asli tanah merupakan suatu material yang kompleks dan sangat bervariasi sifatnya. Sebagai dasar-dasar konstruksi tanah belum tentu dapat digunakan secara langsung dalam keadaan asli. Apabila suatu tanah asli yang ada dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila tanah tersebut mempunyai indeks konsistensi yang sesuai dan memiliki kekuatan yang rendah atau memiliki sifat yang lain yang tidak diinginkan sehingga

tidak sesuai digunakan sebagai dasar konstruksi, maka tanah tersebut harus distabilkan.

Stabilisasi tanah dangkal adalah upaya mencoba memperbaiki daya dukung tanah mulai dari permukaan hingga mencapai kedalaman kurang lebih 0,5 dan 1,0 meter. Terlebih-lebih akhir-akhir ini stabilisasi tanah pada suatu pekerjaan konstruksi sangat diperlukan, disebabkan karena lokasi konstruksi seringkali harus dilaksanakan pada areal yang kurang baik, misalnya pada rawa-rawa, tepi bukit, tempat-tempat bekas penimbunan, semak belukar dan areal jelek lainnya.

2.3.1. Prinsip - prinsip Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu usaha untuk meningkatkan perbaikan mutu dan kekuatan daya dukung tanah. Tiap-tiap jenis tanah memiliki cara stabilisasi yang berbeda-beda, oleh sebab itu sebelum menentukan cara stabilisasi harus diketahui dahulu jenis dan sifat-sifat tanah yang akan distabilisasi.

Penambahan lapis kerikil pada permukaan jalan berlempung merupakan suatu stabilisasi jalan tanpa perkerasan. Hal ini dilakukan karena tanah lempung memiliki tahanan gesek kecil, maka kerikil dapat menambah tahanan gesek pada tanah lempung.

Pada tanah berbutir halus dimana kekuatannya sangat rendah diperbaiki dengan cara menggali sampai suatu

kedalaman tertentu dan mencampur tanah yang digali dengan semen. Tanah yang distabilisasi itu dicampur dan dipadatkan. Hal ini akan menghasilkan suatu beton bergradasi rendah.

Stabilisasi klorida biasanya didasarkan pada sifat hidroskopis (tarikan terhadap air), material ini akan menghasilkan tanah yang lembab untuk meningkatkan kohesi dan mengurangi debu akibat lalu-lintas yang lewat diatas tanah tersebut.

Penambahan kapur, abu batu-bara, semen diterapkan pada tanah lempung yang mengalami perubahan volume yang besar. Hal ini dilakukan untuk mengurangi kegiatan-kegiatan mineral lempung dengan membuat perubahan pada ion-ion Ca_{2+} . Tanah yang diperlukan dengan cara ini dapat mengalami penurunan, indeks plastisitas (I_p) yang disebabkan karena bertambahnya batas plastis (W_p) dan berkurangnya batas cair (W_l) dalam jumlah yang cukup berarti. Pemuaian dan penyusutan yang disebabkan kegiatan mineral lempung dapat dikurangi, maka tanah tersebut kekuatannya meningkat seiring dengan turunnya indeks plastis (PI) yang mengurangi plastisitas tanah.

2.3.2. Metode - metode Stabilisasi Tanah Dangkal

Pada konstruksi jalan raya, perbaikan tanah dasar merupakan stabilisasi untuk tanah dangkal, hal ini dimungkinkan digunakannya berbagai macam metode stabilisasi. Ada 3 (tiga) cara perbaikan tanah untuk memperbaiki tanah

yang digunakan sebagai konstruksi jalan raya, yaitu :

- Cara Mekanis

Perbaikan tanah cara ini dilakukan tanpa memberikan penambahan bahan-bahan lain. Perubahan terhadap karakteristik tanah dapat dicapai dengan cara seperti dibawah ini:

- membuat / menghilangkan udara yang terdapat pada pori tanah (mengurangi volume rongga) dengan cara memadatkan tanah.
- kadar air dijaga dalam suatu batas yang konstan misalnya dengan drainase.
- memperbaiki gradasi dengan melakukan penambahan fraksi tanah yang masih kurang.

- Cara Fisik

Perbaikan tanah cara ini dengan memanfaatkan perubahan-perubahan fisik yang terjadi seperti :

- perubahan temperatur, misalnya stabilitas dengan aspal dimana aspal tersebut harus dicairkan dahulu dengan jalan dipanaskan agar tidak dapat dicampur dengan tanah.
- hidrasi, misalnya proses hidrasi semen akan membentuk ikatan antar partikel tanah sehingga campuran semen dengan tanah akan mengeras.
- absorpsi (penyerapan), contoh stabilisasi dengan kapur yang akan menyerap air pada tanah.

- evaporator (penguapan), misalnya penguapan aspal emulsi.
- **Cara Kimiawi**

Dengan cara ini reaksi-reaksi kimia yang terjadi akan mengakibatkan perubahan sifat tanah, diantaranya :

 - pertukaran ion, partikel tanah akan menyerap ion sehingga ion kompleks yang akan terbentuk dalam karakteristik tanah.
 - presipitasi (pemisahan), partikel yang tidak dapat larut dipisah dari larutan asal dan bereaksi sebagai bahan stabilisasi.
 - oksidasi, stabilisasi terjadi melalui proses oksidasi.
 - polimerisasi, pembentukan berat dan ukuran molekul.
 - stabilisasi dengan cara kombinasi beberapa metode stabilisasi, misalnya cara stabilisasi mekanis dengan cara stabilisasi kimia.
 - cara bongkar dan mengganti tanah dengan tanah yang lebih baik mutu maupun kekuatannya. Hal ini dilakukan apabila tanah dasar kondisinya sangat jelek dan akan memerlukan biaya yang besar apabila distabilisasi dengan metode-metode stabilisasi yang ada.

2.3.3. Pengikatan (sementasi)

Sementasi dapat terjadi pada tanah yang distabilisasi. Sementara pada tanah dapat menghasilkan suatu perubahan fisik pada tanah. Tanah tersebut akan mengeras dan

susunan partikelnya rapat serta terlihat seperti batuan. Perunahan fisik yang terjadi pada tanah dapat meningkatkan mutu dan kekuatan tanah seiring dengan mengerasnya tanah. Hal ini menjadikan tanah yang kekuatannya kecil karena tanahnya lembek (lunak) akan menjadi kuat karena tanah tersebut keras.

Terjadinya sementasi pada tanah yang distabilisasi karena adanya proses hidrasi pada partikel tanah yang distabilisasi tersebut. Partikel tanah yang distabilisasi akan dikelilingi oleh molekul air. Air tertarik kelapisan ini dengan cukup kuat dan akan mengandung ion-ion logam, difusi kation terabsorpsi dari partikel tanah, meluas keluar dari permukaan tanah sampai kelapisan air. Pengaruhnya adalah pengadaan muatan netto (+) didekat partikel tanah dan muatan negatif (-) pada jarak yang lebih jauh. Difusi kation ini merupakan fenomena yang sangat serupa dengan difusi pertemuan antara permukaan air bebas dan atmosfer dimana bahan yang mengalami difusi adalah molekul air.

Molekul air ini tertarik dengan kuatnya sehingga berperilaku lebih sebagai benda padat daripada benda cair. Proses sementasi ini tergantung dari permeabilitas tanah yang distabilisasi dan waktu yang diperlukan untuk mencapai proses sementasi yang sempurna.

2.3.4. Penggumpalan (Flokulasi)

Dalam menstabilisasikan tanah, prose flokulasi adalah

salah satu yang diharapkan terjadi. Flokulasi adalah menggumpalnya beberap partikel tanah dan membentuk suatu gumpalan partikel berukuran lebih besar dan membentuk sedimen yang lepas.

Flokulasi ini terjadi karena adanya tarikan elektron yang menyebabkan partikel tanah yang berukuran kecil akan tertarik dan membentuk "flok" yang berorientasi secara acak dan membentuk sedimen yang sangat lepas.

Proses flokulasi ini dapat menyebabkan ukuran butiran tanah yang awalnya kecil menjadi besar dengan sangat keras yang diaktifkan oleh adanya pengikatan butiran tanah.

2.3.5. Sifat Mengkait Butiran Tanah (Interlocking)

Tanah yang distabilisasikan akan memiliki ukuran-ukuran butir yang beragam, hal ini diakibatkan karena terjadinya proses pengikatan (sementasi) dan proses penggumpalan (flokualasi) seperti diterangkan sebelumnya.

Adapun fungsi dari butiran yang termasuk fraksi "kasar" adalah sebagai kerangka dari lapisan konstruksi dan meneruskan pengaruh gaya-gaya muatan kepada lapisan yang dibawahnya. Sedangkan butir-butir yang termasuk fraksi "halus" berfungsi sebagai pengisi ruang kosong yang terjadi oleh bentuk dari susunan butir "kasar" tadi.

Dengan terisinya ruang kosong oleh fraksi halus maka tanah menjadi stabil karena butir-butir kerangka tidak lagi dapat bergeser satu dari yang lain, juga butir-butir halus

ini mempunyai kemampuan untuk mengikat butiran kasar dengan sifat kohesinya.

2.4. STABILISASI TANAH DALAM

Dalam penstabilisasian tanah dalam apabila kedalaman tanah yang distabilisasi lebih dari 1.0 meter, biasanya merupakan suatu bentuk lubang yang dalam. Dari berbagai stabilisasi tanah dalam disini diuraikan beberapa contoh.

2.4.1. Vertikal Drain

Laju konsolidasi yang rendah pada lempung jenuh dengan permeabilitas rendah dapat dinaikkan dengan menggunakan vertikal drain yang memperpendek lintasan pengaliran dalam lempung. Kemudian konsolidasi terutama diperhitungkan akibat pengaliran horisontal radial, yang mengakibatkan disipasi kelebihan tekanan air pori yang lebih cepat; pengaliran vertikal kecil pengaruhnya. Dalam teori, besar penurunan konsolidasi akhir adalah sama, hanya laju penurunannya yang terpengaruh.

Metode tradisional dalam pembuatan vertikal drain adalah dengan membuat lubang bor pada lapisan lempung dan mengurug kembali dengan pasir yang bergradasi sesuai. Diameternya sekitar 200 - 400 mm dan saluran drain (drainase) tersebut dibuat sedalam lebih dari 30 meter. Pasir harus dapat dialiri air secara efisien tanpa membawa partikel-partikel tanah yang halus.

Drain (drainase) cetakan juga banyak digunakan dan

biasanya lebih murah daripada drain urugan untuk suatu daerah tertentu. Salah satu jenisnya adalah drain prapaket (prepackage drain) yang terdiri dari sebuah selubung filter, biasanya dibuat dari polypropylene, yang diisi pasir dengan diameter 65 mm. Jenis ini sangat fleksibel dan biasanya tidak terpengaruh oleh adanya gerakan-gerakan tanah lateral.

Jenis lain dari cetakan adalah drain pita (band drain) yang terdiri dari inti plastik datar dengan saluran drain yang dikelilingi oleh lapisan filter tipis, dimana lapisan tersebut harus memiliki kekuatan untuk mencegah jangan sampai terselip kedalam saluran. Fungsi utama dari lapisan itu adalah untuk mencegah penyumbatan partikel-partikel tanah halus pada saluran didalam inti. Ukuran drain pita adalah 100 mm kali 4 mm dan diameter ekivalennya biasanya diasumsikan sebagai keliling dibagi phi. Drain cetakan dipasang dengan cara menyelipkan kedalam bor atau dengan menempatkannya didalam sebuah paksi (mandrel) atau selubung (casing) yang kemudian dipancang kedalam tanah atau digetarkan tanah.

2.4.2. Kolom Batu (Stone Column)

Kolom batu yang merupakan kolom-kolom padat didalam tanah yang terbentuk oleh kerikil atau batu pecah yang dipadatkan, dalam pembuatannya ada 2 (dua) cara, yaitu :

1. Dengan menggunakan alat Vibroflot, dan
2. Dengan menggunakan alat Bor.

1. Pembuatan Kolom Batu dengan Menggunakan Vibroflot.

Pada pembuatan kolom batu dengan menggunakan Vibroflot ini yang diutamakan adalah kecepatan penetrasi dari alat vibroflot tersebut. Maka biasanya digunakan Vibroflot dengan memakai getaran vertikal sebab dapat mencapai 3 sampai 4 kali lebih cepat daripada dengan menggunakan getaran horizontal, tetapi tergantung juga dari jenis dan keadaan tanahnya. Pembuatan kolom batu dengan vibroflot dapat dilakukan dengan 2 (dua) cara :

a. Teknik kering (Dry method)

Pembuatan dengan cara ini pada umumnya dilakukan pada tanah yang mengandung nilai kohesi Undrained $C_u = 30 - 60 \text{ KN/m}^2$. Dalam melakukan penetrasi hanya mengandalkan beratnya sendiri dan getaran yang dihasilkan tanpa dibantu oleh semprotan air.

b. Teknik basah (Wet method)

Pada cara ini Vibroflot dalam melakukan penetrasi selain berdasarkan berat sendiri dan getaran yang dihasilkan oleh vibroflot juga dibantu oleh semprotan air yang keluar dari ujung vibroflot. Selain berfungsi mempercepat penetrasi air tersebut juga berfungsi untuk mencegah keruntuhan dinding lubang karena adanya efek seepage.

Umumnya pekerjaan dengan teknik basah ini dilakukan pada tanah kohesif yang mempunyai nilai kohesi pada keadaan Undrained, $C_u = 15 - 50 \text{ KN/m}^2$.

2. Pembuatan Kolom Batu dengan menggunakan Bor.

Pembuatan kolom batu dengan cara ini merupakan metode yang baru-baru ini dikembangkan. Dimana dalam pembuatannya tanah di bor sampai kedalaman yang diinginkan lalu dipasang suatu "casing tube". Kemudian diisi dengan kerikil atau batu pecah lalu dipadatkan dengan suatu alat pemadat yang beratnya 15 - 20 KN/m² dengan jarak pukul / jarak jatuh 1 - 1,5 meter. Pengisian kerikil atau batu pecah dan penarikan dari casing tube dilakukan sedemikian rupa sehingga didapatkan pemadatan yang merata sepanjang kolom. Besar diameter dari kolom batu umumnya berkisar antar 0,6 - 1,1 m atau menurut ukuran dari bor ditambah 5 - 10 cm.

2.4.3. Kolom Kapur (Lime Column)

Menstabilisasikan tanah lempung lunak dengan cara membuat kolom kapur sudah cukup lama dikenal, misalnya di Jepang sekitar tahun 1960-an diterapkan chemical lime pile (*Kitsugi and Azakami, 1985*).

Pada tahun 1967 di Swedia (*Kjeld Paus*), diterapkan stabilisasi tanah lempung lunak dengan membuat kolom penetrasi hingga kedalaman 15 meter. Kolom kapur langsung dibuat dalam tanah dengan cara mencampurkan "quick lime" / unslaked lime (CaO) secara in situ pada lempung lunak dalam lubang bor tadi. Kolom yang dihasilkan mempunyai diameter sama dengan hasil campuran pada alat yaitu sekitar 0,5 meter.

Aplikasi metode kolom kapur menurut *Brams (1983)*, dapat digunakan pada lempung lunak dengan kriteria sebagai berikut :

- mereduksi total differential settlement dimana kolom kapur ini dipakai untuk light structure berupa gedung 1 sampai dengan 2 lantai.
- meningkatkan stabilitas tanah.
- memperkecil pengaruh vibrasi dari traffic dan seterusnya.

2.4.4. Gypsum sebagai bahan stabilisasi tanah dalam (Kolom gypsum).

Gypsum adalah salah satu bahan galian yang terdapat di alam. Gypsum merupakan mineral hidrokalsium sulfat. Mineral ini adalah kalsium sulfat yang mengandung kristal air, maka persamaan kimia untuk gypsum adalah $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ atau dihidrat gypsum.

Disamping kristal air, gypsum juga mengandung air bebas yang jumlahnya memiliki variasi antara 25-40 %. Gypsum adalah senyawa asam yang memiliki variasi pH antara 2 - 3. Ukuran butir dari gypsum adalah sama dengan ukuran butir lanau atau lempung, bentuk dari partikel gypsum yang dilihat dengan mikroskopis adalah berbentuk seperti piring.

Jenis batuan-batuan yang terdekat pada gypsum adalah gypsit, setinspar, alabaster dan salenit dengan warna mulai dari putih, kuning, abu-abu merah, jingga atau hitam serta memiliki kekerasan 1,5 - 2 dengan berat jenis 2,31 - 2,35

dan mempunyai kilap sutera. Pada umumnya gypsum ini mempunyai komposisi 32,6% CaO, 46,5% SO₃ dan 20,9% air.

Pada penulisan ini ingin diketahui sejauh mana kekuatan atau reaksi yang terjadi pada tanah apabila gypsum dicampurkan sebagai bahan stabilisasi. Mengingat sifat-sifat yang dimiliki oleh bahan tersebut dimana sifat hidroskopis yaitu mampu menyerap air maka didalam penulisan ini digunakan sebagai bahan penyerap air yang terkandung dalam tanah.

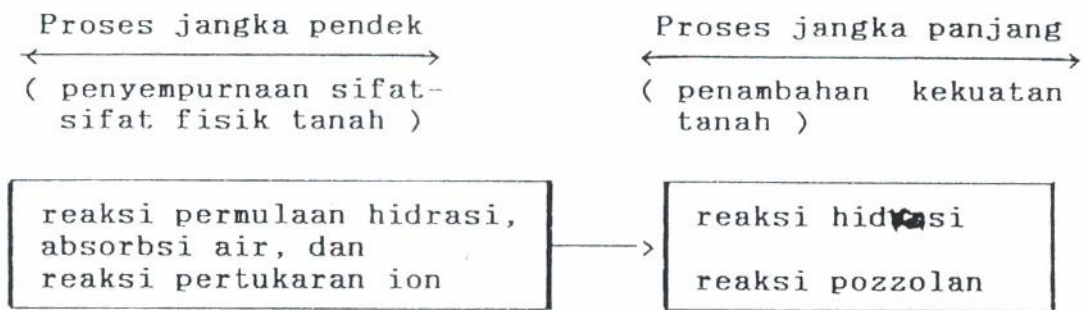
Proses interaksi antara gypsum dan mineral-mineral tanah, dapat berlangsung dalam 2 (dua) proses, yaitu : jangka pendek, dimana pada proses ini terjadi reaksi hidrasi atau absorpsi air dan reaksi pertukaran ion. Reaksi awal atau reaksi jangka pendek ini dapat menyebabkan terserapnya air pada partikel tanah dan terjadinya penggumpalan (flokulasi) pada partikel tersebut sehingga terjadi kohesi dari pada partikel tanah yang mengakibatkan kenaikan kekuatan konsistensi tanah tersebut (penyempurnaan sifat-sifat fisik tanah).

Proses lain yang terjadi adalah proses jangka panjang, dimana pada proses sekunder ini terjadi reaksi lanjutan dari reaksi hidrasi yang berlanjut serta reaksi pembatuan (reaksi hidrasi pozzolan) dimana pada reaksi pozzolan ini akan dihasilkan bahan-bahan mineral baru akibat beraksinya senyawa gypsum dengan senyawa mineral tanah.

Pembentukan senyawa-senyawa kimia berlangsung terus menerus untuk waktu yang lama dan menyebabkan tanah menjadi keras serta kuat, karena senyawa-senyawa kimia baru ini berlaku sebagai pengikat (binder).

Proses sekunder atau proses jangka panjang ini sangat penting, hal ini disebabkan karena ion-ion kalsium yang dihasilkan selama hidrasi gypsum berlangsung dapat meningkatkan intensitas penggumpalan yang digerakkan oleh jumlah elektrolit sehubungan dengan penambahan gypsum.

Proses interaksi gypsum dapat dilihat seperti dibawah ini.



2.5. HASIL RISET YANG TELAH DILAKUKAN TERHADAP KOLOM KAPUR

Dari riset-riset yang telah dilakukan terhadap kolom kapur menghasilkan perubahan sifat pada tanah, seperti :

- daerah kolom kapur menjadi lebih kuat dan lebih kaku dibandingkan dengan tanah sekitarnya.
- permeabilitas dalam kolom kapur lebih besar dibandingkan dengan permeabilitas tanah disekitarnya sehingga dapat berfungsi sebagai drainase vertikal yang mempercepat proses konsolidasi.

Akibat pada sifat tanah secara keseluruhan :

- reduksi total dari differential settlement.
- mempercepat waktu settlement.
- meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah.



3.1. DIAGRAM ALIR PROGRAM KERJA

Sebelum melakukan penelitian di laboratorium, dibuat diagram alir, yang menunjukkan berbagai kegiatan dalam program kerja yang dilaksanakan, yang tujuannya mempermudah pelaksanaan penelitian sehingga dapat dilakukan secara sistematis, seperti pada gambar 3.1.

Penelitian yang dilakukan di laboratorium meliputi :

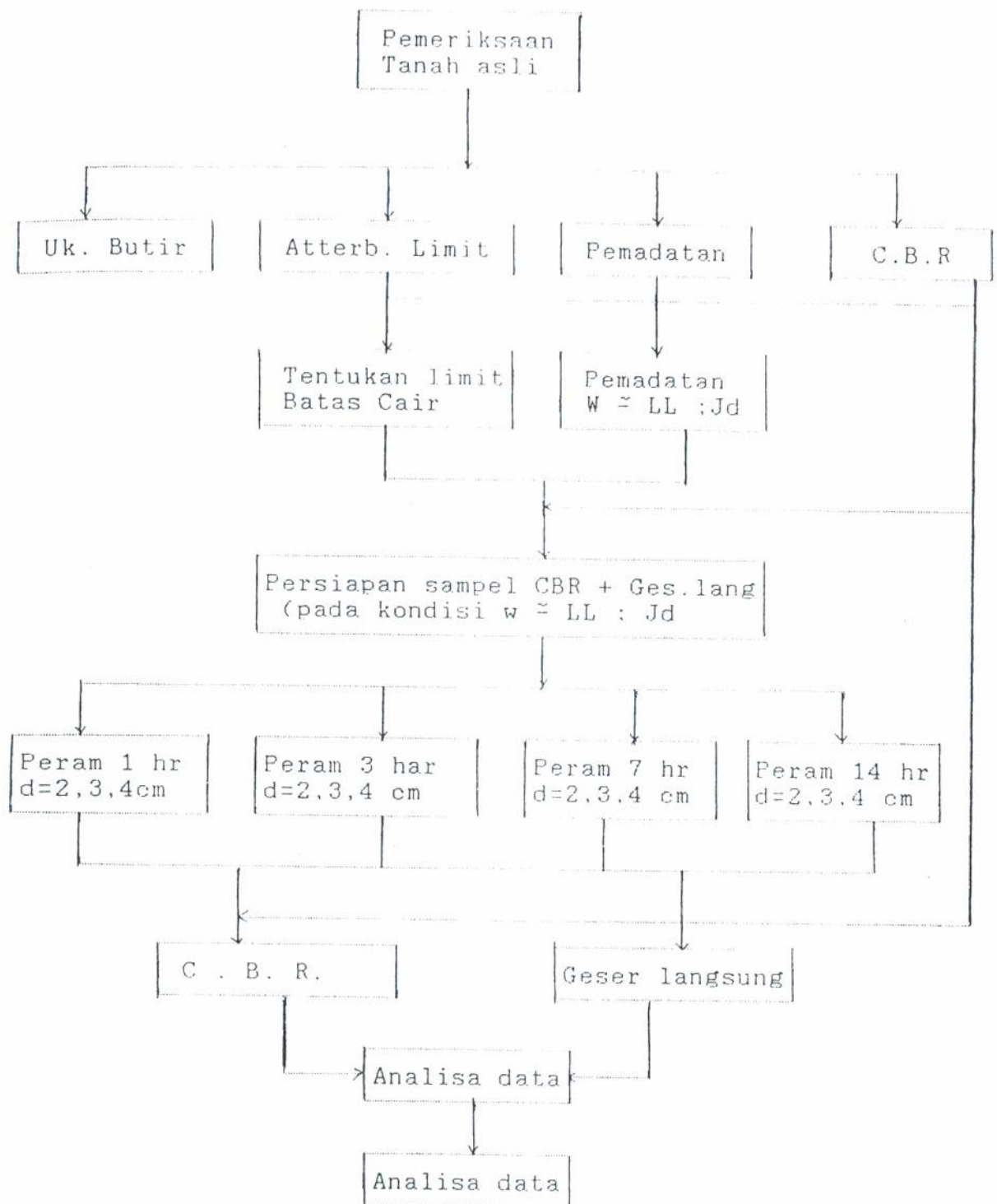
- Berat Jenis
- Analisa Ukuran Butir
- Analisa Hydrometer
- Batas-batas Atterberg
- Pemadatan
- CBR (California Bearing Ratio).
- Kuat Geser Langsung (Shear strength)

3.2. PERSIAPAN BAHAN

3.2.1. Pengambilan Tanah

Agar tanah yang digunakan memenuhi kebutuhan seluruh penelitian dan tidak mengalami kekurangan maka tanah diambil dalam jumlah yang cukup banyak.

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini, diambil dari daerah pinggir rawa disekitar kampus ISTN (Srengseng Sawah) dengan kedalaman pengambilan \pm 1,0 meter dari permukaan tanah.



Gambar 3.1. Diagram Alir Program Kerja

Setelah penggalian, tanah ditempatkan dalam loyang dan dijemur sampai menjadi kering udara. Setelah tanah menjadi kering udara, kemudian ditumbuk dengan palu karet, lalu di saring dengan ayakan No.4 (4,76 mm) dan dimasukkan ke dalam kantong plastik supaya kadar airnya tetap terjaga.

Sebagai penelitian awal terhadap tanah tersebut dilakukan pengujian Analisa Ukuran Butir dan Atterberg, supaya diketahui prosen partikel batuan dan batas cair yang terdapat dalam tanah tersebut, yang mana nantinya berguna untuk perhitungan komposisi campuran tanah. Kadar air tanah sebelum dicampur dengan gypsum juga dihitung.

3.2.2. Penyediaan Gypsum

Sebagaimana telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahan stabilisasi yang digunakan adalah Gypsum. Penggunaan Gypsum sebagai bahan stabilisasi dilakukan dengan berbagai variasi campuran yaitu : 100%, 90% dan 80% dari volume mold dan dicampur terhadap tanah didalam mold melalui pipa yang telah dimodifikasi sebelumnya.

3.3. PENCAMPURAN TANAH DAN GYPSUM

Pencampuran tanah dengan gypsum dilakukan setelah tanah dalam tabung mold dilubangi lalu gypsum dimasukkan kedalam lubang (kolom) tersebut. Pada penelitian ini jumlah gypsum yang dicampur adalah 100%, 90% dan 80%.

3.4. PROSEDUR PEMERIKSAAN

Pada bagian ini menjelaskan prosedur pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium. Prosedur ini meliputi metode pemeriksaan, peralatan yang digunakan, serta dimensi alat.

3.4.1. Pemeriksaan Berat Jenis

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis campuran tanah yang ditambah dengan gypsum dalam masing-masing prosentase.

Berat jenis tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air suling pada suhu tertentu. Berat jenis dinyatakan sebagai bilangan tanpa satuan. Nilainya rata-rata adalah sebesar 2,65 dengan variasi yang agak kecil, yaitu jarang dibawah 2,4 atau diatas 2,8 (*Wesley, 1988*). Berat jenis diperlukan untuk mendukung percobaan-percobaan lainnya, seperti analisa hidrometer dan pemadatan.

Perhitungan berat jenis (G_s) tanah berdasarkan pengujian di laboratorium dirumuskan sebagai sebagai berikut :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

dimana :

W_1 = berat total piknometer kosong (gram)

W_2 = berat tanah uji + berat botol piknometer (gram)

W_3 = berat air + tanah uji + botol piknometer (gram)

W_4 = berat air + botol piknometer (gram)

Metode yang digunakan sesuai dengan MPAT 50-100-76/sk SNI M-04-2989-F/AASHTO T-100-74/ASTM D-854-50. Material yang digunakan pada pengujian ini adalah yang lolos saringan No.4 (4,75 mm).

Pada pengujian ini digunakan piknometer, yaitu sebuah botol yang isinya diketahui terlebih dahulu. Prosedur pelaksanaannya sebagai berikut :

- Piknometer dikeringkan dan ditimbang (W1).
- Tanah yang lolos saringan No. 4, dikeringkan dalam oven dan dimasukkan kedalam piknometer kemudian ditimbang (W2).
- Air suling ditambahkan pada piknometer sampai setengahnya, kemudian dipanaskan dengan cara merebus piknometer tadi supaya udara yang ada dikeluarkan. Kemudian piknometer yang telah direbus tadi didinginkan dan ditambah air suling sampai penuh dan ditimbang (W3).
- Tanah dan air dikeluarkan dari piknometer, lalu piknometer dibersihkan dan diisi air suling sampai penuh, kemudian ditimbang (W4).

3.4.2. Pemeriksaan Analisa Ukuran Butir

Sifat-sifat suatu tanah banyak tergantung kepada ukuran butirnya. Besarnya ukuran butir merupakan dasar untuk menentukan spesifikasi tanah dan pengujian-pengujian lainnya dan biasanya digambarkan pada grafik, yaitu grafik lengkungan pembagian butir (particel size distribution curve).

Pembagian ukuran butir (gradasi) tanah merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah. Pengujian dilakukan dengan cara Analisa saringan dan Analisa Hidrometer dengan menggunakan metode MPBJ PB-0201-76/SK SNI M-08-1989-F/AASHTO T-27-74/ASTM C-136-46.

Material yang digunakan adalah yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) untuk Analisa Saringan dan lolos saringan No. 200 (0,075 mm) untuk Analisa Hidrometer. Adapun saringan yang digunakan untuk Analisa Saringan adalah No.4(4,75 mm), No. 100(0,150 mm), No.200(0,75 mm).

Dari pengujian yang dilakukan dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu :

- Analisa Hydrometer :

Analisa hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah yang lolos saringan no.200 dalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran dan beratnya. Dari data-data yang didapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Diameter efektif} = D = \frac{18.M}{\gamma_s - \gamma_w} \frac{Hr}{t}$$

Dimana M → dalam millipoises

$$1 \text{ Millipoises} = 1 \times 10^{-3}$$

$$1 \text{ Poises} = \frac{1}{980,7} \left[\frac{\text{gr}}{\text{cm}^2} \right]$$

dimana :

G_s = Berat isi butir tanah

G_w = Berat isi air pada temperatur percobaan

H_r = Jarak dari permukaan campuran sampai titik berat Hidrometer.

t = waktu (detik)

$$\text{- Persentase lebih halus (N)} = \frac{G_s}{G_s - 1} \cdot \frac{V}{W_s} \cdot w (r - r_w) 100 \%$$

dimana :

G_s = Berat jenis butir tanah

V = Volume campuran

W_s = Berat kering contoh sesudah percobaan

r = Pembacaan hydrometer di dalam campuran

r_w = Pembacaan hidrometer di dalam air suling

w = Berat isi pada temperatur percobaan.

$$H_r = H_i + 0,5 \left(h - \frac{V_h}{A_r} \right)$$

dimana :

H_i = Jarak dari pembacaan ke leher Hydrometer (cm)

V_h = Volume kepala hidrometer (ml)

h = Tinggi kepala dari leher sampai dasar kepala Hydrometer (cm)

A_r = Luas penampang dari gelas ukur (cm²)

- Analisa Saringan

Analisa saringan ini dilakukan untuk tanah yang kasar. tanah yang sudah kering oven disaring dengan menggunakan

satu set ayakan, dimana ukuran lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan. Dari data-data yang didapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Persentase tertahan} = \frac{\text{Berat tanah tertahan}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\%$$

$$\text{Persentase komulatif tertahan} = E^n \text{ persentase tertahan.}$$

$$\text{Persentase lebih halus} = 100 - \text{Persentase komulatif tertahan.}$$

3.4.3. Pemeriksaan Batas-batas Atterberg

Tujuan percobaan batas-batas Atterberg adalah untuk mengetahui nilai dari batas cair, batas plastis dan susut yang dilakukan pada bagian tanah lolos saringan no.40.

Metode ini menggambarkan proses keadaan tanah yang mana bila tanah itu dibiarkan mengering perlahan sampai tidak terjadi perunahan volume lagi, maka tanah tersebut akan melampaui proses-proses tertentu. Jika tanah dikeringkan dan 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 berada dalam keadaan plastis. Jika kadar airnya dinaikkan lagi sehingga melebihi batas cair, maka tanah berada dalam keadaan cair.

Metode pemeriksaan yang digunakan untuk batas cair (LL) adalah MPBJ PB-0109-76/SK SNI M-06-1989-F/AASHTO T-

89-81/ASTM D-423-66, sedangkan untuk batas plastis (PL) adalah MPBJ PB-0110-76/SK SNI M-06-1989-F/AASHTO T-90-81/ASTM D-242-74.

Pengujian yang dilakukan dalam batas-batas atterberg yaitu :

- **Batas Cair (LL) :**

Maksimal tanah yang disiapkan sebanyak \pm 250 gram di atas plat kaca, kemudian ditambah air sedikit demi sedikit dan diaduk sehingga campuran menjadi kental dan homogen dengan alat kape. Tanah kental yang homogen tadi diletakkan ke dalam cawan alat batas cair dan permukaannya diratakan sehingga sejajar dengan alas alat.

Kemudian dibuat alur pada tengah-tengah contoh tanah tersebut dengan alat Grooving Tool. Alat batas cair diputar dengan kecepatan 2 putaran/detik, sehingga cawan dinaikkan dan dijatuhkan bergantian sampai kedua bagian tanah berimpit di dasar alur sepanjang \pm 1 cm, dan jumlah pukulan yang terjadi dihitung. Apabila jumlah pukulan yang diinginkan telah tercapai, maka contoh tanah diambil untuk diperiksa kadar airnya. Tapi apabila jumlah pukulan yang diinginkan belum tercapai, dilakukan lagi pengujian seperti semula dengan menambahkan air sedikit demi sedikit. Sebaiknya pengujian dilakukan dimulai dari contoh tanah yang kental berurutan hingga contoh tanah menjadi encer. Batasan jumlah pukulan antara 8-50 pukulan. Pengujian dilakukan terhadap

contoh tanah dengan penambahan air yang berbeda, sehingga dapat dibuat suatu grafik antara kadar air dengan banyaknya pukulan. Dari grafik ini dibaca kadar air pada 25 pukulan, yang berarti pada pukulan ke-25 menunjukkan batas cair dari tanah tersebut.

- **Batas Plastis (PL) :**

Sisa contoh tanah yang kental dan homogen dari pengujian batas cair bisa digunakan untuk batas plastis. Tanah tadi diletakkan di atas plat kaca lalu digulung-gulung hingga menjadi kadar airnya dengan memasukkan ke dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu 110°C .

- **Platis indeks (PI)**

Sisa contoh tanah yang kental dan homogen dari pengujian batas cair bisa digunakan untuk batas plastis. Tanah tadi diletakkan di atas plat kaca lalu digulung-gulung hingga menjadi sebuah batang bulat yang retak pada diameter 3 mm. Contoh batangan tersebut diperiksa kadar airnya dimasukkan ke dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu 110°C .

Nilai Plastis indeks ditentukan dengan menghitung selisih antara batas cair (LL) dengan batas plastis (PL).

3.4.4. Pemeriksaan Pemadatan

Pemadatan tanah dimaksudkan agar dapat :

- menaikkan kekuatan,
- memperkecil kompresibilitas dan daya serap airnya,

- memperkecil pengaruh air terhadap tanah tersebut.

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis. Cara mekanis yang dipakai untuk memadatkan tanah ada bermacam-macam. Dilapangan biasanya dipakai dengan cara menggilas, sedangkan dilaboratorium dapat dengan cara memukul. Pemadatan adalah bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum dan nilai kerapatan/berat isi kering maksimum. Nilai-nilai ini digunakan untuk merencanakan dan mengetahui kekuatan tanah seperti CBR dan Kuat Tekan Bebas, serta sebagai patokan pelaksanaan pemadatan di lapangan.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pemadatan yaitu daya (energi) pemadatan yang diberikan, jenis tanah, kadar air dan berat isi kering. Semua faktor ini saling berhubungan satu dengan lainnya.

Pada Pemeriksaan pemadatan ini, tanah yang digunakan adalah tanah yang lolos saringan No.4 (4,75 mm). Pemadatan dilakukan dengan cara pemadatan standar dengan metode yang sesuai dengan AASHTO T-99-74/ASTM D-698-7 / MPBJ PB-0111-76.

Pemeriksaan yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah cetakan dengan diameter 102 mm (4 in) dan tinggi 115 mm (4,12), dengan alat penumbuk seberat 2,5 kg (5,5 lb), dan tinggi jatuh 30 cm (12 in). Jumlah tumbukan sebanyak 25 kali untuk setiap lapisan, dimana terdapat 3 lapisan yang sama tebalnya untuk mold.

Pengujian dilakukan terhadap tanah pasir dan tanah pasir yang dicampur dengan Gypsum dengan kadar yang berbeda. Prosedur pengujian untuk pemadatan adalah benda uji disiapkan sebanyak 5 kantong plastis masing-masing beratnya 2000 gr. Benda uji terlebih dahulu di ketahui kadar airnya. Kemudian masing-masing benda uji diberi air dengan kadar air rencana yang berbeda-beda secara berurutan dan diaduk hingga merata. Masing-masing benda uji dimasukkan dalam kantong plastik, diikat erat untuk menjaga kadar air, kemudian didiamkan selama beberapa jam. Benda uji dimasukkan dalam kantong plastik, diikat erat untuk menjaga kadar air, kemudian didiamkan selama beberapa jam. Benda uji dimasukkan ke dalam mold dengan 3 lapisan yang sama tebalnya dan ditumbuk sebanyak 25 pukulan untuk masing-masing lapisan.

Dari data yang diperoleh dari hasil pemadatan dapat dikehui kadar air optimum (W_{opt}) dan berat isi kering maksimum (d_{max}) dari masing-masing komposisi.

3.4.5. Pemeriksaan CBR (California Bearing Ratio)

California Bearing Ratio test adalah cara untuk menilai kekuatan tanah dasar. Nilai CBR adalah suatu perbandingan antara suatu beban uji terhadap beban standar untuk suatu nilai penetrasi tertentu yang dinyatakan dalam persen (%).

Material tanah yang digunakan pada pemeriksaan CBR adalah yang lolos saringan No. 4(4,75 mm). Metoda

pemeriksaan dipakai sesuai dengan MPBJ PB-0113-76/SK SNI 1744-1989-F/AASHTO T-193-81/ASTM d-1883-73.

Benda uji disiapkan pada kadar air optimum untuk masing-masing campuran gypsum yaitu 100 %, 90 % dan 80 %. Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah cetakan yang berbentuk silinder dengan diameter 152,4 mm (6 in) tinggi 177,8 mm (7 in), dengan alat penumbuk seberat 2,5 kg (5,5 lb), tinggi jatuh 30 cm (12 in). Dalam satu mold terdiri dari 3 lapisan yang tebalnya sama dan ditumbuk sebanyak 56 pukulan untuk masing-masing lapisan. Pinggiran pemisah (spacer disk) diameter 150,8 mm (5,938 in), tebal 61,4 mm (2,416 in). Alat pengukur pengembangan (swell) terdiri dari keping pengembang yang berlubang dengan tengah diameter 54 mm (2,125 in).

Benda uji dibuat dalam 2 kondisi yaitu : kondisi tanpa rendaman (unsoaked) dan kondisi dengan rendaman (soaked), masing-masing dilakukan pemeratan (curing) 0 hari, 3 hari, 7 hari.

Untuk benda uji yang direndam (soaked), setelah melewati masa pemeratan (curing) selama 0 hari, 3 hari, 7 hari kemudian direndam dalam air selama 4 hari (4 x 24 jam) dan selama direndam benda uji diberi keping beban dan arloji penunjuk di letakkan untuk mengukur pengembangan (swell).

Pengukuran CBR dilakukan pada benda uji unsoaked dan benda uji soaked dengan alat mesin penetrasi, luas piston

penetrasi 1935 mm^2 (3 in^2), dengan kecepatan penetrasi $0,05 \text{ in}$ permenit ($1,27 \text{ mm per menit}$). Pembacaan pembebanan pada penetrasi $0,312 \text{ mm}$, $0,62 \text{ mm}$, $1,25 \text{ mm}$, $1,875 \text{ mm}$, $2,50 \text{ mm}$, $3,75 \text{ mm}$, $5,00 \text{ mm}$, $7,50 \text{ mm}$, $10,00 \text{ mm}$ $12,50 \text{ mm}$.

Nilai CBR dihitung penetrasi $0,1$ ($2,54 \text{ mm}$) dan $0,2 \text{ in}$ ($5,08 \text{ mm}$). Harga beban pada penetrasi $0,1 \text{ in}$ ($2,54 \text{ mm}$) dibagi dengan beban standar sebesar 1000 psi ($70,30 \text{ kg/cm}^2$) dan untuk harga beban pada penetrasi $0,2 \text{ in}$ ($5,08 \text{ mm}$) dan untuk harga beban pada penetrasi $0,2 \text{ in}$ ($5,08 \text{ mm}$) dibagi dengan beban standar sebesar 1500 psi ($105,47 \text{ kg/cm}^2$).

3.4.6. Pemeriksaan Kuat Geser Langsung

Pemeriksaan ini sifatnya undrained, maka supaya sesuai dengan sifatnya diatas dan dibawah contoh tanah dilapisi kertas filter (pori) dan juga di apit batu pori Sampel tanah jika dibuat setipis mungkin serta kecepatan geser diusahakan sekecil mungkin yaitu : $\pm 1 \text{ cm/menit}$.

Keretakan geser tanah dalam hal ini adalah akibat geser relatif antara butirnya, bukan karena butiran sendiri yang hancur. oleh karena itu kekuatan tanah tergantung gaya yang bekerja antara butirnya.

Adapun prosedur pemeriksaan, setelah tanah diperam selama 0 , 3 , 7 dan 14 hari untuk unsoaked dan diperam (soaked) selama 4 hari lalu tanah campuran dicetak dengan cincin yang ukurannya standar. Contoh tanah lau dimasukkan dalam shear kemudian direct shear Asparatus di stel dan

diberi beban standar. Setelah itu Alat pendorong nilai dipasang dengan strain yang tetap pada detik ke 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 dan 80 serta sekaligus diadakan pembacaan dan dicatat angka-angka yang didapatkan dari dial arloji horizontal, vertikal dan proving ring.

Kekuatan geser tanah dari hasil pengujian ini dapat dinyatakan dengan rumus :

$$S = C + (rn - U)tg\theta$$

dimana :

S = Kelenturan geser

rn = tegangan total pada bidang geser

U = tegangan air pori.



BAB IV

HASIL PENELITIAN

Dari pengujian-pengujian yang dilakukan dilaboratorium didapatkan hasil-hasil berupa data-data yang berikut ini disajikan dalam bentuk tabel-tabel dan grafik-grafik. Penyajian data dibagi dalam 2 (dua) bagian, yaitu :

1. Hasil pengujian terhadap tanah asli.
2. Hasil pengujian setelah distabilisasi dengan kolom gypsum.

4.1. HASIL PENGUJIAN TERHADAP TANAH ASLI.

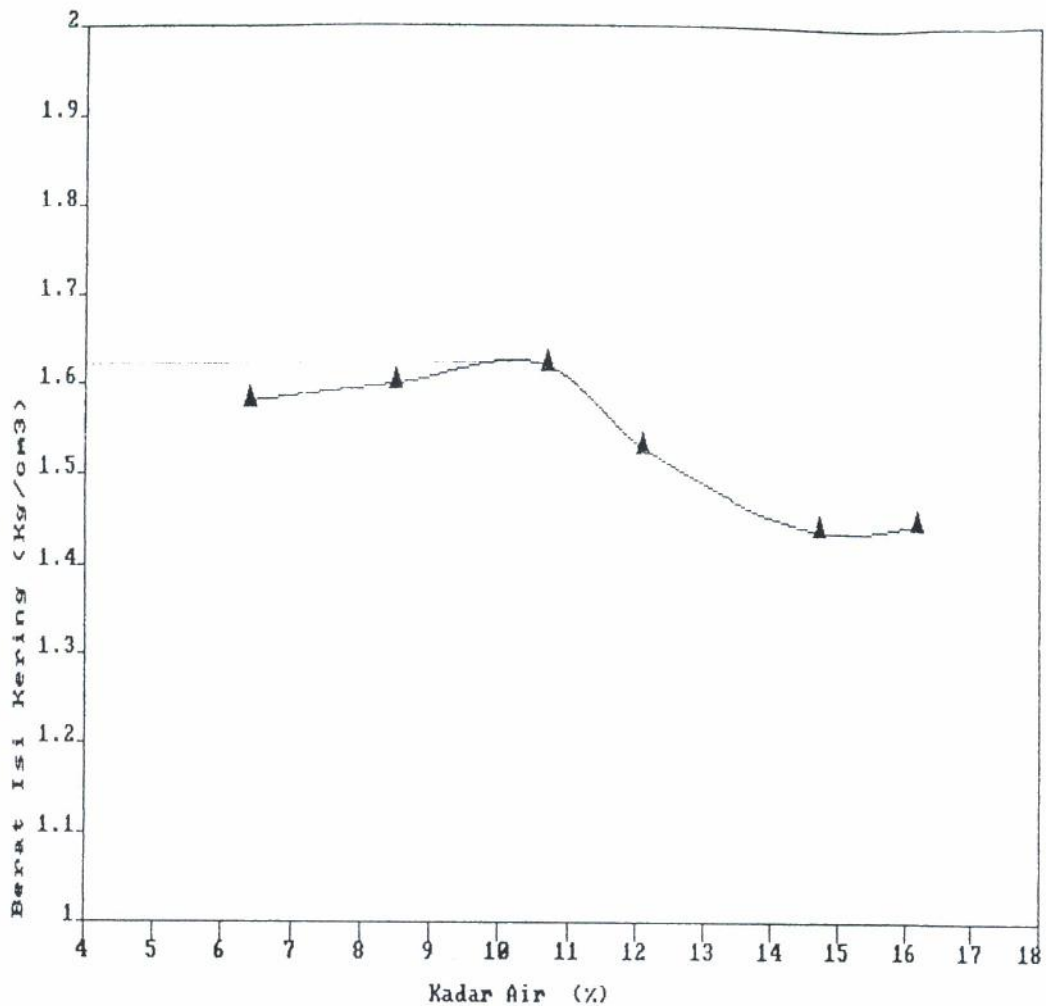
Menggunakan contoh tanah uji yang digali lebih kurang sedalam 1,0 meter, didaerah Srengseng Sawah, Jakarta Selatan tepatnya disekitar rawa - rawa pinggiran danau lokasi kampus Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN), Jakarta.

Adapun pengujian-pengujian yang dilakukan terhadap tanah asli antara lain : Atterberg (batas cair, batas susut dan batas plastis), pemadatan (compaction), analisa saringan dan hydrometer, berat jenis (specific gravity), CBR (dengan pemadatan), dan kuat geser langsung (direct shear).

Hasil - hasil pengujian yang berupa data - data dan hasil perhitungan sifat fisik tanah asli dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah berikut ini.

Tabel 4.1. Sifat Fisik Tanah Asli.

A N A L I S I S	NILAI	SATUAN
Karakter partikel :		
- Kerikil : 2 mm - 8 mm	31,86	%
- Pasir : 0,06 mm - 0,2 mm	46,80	%
- Lanau : 0,002 mm - 0,6 mm	19,71	%
- Lempung : < 0,002 mm	0,71	%
Pemadatan Standar :		
- Kadar air optimum ($W_{opt.}$)	8,00	%
- Kepadatan maksimum (ρ_d maks.)	1,60	gr/cm ³
Batas Atterberg :		
- Batas cair (L.L)	86,95	%
- Batas plastis (P.L)	64,90	%
- Indeks plastis (P.I)	22,05	%
Berat Jenis (Gs) :		
- Angka pori (e)	1,44	-
- Berat jenis (ρ_s)	1,03	gr/cm ³
- Derajat kejenuhan (Sr)	57,30	%
- Kadar air (w)	57,30	%
- Berat isi kering (ρ_d)	0,83	gr/cm ³
Kekuatan :		
- CBR (dengan pemadatan)	0,69	%
- Kuat geser langsung (D.S)		
Sudut geser dalam (ϕ)	67,00	derajat
Kohesi (c)	0,802	gr/cm ³



Gambar 4.1. Grafik hasil pemadatan tanah asli.

Dari gambar diatas dapat kita lihat bahwa kadar air optimum ($W_{optimum}$) yang didapat adalah 10,3 %, sedangkan kepadatan maksimum (γ_d maksimum) adalah 1,62 gr/cm³. Penampilan gambar hasil pemadatan tanah asli disini dimaksudkan untuk melihat sampai seberapa jauh $J_{dmaks.}$ yang dapat dihasilkan antara dengan pemadatan sebelum distabilisasi, dengan berat isi kering (γ_d) tanpa pemadatan sesudah distabilisasi pada hasil pengujian CBR.

4.2. HASIL PENGUJIAN SETELAH DISTABILISASI DENGAN KOLOM SEMEN GYPSUM.

Seperti diketahui percobaan ini adalah menstabilisasi tanah dengan bahan tambah gypsum melalui serangkaian pemodelan kolomnya. Selanjutnya berdasarkan hasil pengujian, penulis menganalisa kekuatan hasil campuran seperti terurai berikut ini.

4.2.1. Pengaruh Gypsum Terhadap C.B.R (California Bearing Ratio).

Pada percobaan CBR ini, ketika akan mencampur tanah, pemberian kadar airnya diambil dari hasil pengujian kadar air lapangan, yaitu : 57,30 % dan dalam percobaan ini dibulatkan menjadi 60,00 %. Jadi bukan dari hasil pemadatan tanah asli (Wopt.) sebagaimana biasanya. Hal ini dimaksudkan untuk melihat sampai sejauh mana kekuatan yang dapat dicapai dengan tanpa melakukan pemadatan dilapangan.

Juga dalam percobaan ini, pencampuran dengan melalui cara serangkaian pemodelan kolom. Bahan kolom yang digunakan untuk membentuk kolom dalam campuran mold terbuat dari pipa aluminium dengan bagian tengahnya kosong. Diameter dalam pipa (kolom) ini 2,44 cm dan ketebalannya 1 mm. Banyaknya kolom 3 (tiga) buah dan ditempatkan didalam mold posisi berdiri dan jaraknya diusahakan sama, dengan cara memberi tutup karton dari atas mold dengan lubang kolom berjarak sama supaya jaraknya lebih akurat.

Setelah tanah dicampur dengan pemberian kadar air lapangan, lalu campuran itu dimasukkan kedalam mold, sekaligus kolom dibedirikan didalam campuran tadi dipadatkan dengan cara ditekan-tekan dengan perkiraan diasumsikan kepadatannya dianggap kira-kira sama dengan kepadatan yang sebenarnya dilapangan. Kemudian kolom yang telah disiapkan tadi diisi dengan tepung gypsum dimana persentase kadar kepadatan gypsumnya dibuat bervariasi, yaitu : 100%, 90% dan 80%.

Langkah berikutnya kemudian kolom pencetak diangkat sehingga tepung gypsum tertinggal didalam mold dengan membentuk suatu model kolom (tiang). Kemudian campuran tanah gypsum ini diperam dengan ditutupi plastik diatasnya serapat mungkin untuk menjaga agar kadar airnya jangan menguap. Waktu peram yang dilakukan bervariasi untuk tiap percontoh, yaitu : 0 hari (1 hari), 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Karena contoh uji sangat cair maka pengujian 0 hari sama dengan 1 hari, sebab dengan waktu perawatan 1 hari kondisi contoh uji belum dapat dilakukan pengetesan.

Lalu kita periksa pemberian kadar air lapangan pada saat pencampurannya dengan tanah dan gypsum apakah sudah mendekati dengan yang ditetapkan, dengan cara mengambil sampel sebanyak 100 gram atau secukupnya kemudian ditimbang beratnya lalu dioven. Setelah dioven lebih kurang 24 jam, sampel tadi ditimbang lagi beratnya dan akhirnya dapat kita tentukan nilai kadar air yang terjadi pada saat pencampuran.

Untuk hasil-hasil yang didapat dari pengujian-pengujian percontoh campuran dapat kita lihat dari tabel-tabel dan gambar-gambar berikut ini.

Tabel 4.2. Nilai CBR setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dan sebelum direndam (Unsoaked).

B A H A N	C.B.R (%)		
	Peram		
	3 hari	7 hari	14 hari
Penetrasi 0,1 "			
- Kepadatan gypsum = 100%	1,671	1,848	2,144
- Kepadatan gypsum = 90%	1,405	1,515	1,626
- Kepadatan gypsum = 80%	0,983	1,109	1,368
Penetrasi 0,2 "			
- Kepadatan gypsum = 100%	1,725	1,897	2,168
- Kepadatan gypsum = 90%	1,626	1,656	1,676
- Kepadatan gypsum = 80%	1,163	1,247	1,577

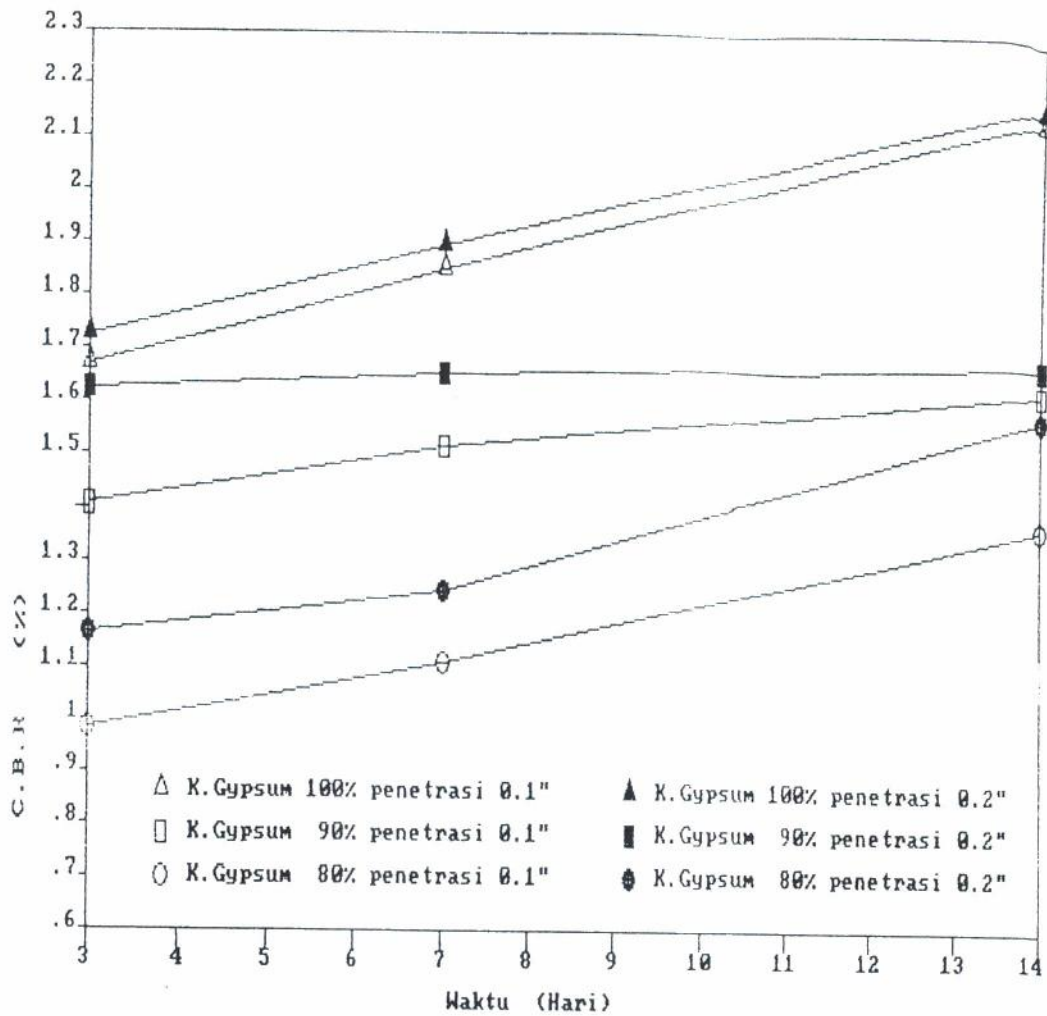
Tabel 4.3. Nilai CBR setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dan setelah direndam (Soaked).

B A H A N	C.B.R (%)		
	Peram		
	3 hari	7 hari	14 hari
Penetrasi 0,1 "			
- Kepadatan gypsum = 100%	0,924	0,960	1,035
- Kepadatan gypsum = 90%	0,739	0,764	0,887
- Kepadatan gypsum = 80%	0,517	0,614	0,665
Penetrasi 0,2 "			
- Kepadatan gypsum = 100%	1,035	1,050	1,133
- Kepadatan gypsum = 90%	0,764	0,788	0,986
- Kepadatan gypsum = 80%	0,542	0,591	0,739

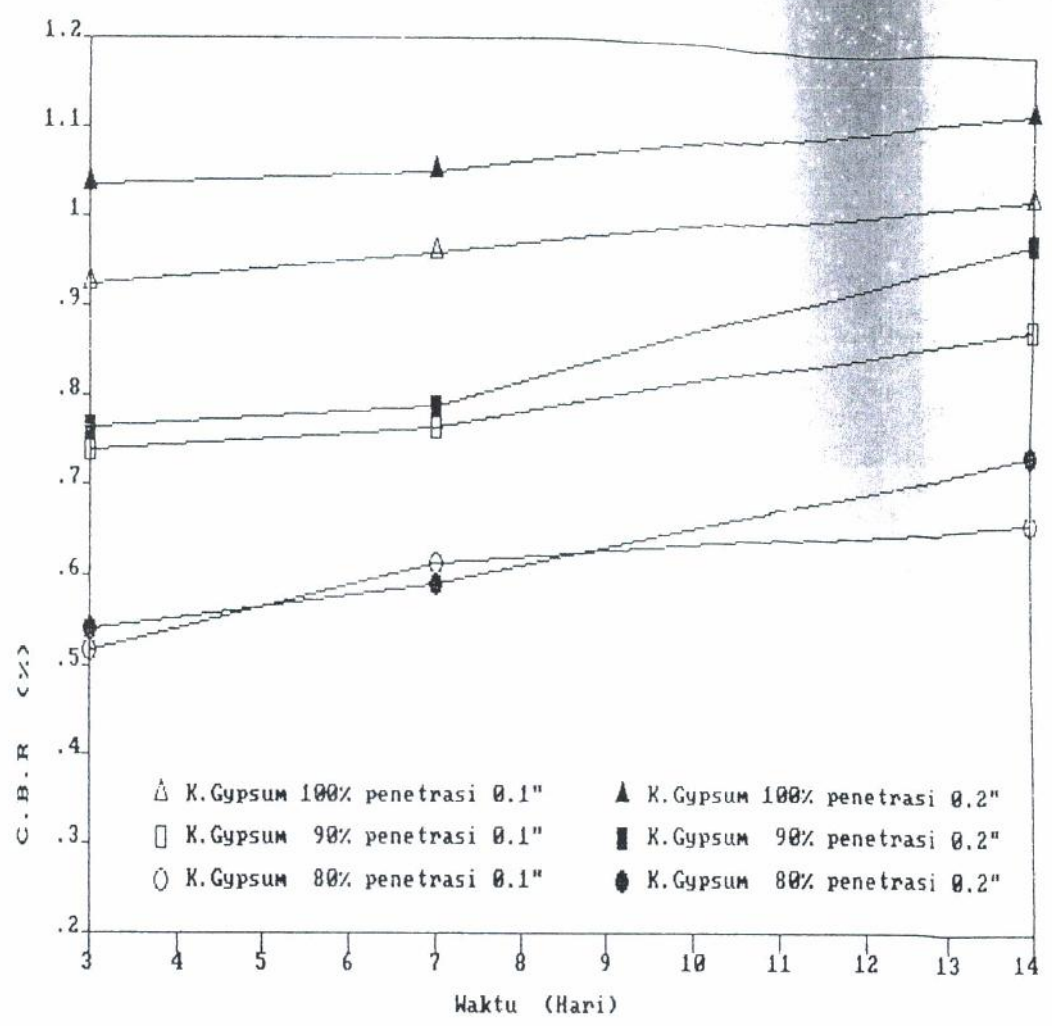
Dari tabel 4.2 dan 4.3 dapat dilihat bahwa nilai CBR yang didapat setelah distabilisasi dengan kolom gypsum nilainya semakin naik seiring dengan bertambahnya waktu pemeraman percontohan, baik itu kepadatan gypsum 100%, 90% maupun 80% terhadap direndam dan tidak direndam. Akan tetapi nilai CBR semakin turun dari 100% hingga ke-80% seiring dengan berkurangnya kadar gypsum, baik pada pengujian tidak direndam (unsoaked) dan direndam (soaked).

Demikian juga pada gambar 4.2 dan 4.3, seiring berdasarkan hasil dari tabel, maka dapat dilihat bahwa grafiknya semakin naik sejalan dengan bertambahnya waktu peram percontohan. Ini dikarenakan apabila tanah semakin lama diperam maka kesempatan tanah bereaksi dengan gypsum membentuk suatu ikatan senyawa kimia, akan semakin besar kemungkinannya menghasilkan suatu kekuatan yang lebih besar. Ini dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang bahwa butiran tanah semakin membesar dari semula. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian berat isi kering butir (γ_d) pada tabel 4.5 berikut ini.

Pada tabel 4.4 dapat juga dilihat bagaimana keadaan kadar air yang diperoleh pada saat dilakukan pencampuran, baik pada saat belum dilakukan perendaman (setelah dicampur) maupun sesudah perendaman, apakah mendekati terhadap nilai yang ditetapkan. Perlu diingatkan kembali bahwa pemberian kadar air pada saat pencampuran adalah berdasarkan hasil pengujian kadar air lapangan, yaitu : 57,30 % dimana disini dibulatkan menjadi 60 %.



Gambar 4.2. Grafik hubungan antara nilai C.B.R dan waktu peram setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dan sebelum direndam (Unsoaked).



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara nilai C.B.R dan waktu peran setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dan sesudah direndam (Soaked).

Tabel 4.4. Nilai Kadar Air (w) yang diperoleh pada saat pencampuran tanah - kolom gypsun.

B A H A N	Kadar Air (%)		
	Peran		
	3 hari	7 hari	14 hari
Penetrasi 0,1 "			
- Kepadatan gypsun = 100%	57,43	57,90	58,56
- Kepadatan gypsun = 90%	56,00	56,60	57,40
- kepadatan gypsun = 80%	54,52	54,79	55,60
Penetrasi 0,2 "			
- Kepadatan gypsun = 100%	59,33	59,38	59,75
- Kepadatan gypsun = 90%	57,91	58,06	59,28
- Kepadatan gypsun = 80%	55,35	56,65	57,69

Tabel 4.5. Berat Isi Kering (γ_d) yang diperoleh setelah pencampuran tanah - kolom gypsun.

B A H A N	γ_d (kg/cm ³)		
	Peran		
	3 hari	7 hari	14 hari
Penetrasi 0,1 "			
- Kepadatan gypsun = 100%	0,934	0,944	0,961
- Kepadatan gypsun = 90%	0,928	0,938	0,948
- Kepadatan gypsun = 80%	0,910	0,924	0,943
Penetrasi 0,2 "			
- Kepadatan gypsun = 100%	0,928	0,934	0,957
- Kepadatan gypsun = 90%	0,920	0,930	0,957
- Kepadatan gypsun = 80%	0,911	0,915	0,934

4.2.2. Pengaruh Gypsum Terhadap Kuat Geser Langsung (Direct Shear)

Pengujian melalui kuat geser langsung (direct shear) ini adalah untuk mengetahui sampai sejauh mana pengaruh gypsum terhadap kohesi dan gaya geser dalam tanah. Hal ini berhubungan dengan tujuan utama dalam menstabilisasikan tanah yaitu sampai sejauh mana tanah dapat dipergunakan untuk dapat menahan konstruksi dan beban diatas tanah itu.

Adapun dalam pengujian direct shear ini nilai kohesi dan gaya geser dalamnya adalah diakibatkan karena bergesernya butiran tanah itu sendiri akibat pembebanan yang terjadi bukan karena butir tanahnya yang pecah. Hasil-hasil pengujiannya dan analisisnya (secara analitis dan grafis) diberikan selengkapnya dalam bentuk tabel - tabel dan gambar - gambar seperti berikut ini.

Tabel 4.6. Nilai kohesi (c) yang diperoleh setelah pencampuran tanah - kolom gypsum dengan cara Analitis.

P e r a n	Kohesi (c)		
	100 %	90 %	80 %
Tanah asli	0 , 8 0 2		
0 hari	1,565	1,377	0,963
3 hari	1,862	1,651	1,090
7 hari	2,098	1,743	1,835
14 hari	3,095	2,615	2,166

Tabel 4.7. Nilai kohesi (c) yang diperoleh setelah pencampuran tanah - kolom gypsum dengan Grafis.

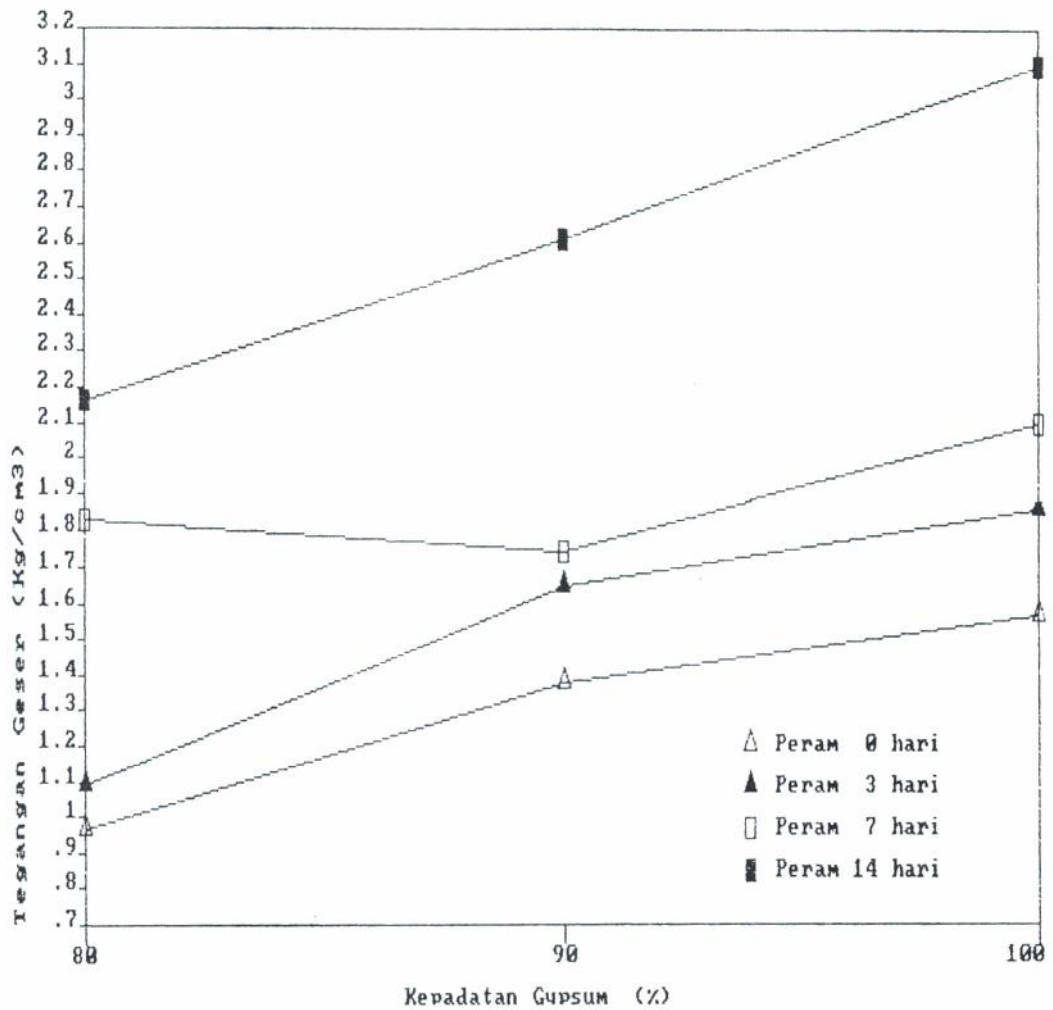
P e r a m	Kohesi (c)		
	100 %	90 %	80 %
Tanah asli	0 , 7 1 0		
0 hari	1,635	1,040	0,240
3 hari	1,930	1,420	1,220
7 hari	2,140	1,700	1,880
14 hari	3,160	2,660	2,240

Tabel 4.8. Nilai Gaya Geser Dalam (ϕ) yang didapat setelah pencampuran tanah - kolom gypsum dengan cara Analitis.

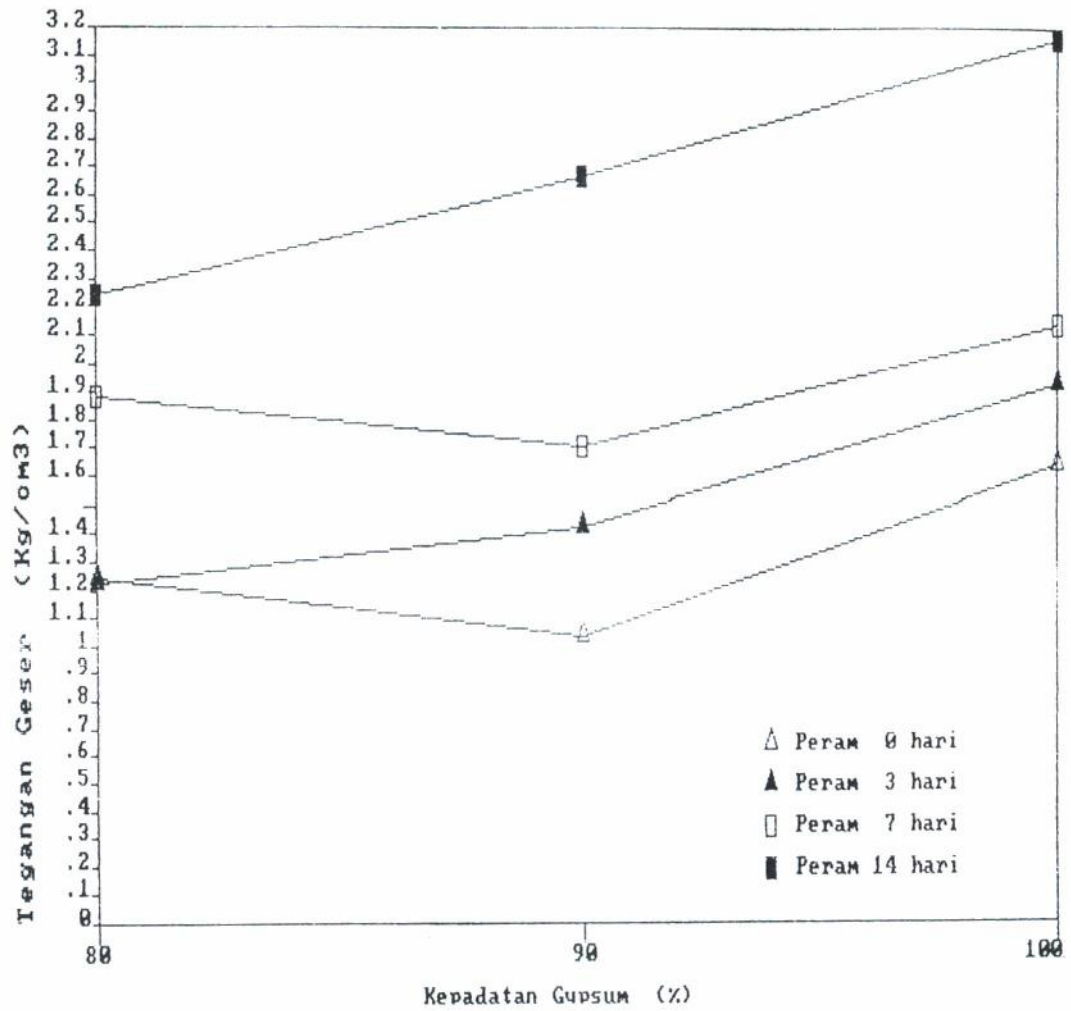
P e r a m	Gaya Geser Dalam (ϕ)		
	100 %	90 %	80 %
Tanah asli	67°		
0 hari	76°	72°	70°
3 hari	79°	75°	71°
7 hari	80°	78°	73°
14 hari	83°	80°	76°

Tabel 4.9. Nilai Gaya Geser Dalam (ϕ) yang didapat setelah pencampuran tanah - kolom gypsum cara Grafis.

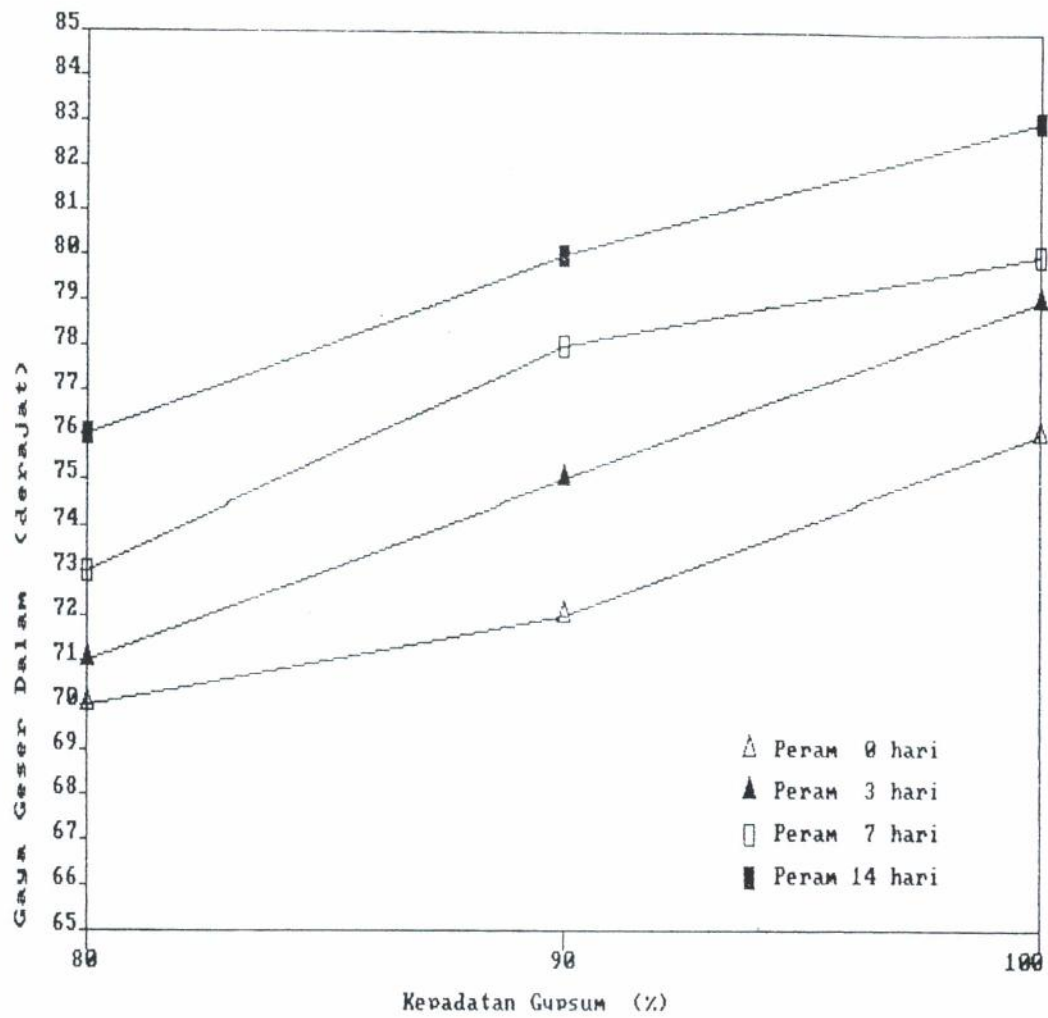
P e r a n	Gaya Geser Dalam (ϕ)		
	100 %	90 %	80 %
Tanah asli	70°		
0 hari	70°	67°	65°
3 hari	74,5°	70,5°	66°
7 hari	76°	74°	69°
14 hari	81°	78,5°	73°



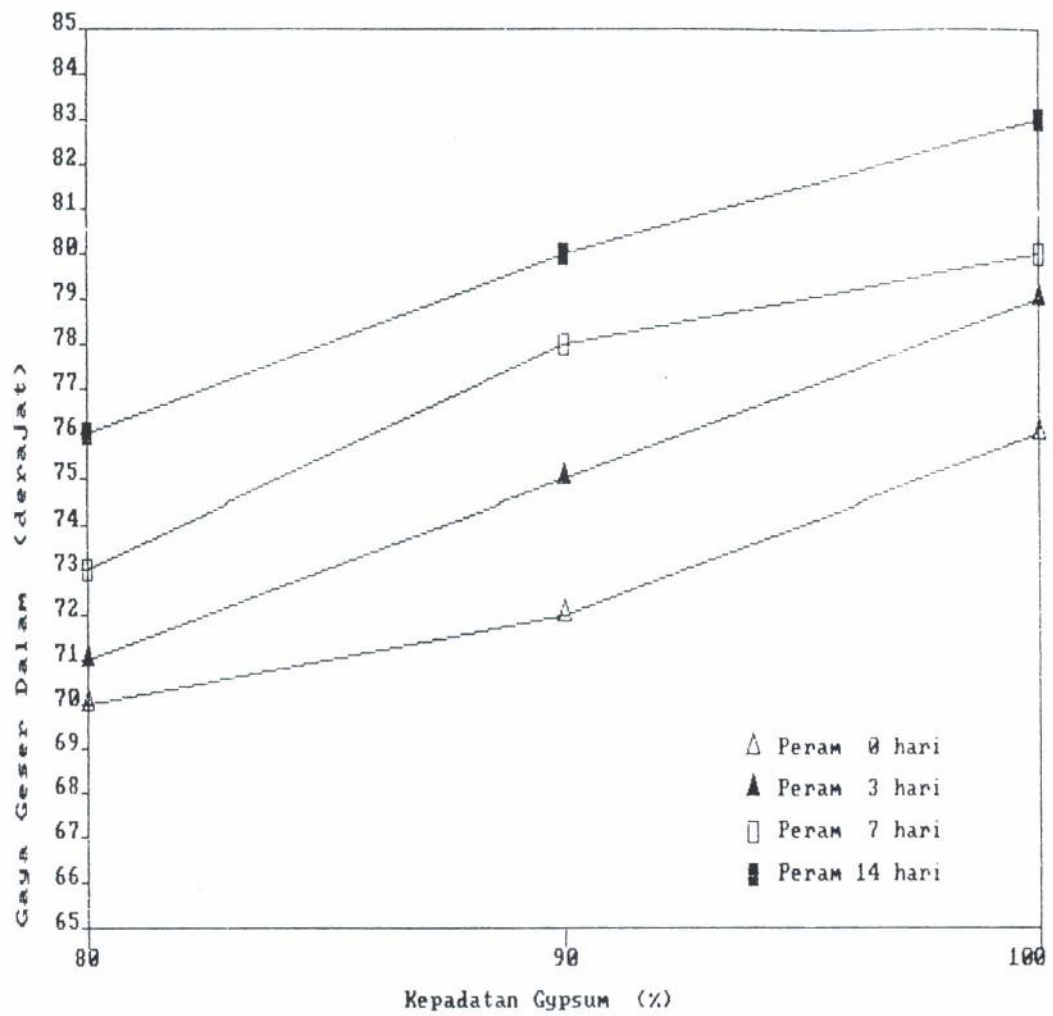
Gambar 4.4. Grafik hubungan antara Kepadatan gypsum dan Kohesi setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dengan cara Analitis.



gambar 4.5. Grafik hubungan antara Kepadatan gypsum dan Kohesi setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dengan cara Grafis.



Gambar 4.6. Grafik hubungan antara Kepadatan gypsum dan Gaya geser dalam setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dengan cara Analitis.

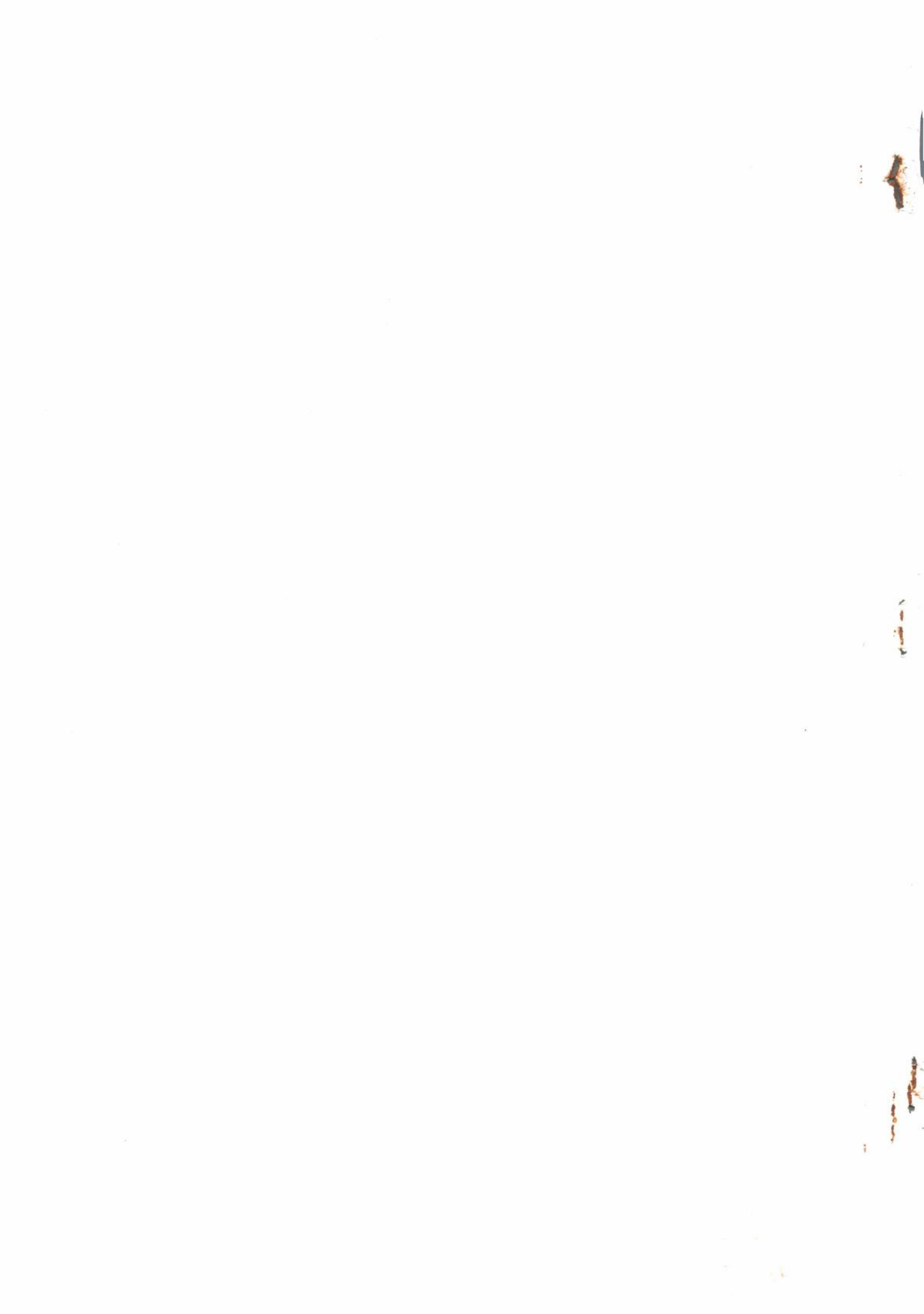


Gambar 4.7. Grafik antara Kepadatan gypsum dan Gaya geser dalam setelah distabilisasi dengan kolom gypsum dengan cara Grafis.

Bila ditinjau dari hasil pengujian yang diperoleh dapat dilihat bahwa nilai kohesi dan gaya geser dalam akan semakin besar sesuai dengan makin lamanya waktu perawatan (peram) baik pada nilai kohesi dan gaya geser dalam secara analitis maupun grafis. Pada pengujian Kuat geser langsung ini memang disengaja ditampilkan dengan 2 (dua) cara disini yaitu cara grafis dan analitis untuk melihat ketelitiannya.

Akan tetapi nilai kohesi dan gaya geser dalam akan semakin kecil mulai dari kepadatan gypsum 100 % hingga 80 % pada tiap-tiap waktu peram contoh uji. Hal ini diakibatkan karena butiran tanah telah semakin besar dari semula akibat pengaruh gypsum yang dicampurkan terhadap tanah, sehingga butir tanahnya semakin membesar. Besar butir tanah tersebut tergantung banyaknya kadar gypsum yang diberikan dan proses menggumpalnya ini disebut flokulasi.

Maka butir tanah yang semakin membesar butirnya tersebut mempunyai kemungkinan yang besar untuk mengalami pergeseran antar butirnya, apabila terjadi pembebanan diatas tanah tersebut, dibandingkan sebelum diberikan semen gypsum. Sekali lagi ditekankan disini bahwa terjadinya pergeseran akibat adanya pembebanan, adalah bergesernya antar butir tanah bukan karena butir tanah itu yang pecah.



DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles Joseph E., "Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah", Erlangga, Jakarta 1986.
2. L.D.Wesley, "Mekanika Tanah", DPU, Jakarta 1977.
3. Direktorat Penyelidikan Masalah Jalan dan Tanah, "Stabilisasi Tanah", DPU, Jakarta 1970.
4. R.F.Craig, Budi Susilo S., "Mekanika Tanah", Erlangga, Jakarta 1987.
5. O.G.Ingles dan J.B.Metcalf, "Soil Stabilization : Principles and Practice", Butterworths, Sidney 1972.
6. Sulastri S., "Diskripsi dan Klassifikasi Tanah", Dirjend. Bina Marga, Dep.P.U, Bandung 1978.
7. Ir.Idrus MSc., "Stabilisasi pada tanah lempung Losari dengan Kapur dan Semen ", Tesis S-2, ITB, Bandung, 1991
8. Kezdi Arpad, "Stabilized Earth Roads", Elsevier Scientific Publishing Company, New York 1979.
9. Soedarsono, Djoko U., "Konstruksi Jalan Raya", D.P.U, Jakarta 1985.
10. Budianto H., "Diktat kuliah Jalan Raya IV", FT Sipil I.S.T.N , Jakarta 1986.
11. Institut Sains dan Teknologi Nasional, "Pedoman Praktikum Mekanika Tanah", FTSP, Jakarta 1985.
12. Lembaga Masalah Jalan, "Klassifikasi, Pemeriksaan dan Penggunaan Tanah, Dirjen.Bina Marga, Dep.P.U dan Tenaga Listrik.

- b. Pengujian-pengujian yang dilakukan untuk mencari kekuatan yang diinginkan dengan metode pemodelan kolom gypsm ini sebaiknya lebih diperbanyak lagi, misalnya dengan Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Strength) dan Triaxial, agar dapat dilihat perbandingan kekuatan tanah rata-rata yang lebih teliti atau akurat.
- c. Gypsum merupakan suatu alternatif bahan tambah yang layak digunakan apabila bahan tambah lainnya kurang cukup (kurang tersedia) didaerah yang akan distabilisasi tanahnya.

4. Kecepatan gypsum minimum 80% pada pengujian CBR (soaked dan unsoaked) bila dilihat terhadap syarat batas untuk fungsi tanah berdasarkan dari nilai CBR, maka dapat digolongkan kedalam "tanah dasar". Hal ini lebih memadai dibandingkan sebelumnya dimana tanahnya sangat lunak dan mengandung kadar air yang sangat besar. Terlebih-lebih dalam pengujian CBR ini dilakukan dengan tidak memakai pemadatan sebagaimana lazimnya pengujian tanah lainnya.
5. Dari pengujian - pengujian Direct Shear (Kuat Geser Langsung) didapat nilai-nilai yang juga bertambah atau menaik kekuatan tanahnya setelah distabilisasi dengan kolom gypsum. Baik terhadap kohesi yang timbul (tegangan geser) maupun gaya geser dalamnya. Hal ini disebabkan proses menggumpalnya butir tanah dengan gypsum sehingga menyebabkan butir tanah semakin besar yang berarti otomatis juga menyebabkan gaya geser dalam antar butirnya juga semakin besar atau tinggi.

5.2. SARAN - SARAN

Melihat dari pengamatan dan pengujian-pengujian yang dilakukan, disini diusulkan beberapa saran yang diharapkan berguna untuk selanjutnya.

- a. Luas pemodelan kolom yang dibuat ada baiknya lebih diperbesar lagi karena ini berpengaruh terhadap kecepatan meresapnya bahan tambah didalan tanah. Apalagi terhadap penerapan dilapangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengujian-pengujian dilaboratorium mengenai stabilisasi tanah lunak dengan kolom gypsum didapat beberapa kesimpulan.

1. Dengan cara pemodelan kolom, tujuan salah satu penelitian agar lebih ekonomis sudah mencapai sasaran (efisien) tapi kurang efektif karena membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menunggu meresapnya gypsum didalam tanah (waktu peram hingga 14 hari). Sementara tanah perlu secepatnya dimanfaatkan untuk keperluan proyek / konstruksi yang direncanakan setelah dilakukan stabilisasi tanah.
2. Pemberian kadar gypsum dengan kepadatan 100%, 90% dan 80% berdasarkan pemodelan kolom yang dibuat, dinilai kurang layak apabila dilihat dari perbandingan luas kolom dengan luas tabung kurang seimbang.
3. Dari grafik-grafik yang ditampilkan menunjukkan bahwa kekuatan tanah yang dicapai bertambah, mulai kepadatan gypsum 80% hingga 100%. berarti stabilisasi tanah lunak dengan gypsum dapat diterapkan dilapangan terutama dengan metode pemodelan kolom, hanya luas kolomnya ada baiknya lebih diperbesar lagi.