

**TUGAS AKHIR  
STUDI LABORATORIUM**

**STABILISASI TANAH LEMPUNG EXPANSIVE  
MENGUNAKAN PASIR SEBAGAI SUBGRADE UNTUK  
PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR  
PADA JALAN KLAS I**



Disusun Oleh :

**BAMBANG SURYONO**

No. Mhs. : 88 310 146  
NIRM : 885014330129

**KHOMARUZZAMAN**

No. Mhs. : 88 310 159  
NIRM : 885014330142

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**1997**

TUGAS AKHIR  
STUDI LABORATORIUM

STABILISASI TANAH LEMPUNG EXPANSIVE  
MENGUNAKAN PASIR SEBAGAI SUBRAGE UNTUK  
PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR  
PADA JALAN KLAS I

Dibujukan Guna Melengkapi Persyaratan Dalam Rangka  
Memperoleh Derajat Sarjana Pada Jurusan Teknik  
Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta

Disusun oleh :

*Bambang Suryono*

No. Mhs : 88 310 146

N I R M : 885014330129

*Khomaruzzaman*

No. Mhs : 88 310 159

N I R M : 885014330142

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1997

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR  
STUDI LABORATORIUM

STABILISASI TANAH LEMPUNG EXPANSIVE  
MENGGUNAKAN PASIR SEBAGAI SUBRAGE UNTUK  
PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR  
PADA JALAN KLAS I

Disusun oleh :

*Bambang Suryono*

No. Mhs : 88 310 116

N I R M : 885014330129

*Khomaruzzaman*

No. Mhs : 88 310 159

N I R M : 885014330112

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

TIM PEMBIMBING

*Ir. H. Rafya Umar, MSc*

Dosen Pembimbing I

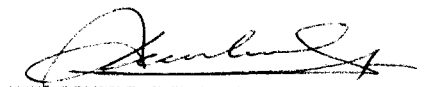
*Ir. Subarkah, MT*

Dosen Pembimbing II

TANDA TANGAN



Tanggal : 13-04-1998



Tanggal : 13-04-1998

## KATA PENGANTAR

Bismillaahirrohmaanirrohiim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini yang berjudul **Stabilisasi Tanah Lempung Expansive Menggunakan Pasir Sebagai Subgrade Untuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Pada Jalan Klas I.**

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana (Strata-1) pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan membimbing dalam penulisan Tugas Akhir ini, yaitu kepada :

1. Bapak Ir. H. Balya Umar, Msc., selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
2. Bapak Ir. Subarkah, MT., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. H. Susastrawan, MS., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
4. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

5. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS., selaku Kepala Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
6. Segenap staf Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
7. Segenap staf Perpustakaan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
8. Ayah dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan dorongan moril maupun material.
9. Pihak-pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Semoga amal baiknya mendapat imbalan setimpal dari Allah SWT..

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Februari 1998

Penyusun

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
INTISARI.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Kuat Geser Tanah.....	5
2.2. Jalan Klas I.....	9
BAB III. LANDASAN TEORI.....	10
3.1. Tanah.....	10
3.2. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO.....	12

3.3. Tanah Lempung.....	15
3.4. Pasir.....	15
3.5. Stabilisasi Tanah.....	16
3.5.1. Stabilisasi Mekanik .....	16
3.5.2. Stabilisasi Fisik .....	17
3.5.3. Stabilisasi Kimia.....	17
3.6. Jenis Pengujian.....	18
3.6.1. Pengujian Sifat-sifat Umum dan Sifat-sifat Indeks .....	19
3.6.2. Pengujian Pemadatan.....	20
3.6.3. Pengujian CBR .....	23
3.6.4. Pengujian Triaksial.....	24
BAB IV. HIPOTESIS.....	27
BAB V. CARA PENELITIAN .....	28
5.1. Umum.....	28
5.2. Sistematika Penelitian.....	28
5.3. Data yang Diperlukan.....	30
5.4. Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	30
5.4.1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah .....	30
5.4.2. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah.....	31
5.4.3. Pemeriksaan Batas Konsistensi Tanah.....	32
5.4.4. Indeks Plastisitas .....	34
5.4.5. Distribusi Ukuran Butiran.....	34
5.5. Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah.....	37
5.5.1. Uji Pemadatan (Proctor Test) .....	37

5.5.2. Uji CBR Laboratorium .....	39
5.5.3. Uji Triaksial.....	43
BAB VI. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	51
6.1. Hasil Penelitian.....	51
6.1.1. Analisis dan Pembahasan .....	62
6.1.2. Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan Lentur .....	65
BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN.....	93
7.1. Kesimpulan .....	93
7.2. Saran .....	94
PENUTUP.....	95
DAFTAR PUSTAKA .....	96
LAMPIRAN	



## DAFTAR TABEL

	hal
Tabel 3.1. Jenis tanah dan ukuran butirannya menurut AASHTO 1982	11
Tabel 3.2. Klasifikasi tanah sistem AASHTO 1982.....	14
Tabel 3.3. Ringkasan spesifikasi percobaan pemadatan standar .....	22
Tabel 6.1. Data sifat umum dan indek tanah lempung Kulon Progo dan pasir Krasak .....	52
Tabel 6.2. Hasil pengujian sifat-sifat indek tanah .....	52
Tabel 6.3. Pengklasifikasian tanah hasil pengujian menurut AASHTO	53
Tabel 6.4. Hasil penelitian pemadatan tanah (Proctor Test).....	53
Tabel 6.5. Hasil pengujian CBR.....	54
Tabel 6.6. Hasil Uji Triaksial .....	62
Tabel 6.7. Jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) dari arah Yogyakarta-Klaten dan Klaten-Yogyakarta tahun 1996.....	65
Tabel 6.8. Jumlah LHR menurut jenis berat kendaraan .....	70
Tabel 6.9. Tingkat Reliabilitas (R).....	79
Tabel 6.10. Simpangan Baku Keseluruhan ( $Z_r$ ).....	79
Tabel 6.11. Koefisien Drainasi .....	80
Tabel 6.12. Faktor Ekuivalen Kendaraan .....	81
Tabel 6.13. Perhitungan beban ulang 18-k ESAL kendaraan.....	82

Tabel 6.14.	$\Delta PSI_{swell}$ terhadap waktu.....	84
Tabel 6.15.	Nilai tegangan ( $\theta$ ) dari lapis pondasi atas.....	85
Tabel 6.16.	Nilai tegangan ( $\theta$ ) dari lapis pondasi bawah.....	85
Tabel 6.17.	Nilai $k_1$ dan $k_2$ untuk material pondasi atas dan bawah.....	86
Tabel 7.1.	Hasil perhitungan ketebalan perkerasan dengan berbagai metode.....	92

## DAFTAR GAMBAR

	hal
Gambar 2.1. Garis keruntuhan menurut Mohr-Coulomb.....	7
Gambar 3.1. Grafik hubungan berat volume kering dengan kadar air....	22
Gambar 3.2. Skema alat percobaan CBR di Laboratorium .....	24
Gambar 3.3. Presentasi data tegangan-tegangan triaksial dan lingkaran Mohr.....	26
Gambar 5.1. Sistematika Penelitian.....	29
Gambar 5.2. Garis selubung Lingkaran Mohr.....	49
Gambar 5.3. Modifikasi garis selubung.....	50
Gambar 6.1. Grafik hasil uji CBR tanpa direndam .....	55
Gambar 6.2. Grafik hasil uji CBR direndam 5 hari .....	55
Gambar 6.3. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah asli.....	56
Gambar 6.4. Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah asli.....	56
Gambar 6.5. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 0% .....	57
Gambar 6.6. Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 0%.....	57
Gambar 6.7. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 10% .....	58

Gambar 6.8.	Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 10% .....	58
Gambar 6.9.	Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 20% .....	59
Gambar 6.10.	Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 20% .....	59
Gambar 6.11.	Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 30% .....	60
Gambar 6.12.	Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 30% .....	60
Gambar 6.13.	Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 40% .....	61
Gambar 6.14.	Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 40% .....	61
Gambar 6.15.	Tebal lapis keras menurut metode CBR.....	68
Gambar 6.16.	Tebal lapis keras menurut Metode Bina Marga 1987 .....	76
Gambar 6.17.	Tebal lapis keras menurut metode AASHTO 1986 .....	86
Gambar 6.18.	Ketebalan masing-masing lapisan .....	89
Gambar 6.19.	Ketebalan masing-masing lapisan untuk trial pertama.....	90
Gambar 6.20.	Ketebalan masing-masing lapisan untuk trial kedua.....	91

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran -1 Pemeriksaan batas cair tanah
- Lampiran -2 Pemeriksaan berat jenis tanah
- Lampiran -3 Pemeriksaan kadar air
- Lampiran -4 Distribusi ukuran tanah
- Lampiran -5 Pemeriksaan pemadatan tanah
- Lampiran -6 Pemeriksaan CBR tanpa rendaman
- Lampiran -7 Pemeriksaan CBR rendaman 5 hari
- Lampiran -8 Pemeriksaan Triaksial
- Lampiran -9 Grafik Perencanaan Cara CBR
- Lampiran -10 Daftar II dan Daftar III
- Lampiran -11 Grafik penentuan nilai DDT
- Lampiran -12 Daftar IV dan Daftar V
- Lampiran -13 Daftar VI dan Daftar VII
- Lampiran -14 Grafik untuk menentukan nilai ITP
- Lampiran -15 Daftar VIII
- Lampiran -16 Grafik hubungan antara 18-k ESAL dan jumlah tahun
- Lampiran -17 Grafik penentuan nilai SN (Structure Number)
- Lampiran -18 Grafik hubungan antara penurunan pelayanan dan waktu untuk mengembang (jumlah tahun)

- Lampiran -19 Grafik potensi pengembangan vertikal
- Lampiran -20 Grafik untuk memperkirakan kehilangan “kemampuan daya guna” berkenaan dengan pengembangan tanah dasar (Subgrade)
- Lampiran -21 Grafik prakiraan koefisien relatif lapisan atas beton aspal ( $a_1$ ) berdasarkan modulus elastis

## INTISARI

Salah satu masalah pembangunan dan pemeliharaan jalan adalah apabila melewati suatu daerah berupa tanah lempung yang mengembang ("swelling clay soil"), yang dapat mengakibatkan kegagalan atau kerusakan pada pembuatan jalan. Persoalan ini yang mendorong penyusun untuk mengadakan penelitian yang tujuannya memperbaiki kondisi tanah (stabilisasi tanah) yang tadinya kurang baik menjadi layak dipakai sebagai Subgrade untuk perencanaan jalan raya.

Penelitian laboratorium dilakukan pada tanah asli "undisturb", tanah "disturb" dan tanah "remolded". Tanah asli dicampur dengan variasi pasir 10%, 20%, 30% dan 40%. Kondisi kadar air tanah campuran pada penelitian ini dibuat mendekati kondisi air tanah asli.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan tanah pada tanah lempung Kulon Progo akibat penambahan variasi pasir. Pada variasi 10%, kadar air untuk "Proctor Test" mengalami penurunan (pada tanah asli terganggu) dari 36,27% menjadi 35,92%, sedang berat volume kering meningkat dari 1,29 kg/cm<sup>3</sup> menjadi 1,379 kg/cm<sup>3</sup>. Untuk uji CBR, pada variasi 10% kekuatan tanah meningkat dari 5,60% menjadi 10,80%, hanya untuk CBR dengan rendaman terjadi penurunan. Pada uji triaksial nilai kohesi dan sudut gesek dalam mengalami peningkatan seiring dengan penambahan variasi pasir.

Pada perencanaan tebal perkerasan lentur pada jalan klas I dipakai 3 metode, yaitu metode CBR, Bina Marga 1987 dan metode AASHTO 1986, dengan tujuan sebagai pembanding sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat, berdasarkan data LHR dari arah Yogyakarta-Klaten dan Klaten-Yogyakarta tahun 1996.

# BAB I

## P E N D A H U L U A N

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pengertian plastisitas adalah sifat tanah dalam keadaan konsistensi, yaitu cair, plastis, semi padat, atau padat bergantung pada kadar airnya. Kebanyakan dari tanah lempung atau tanah berbutir halus yang ada di alam dalam kedudukan plastis. Secara umum semakin besar plastisitas tanah, yaitu semakin besar rentang kadar air daerah plastis maka tanah tersebut akan semakin jelek dalam hal kekuatan dan mempunyai kembang-susut yang makin besar.

Umumnya sebagian wilayah di dunia ini diliputi oleh tanah lempung dengan pengembangan yang cukup besar (plastisitas tinggi), yaitu akan berubah volumenya (mengembang) bila bertambah (berubah) kadar airnya. Volumennya akan membesar dalam kondisi basah dan akan menyusut bila dalam kondisi kering. Sifat inilah yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi-konstruksi bangunan, tidak terkecuali pada konstruksi perkerasan jalan raya.

Pada perencanaan perkerasan jalan raya, daerah yang dilewati tidak selalu dalam kondisi tanah dasar baik daya dukungnya, untuk itu sifat tanah lempung dan besarnya daya dukung tanah harus diketahui terlebih dahulu.



Pengukuran besarnya daya dukung tanah dapat dinyatakan dengan besarnya harga CBR (“California Bearing Ratio”).

Tanah dengan plastisitas tinggi dapat berakibat terjadinya kerusakan pada konstruksi, seperti: cepat rusaknya perkerasan jalan, retak pada bangunan, pecahnya pipa di dalam tanah, dan lain sebagainya. Tanah seperti ini harus diganti atau diperbaiki terlebih dahulu sifat-sifatnya sehingga memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Salah satu cara yang terbaik adalah mengganti tanah dasar tersebut dengan tanah yang cukup baik, tetapi hal ini biasanya membutuhkan biaya yang cukup besar. Para ahli geoteknik mencoba mengatasinya dengan cara merubah sifat-sifat fisiknya, untuk menekan biaya pada pembangunan jalan raya di atas tanah tersebut. Perbaikan sifat-sifat fisik dari tanah kurang baik menjadi tanah yang baik dibidang rekayasa teknik sipil disebut sebagai **stabilisasi tanah**.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan menambahkan suatu bahan tambah tertentu pada tanah yang tidak baik. Beberapa bahan campuran yang sudah digunakan secara luas meliputi kapur, semen portland dan aspal. Pada tugas akhir ini dicoba untuk menggunakan bahan pasir sebagai alternatif lain bahan pencampur guna menstabilkan tanah lempung “Expansive” dan meningkatkan mutu dari suatu perkerasan jalan.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi pencampuran kadar pasir pada tanah lempung “Expansive”.
2. Untuk melihat pada kondisi tertentu tanah lempung tersebut dapat memenuhi syarat untuk digunakan pada penentuan tebal lapis perkerasan lentur, dipandang dari sudut ilmu mekanika tanah.

## **1.3. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat yaitu untuk perbaikan kekuatan terhadap tanah lempung “Expansive” sebagai lapis tanah dasar untuk perencanaan perkerasan jalan.

## **1.4. Batasan Masalah**

Masalah yang akan dibahas yaitu penelitian laboratorium, untuk melihat kondisi tanah lempung “Expansive” bila dicampur pasir dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. sifat-sifat umum (kadar air dan berat jenis tanah),
2. sifat-sifat indeks tanah yaitu batas-batas konsistensi (batas cair dan batas plastis tanah) dan distribusi ukuran butiran tanah,
3. pemeriksaan pemadatan tanah (Proktor Test),
4. pemeriksaan CBR laboratorium, dan
5. pengujian Triaksial (Triaxial Test).

Data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian diaplikasikan ke dalam perencanaan tebal lapis perkerasan lentur pada jalan kelas I. Pada perencanaan tersebut digunakan tiga buah metode, yaitu metode CBR, metode Bina Marga 1987, dan metode AASHTO 1986.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kuat Geser Tanah

Stabilisasi tanah tidak hanya bertujuan menaikkan kekuatan tanah, tetapi juga termasuk mempertahankan kekuatan geser yang dimiliki oleh tanah tersebut. Kuat geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang diuji. Sifat ketahanan pergeseran tanah merupakan analisis awal dari stabilitas tanah seperti daya dukung, stabilitas lereng dan tekanan tanah ke samping (dinding penahan tanah). Apabila tanah mengalami pembebanan, maka akan ditahan oleh :

1. kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada bidang gesernya, dan
2. gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya.

#### **Kriteria Keruntuhan Menurut Mohr-Coulomb**

Mohr (1980) menyuguhkan sebuah teori tentang keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Jadi,

akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut (gambar 2.1(a)).

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (2.1)$$

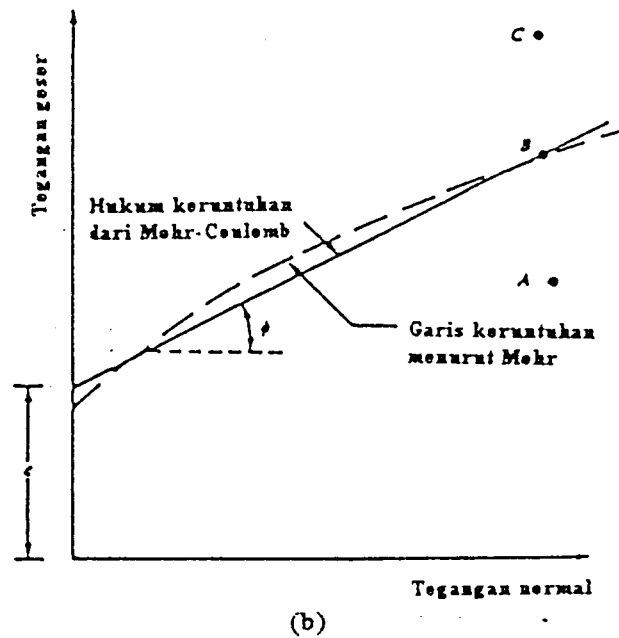
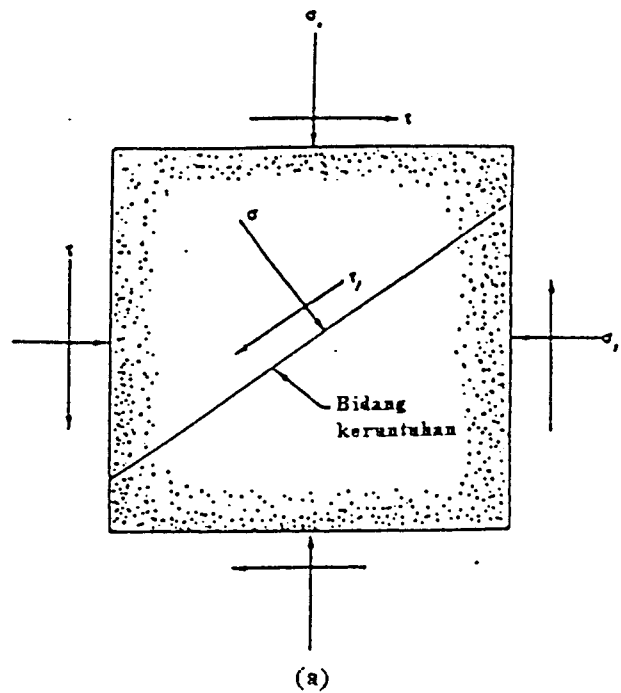
Garis keruntuhan (*failure envelope*) yang dinyatakan oleh persamaan (2.1) di atas sebenarnya berbentuk garis lengkung seperti pada gambar 2.1.(b). Untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan geser (Coulomb, 1776). Persamaan itu dapat kita tulis sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma_n \cdot \text{tg} \phi \quad (2.2)$$

dengan :  $\tau_f$  = kuat geser tanah       $\phi$  = sudut gesek dalam tanah

$c$  = kohesi tanah       $\sigma_n$  = tegangan normal pada bidang tanah

Hubungan di atas disebut juga sebagai **kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb** (Das, 1994). Bila tegangan normal dan geser pada sebuah bidang dalam suatu massa tanah sedemikian rupa sehingga tegangan-tegangan tersebut dapat digambarkan sebagai titik A dalam gambar 2.1(b), maka keruntuhan geser tidak akan terjadi pada bidang tersebut. Tetapi bila tegangan normal dan geser yang bekerja pada suatu bidang lain dapat digambarkan sebagai titik B (yang tepat berada pada garis keruntuhan), maka keruntuhan geser akan terjadi pada bidang tersebut. Suatu keadaan kombinasi tegangan yang berwujud titik C tidaklah mungkin terjadi karena bila titik tersebut tergambar di atas garis keruntuhan, keruntuhan geser pasti sudah terjadi sebelumnya.



Gambar 2.1. Garis keruntuhan menurut Mohr-Coulomb

Sumber : Hary CH, 1992

Percobaan kekuatan geser biasanya dilakukan dalam dua tingkat sebagai berikut (Wesley, 1977):

1. tingkat pertama, pemberian tegangan normal, dan
2. tingkat kedua, pemberian tegangan geser sampai terjadi keruntuhan (failure), yaitu sampai tercapai tegangan geser maksimum.

Percobaan kekuatan geser dapat dibagi dalam tiga macam (Wesley , 1977).

### **1. “Undrained Test” (Percobaan Tertutup)**

Percobaan ini air tidak diperbolehkan mengalir dari contoh sama sekali baik pada tingkat pertama maupun kedua. Tegangan air pori biasanya tidak diukur pada percobaan semacam ini. Dengan demikian hanya kekuatan geser “undrained” (undrained shear strength) yang dapat ditentukan dengan percobaan ini.

### **2. “Consolidated Undrained Test”**

Pada percobaan ini contoh diberikan tegangan normal dengan air diperbolehkan mengalir dari contoh. Tegangan normal ini bekerja sampai konsolidasi selesai, yaitu sampai tidak terjadi lagi perubahan pada isi contoh tanah. Kemudian jalan air dari contoh ditutup dan contoh diberi tegangan geser secara “undrained” yaitu secara tertutup. Tegangan normal masih tetap bekerja, biasanya tegangan pori diukur selama tegangan geser ini diberikan.

### **3. “Drained Test” (Percobaan Terbuka)**

Pada percobaan ini contoh tanah diberikan tegangan normal dan air diperbolehkan mengalir sampai konsolidasi selesai. Kemudian tegangan geser diberikan dengan jalan air tetap terbuka, yaitu penggeseran dilakukan secara “drained” (secara terbuka). Untuk menjaga supaya tegangan pori tetap nol, maka kecepatan percobaan harus perlahan-lahan.

Pada percobaan “consolidated undrained” dan “drained” kita mengetahui nilai tegangan air pori sehingga kita dapat menghitung tegangan-tegangan efektif. Dengan demikian nilai  $c$  dan  $\phi$  dapat ditentukan. Jadi kedua macam



percobaan ini dimaksudkan untuk menentukan nilai  $c$  dan  $\phi$ , sedang percobaan “undrained” adalah untuk mengukur kekuatan geser “undrained”.

Percobaan kuat geser tanah biasanya dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

1. percobaan geser langsung (“Direct Shear”)
2. percobaan Triaksial (“Triaxial Test”) dan,
3. percobaan tekan bebas (“Unconfined Compression Test”).

Untuk penelitian ini dipakai Percobaan Triaksial atau “Triaxial Test”.

## 2.2. Jalan Klas I

Jalan utama adalah jalan raya yang melayani lalu-lintas yang tinggi antara kota-kota yang penting atau antara pusat-pusat produksi dan pusat-pusat ekspor.

Jalan klas I mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan-jalan raya yang berjalur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik, dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas. Jalan klas I ini lalu lintas harian rata-ratanya (LHR) dalam SMP > 20.000 (DPU dan Tenaga Listrik, 1970).



## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Tanah

Tanah dalam pengertian teknik secara umum didefinisikan sebagai material yang terdiri atas butiran-butiran mineral padat alami yang dapat disertai dengan bahan-bahan organik yang telah lapuk yang pada umumnya juga mengandung bahan cair (biasanya air) dan gas (biasanya udara) yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah tersebar dalam kondisi yang sangat heterogen, baik mengenai sifat fisis ataupun sifat kimiawinya, sehingga tanah mempunyai parameter yang sangat kompleks.

Di dalam Mekanika Tanah, menurut ukuran butirnya tanah dibedakan menjadi 4 jenis yaitu kerikil, pasir, lanau dan lempung. Kerikil dan pasir sering disebut sebagai tanah berbutir kasar, sedangkan lanau dan lempung disebut tanah berbutir halus. Berdasarkan sifat lekatannya, tanah berbutir kasar sering disebut sebagai tanah non kohesif dan tanah berbutir halus disebut sebagai tanah kohesif. Sifat-sifat tanah berbutir kasar bergantung pada gradasi atau distribusi ukuran butirnya, sedang untuk sifat tanah berbutir halus bergantung pada batas-batas konsistensinya. Disamping keempat jenis tanah tersebut, masih ada satu jenis tanah lain yaitu tanah organik. Tanah organik adalah tanah yang mengandung banyak bahan-bahan

organik (berasal dari pelapukan tumbuh-tumbuhan, kerangka dan kulit organisme kecil), (Das, 1993). Tabel 3.1. menyajikan jenis tanah beserta ukuran parameter butirannya.

Tabel 3.1. Jenis tanah dan ukuran butirannya menurut AASHTO 1982

No	Jenis Tanah	Diameter Butiran (mm)
1.	Tanah berbutir kasar	
	a. kerikil	76,2 - 2
	b. pasir	2 - 0,075
2.	Tanah berbutir halus	
	a. lanau	0,075 - 0,002
	b. Lempung	< 0,002

Sumber : Das, 1993.

Suatu tanah pada umumnya berupa campuran antara tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Analisa gradasi tanah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara penyaringan untuk tanah berbutir kasar dan cara pengendapan untuk tanah berbutir halus. Hasil analisis saringan dan cara pengendapan disajikan berupa sebuah diagram yang disebut sebagai distribusi ukuran butir. Dari diagram ini dapat ditentukan persentase dari masing-masing fraksi lempung, lanau, pasir dan kerikil sesuai dengan diameter butirannya.

Pada tanah berbutir halus, maka sifat yang penting ditentukan oleh analisis batas-batas konsistensi atau batas-batas Atterberg. Pada analisis ini hanya ditentukan batas cair ("Liquid Limit"/ LL) dan batas plastis ("Plastic Limit"/ PL) saja. Indeks Plastisitas (IP) didapat dari selisih antara nilai batas cair dan batas plastis ( $IP = LL - PL$ ).

### 3.2. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Klasifikasi tanah sangat membantu perencana dalam memberikan pengarahannya melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang lalu. Pada klasifikasi tanah, setiap kelompok tanah diberi nama spesifik sesuai dengan jenis dan sifatnya.

Sifat indeks yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah yaitu gradasi tanah bagi tanah berbutir kasar, batas-batas konsistensi terutama batas cair (LL) dan indeks plastisitas (IP) bagi tanah berbutir halus.

Sistem klasifikasi tanah terbagi tiga macam (Djarmiko S, 1997) :

1. sistem klasifikasi berdasarkan persentase susunan butir tanah (“Textural Classification System”),
2. klasifikasi sistem satuan tanah (“Unified Soil Classification System”), dan
3. klasifikasi sistem AASHTO (“AASHTO Classification System”).

Pada penelitian ini dipakai klasifikasi tanah sistem AASTHO, karena sistem ini sering dipakai dalam perencanaan jalan raya. Sistem klasifikasi “Unified” dan AASHTO menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi butiran, batas cair dan indeks plastisitas.

Klasifikasi sistem AASHTO dikembangkan pada tahun 1929 oleh “Public Road Administration Classification System”. Setelah mengalami beberapa kali perubahan, sekarang telah digunakan dan dianjurkan oleh “Committee on Classification of Materials for Subgrade and granular type Roads of the Highway Research Board” pada tahun 1945 (ASTM

menggunakan metode D-3282 dan AASHTO dengan metode M-145), (Djarmiko S, 1997).

Klasifikasi sistem AASHTO membagi tanah menjadi 8 kelompok, A-1 sampai A-8, termasuk sub-sub kelompok. Tabulasi klasifikasi sistem AASHTO disajikan pada Tabel 3.2. berikut ini, (Hary C.H., 1992).

Tabel 3.2. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Klasifikasi Umum	Bahan-bahan berbutir ( $\leq 35\%$ lolos saringan No. 200)						Bahan-bahan lanau-lempung ( $\leq 35\%$ lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			
Analisis saringan (% lolos)										
No. 10 (2,00 mm)	maks.50	maks.50	maks.50	maks.35	maks.35	maks.35	maks.35	min.36	min.36	min.36
No. 40 (0,425 mm)	maks.30	maks.25	maks.10							
No. 200 (0,075 mm)	maks.15									
Sifat fraksi yang lolos saringan No. 40										
Batas cair (LL)				maks.40	min.41	maks.40	min.41	maks.40	min.41	maks.40
Indeks Plastisitas (IP)			NP	maks.10	maks.10	min.11	min.11	maks.10	min.11	min.11
Indeks kelompok	maks.6		0	0	0	maks.4	maks.4	maks.8	maks.12	maks.20
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		pasir halus							
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik			Kerikil dan pasir yang berlanau atau bertempung			Tanah berlanau		Tanah berlempung	
	Biasa sampai jelek									

\* Untuk A-7-5,  $IP \leq LL - 30$

\*\* Untuk A-7-6,  $IP > LL - 30$

Jenis A-8 yaitu gambut yang ditentukan dengan spesifikasi visual dan tidak diperhatikan dalam tabel.

Sumber : Mekanika Tanah I, Djatrniko Soedarmo, 1997.

### 3.3. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus yang menurut klasifikasi Sistem AASHTO adalah tanah yang lolos saringan no.200 lebih dari 35%. Sifat karakteristik ini terutama diidentifikasi berdasarkan batas-batas konsistensinya. Tanah lanau dan lempung dapat bersifat jelek apabila menurut klasifikasi sistem AASHTO termasuk kelompok A-5 sampai A-7, yaitu tanah yang mempunyai batas cair lebih dari 40% dan  $IP > 10\%$ . Kejelekan tersebut menyangkut sifat-sifat kembang susut yang besar, deformasi akibat pembebanan yang tinggi, daya dukung yang kecil, dan sulit penanganannya (sulit digali, ditimbun dan dipadatkan).

Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perilaku tanah berbutir halus. Oleh karena itu lempung dengan kandungan air tinggi akan lebih lemah kestabilannya sehingga mudah berubah bentuk dibanding dengan lempung yang mempunyai kandungan air rendah.

### 3.4. Pasir

Pasir merupakan bahan batuan berukuran kecil, menurut AASHTO ukuran butirnya antara 0,075 - 2 mm, butiran tanah yang lolos saringan No.10 dan tertahan saringan No.200 kurang dari 35%. Pasir dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan, atau berupa pasir pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu.



### 3.5. Stabilisasi Tanah

Tanah merupakan bahan bangunan pada berbagai pekerjaan teknik sipil, sehingga memerlukan suatu standar persyaratan tertentu. Ada 3 (tiga) kemungkinan kondisi tanah dijumpai di suatu lokasi, yaitu :

- a. kondisi tanah di lokasi cukup baik sehingga dapat dipakai langsung,
- b. kondisi tanah di lokasi bangunan kualitasnya jelek sehingga perlu diganti dengan tanah dari jenis lain yang lebih baik, dan
- c. kondisi tanah di lokasi bangunan kualitasnya jelek, namun tidak perlu diganti tetapi tanah tersebut diperbaiki sifat-sifatnya sehingga persyaratannya terpenuhi.

Usaha untuk memperbaiki atau merubah sifat-sifat yang disebut stabilisasi tanah dapat berupa penambahan atau penggantian material baru, pemadatan, penambahan bahan kimia, pemanasan, pendinginan, mengalirkan arus listrik dan lain-lain. Secara garis besar stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu: stabilisasi mekanik, stabilisasi fisik dan stabilisasi kimia (Ingels dan Metcalf, 1977).

#### 3.5.1. Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanik adalah suatu metoda untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan merubah struktur atau menambahkan jenis tanah lain yang tidak mempengaruhi sifat-sifat tanah itu sendiri. Cara ini dapat juga berupa pemadatan, penambahan atau penggantian dengan tanah lain, peledakan dengan alat peledak (Eksplosif) dan tekanan statis.

Alat-alat yang biasanya digunakan pada stabilisasi mekanik khususnya untuk pemadatan adalah alat tumbuk, mesin gilas drum halus, pelat getar, mesin gilas ban angin dan mesin kaki domba.

### 3.5.2. Stabilisasi Fisik

Stabilisasi fisik adalah perubahan sifat-sifat tanah dengan cara pemanasan (“heating”), pendinginan (“cooling”) dan menggunakan arus listrik (“electricity”). Salah satu jenis stabilisasi fisik yang sering dipakai adalah pemanasan.

### 3.5.3. Stabilisasi Kimia

Stabilisasi kimia adalah stabilisasi dengan cara penambahan bahan kimia padat atau cair pada tanah sehingga mengakibatkan perubahan sifat-sifat dari tanah tersebut, misalnya mencampur tanah lempung dengan kapur, semen dan lain-lain. Hal ini dapat terjadi karena partikel lempung memiliki muatan negatif pada tepi permukaannya dan muatan positif pada ujung-ujungnya yang menyebabkan partikel tanah lempung akan menyebar bila diberi air dan akan menggumpal bila air yang dikandungnya hilang atau berkurang. Menurut para ahli geoteknik, peristiwa menyebarnya tanah lempung tersebut dapat diatasi dengan cara menambahkan material yang mengandung unsur  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Al}^{++}$ ,  $\text{Fe}^{++}$ ,  $\text{Na}^{++}$  dan  $\text{K}^{++}$  yang dapat mengikat partikel-partikel lempung tersebut.

### 3.6. Jenis Pengujian

Perbaikan sifat-sifat fisis tanah yang semula tidak memenuhi syarat menjadi tanah yang layak dipakai sesuai dengan spesifikasi teknik sering disebut dengan stabilisasi tanah. Sampai saat ini dianggap belum ada metode stabilisasi yang cocok untuk semua jenis tanah karena adanya perbedaan antara sifat fisika dan kimia antara jenis tanah yang satu dengan jenis tanah yang lain.

Tanah yang akan distabilisasi memerlukan pengujian-pengujian yang akan dapat menentukan sesuai tidaknya jenis stabilisator tersebut, rasio stabilisator yang optimum dan efisien pada tanah yang bersangkutan. Jenis pengujian ini biasanya dilakukan di laboratorium, sedangkan untuk kasus-kasus tertentu pengujian dapat langsung dilakukan di lapangan.

Sesuai dengan tujuan pada penelitian ini, yaitu perbaikan bahan subgrade, pengujian akan dilakukan di laboratorium mekanika tanah dengan mengacu pada prosedur pengujian-pengujian standar, yang dari hasil penelitian ini akan dipakai untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi tanah lempung tersebut dan hasilnya akan dipakai sebagai dasar perencanaan perkerasannya.

Penelitian yang akan dilakukan adalah perbaikan tanah lempung sebagai bahan "Subgrade" dengan mencampur tanah pasir yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan memperbaiki kestabilan volume. Pengujian dilakukan di laboratorium dan meliputi jenis pengujian sebagai berikut ini.

- a. Pengujian sifat-sifat umum dan sifat indeks yang meliputi uji: kadar air, berat jenis, distribusi ukuran butir, batas cair, dan batas plastis.

- b. Pengujian pemadatan ("Proctor Test").
- c. Pengujian CBR ("California Bearing Ratio")
- d. Pengujian Triaksial ("Triaxial Test").

Pengujian pemadatan, CBR dan Triaksial berkaitan dengan penelitian mengenai kekuatan, sedang pengujian sifat-sifat umum dan indeks berkaitan secara langsung dengan kestabilan volume, sifat kemudahan pengolahan, dan klasifikasi tanah menurut AASHTO yang juga dapat menunjukkan sifat baik atau jeleknya tanah.

### **3.6.1. Pengujian Sifat-sifat Umum dan Sifat-sifat Indeks**

Pengujian sifat-sifat umum tanah adalah pengujian kadar air dan berat jenis. Kadar air tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air yang ada dalam tanah dengan berat kering tanah. Berat jenis tanah adalah nilai banding antara berat butir-butir dengan berat air dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, biasanya  $27,5^{\circ}\text{C}$ .

Pengujian sifat-sifat indeks tanah adalah batas-batas konsistensi dan distribusi ukuran butir tanah. Batas-batas konsistensi tanah adalah sifat-sifat indeks yang penting untuk tanah berbutir halus, sedangkan distribusi ukuran butir tanah adalah sifat penting pada tanah berbutir kasar. Batas-batas konsistensi meliputi batas cair, batas plastis, dan batas susut. Nilai batas cair dapat diperoleh dari pengujian kerucut jatuh (Fall Cone Test) atau dengan mangkuk Casagrande. Pada pengujian ini dipilih pengujian dengan cara kerucut jatuh.

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air yang membuat tanah berbentuk silinder dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

Batas-batas tersebut di atas disebut batas Atterberg, yang berguna untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi tanah. Batas-batas ini sering digunakan secara langsung, guna mengidentifikasi kualitas dan spesifikasi tanah yang digunakan sebagai bahan urugan tanah.

Selisih batas cair dan batas plastis disebut dengan indeks plastisitas. Indeks plastisitas adalah interval kadar air yang menyebabkan tanah dalam kondisi plastis, dan indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan suatu tanah. Selain batas-batas konsistensi, sifat indeks untuk mengklasifikasi tanah adalah distribusi ukuran butir. Distribusi ukuran butir berpengaruh terhadap sifat tanah berbutir.

### **3.6.2. Pengujian Pematatan**

Pengujian pematatan merupakan cara untuk meningkatkan berat volume kering dengan menggunakan cara mekanis. Pematatan tanah dapat berpengaruh terhadap kualitas tanah, yaitu :

- a. mempertinggi kuat geser tanah,
- b. mengurangi sifat mudah pampat (kompresibilitas),
- c. mengurangi permeabilitas, dan
- d. mengurangi perubahan volume sebagai akibat pengurangan kandungan air maksimum yang dapat mengisi pori-pori.

Cara mekanis yang dipergunakan untuk tanah ini bermacam-macam. Di lapangan biasanya dilakukan dengan cara menggilas, sedangkan di laboratorium dilakukan dengan cara memukul. Setiap daya pemadatan tertentu, kepadatan tanah yang dicapai tergantung pada banyaknya air di dalam tanah tersebut. Jika kadar airnya rendah maka tanah tersebut keras atau kaku dan sukar dipadatkan, sedangkan bila air ditambah maka air tersebut berlaku sebagai pelumas sehingga tanah tersebut akan lebih mudah dipadatkan atau ruang kosong antara butiran menjadi lebih kecil. Pada tanah yang kadar airnya lebih tinggi, maka kepadatannya akan turun, hal ini dikarenakan pori-pori tanah menjadi penuh berisi air yang tidak dapat dikeluarkan dengan jalan pemadatan.

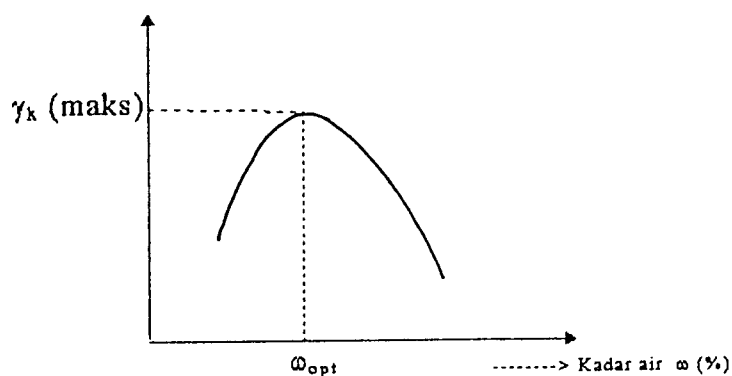
Kepadatan tanah biasanya diukur dengan menentukan berat isi kering. Lebih tinggi berat isi kering berarti lebih kecil angka pori dan lebih tinggi derajat kepadatannya. Ada 2 (dua) macam percobaan pemadatan di laboratorium yang biasa digunakan untuk menentukan kadar air optimum dan berat isi kering maksimum, yaitu percobaan pemadatan standar ("Standard Compaction Test") dan percobaan pemadatan modifikasi ("Modified Compaction Test"). Pada tugas akhir ini kami mengambil batasan pada percobaan pemadatan standar. Dalam percobaan pemadatan, suatu palu dijatuhkan dari tinggi tertentu beberapa kali untuk beberapa lapisan tanah di dalam suatu tabung silinder (mold) untuk menghasilkan suatu contoh dengan volume tertentu. Ukuran dan bentuk palu, jumlah jatuhan, jumlah lapisan dan volume mold telah dispesifikasikan dalam percobaan standar oleh ASTM dan AASHTO. Spesifikasi ini terlihat dalam tabel 3.3. berikut ini.

Tabel 3.3. Ringkasan spesifikasi percobaan pemadatan standar

Deskripsi	ASTM D-698		AASHTO T-99		
	Metoda A	Metoda B	Metoda C	Metoda D	
Tabung : Isi	ft <sup>3</sup> cm <sup>3</sup>	1/30 943,90	1/13,33 2124,30	1/30 943,90	1/13,33 2124,30
Tinggi	in mm	4,58 116,33	4,58 116,33	4,58 116,33	4,58 116,33
Diameter	in mm	4 101,60	6 152,40	4 101,60	6 152,40
Berat palu	lb kg	5,50 2,50	5,50 2,50	5,50 2,50	5,50 2,50
Tinggi Palu	in mm	12 304,80	12 304,80	12 304,80	12 304,80
Jumlah lapis tanah		3	3	3	3
Jumlah pukulan tiap lapis		25	25	25	25
Tanah yang dicoba lolos/lewat ayakan		No.4	No.4	3/4 in	3/4 in

Sumber : ASTM D-698 dan AASHTO T-99 dalam Djatmiko Seodarmo, 1997.

Pengujian pemadatan bertujuan untuk mencari hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah (berat volume kering) untuk tanah tertentu yang dipadatkan dengan tenaga pemadatan tertentu. Kemudian dari grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering ditentukan kepadatan maksimum dan kadar air optimum pada tenaga pemadat tertentu (lihat gambar 3.1)



Gambar 3.1. Grafik hubungan berat volume kering dengan kadar air

Hubungan antara berat volume kering ( $\gamma_k$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma_b$ ) dan kadar air ( $\omega$ ), dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_b}{(1+\omega)} \quad (3.1)$$

dengan :  $\gamma_k$  = berat volume kering (gram/cm<sup>3</sup>)

$\gamma_b$  = berat volume basah (gram/cm<sup>3</sup>)

$\omega$  = kadar air (%)

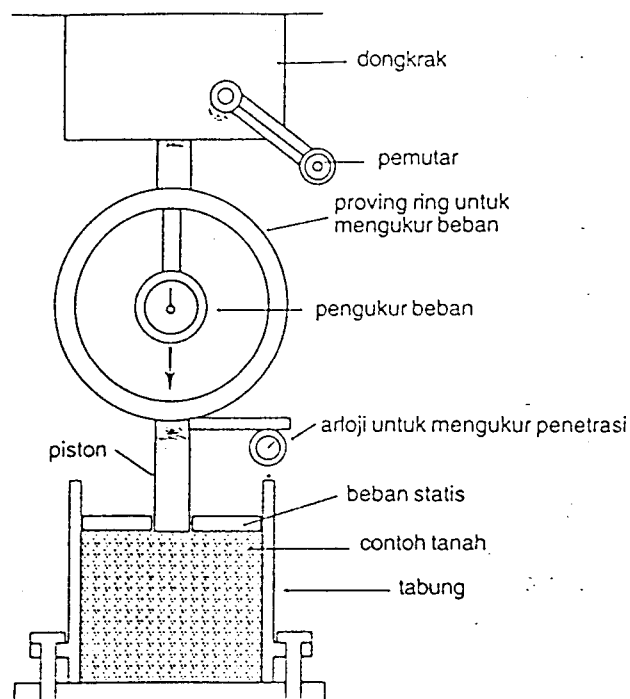
### 3.6.3. Pengujian CBR

Uji CBR dipakai untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang akan dipakai pada pembuatan perkerasan jalan raya. Nilai CBR selanjutnya dipakai untuk penentuan tebal perkerasannya.

Prinsip pengujian CBR adalah dengan menembus sampel tanah dengan kepadatan tertentu dalam suatu tabung menggunakan alat penekan standar. Alat penembus/penetrasi yang digunakan adalah sebuah piston bertampang bulat dengan luas 3 in<sup>2</sup>. Kecepatan penetrasi dilakukan secara konstan sebesar 0,05 in per menit. Pengukuran harga CBR diukur pada waktu piston masuk sedalam 2,50 mm dan 5,00 mm (0,1 inch dan 0,2 inch). Kemudian dibuat gambar grafik hubungan antara beban penetrasi dengan besarnya penetrasi, dimana besarnya penetrasi sebagai absis dan beban penetrasi sebagai ordinat. Grafik yang tadinya tidak lurus perlu dikoreksi dari titik awal.



Nilai CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban lalu lintas. Pengujian CBR pada penelitian ini menggunakan contoh tanah dalam kadar air optimum (OMC) yang diperoleh dari pengujian pematatan.



Gambar 3.2. Skema alat percobaan CBR di laboratorium  
Sumber : Djatmiko Seodarmo, 1997

#### 3.6.4. Uji Triaksial (Triaxial Test)

Pengujian Triaksial (Triaxial Test) merupakan salah satu cara untuk menentukan kuat geser tanah ( $\tau$ ). Pada pengujian ini, dapat digunakan benda uji dengan diameter kira-kira 3,81 cm dan tinggi 7,62 cm. Benda uji dimasukkan dalam selubung karet tipis dan diletakkan ke dalam tabung kaca yang telah diisi air atau gliserin, kemudian diberi tekanan sel ( $\sigma_3$ ) untuk

mendapatkan tekanan maksimum ( $\sigma_1$ ) pada saat runtuh. Percobaan dilakukan tiga kali dengan diberi tekanan sel yang berbeda sebesar 0,5 ; 1,0 dan 2,0 kg/cm<sup>2</sup>.

Penggambaran tegangan-regangan triaksial seperti pada gambar 3.3(a) dibuat dengan menghitung tegangan deviator sebagai berikut :

$$\Delta\sigma_1 = \frac{P}{A} \quad (3.2)$$

dengan : P = beban yang bekerja = kalibrasi x proving ring (kg),

A = luas penampang tanah =  $A_0/(1 - \epsilon)$  (cm<sup>2</sup>),

$A_0$  = luas penampang benda uji semula (cm<sup>2</sup>),

$\epsilon$  = regangan =  $\Delta L/L_0$  (%),

$\Delta L$  = perpendekan benda uji yang dibaca pada arloji ukur (mm),

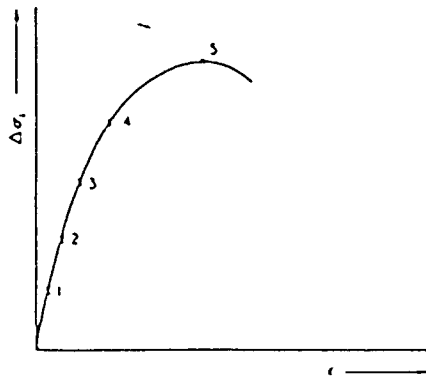
$L_0$  = panjang/tinggi benda uji semula (mm).

Gambar 3.3(b) memperlihatkan penggambaran  $\sigma_1$  versus  $\epsilon$ . Penggambaran ini tidak dipergunakan oleh karena tegangan  $\Delta\sigma_1 = \sigma_3$  pada  $\epsilon = 0$ . Untuk percobaan triaksial tegangan prinsipal utama dihitung sebagai :

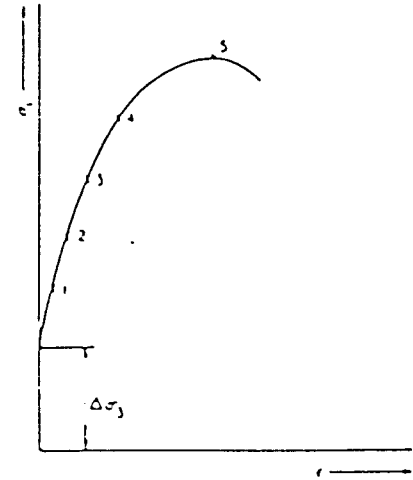
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_1 \quad (3.3)$$

dan nilai-nilai sesaat dapat diplot dengan lingkaran-lingkaran Mohr seperti diilustrasikan dalam gambar 3.3(c). Biasanya lingkaran maksimum atau lingkaran keruntuhan yang menghasilkan sebuah titik pada selubung keruntuhan Mohr merupakan satu-satunya data yang diinginkan untuk suatu tekanan terkekang tertentu. Hasil dari beberapa percobaan digambarkan,

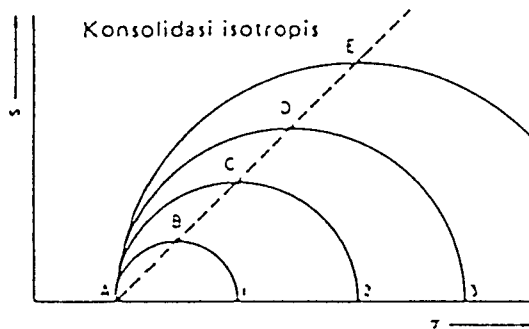
seperti terlihat dalam gambar 3.3(d), dan selubung keruntuhan yang paling sesuai akan digambarkan untuk memperoleh  $c$  dan  $\phi$ .



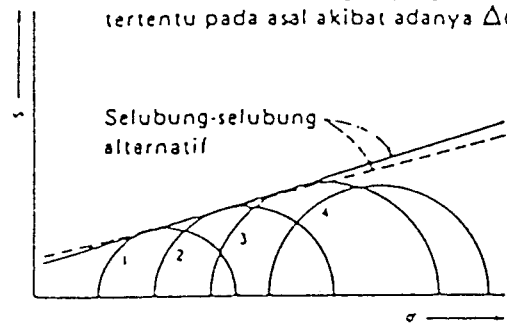
(a) Penggambaran tegangan-regangan dengan memakai tegangan deviator vs. regangan (penggambaran yang biasa dipakai).



(b) Penggambaran yang akan diperoleh apabila kita memakai  $\sigma_1$  vs.  $\epsilon$  yang memberikan kemiringan yang tak tertentu pada asal akibat adanya  $\Delta\sigma_3$ .



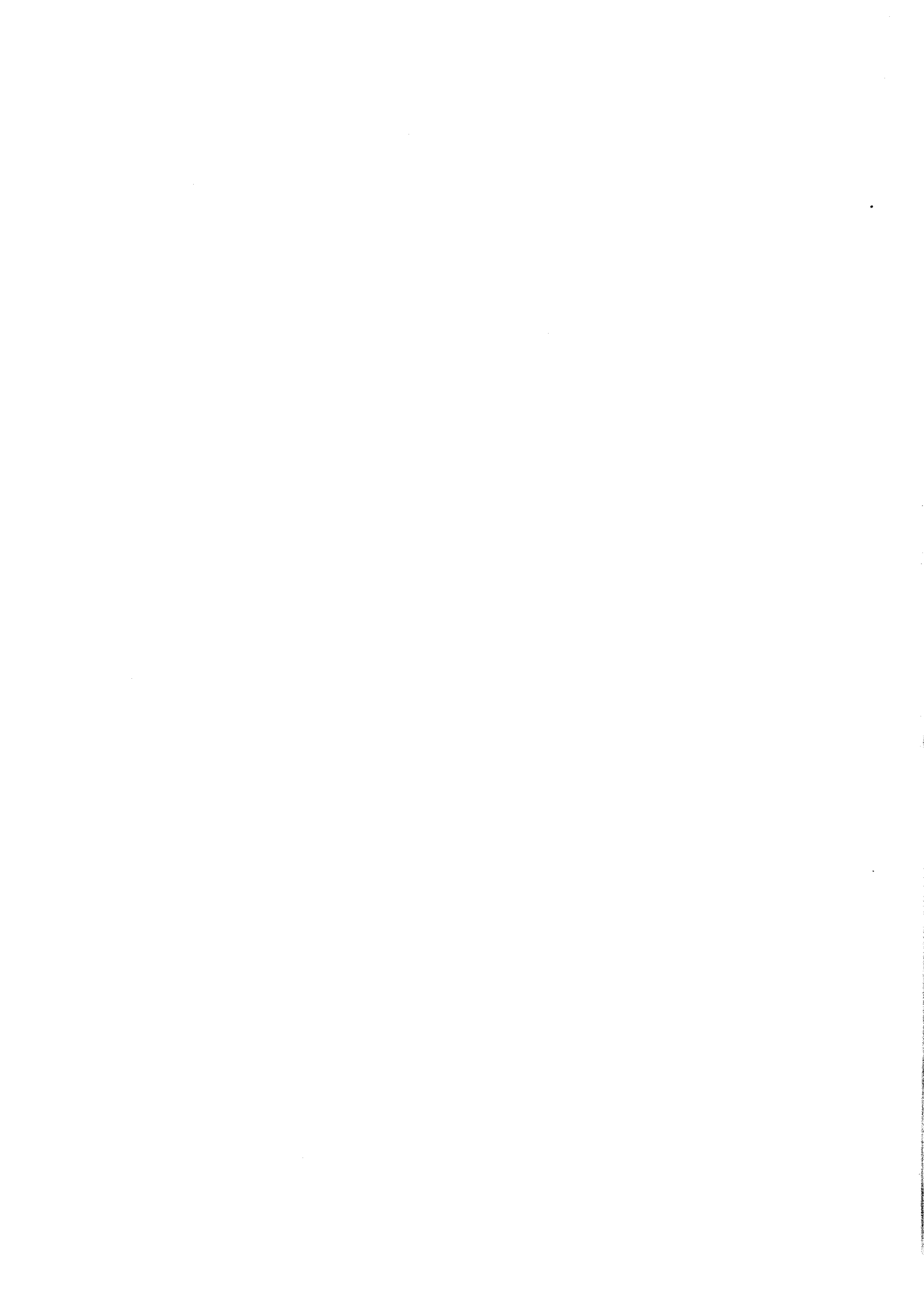
(c) Lingkaran Mohr untuk beberapa tahap percobaan triaksial seperti dalam (b) yang digambarkan untuk memperoleh "jalur tegangan" di sepanjang AB.



(d) Representasi Mohr dari empat percobaan triaksial untuk memberikan parameter-parameter kuat geser  $\phi$  dan  $c$ . Perhatikan bahwa jarang terdapat penggambaran data yang memberikan hasil berupa garis lurus tanpa adanya suatu interpretasi.

Gambar 3.3. Persentasi data tegangan-tegangan triaksial dan lingkaran Mohr

Sumber : Mekanika tanah I, Hary CH, 1992.



## BAB IV

### HIPOTESIS

Kualitas lempung hasil stabilisasi dengan pasir menjadi lebih baik, namun peningkatan tersebut tidak akan selalu seiring antara masing-masing unsur, yaitu kepadatan maksimum, nilai CBR dan nilai kuat geser tanah.



## BAB V

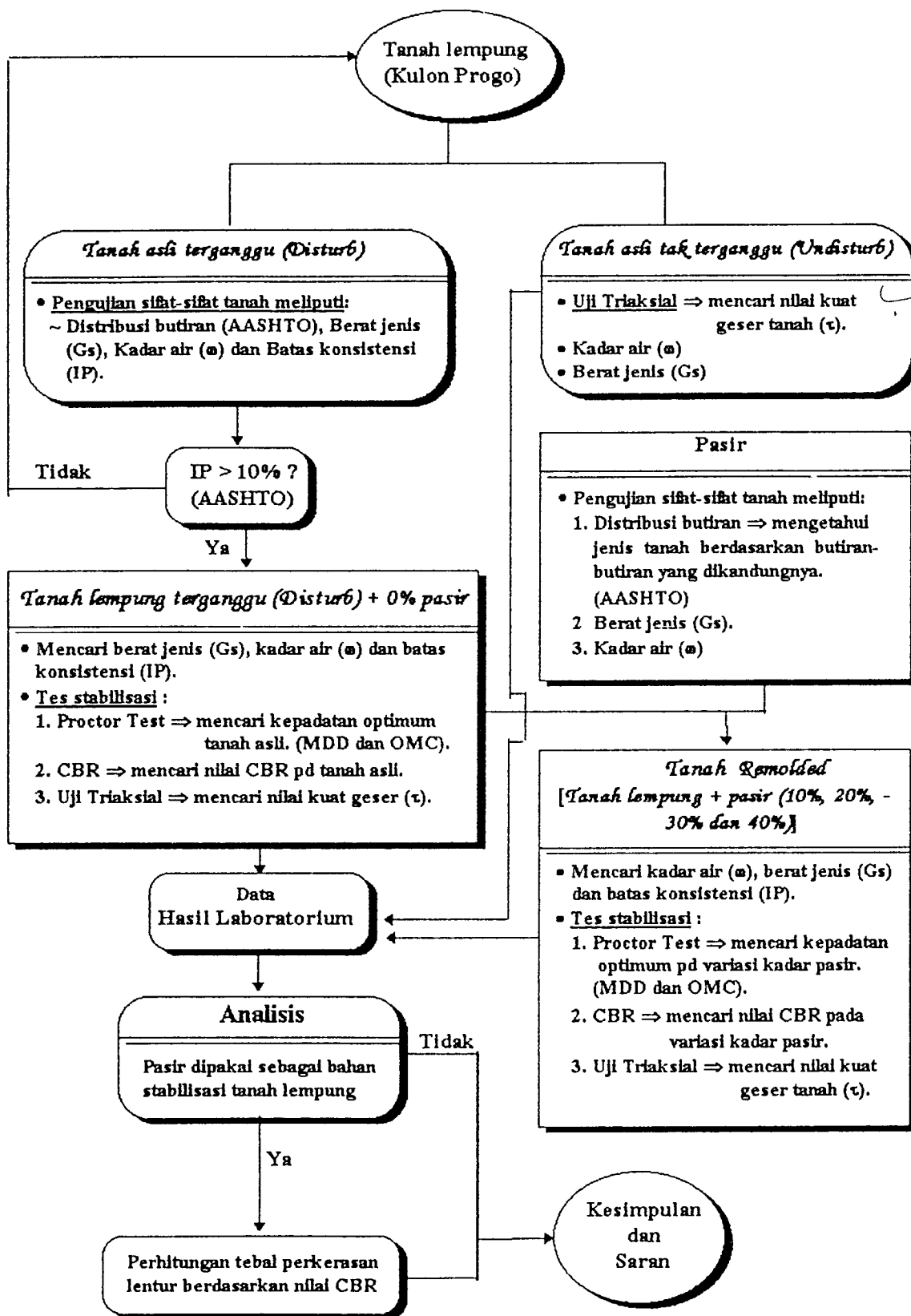
### CARA PENELITIAN

#### 5.1. Umum

Penelitian dilakukan pada tanah asli tak terganggu (Undisturb), tanah asli terganggu (Disturb) dan tanah "Remolded". Tanah tak terganggu adalah contoh tanah yang diambil di lapangan pada kedalaman 1 meter dari permukaan tanah dan diambil dengan menggunakan tabung (Mold). Tanah asli terganggu adalah contoh tanah diambil di lapangan tetapi tidak menggunakan tabung. Tanah Remolded adalah tanah asli yang dicampur dengan tanah pasir dengan persentase 10%, 20%, 30% dan 40%. Kondisi kadar air tanah campuran pada penelitian ini dibuat sedemikian rupa sehingga mendekati kondisi kadar air tanah asli.

#### 5.2. Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian disusun dengan teliti agar tidak terjadi kesimpangsiuran selama pekerjaan berlangsung. Dengan demikian kesalahan-kesalahan yang tidak perlu terjadi dapat dihindari. Agar lebih jelas, sistematika pelaksanaan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.1. yang menggambarkan proses penelitian mulai dari pengambilan tanah lempung sampai dengan melakukan analisis serta penyusunan kesimpulan dan saran.



Gambar 5.1. Sistematika Penelitian



### 5.3. Data yang Diperlukan

1. Kadar air ( $\omega$ ), dalam (%)
2. Berat jenis (Gs)
3. Batas cair (LL), dalam (%)
4. Batas plastis (PL), dalam (%)
5. Indeks Plastisitas (IP), dalam (%)
6. Tegangan geser ( $\tau$ ), dalam ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
7. Berat volume tanah kering ( $\sigma_k$ ), dalam ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )
8. Kadar air optimum ( $\omega_{opt}$ ), dalam (%)

### 5.4. Pengujian Sifat Fisik Tanah

#### 5.4.1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah

Langkah kerja pemeriksaan kadar air adalah sebagai berikut ini.

1. Cawan dibersihkan lalu ditimbang beserta tutupnya dan dicatat beratnya ( $w_1$ ) gram.
2. Contoh tanah yang akan diperiksa dimasukkan ke dalam cawan timbang, kemudian bersama tutupnya ditimbang ( $w_2$ ) gram.
3. Dalam keadaan terbuka (tanah tidak ditutup oleh tutup cawan) dimasukkan ke dalam oven, suhu oven konstan  $110^\circ \text{C}$  diatur selama 24 jam, cawan ditutup jangan sampai tertukar dengan cawan lain.
4. Setelah oven tanah didinginkan dalam desikator, kemudian bersama tutupnya ditimbang ( $w_3$ ) gram, lalu kadar airnya dihitung dengan rumus :

$$w = \frac{\text{berat air}}{\text{berat tanah kering}} \times 100\% = \frac{(w_2 - w_3)}{(w_3 - w_1)} \times 100\% \quad (5.1)$$

dengan :  $w$  = kadar air (%)

$w_1$  = berat cawan timbang (gram)

$w_2$  = berat tanah basah + cawan timbang (gram)

$w_3$  = berat tanah kering + cawan timbang (gram)

#### 5.4.2. Pemeriksaan Berat Jenis Tanah

Langkah kerja pemeriksaan berat jenis tanah adalah sebagai berikut :

1. Phicnometer dibersihkan bagian luar dan dalamnya kemudian ditimbang bersama tutupnya ( $w_1$ ).
2. Menyiapkan contoh tanah yang akan diperiksa, yaitu tanah yang sudah kering dari oven, ditumbuk dengan mortar kemudian disaring dengan ayakan no.10.
3. Sampel tanah pada butir (2) dimasukkan ke dalam phicnometer dan ditimbang beratnya, yaitu berat phicnometer + tanah ( $w_2$ ).
4. Air destilasi dimasukkan ke dalam phicnometer yang sudah diisi tanah kering sampai  $\pm 2/3$  penuh, kemudian direbus dengan hati-hati selama lebih  $\pm 10$  menit. Sekali-kali phicnometer dimiringkan untuk membantu keluarnya udara yang terperangkap diantara butir-butir tanah, kemudian didinginkan.
5. Air destilasi ditambah sampai penuh ke dalam phicnometer, kemudian ditutup. Bagian luar phicnometer dibersihkan dengan kain kering dan ditimbang ( $w_3$ ) dan suhu pada saat penimbangan diukur dengan thermometer ( $t^{\circ}\text{C}$ ).

6. Phicnometer segera dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi penuh air destilasi, ditutup, bagian luarnya dibersihkan sampai kering dan ditimbang ( $w_4$ ).

Rumus yang dipakai :

$$G_s = \frac{\text{berat butir}}{\text{berat air pada vol. yg sama}} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (5.2)$$

dengan :  $G_s$  = berat jenis tanah

$w_1$  = berat picnometer (gram)

$w_2$  = berat picnometer + tanah (gram)

$w_3$  = berat picnometer + tanah + air (gram)

$w_4$  = berat picnometer + air (gram)

#### 5.4.3. Pemeriksaan Batas Konsistensi (Atterberg Limit)

##### 1. Batas Cair Tanah

Cara yang dipakai untuk menentukan batas cair tanah pada penelitian ini yaitu menggunakan kerucut jatuh dengan alat "Cone Penetrometer".

Langkah kerja pemeriksaan batas cair tanah seperti berikut ini.

1. Contoh tanah yang lolos saringan no.40 dimasukkan ke dalam cawan porselin dan dicampur dengan air destilasi, kemudian diaduk dengan spatel sampai homogen.
2. Tanah yang sudah homogen dimasukkan ke dalam cawan logam menggunakan spatel sambil dipukul-pukul ke lantai agar pengisian tanah merata. Setelah rata, cawan diletakkan di atas alat cone penetrometer, kemudian jarum pada cone penetrometer dijatuhkan ke dalam cawan dan diukur masuknya jarum ke dalam cawan tersebut.

3. Pengujian tadi dilakukan sebanyak 6 kali dengan penambahan air destilasi lebih banyak dari pengujian sebelumnya, masing-masing percobaan dicari kadar airnya.

Setiap data hubungan antara kadar air setelah 5 detik dan penetrasi kerucut pada alat cone penetrometer masuk sedalam 20 mm merupakan satu titik dalam grafik, dengan penetrasi sebagai absis (dalam skala log) dan kadar air sebagai ordinat (dalam persen dengan skala biasa). Garis lurus hubungan ditarik dari titik-titik yang diperoleh. Batas cair tanah adalah kadar air yang diperoleh pada perpotongan garis penghubung tersebut dengan garis vertikal pada penetrasi keempat.

## **2. Batas Plastis Tanah**

Langkah kerja pemeriksaan batas plastis tanah seperti berikut ini.

1. Sampel tanah diambil kira-kira 100 gram yang lolos saringan no.40 lalu dimasukkan ke dalam cawan porselin dan campur dengan air sedikit demi sedikit diaduk dengan spatula hingga homogen. Campuran ini harus berada dalam keadaan plastis, dengan ciri sebagai berikut :
  - a. tanah tersebut mudah dibentuk,
  - b. tanah tersebut tidak mengotori tangan bila dipegang,
  - c. tanah tersebut tidak lengket dengan kaca, dan
  - d. apabila digiling hingga 3 mm tanah tersebut mulai kelihatan retak-retak.

2. Tanah plastis tersebut digiling hingga mencapai 3 mm dan kelihatan mulai retak.
3. Gilingan tanah tersebut dimasukkan ke dalam cawan timbang sebanyak 8 buah, dua kaleng kemudian dicari kadar airnya.

#### **5.4.4. Indeks Plastisitas (IP)**

Penentuan indeks plastisitas tanah didapat berdasarkan hasil dari pengujian batas cair dan batas plastis. Nilai indeks plastisitas adalah nilai batas cair dikurangi nilai batas plastis.

#### **5.4.5. Distribusi Ukuran Butiran**

Distribusi ukuran butiran adalah suatu cara menentukan prosentase ukuran butir-butir tanah, yang selanjutnya akan dipergunakan untuk menentukan gradasi tanah dan klasifikasi tanah. Ada dua macam cara yang umum dipergunakan dalam penentuan butir tanah yaitu dengan menggunakan analisa hidrometer dan analisa saringan.

##### **1. Analisa Hidrometer**

Langkah kerja analisa hidrometer adalah seperti berikut ini.

##### **a. Membuat larutan standar**

1. Reagen (water glass) diambil sebanyak 2 gram, kemudian dilarutkan dalam 300cc air destilasi hingga larut pada gelas ukur (A).
2. Larutan standar ini dibagi menjadi dua bagian, yang satu bagian dimasukkan dalam tabung kapasitas 1000 cc tabung (B), sedangkan yang sebagian lagi tetap berada dalam gelas A (gelas ukur semula).

b. Membuat suspensi (campuran sampel tanah dengan larutan standar)

1. Sampel tanah diambil sebanyak  $\pm 50$  gram kering, kemudian dimasukkan dalam gelas ukur (A) rendam sampai  $\pm 30$  menit, lalu dihancurkan dengan mixer selama 10 menit.
2. Suspensi dimasukkan ke dalam gelas pengendapan (tabung C).

c. Pembacaan hidrometer

1. Pembacaan dilakukan pada setiap interval waktu 2, 5, 30, 60, 250 dan 1440 menit, dari  $T_0$ .
2. Pembacaan hidrometer dilaksanakan setelah suspensi dikocok sebanyak 60 kali, jam pada waktu meletakkan suspensi tersebut dianggap sebagai  $T_0$ .
3. Cara melakukan pembacaan adalah sebagai berikut :
  - a. kira-kira 20 atau 25 detik sebelum pembacaan, hidrometer dari tabung gelas ketiga diambil, lalu dicelupkan secara hati-hati dan pelan-pelan sampai mencapai kedalaman taksiran yang akan terbaca, kemudian hidrometer tersebut dilepaskan (jangan sampai timbul guncangan). Pada saatnya skala yang ditunjuk oleh puncak miniskus muka air dibaca =  $R_1$  (pembacaan belum dikoreksi).
  - b. Setelah dibaca, secara pelan-pelan dipindahkan ke dalam silinder kedua. Dalam air tabung gelas kedua ini skala hidrometer dibaca =  $R_2$  (koreksi pembacaan).

- c. Setelah pembacaan hidrometer selesai, dilakukan pengamatan suhu suspensi dengan termometer.
4. Setelah pembacaan terakhir, larutan dituangkan di atas ayakan no.200, kemudian sampel tanah yang tertahan di atas ayakan ini dicuci dengan menggunakan kuas sampai air yang keluar dari ayakan benar-benar bersih. Hasil pencucian ini digunakan sebagai sampel pada analisa saringan.

### Hitungan

1. Hitungan ukuran butir-butir kasar terbesar  $D$  (mm), yang ada dalam suspensi pada kedalaman efektif  $L$  (cm). Untuk setiap saat pembacaan  $T$  (menit) dengan rumus:

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (5.3)$$

dengan :  $D$  = diameter butiran (mm)

$K$  = konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh temperatur suspensi dan berat jenis butir.

$L$  = kedalaman efektif hidrometer (cm)

$T$  = saat pembacaan (menit)

2. Hitungan prosentase berat ( $P$ ) dari butir yang lebih kecil daripada ( $D$ ) terhadap berat kering seluruh tanah yang diperiksa dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{R \times a}{W} \times 100 \quad (5.4)$$

dengan : P = prosentase berat butir yang lebih kecil (%)

R = pembacaan hidrometer terkoreksi

W = berat kering tanah (gram)

a = angka koreksi

## 2. Analisa Saringan

Langkah kerja analisa saringan seperti berikut ini.

1. Dari percobaan dengan Analisa Hidrometer kita sudah mendapatkan butiran tanah yang tertinggal pada saringan no.200 yang sudah dikeringkan.
2. Sisa butir tanah tersebut ditimbang =  $W_s$ , kemudian dilakukan penyaringan dengan menggunakan saringan dengan urutan dari atas, no.10, 20, 40, 60, 140, 200 dan bawah sendiri pan.
3. Butir-butir tanah yang tertahan pada tiap saringan ditimbang, lalu dicatat dan dimasukkan dalam tabel hitungan.

## 5.5. Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah

### 5.5.1. Uji Pemadatan (Percobaan Proctor)

Langkah kerja uji pemadatan seperti berikut ini.

#### a. Persiapan Benda Uji

1. Tanah yang sudah kering disiapkan, kemudian gumpalan-gumpalannya dihancurkan dengan palu karet atau kayu di atas loyang.



2. Tanah yang sudah hancur diayak dengan saringan no.4.
3. Sampel tanah sebanyak 6 buah dipisahkan masing-masing seberat 2 kg dan 2 buah sampel masing-masing seberat 2,5 kg , lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik.
4. Tanah bagian pertama dalam loyang kemudian dicampur dengan air sebanyak 5% (100 cc), kemudian diaduk sampai merata dan dimasukkan dalam plastik lalu diikat. Untuk selanjutnya tanah bagian kedua ditambah dengan 10% (200 cc), bagian ketiga 15% (300 cc), bagian keempat 20% (400 cc), bagian kelima 25% (500 cc) dan bagian keenam 30% (550 cc).
5. Sampel tanah tersebut disimpan selama kurang lebih 24 jam, agar didapat kadar air yang benar-benar merata.

b. Jalannya Percobaan

1. Mold standar ditimbang dengan timbangan ketelitian 1 gram dan diberi tanda agar tidak tertukar.
2. Collar dipasang, mur dikencangkan penjepitnya dan ditempatkan pada tumpuan yang kokoh.
3. Salah satu sampel tanah diambil dari dalam kantong plastik yang sudah dipersiapkan, kemudian dimasukkan ke dalam mold sampai setengah tinggi lalu ditumbuk dengan palu standar (5,5 lb) sebanyak 25x pukulan secara merata, sehingga setelah memadat tanah tersebut mengisi 1/3 tinggi mold.

4. Hal yang sama dilakukan untuk lapisan kedua dan ketiga sehingga lapisan yang terakhir mengisi sebagian collar.
5. Collar dilepaskan dan diratakan kelebihan tanah dengan menggunakan pisau perata.
6. Mold dan tanah ditimbang dan dicatat beratnya.
7. Contoh tanah dikeluarkan dengan menggunakan extruder lalu sebagian tanah pada bagian atas, tengah dan bawah untuk dicari kadar airnya.
8. Prosedur 3 sampai 7 diulangi untuk sampel tanah yang lain, kemudian data-data tersebut dimasukkan ke dalam formulir (tabel) sehingga didapatkan 6 buah data pemadatan.

c. Hitungan

- Menggunakan tabel pada pelaksanaan percobaan.
- Membuat grafik hubungan antara  $\gamma_d$  dengan  $w$ , dan  $e$  dengan  $w$ .
- Membuat grafik ZAV sebagai kontrol.

### 5.5.2. Uji CBR Laboratorium

Alat-alat yang digunakan.

1. Mesin penetrasi minimal berkapasitas 4,45 ton (10.000 lb) dengan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm (0,05") per menit.
2. Cetakan logam berbentuk silinder dengan diameter dalam  $152,4 \pm 0,6609$  mm ( $6'' \pm 0,0026''$ ) dengan tinggi  $177,8 \pm 0,13$  mm ( $7'' \pm 0,005''$ ). Cetakan harus dilengkapi dengan leher sambung dengan

- tinggi 50,8 (2,0") dan keping alas logam yang berlubang-lubang dengan tebal 9,53 mm (3/8") dan diameter lubang tidak boleh lebih dari 1,59 mm (1/16").
3. Piringan pemisah dari logam ("spencer disk") dengan diameter 150,8 mm (515/16") dengan tebal 61,4 mm (2,416").
  4. Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksaan pemadatan.
  5. Alat pengukur pengembangan ("swell") yang terdiri dari keping pengembangan yang berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripot logam dan arloji penunjuk.
  6. Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 pound) dengan diameter 194,2 mm (21/8").
  7. Torak penetrasi logam berdiameter 49,5 mm (1,95") luas 1935 mm<sup>2</sup> (3 in<sup>2</sup>) dan panjangnya tidak kurang dari 101,6 mm (4").
  8. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan 0,01 gram.
  9. Peralatan bantu lain (talam, alat perata, bak perendam, dll).

Langkah kerja uji CBR seperti berikut ini.

a. Persiapan benda uji

1. Contoh tanah kering udara seperti yang digunakan pada percobaan pemadatan dengan proctor diambil sebanyak 5 kg.
2. Tanah tersebut dicampur dengan air sampai kadar air optimum. Untuk mencapai kadar air optimum diperlukan penambahan air dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penambahan air} = 5000 \left\{ \frac{100 + B}{100 + A} - 1 \right\} \quad (5.5)$$

dengan :    A = kadar air mula-mula (%)

5000 = jumlah contoh (gram)

B = kadar air optimum (%)

3. Setelah diaduk hingga rata, contoh tanah tadi dimasukkan dalam kantong plastik, diikat kemudian diamkan selama 24 jam.
4. Cetakan (mold) ditimbang lalu catat beratnya. Cetakan dipasang pada keping alas dan dimasukkan ke dalam "spencer disk", kemudian kertas filter dipasang di atasnya.
5. Contoh tanah yang sudah dicampur air dipadatkan pada keadaan optimum ke dalam cetakan, kemudian dilaksanakan pemadatan sesuai dengan percobaan pemadatan.
6. Leher sambungan (collar) dibuka dan tanah diratakan dengan pisau. Lubang-lubang yang mungkin terjadi karena lepasnya butir-butir kasar ditambal dengan bahan yang lebih halus. Benda uji beserta cetakannya ditimbang kemudian catat beratnya.
7. Untuk pemeriksaan CBR yang direndam (Soaked CBR) harus dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :
  - a. keping pengembangan di atas benda uji dipasang dan kemudian dipasang pula keping pemberat yang dikehendaki (4,5 kg atau 10 lbs) atau sesuai keadaan beban perkerasan. Cetakan beserta beban direndam di dalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun bawah. Tripod dipasang beserta arloji penunjuk pengembangan. Pembacaan pertama dicatat dan benda uji

dibiarkan selama 96 jam. Pada akhir perendaman dicatat pembacaan arloji pengembangan.

- b. Cetakan dikeluarkan dari bak air dan dimiringkan selama 15 menit supaya air permukaan mengalir habis. Selama mengeluarkan air permukaan benda uji supaya dijaga agar tidak terganggu.
- c. Beban dari keping alas diambil kemudian benda uji ditimbang. Benda uji CBR yang direndam telah siap untuk diperiksa.

b. Jalannya percobaan

1. Benda uji beserta keping alas diletakkan di atas mesin penetrasi. Keping pemberat diletakkan di atas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg.
2. Torak penetrasi dipasang dan diatur pada permukaan benda uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permulaan sebesar 4,5 kg. Pembebanan permulaan ini diperlukan untuk menjamin bidang sentuh yang sempurna antara permukaan benda uji dengan torak penetrasi.
3. Pembebanan diberikan secara teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit (0,05"/menit). Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025" (0,64 mm).
4. Benda uji dikeluarkan dari cetakan dan kadar airnya dihitung.

### c. Hitungan

1. Pengembangan (swell) ialah perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi mula-mula, dinyatakan dalam (%).
2. Pembebanan dalam (lbs) dihitung dan digambar grafik beban terhadap penetrasi. Pada beberapa keadaan permulaan kurva beban cekung akibat kurang ratanya pepadatan atau sebab-sebab lain. Dalam keadaan ini titik nolnya harus dikoreksi.
3. Dengan menggunakan beban yang sudah dikoreksi pada 2,54 mm (0,1") dan 5,08 mm (0,2"), harga CBR dihitung dengan cara membagi beban standar masing-masing 70,31 kg (1000 psi) dan 105,47 kg (1500 psi), dan dikalikan dengan 100%. Umumnya nilai CBR diambil pada penetrasi 0,1".

### 5.5.3. Uji Triaksial

Alat-alat yang digunakan adalah :

1. sel triaksial dengan dinding transparan dan perlengkapannya,
2. alat untuk memberikan tekanan yang konstan pada cairan dalam sel dengan ketelitian 0,1 atau 0,05 kg/cm<sup>2</sup>,
3. alat kompresi untuk menekan benda uji secara aksial, dengan kecepatan yang dapat diatur antara 0,05 - 7,7 mm/menit,
4. arloji ukur untuk mengukur pemendekan aksial benda uji,
5. membran karet yang sesuai dengan ukuran benda uji, alat peregang membran dan gelang karet pengikat,

6. Cctakan tanah, gergaji, alat bubut tanah dan sebagainya, dan
7. alat-alat pemeriksaan kadar air tanah.

Langkah kerja uji triaksial seperti berikut ini.

a. Benda uji

1. Benda uji yang perlu disediakan sekurang-kurangnya 3 buah.
2. Benda uji berupa silinder tanah dengan perbandingan antara tinggi dan diameter antara 2:1 dan 3:1.
3. Diameter minimum benda uji adalah 3,73 cm.

b. Persiapan benda Uji

1. Bila contoh tanah yang diperiksa adalah contoh asli dari tabung contoh (Undisturb) yang diameternya sudah sesuai dengan benda uji yang diinginkan, maka contoh tanah dari tabung dikeluarkan, didorong dengan alat pengeluar contoh masuk tabung cetak belah. Benda uji dipotong rata bagian atas dan bawahnya. Bila perlu permukaan yang tidak rata dapat ditambal, kemudian dari tabung cetak dikeluarkan.
2. Bila contoh tanah asli ukurannya lebih besar dari benda uji yang diinginkan, contoh tanah dibentuk/dipotong dengan pisau atau gergaji kawat, atau dibubut sehingga didapat ukuran yang diinginkan.
3. Bila contoh tanah berupa tanah padat buatan, maka dapat berupa :
  - a. contoh tanah yang rusak (gagal dalam persiapan/pelaksanaan percobaan) dapat dibentuk kembali dengan tanah dimasukkan

dalam kantong plastik/karet, diremas dengan jari sampai rata seluruhnya. Bertambahnya udara dalam pori tanah dihindari, kemudian dibentuk kembali dan dipadatkan dalam cetakan sehingga kepadatannya sama dengan aslinya.

- b. Contoh tanah padat buatan dapat diperoleh dengan memadatkan contoh tanah dengan kadar air dan kepadatan sesuai dengan yang diinginkan. Pemadatan dapat dilaksanakan dengan menumbuk tanah pada silinder pemadatan, kemudian didorong keluar dengan alat pengeluar contoh masukkan tabung contoh atau dapat pula dengan dipotong dan dibubut.

4. Diukur dengan teliti dan dicatat ukuran diameter dan tinggi dari benda uji. Juga benda uji ditimbang untuk menghitung berat volume benda uji.

c. Pemasangan benda uji

1. a. Benda uji ditaruh di atas tutup bawah benda uji (specimen cap), kemudian tutup atas diletakkan di atas benda uji.  
b. Peregang membran digunakan (divakum), membran diselubungkan pada benda uji dan membran diikat pada tutup atas maupun bawah dengan gelang karet pengikat.  
Untuk menjamin rapat air dapat dioleskan pelumas pekat (silicon grease) pada tepi tutup benda uji.
2. Benda uji yang sudah dibungkus membran pada tumpuan pada dasar sel triaksial dipasang dan diatur agar kedudukannya benar-





benar sentris. Dinding sel triaksial dipasang dan ditutup atasnya, dengan mula-mula piston beban dibuat bebas terhadap benda uji.

3. a. Sel triaksial diisi dengan air dan diberikan tekanan air ini (tekanan sel) sampai harga yang diinginkan.
- b. Pemutar tangan diatur agar piston beban hampir (belum) menempel benda uji. Arloji ukur cincin beban dibaca dan dicatat, yang akan mengukur gaya akibat tekanan ke atas oleh air sel dalam piston, berat piston dan gesekan, yang dipakai sebagai koreksi pada pembacaan beban selanjutnya.
- c. Diatur lagi sehingga piston beban mulai menempel benda uji.
- d. Arloji cincin beban diatur, sehingga dengan diperhitungkan koreksi tersebut tadi arloji membaca nol.
- e. Arloji regangan/pemendekan benda uji diatur pada pembacaan nol.

d. Pembebanan

1. Mesin beban dijalankan dengan kecepatan 0,5 - 2 persen/menit. Pembacaan arloji ukur cincin beban dan arloji ukur pemendekan benda uji dibaca dan dicatat. Pembacaan arloji ukur pemendekan dilakukan dengan interval 20 sampai hitungan ke 56 (jika tanah belum pecah).
2. Setelah selesai pembacaan, mesin beban dihentikan, air dikeluarkan dalam sel, kemudian sel dibuka dan benda uji dikeluarkan.

3. Dengan cara yang sama dikerjakan benda uji kedua dan ketiga dengan tekanan sel yang berbeda besarnya.

e. Hitungan :

1. Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :

$$A_0 = 1/4 \times \pi \times d^2 \times L_0 \dots \dots \dots (5.6)$$

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 \dots \dots \dots (5.7)$$

$$A = A_0 / (1 - \varepsilon) \dots \dots \dots (5.8)$$

$$P = \text{kalibrasi} \times \text{Proving Ring} = 0,162 \times \text{PR} \dots \dots \dots (5.9)$$

$$\sigma_1 - \sigma_3 = P / A \dots \dots \dots (5.10)$$

$$\sigma_1 = (P / A) + \sigma_3 \dots \dots \dots (5.11)$$

dengan  $A_0$  = luas benda uji mula-mula ( $\text{cm}^2$ )

$A$  = luas benda uji terkoreksi ( $\text{cm}^2$ )

$d$  = diameter benda uji (cm)

$L_0$  = tinggi benda uji mula-mula (mm)

$P$  = beban aksial (kg)

PR = Proving Ring

$\varepsilon$  = regangan (%)

$\Delta L$  = deformasi vertikal (mm)

$\sigma_1 - \sigma_3$  = tekanan deviator ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma_1$  = tegangan utama mayor ( $\text{kg/cm}^2$ )

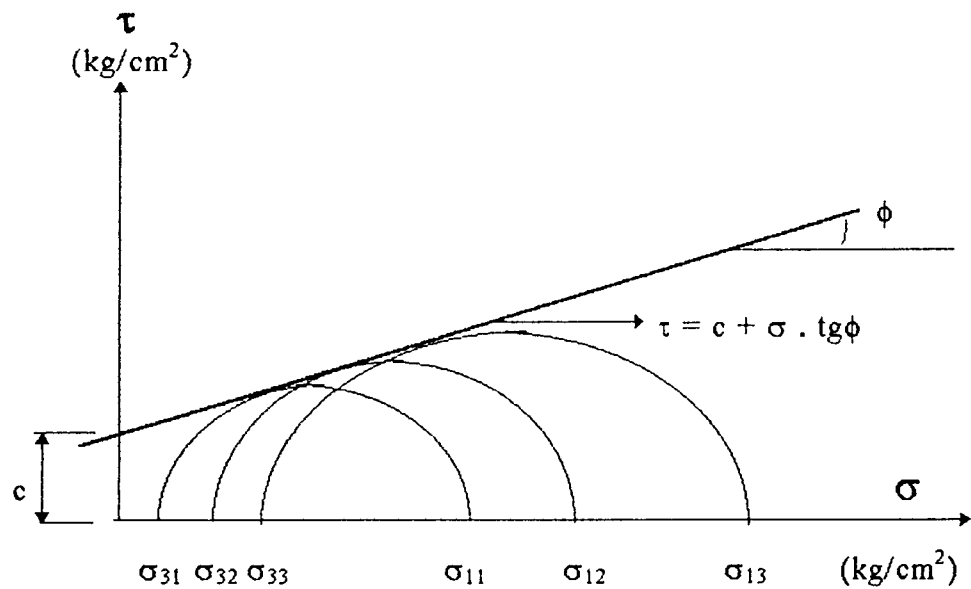
$\sigma_3$  = tegangan utama minor ( $\text{kg/cm}^2$ )

Grafik hubungan antara tegangan deviator dan regangan digambar, dengan tegangan deviator sebagai ordinat dan

regangan sebagai absis, dari grafik ini dicari tegangan deviator dan regangan yang memecahkan benda uji.

2. Lingkaran Mohr digambar dari tegangan pada saat pecah pada salib sumbu dengan tegangan geser sebagai ordinat dan tegangan normal sebagai absis.
3. Lingkaran-lingkaran Mohr digambar dengan cara yang sama bagi benda-benda uji lainnya yang telah diperiksa .
4. Garis singgung persekutuan yang menyinggung lingkaran-lingkaran Mohr digambar. Garis ini disebut garis selubung ("strength envelope" atau "failure envelope"). Menentukan nilai kohesi ( $c$ ), yaitu perpotongan garis keruntuhan pada sumbu vertikal.

Untuk mendapatkan besarnya sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan kohesi ( $c$ ) dengan menggunakan lingkaran Mohr, secara grafis dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5.2. Garis selubung Lingkaran Mohr

Sumber : Mekanika Tanah, Djatmiko Soedarmo, 1997

dengan :  $\sigma_{31}$  = tegangan sel ke-1 ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma_{32}$  = tegangan sel ke-2 ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma_{33}$  = tegangan sel ke-3 ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma_{11}$  = tegangan utama ke-1 ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma_{12}$  = tegangan utama ke-2 ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\sigma_{13}$  = tegangan utama ke-3 ( $\text{kg/cm}^2$ )

Nilai sudut gesek dalam ( $\phi$ ) dan kohesi ( $c$ ) dapat juga dicari dengan menggunakan cara modifikasi garis selubung.

Persamaan hubungan  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  pada kondisi runtuh/pecah :

$$\sigma_1 = \sigma_3 \operatorname{tg}^2(45^\circ + \theta/2) + 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}(45^\circ + \theta/2) \quad (5.12)$$

Persamaan tersebut sama dengan :

$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta} + 2 \cdot c \cdot \frac{\cos \theta}{1 - \sin \theta} \quad (5.13)$$

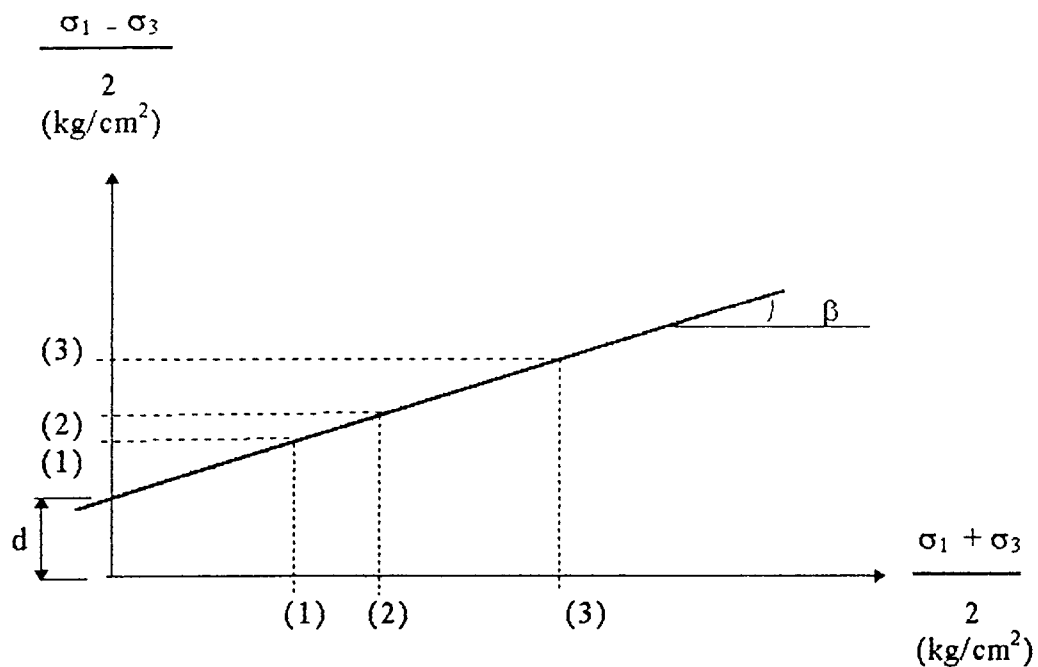
jika diuraikan akan didapatkan :

$$1/2 (\sigma_1 - \sigma_3) = c \cdot \cos\theta + 1/2 (\sigma_1 + \sigma_3) \cdot \sin\theta \quad (5.14)$$

Bila dimisalkan :  $c \cdot \cos\theta = d$  ; dan  $\sin\theta = \text{tg}\beta$

Persamaan di atas menjadi :

$$1/2 (\sigma_1 - \sigma_3) = d + 1/2 (\sigma_1 + \sigma_3) \cdot \text{tg}\beta \quad (5.15)$$



Gambar 5.3. Modifikasi Garis Selubung

Dari gambar diukur besarnya nilai  $\beta$  dan nilai  $d$  , maka dapat ditentukan besarnya nilai sudut gesek dalam ( $\theta$ ) dan kohesi ( $c$ ), yaitu :

$$\sin\theta = \text{tg}\beta$$

$$\theta = \text{arc sin}(\text{tg}\beta) \quad (5.16)$$

$$c \cdot \cos\theta = d$$

$$c = d / \cos\theta \quad (5.17)$$



## **BAB VI**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini diuraikan mengenai hasil penelitian serta analisisnya. Rangkuman hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, sedangkan data detail hasil penelitian dan perhitungan laboratorium disajikan secara lengkap pada bagian lampiran dari buku ini.

#### **6.1. Hasil Penelitian**

##### **1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah**

Pengujian sifat fisik tanah ini terbagi menjadi dua yaitu pengujian sifat-sifat umum meliputi kadar air dan berat jenis, dan yang kedua pengujian sifat-sifat indek tanah meliputi batas-batas konsistensi (batas cair, batas plastis, dan indek plastisitas) dan distribusi butiran. Pada hasil pengujian sifat umum dan indeks contoh tanah lempung dari Kulon Progo dan contoh pasir dari Krasak dapat dilihat pada Tabel 6.1. berikut ini.

Tabel 6.1. Data sifat umum dan indeks tanah lempung Kulon Progo dan pasir dari Krasak.

No	Sifat fisik tanah	Satuan	Lempung	Pasir
1	Kadar air ( $\omega$ )	%	50,83	0,99
2	Berat jenis (Gs)	-	2,442	2,74
3	Batas cair (LL)	%	59,60	-
4	Batas Plastis (PL)	%	38,49	-
5	Indek Plastisitas (IP)	%	21,01	NP

Sumber : Lampiran (1-3)

Hasil pengujian distribusi ukuran butir tanah dapat dilihat pada lampiran- 4, dengan menggunakan rumus : % berat lebih kecil - % yang lolos saringan, maka diperoleh :

$$\% \text{ pasir} = 99,483 - 83,50 = 15,983 \%$$

$$\% \text{ lanau} = 83,50 - 42 = 41,50 \%$$

$$\% \text{ lempung} = 42,00 - 0 = 42,00 \%$$

$$\text{Untuk pasir Krasak : } 88,417 - 37,50 = 50,92 \% \quad (\text{pasir kasar})$$

$$37,50 - 11 = 26,50 \% \quad (\text{pasir sedang})$$

$$11,00 - 0 = 11,00 \% \quad (\text{pasir halus})$$

Hasil pengujian sifat-sifat indeks tanah dengan penambahan variasi pasir maka diperoleh seperti dalam Tabel 6.2. berikut ini.

Tabel 6.2. Hasil pengujian sifat-sifat indek tanah

No.	Variasi pasir	LL (%)	PL (%)	IP (%)
1.	0 %	62,00	38,89	23,11
2.	10 %	58,00	38,85	19,15
3.	20 %	49,00	31,21	17,99
4.	30 %	47,80	30,51	17,29
5.	40 %	47,40	29,52	17,11

Sumber : Lampiran-1



Dari data tabel 6.2., tanah tersebut kemudian diklasifikasikan jenis tanahnya menurut AASHTO, yang hasilnya dapat disajikan ke dalam Tabel 6.3 berikut ini.

Tabel 6.3. Pengklasifikasian tanah hasil pengujian menurut AASHTO 1982

No.	Variasi pasir	LL (%)	IP (%)	Jenis tanah AASHTO
1.	0 %	62,00	23,11	A-7-5
2.	10 %	58,00	19,15	A-7-5
3.	20 %	49,00	17,99	A-7-5
4.	30 %	47,80	17,29	A-7-5
5.	40 %	47,40	17,11	A-7-5

Sumber : Lampiran-1 dan Tabel 2.2.

Keterangan : Menurut AASHTO, jika  $LL = 62\%$  dan  $IP = 23,11\%$ , maka  $IP < LL - 30$ . Jadi jenis tanahnya masuk golongan A-7-5.

## 2. Pengujian Pemadatan (Proctor Test)

Untuk penelitian ini, dipakai "Standard Proctor" untuk menentukan kadar air optimum yang akan digunakan sebagai dasar rancangan untuk pembuatan sampel CBR campuran. Hasil pemadatan dapat disajikan dalam Tabel 6.4. berikut ini.

Tabel 6.4 Hasil penelitian pemadatan tanah (Proctor Test)

No	Variasi Pasir	MDD ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )	OMC (%)
1	0 %	1,294	36,27
2	10 %	1,379	35,92
3	20 %	1,385	34,94
4	30 %	1,404	32,61
5	40 %	1,428	32,68

Sumber : Lampiran-5

Keterangan : MDD = berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ )  
 OMC = kadar air optimum ( $\omega_{opt}$ )

### 3. Pengujian CBR Laboratorium

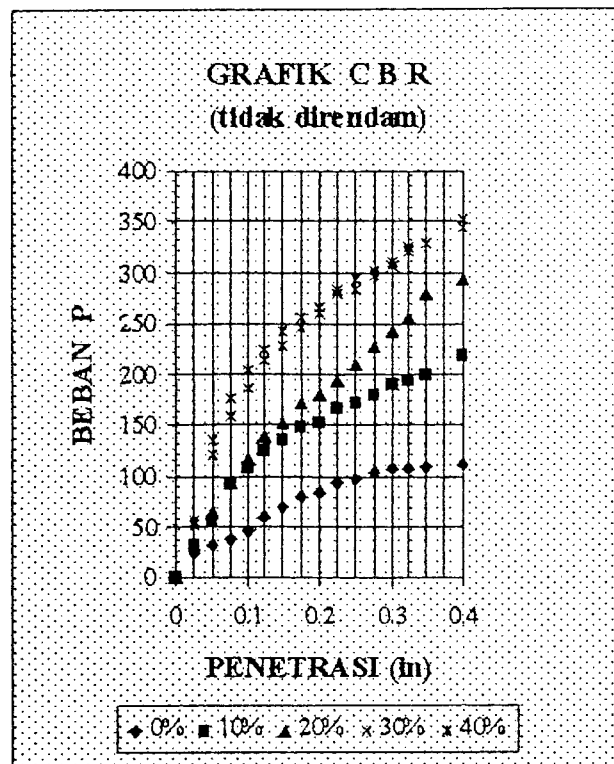
Pada pengujian CBR ini, dilakukan tanpa rendaman dan dengan rendaman selama 5 hari. Hasil dari pengujian CBR disajikan pada tabel dan grafik.

Tabel 6.5. Hasil pengujian CBR laboratorium

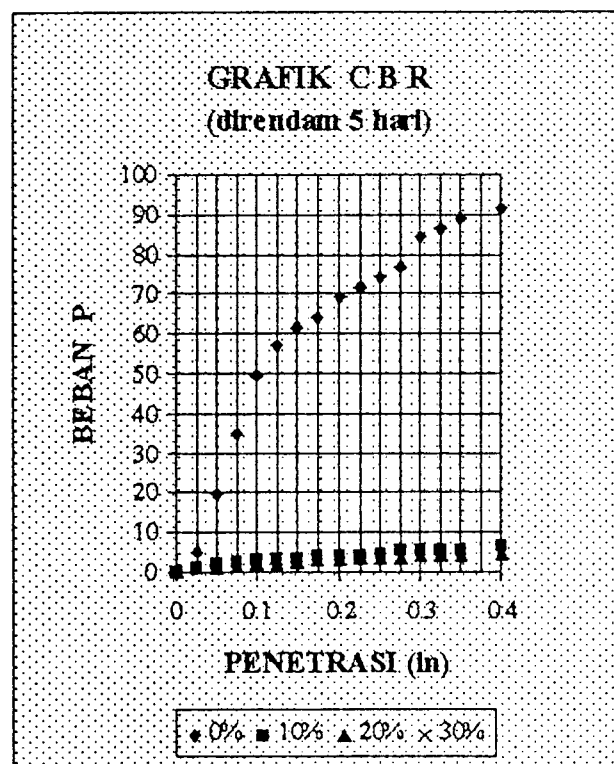
No	Variasi Pasir	Nilai CBR tanpa rendaman	Nilai CBR dengan rendaman	Pengembangan akibat rendaman
1	0 %	5,60 %	5,00 %	52,0 %
2	10 %	10,80 %	0,32 %	54,3 %
3	20 %	13,00 %	0,20 %	56,6 %
4	30 %	20,90 %	0,18 %	58,0 %
5	40 %	22,00 %	-	58,4 %

Sumber : Lampiran-6

Keterangan : Pada pengujian CBR rendaman untuk variasi pasir 40% tidak dilakukan, karena setelah melihat kondisi pada variasi pasir 30% sudah terlihat nilai CBR yang makin menurun.

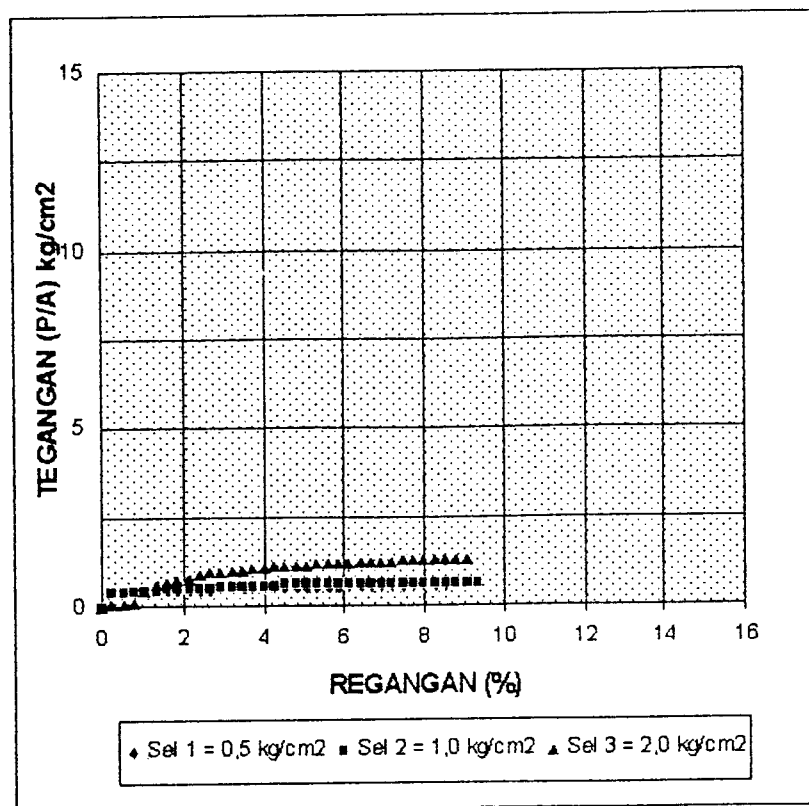


Gambar 6.1 Grafik hasil uji CBR tanpa didirendam

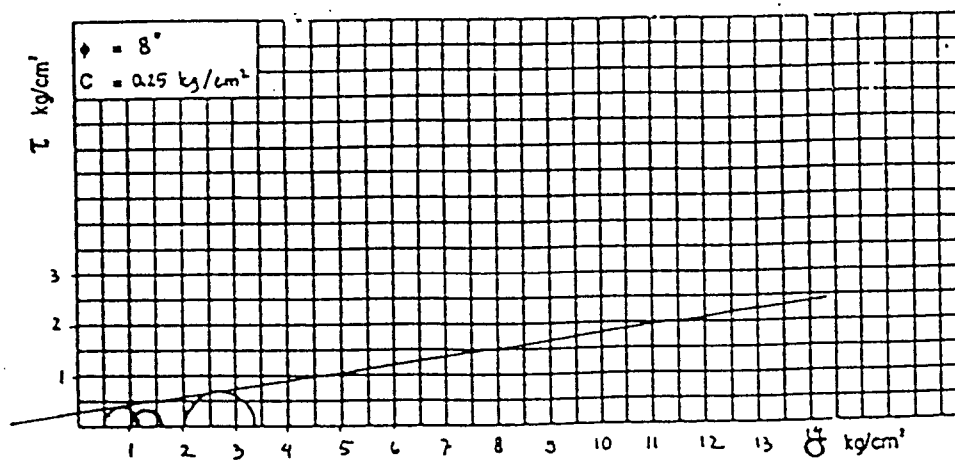


Gambar 6.2. Grafik hasil uji CBR direndam 5 hari.

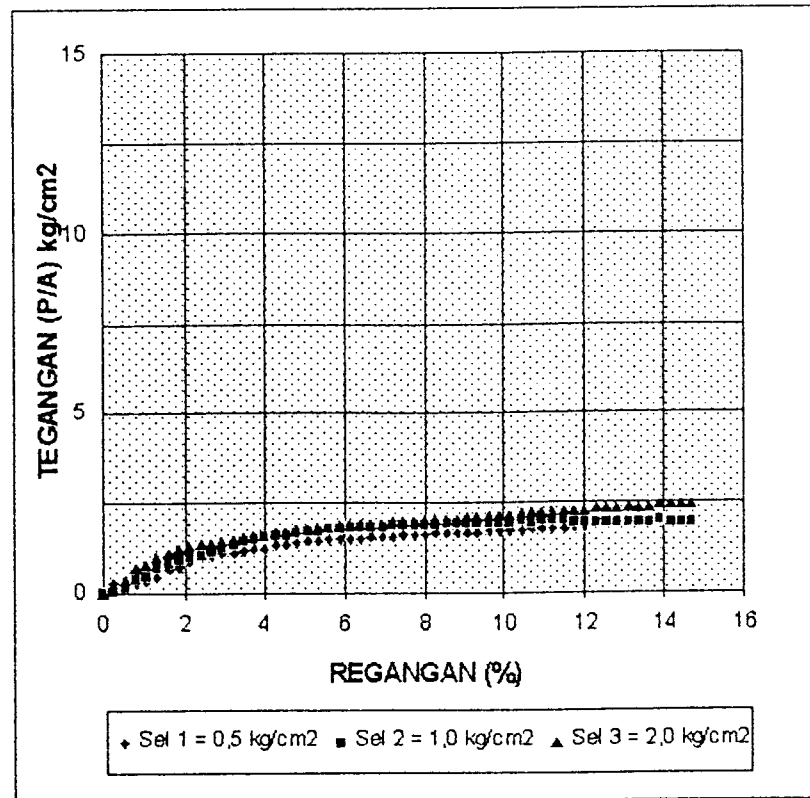
#### 4. Pengujian Triaksial



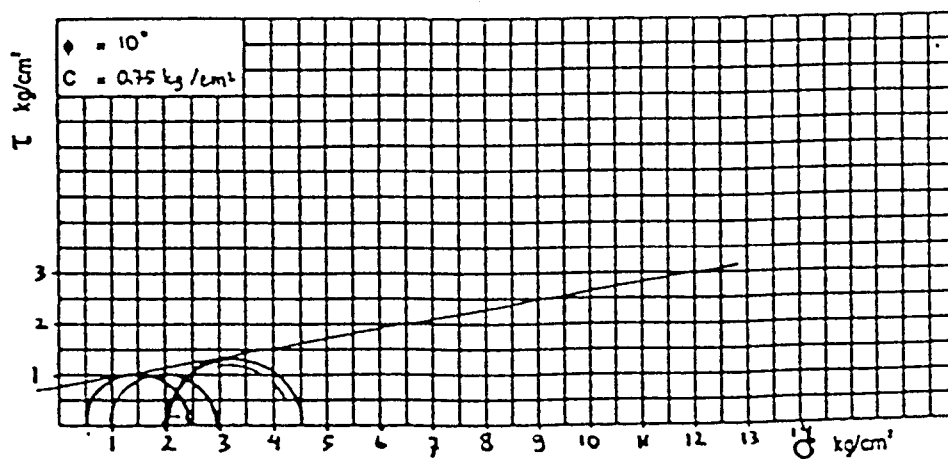
Gambar 6.3. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah asli



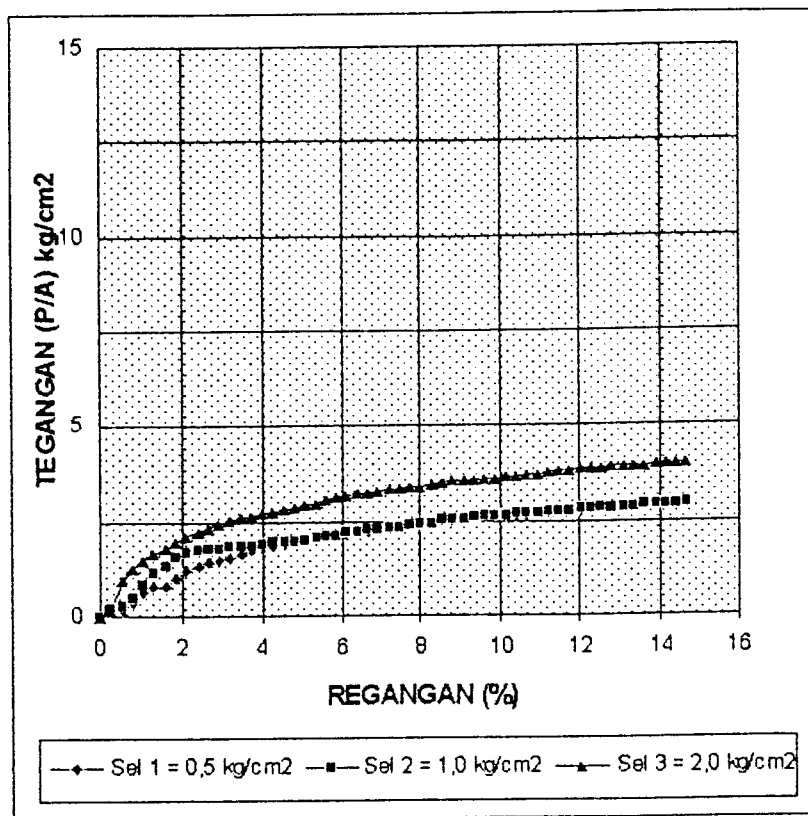
Gambar 6.4. Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah asli



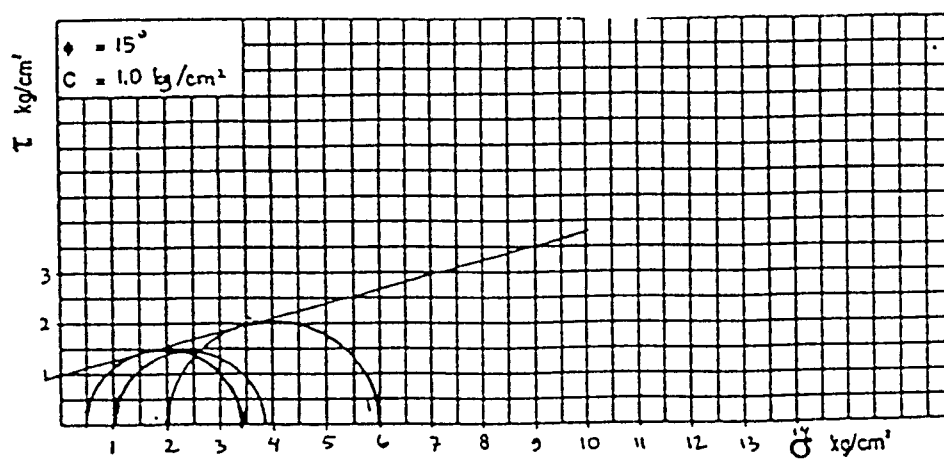
Gambar 6.5. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 0%



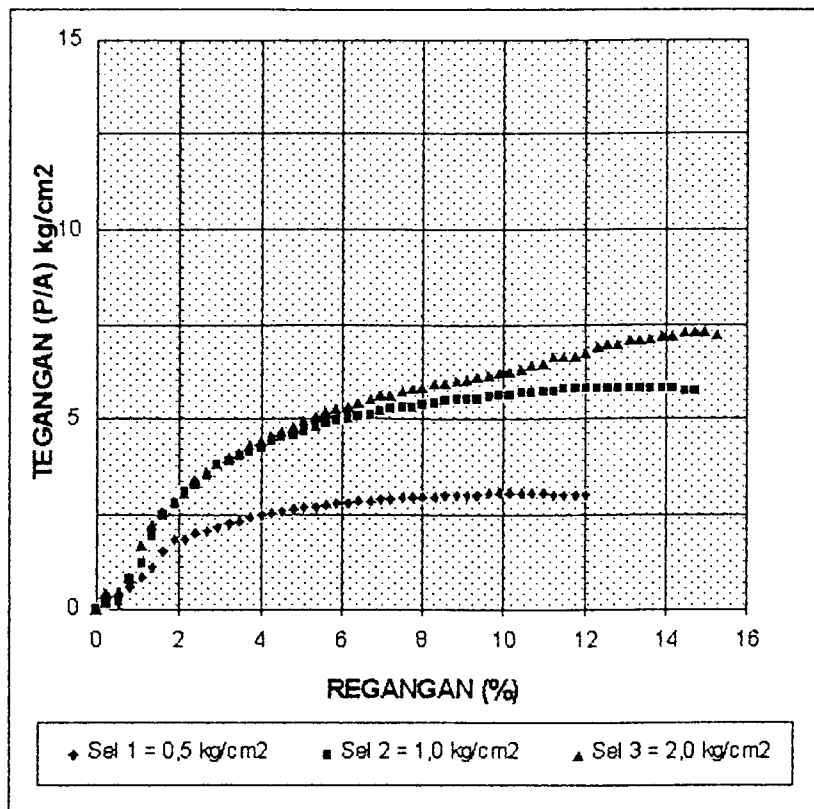
Gambar 6.6. Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 0%



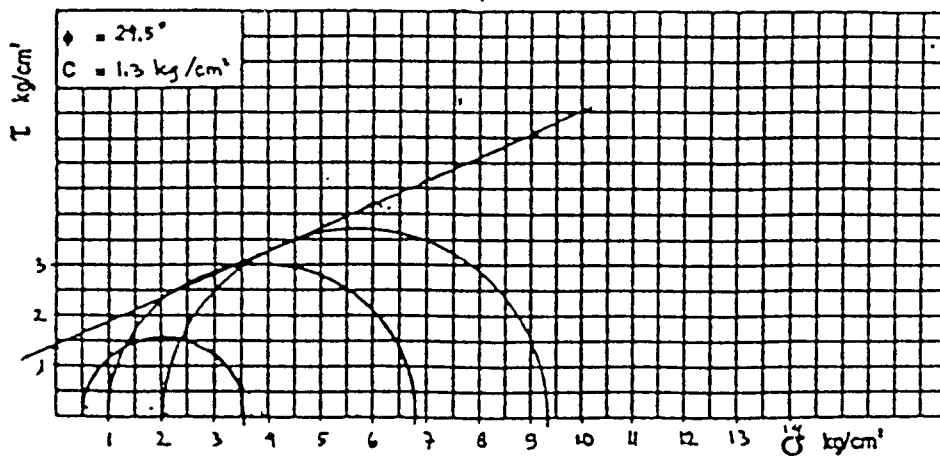
Gambar 6.7. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 10%



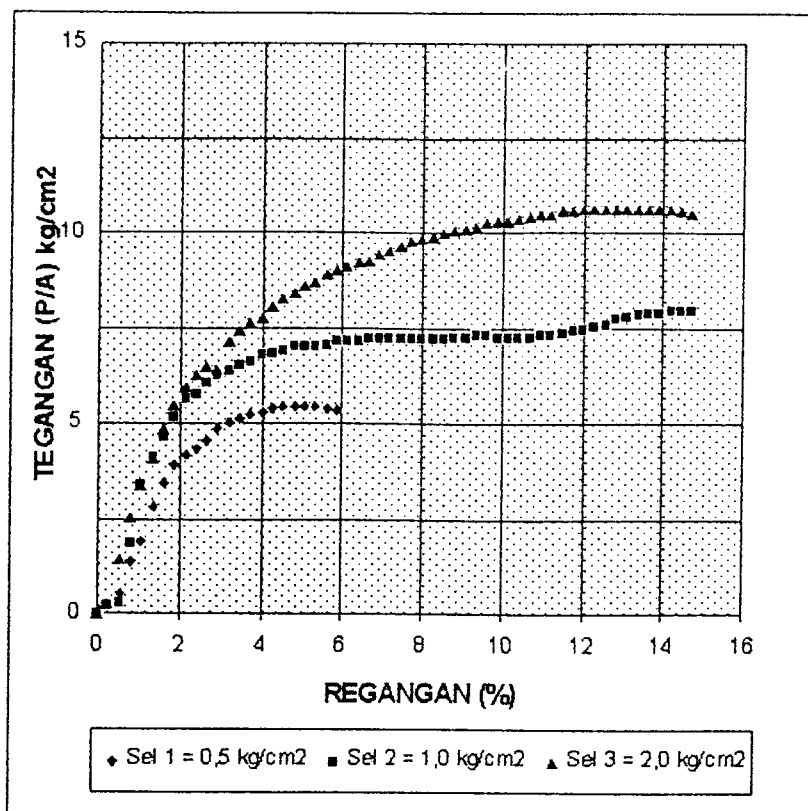
Gambar 6.8. Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 10%



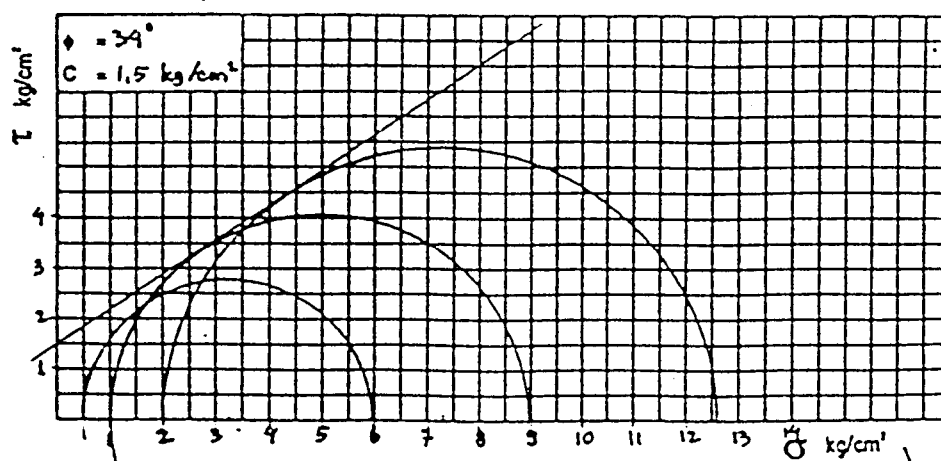
Gambar 6.9. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 20%



Gambar 6.10. Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 20%

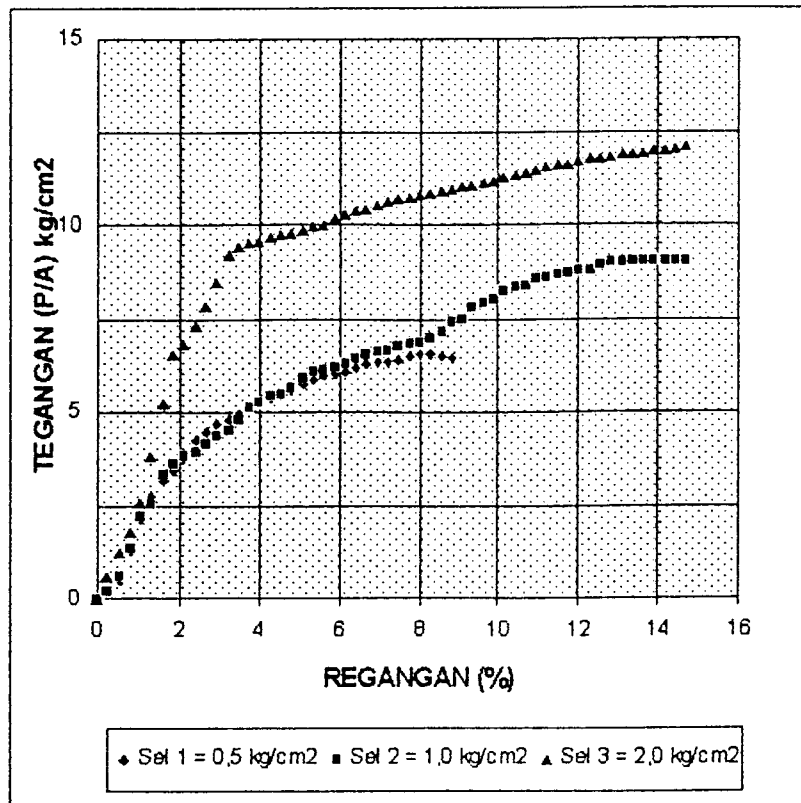


Gambar 6.11. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 30%

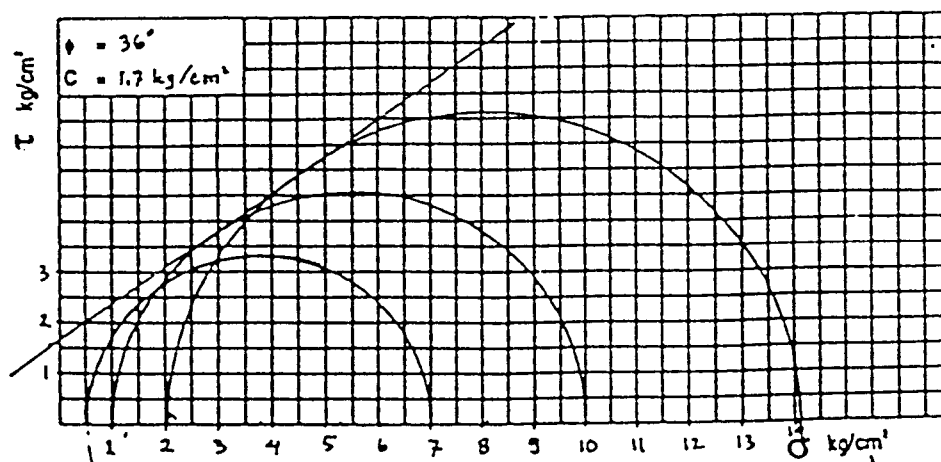


Gambar 6.12. Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 30%





Gambar 6.13. Kurva hubungan tegangan-regangan pada tanah lempung + pasir 40%



Gambar 6.14. Garis selubung lingkaran Mohr pada tanah lempung + pasir 40%

Kemudian dari hasil perhitungan dan grafik yang dibuat, maka dapat diperoleh hasil yang disajikan dalam Tabel 6.6. berikut ini.

Tabel 6.6. Hasil Uji Triaksial

No.	Variasi pasir	$\sigma_3$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> )	C (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
1.	Tanah asli	0,5	1,06	0,25	8
		1,0	1,65		
		2,0	3,32		
2.	0%	0,5	2,42	0,75	10
		1,0	2,99		
		2,0	4,48		
3.	10%	0,5	3,41	1,00	15
		1,0	3,95		
		2,0	6,00		
4.	20%	0,5	3,55	1,30	24,5
		1,0	6,83		
		2,0	9,30		
5.	30%	0,5	5,92	1,50	34
		1,0	8,97		
		2,0	12,64		
6.	40%	0,5	7,07	1,70	36
		1,0	10,05		
		2,0	14,08		

Sumber : Lampiran-8

### 6.1.1. Analisis dan Pembahasan

#### 1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pada pengujian sifat fisik tanah ini ada hal yang perlu disimak, bahwa variasi campuran pasir yang diberikan hanya sebagai pembuktian dan sebagai pembandingan sehingga tanah tersebut layak untuk diteliti sesuai prosedur penelitian ini (lihat sistematika penelitian). Beberapa hal yang

bisa dirangkum dari pengujian ini berdasarkan Tabel 6.1 sampai Tabel 6.3 adalah sebagai berikut ini.

- a. Tanah lempung Kulon Progo setelah dicampur dengan variasi pasir dari 10% sampai 40% hanya mengalami sedikit penurunan IP, yang semula IP = 23,11% dengan penambahan pasir diperoleh IP = 17,11%, sehingga menurut AASHTO masih termasuk kelompok A-7-5 atau tanah lempung sebagai bahan dasar yang buruk/jelek.
- b. Pada pengujian distribusi ukuran butiran, sampel tanah dari Kulon Progo mempunyai prosentase lempung lebih banyak yaitu sebesar 42% yang lolos saringan No.200, dibanding lanau = 41% dan pasir = 16%.  
(lihat lampiran-4)

## **2. Pengujian Pematatan (Proctor Test)**

Pada Tabel 6.4 terlihat bahwa akibat pencampuran variasi pasir akan menurunkan kadar air optimum dan menaikkan berat volume keringnya. Dengan demikian tanah hasil stabilisasi akan lebih baik kualitasnya dengan adanya kenaikan berat volume kering tanah yang terjadi.

## **3. Pengujian CBR**

Dari tabel 6.5 dengan gambar 6.1 dan 6.2, tampak bahwa CBR tanpa rendaman, kekuatan tanah hasil stabilisasi secara berangsur-angsur mengalami peningkatan. Pada variasi pasir 10%, kekuatan CBR tanpa rendaman sudah mencapai 10,80%, sedangkan CBR dengan rendaman, kekuatan tanah hasil stabilisasi mengalami penurunan yang cukup tajam. Hal ini terjadi karena selain tanah lempung tersebut mempunyai Indeks

Plastisitas yang besar dan nilai pengembangan akibat rendaman yang makin meningkat (naik  $\pm 2\%$  dari semula), juga karena pasir bukan bahan penstabil yang baik terhadap pengaruh kadar air.

Nilai CBR dalam kondisi jenuh (dari penelitian ini diambil nilai CBR 5%) akan digunakan sebagai dasar perencanaan ketebalan perkerasan jalan raya, sebab dalam kondisi ini adalah kondisi terjelek pada subgrade, walaupun subgrade sudah dipadatkan sampai mencapai maksimum.

#### 4. Pengujian Triaksial

Pada tabel 6.6 dapat dilihat bahwa sejalan dengan penambahan prosen-tase variasi pasir, tegangan utama maksimum ( $\sigma_1$ ) mengalami kenaikan, yang semula  $1,06 \text{ kg/cm}^2$ , maka dengan variasi pasir 10% nilainya mejadi  $3,41 \text{ kg/cm}^2$  (untuk  $\sigma_3 = 0,5 \text{ kg/cm}^2$ ), begitu juga dengan variasi pasir yang lain. Ini menunjukkan bahwa peran pasir mempunyai pengaruh yang cukup besar untuk memperoleh tegangan geser yang lebih besar, ini dapat dilihat dengan sudut gesek ( $\phi$ ) dan nilai kohesi (C) yang mengalami peningkatan.

Dari penelitian yang dilakukan terutama pada pengujian CBR yang berkaitan dengan perencanaan perkerasan lentur, maka tanah lempung Kulon Progo dapat distabilisasikan dengan pasir Krasak, dengan catatan bahwa kadar air optimum harus dipertahankan atau tidak lebih dari yang telah diuji yaitu sebesar 36,27% (berdasarkan uji pematatan / Proctor Test). Untuk nilai CBR diambil 5% guna perencanaan perkerasan lentur pada jalan klas I.

### 6.1.2. Perhitungan Tebal Lapis Perkerasan Lentur

#### 1. Metode CBR

Metode CBR ini berdasarkan pada jumlah kendaraan komersial lebih dari 1500 kg berat kosong tiap harinya dan besarnya nilai CBR baik subgrade maupun material perkerasan lainnya. Sebagai data lalu lintas yang dipakai untuk perencanaan ini disajikan dalam Tabel 6.7. berikut ini.

Tabel 6.7. Jumlah Lalu lintas Harian Rata-rata (LHR) dari arah Yogyakarta-Klaten dan Klaten-Yogyakarta tahun 1996

No.	Macam kendaraan	Jumlah (kendaraan/hari/2 arah)
1.	Sepeda motor	22102
2.	Mobil penumpang	8630
3.	Van	2142
4.	MPU	861
5.	Bus non umum	294
6.	Bus umum	1191
7.	Pick-up	2952
8.	Truk ringan (2 as)	1938
9.	Truk sedang (3 as)	443
10.	Truk gandeng	328
11.	Kontainer	20
12.	Tidak bermotor	5237

Sumber : DLLAJR Yogyakarta, 1996

Kendaraan-kendaraan yang berat kosongnya < 1500 kg, tidak begitu berpengaruh pada strukturnya, maka hanya yang termasuk kendaraan komersial saja sejenis mobil penumpang, pick-up, bus sedang, bus besar, truk sedang, truk besar dan truk gandeng (trailer). Jenis-jenis kendaraan inilah yang dipakai untuk perencanaan perkerasan jalan karena akan banyak

berpengaruh timbulnya kerusakan pada perkerasan jalan. Lalu lintas harian untuk kendaraan komersial seperti dalam Tabel 6.7. diklasifikasikan menurut jenis berat > 1,5 ton (1500 kg), sehingga diperoleh sebagai berikut ini.

Kendaraan ringan 2 ton	: 14585
Bus 8 ton	: 1485
Truk 2 as 13 ton	: 1938
Truk 3 as 20 ton	: 443
Truk 5 as <u>30 ton</u>	: <u>348 +</u>

$\Sigma$  LHR : 18799 kendaraan/hari/2 arah.

Tingkat pertumbuhan kendaraan diasumsikan sebesar 6% per tahun.

Pada negara yang sedang berkembang seperti di Indonesia, perencanaan Umur Rencana (UR) lebih tepat direncanakan selama 10 tahun, sebagai alasan adalah :

1. kenaikan jumlah kendaraan pada negara berkembang setiap tahunnya lebih besar dibanding dengan negara maju,
2. kalau prosentase kenaikan jumlah kendaraan tinggi, maka bila direncanakan umur rencana dari perkerasan itu 20 tahun atau lebih, maka akan memerlukan biaya yang cukup tinggi, sehingga tidak ekonomis lagi, dan
3. adanya kecenderungan prosentase kenaikan kendaraan-kendaraan angkutan barang yang berat akan berkurang, padahal jenis kendaraan inilah yang sangat menentukan tebal perkerasan yang dibutuhkan.

Faktor bertambahnya lalu lintas (Traffic summation factor) pada waktu 10 tahun adalah sebagai berikut ini.

$$g = \sum_{i=0}^9 (1 + 6/100)^i = 13,18 \quad (6.1)$$

Jumlah LHR kendaraan komersial untuk jangka waktu 10 tahun.

$$\begin{array}{rcl} \text{Kendaraan ringan 2 ton} & = & \frac{(14585 \times 13,18)}{10} = 19223 \\ \text{Bus 8 ton} & = & \frac{(1485 \times 13,18)}{10} = 1957 \\ \text{Truk 2 as 13 ton} & = & \frac{(1938 \times 13,18)}{10} = 2554 \\ \text{Truk 3 as 20 ton} & = & \frac{(443 \times 13,18)}{10} = 584 \\ \text{Truk 5 as 30 ton} & = & \frac{(348 \times 13,18)}{10} = 459 \\ & & \hline & & \Sigma \text{LHR}_{10} = 24777 \text{ kendaraan} \end{array}$$

Jumlah lalu lintas harian untuk kendaraan komersial = 24777 kendaraan, ini berarti bahwa dari gambar pada lampiran-9 klasifikasi lalu lintasnya adalah G. Melalui data CBR subgrade sebesar 5 % dan dengan menggunakan kurva G, maka ketebalan total perkerasan yang dibutuhkan sebesar 520 mm.

Pada perencanaan jalan klas I, bahan-bahan perkerasan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut : (DPU, 1987)

- a. lapis permukaan (Laston),
- b. lapis pondasi atas (batu pecah CBR > 50% → CBR 100%), dan
- c. lapis pondasi bawah (sirtu/pitrun CBR > 20% → CBR 30%).

Dari data tersebut di atas, maka prosedur perhitungan ketebalan perkerasan menggunakan grafik perencanaan cara CBR pada lampiran-9 adalah sebagai berikut ini.

1. Lapis pondasi bawah (base course)

CBR 30%, maka ketebalan perkerasan yang dibutuhkan sebesar 175 mm, sehingga ketebalan pondasi bawah minimum yang didapat :

$$= 520 - 180 = 340 \text{ mm.}$$

2. Lapis pondasi atas (sub-base course)

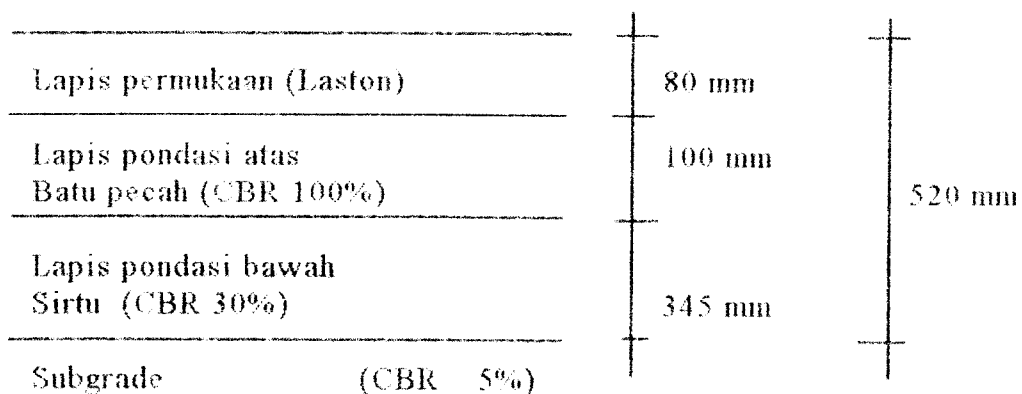
CBR 100% (dari grafik perencanaan cara CBR pada lampiran-9), maka ketebalan perkerasan yang dibutuhkan = 80 mm, sehingga tebal lapis pondasi atas minimum yang didapat :

$$= 180 - 80 = 100 \text{ mm.}$$

Jadi lapis permukaan (surface course) yang dibutuhkan sebesar :

$$520 - 340 - 100 = 80 \text{ mm}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 6.15. Tebal lapis keras menurut metode CBR



## 2. Metode Bina Marga 1987

Metode Bina Marga 1987 merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Modifikasi ini dilakukan untuk penyesuaian kondisi alam, lingkungan, sifat tanah dasar dan jenis lapis perkerasan yang umum digunakan di Indonesia. Berdasarkan pedoman perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan Metode Analisa Komponen No.01/PD/B/1987, Dirjen. Bina Marga dipakai 8 parameter utama yang harus diperhatikan.

1. Prosentase kendaraan pada jalur rencana
2. Angka Eivalen (E)
3. Lintas Eivalen (LEP, LEA dan LET)
4. Daya Dukung Tanah (DDT)
5. Faktor Regional (FR)
6. Indek Permukaan (IP)
7. Indek Tebal Perkerasan (ITP)
8. Koefisien kekuatan relatif (a)

### Perhitungan

#### 1. Direncanakan

- a. Tebal perkerasan untuk jalan 2 jalur,
- b. Umur rencana 10 tahun dengan angka pertumbuhan  $(i) = 6\%$ ,
- c. CBR tanah dasar = 5%.
- d. Data LHR tahun 1996 pada Tabel 6.7, setelah diklasifikasikan menurut berat kendaraan  $> 1,5$  ton, maka didapatkan data hasil yang disajikan pada Tabel 6.8 berikut ini.

Tabel 6.8. Jumlah LHR menurut jenis berat kendaraan

No.	Macam kendaraan	Jumlah (kend./hari/2 arah)
1.	Kendaraan ringan 2 ton	14585
2.	Bus 8 ton	1485
3.	Truk 2 as 13 ton	1938
4.	Truk 3 as 20 ton	443
5.	Truk 5 as 30 ton	348
Σ LHR 1996		18799

LHR pada tahun 1996 (awal umur rencana), dengan rumus  $(1 + i)^n$

$$\begin{aligned}
 \text{Kendaraan ringan 2 ton} &= 14585 (1 + 0,06)^1 = 15460,10 \\
 \text{Bus 8 ton} &= 1485 (1 + 0,06)^1 = 1574,10 \\
 \text{Truk 2 as 13 ton} &= 1938 (1 + 0,06)^1 = 2054,28 \\
 \text{Truk 3 as 20 ton} &= 443 (1 + 0,06)^1 = 469,58 \\
 \text{Truk 5 as 30 ton} &= 348 (1 + 0,06)^1 = 368,88 + \\
 &\quad \underline{\Sigma \text{ LHR}} = 19926,94 \text{ kend.}
 \end{aligned}$$

LHR pada tahun ke-10 (akhir umur rencana), dengan rumus :  $(1 + i)^n$

$$\begin{aligned}
 \text{Kendaraan ringan 2 ton} &= 15460,10 (1 + 0,06)^{10} = 27686,68 \\
 \text{Bus 8 ton} &= 1574,10 (1 + 0,06)^{10} = 2818,97 \\
 \text{Truk 2 as 13 ton} &= 2054,28 (1 + 0,06)^{10} = 3678,90 \\
 \text{Truk 3 as 20 ton} &= 469,58 (1 + 0,06)^{10} = 840,95 \\
 \text{Truk 5 as 30 ton} &= 368,88 (1 + 0,06)^{10} = 660,61 + \\
 &\quad \underline{\Sigma \text{ LHR}_{10}} = 35686,11 \text{ kend.}
 \end{aligned}$$

## 2. Faktor Distribusi Kendaraan (c)

Dalam hubungannya dengan jumlah kendaraan yang melewati jalur rencana, masing-masing beratnya diperhitungkan dengan memberikan nilai koefisien tertentu berdasarkan jumlah jalur dan arah. Pada

perencanaan tebal lapis keras pada jalan Yogyakarta-Klaten, yang merupakan jalan 2 arah, sesuai dengan Daftar II pada lampiran-10 diambil nilai (c) sebesar = 0,5.

### 3. Angka Ekuivalen

Angka ekuivalen dari beban kendaraan (gandar tunggal dan gandar ganda) dihitung dengan menggunakan Daftar III pada lampiran-10 atau dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Angka ekuivalen sumbu tunggal} = \left[ \frac{\text{beban satu sumbu tunggal dalam Ton}}{8,16} \right]^4 \quad (6.2)$$

$$\text{Angka ekuivalen sumbu ganda} = 0,086 \times \left[ \frac{\text{beban satu sumbu ganda dalam Ton}}{8,16} \right]^4 \quad (6.3)$$

maka diperoleh angka ekuivalen sebagai berikut ini.

1. Kendaraan ringan 2 ton (as depan 1 ton + as belakang 1 ton)

$$\begin{aligned} E &= (1 / 8,16)^4 + (1 / 8,16)^4 \\ &= 0,0002 + 0,0002 = 0,0004 \end{aligned}$$

2. Bus 8 ton (as depan 3 ton + as belakang 5 ton)

$$\begin{aligned} E &= (3 / 8,16)^4 + (5 / 8,16)^4 \\ &= 0,0183 + 0,1410 = 0,1593 \end{aligned}$$

3. Truk 2 as 13 ton (as depan 5 ton + as belakang (ganda) 8 ton)

$$\begin{aligned} E &= (5 / 8,16)^4 + (8 / 8,16)^4 \\ &= 0,1410 + 0,9238 = 1,0648 \end{aligned}$$

4. Truk 3 as 20 ton (as depan 6 ton + 2 as belakang (ganda) 7 ton)

$$E = (6 / 8,16)^4 + \{0,086 (14 / 8,16)^4\}$$

$$= 0,2923 + 0,7452 = 1,0375$$

5. Truk 5 as 30 ton (as depan 6 ton + 2 as belakang (ganda) 7 ton + 2 as gandeng masing-masing 5 ton)

$$E = (6 / 8,16)^4 + \{0,086 (14 / 8,16)^4\} + 2 (5 / 8,16)^4$$

$$= 0,2923 + 0,7452 + 2 (0,1410) = 1,3195$$

#### 4. Menghitung Lintas Ekuivalen

- a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

Dalam menentukan Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) digunakan rumus :

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \quad (6.4)$$

dengan : LHR<sub>j</sub> = Lalu lintas Harian Rata-rata (kendaraan)

C<sub>j</sub> = koefisien distribusi kendaraan

E<sub>j</sub> = angka ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan

maka dari rumus di atas, diperoleh hasil sebagai berikut ini.

$$\text{Kend. ringan 2 ton} \rightarrow LEP = 15460,10 \times 0,5 \times 0,0004 = 3,092$$

$$\text{Bus 8 ton} \rightarrow LEP = 1574,10 \times 0,5 \times 0,1593 = 125,377$$

$$\text{Truk 2 as 13 ton} \rightarrow LEP = 2054,28 \times 0,5 \times 1,0648 = 1093,699$$

$$\text{Truk 3 as 20 ton} \rightarrow LEP = 469,58 \times 0,5 \times 1,0375 = 243,595$$

$$\text{Truk 5 as 30 ton} \rightarrow LEP = 368,88 \times 0,5 \times 1,3195 = 243,369$$

---


$$\sum LEP = 1709,132$$

b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

Dalam menentukan nilai Lintas Ekivalen Akhir (LEA) digunakan rumus sebagai berikut :

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \quad (6.5)$$

dengan : LHR<sub>j</sub> = Lalu lintas Harian Rata-rata (kendaraan)

• j = jenis kendaraan

i = perkembangan lalu lintas (%)

UR = umur rencana (%)

C<sub>j</sub> = koefisien distribusi kendaraan

E<sub>j</sub> = angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan

maka dari rumus di atas, diperoleh hasil sebagai berikut ini.

$$\text{Kend. ringan 2 ton} \rightarrow LEA = 27686,68 \times 0,5 \times 0,0004 = 5,537$$

$$\text{Bus 8 ton} \rightarrow LEA = 2818,97 \times 0,5 \times 0,1593 = 224,531$$

$$\text{Truk 2 as 13 ton} \rightarrow LEA = 3678,90 \times 0,5 \times 1,0648 = 1958,646$$

$$\text{Truk 3 as 20 ton} \rightarrow LEA = 840,95 \times 0,5 \times 1,0375 = 436,243$$

$$\text{Truk 5 as 30 ton} \rightarrow LEA = 660,61 \times 0,5 \times 1,3195 = 435,837$$

$$\underline{\sum LEA_{10}} = 3060,794$$

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

Dalam menentukan nilai Lintas Ekivalen Tengah (LET) digunakan rumus sebagai berikut :

$$LET = 1/2 (LEP + LEA) \quad (6.6)$$

$$LET = 1/2 (1709,132 + 3060,794) = 2384,963$$

d. Lintas Ekivalen Rencana (LER)

Untuk menentukan nilai Lintas Ekivalen Rencana (LER) digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{LER} = \text{LET} \times \text{UR}/10 \quad (6.7)$$

$$\text{LER} = 2384,963 \times 10/10 = 2384,963$$

5. Mencari besarnya Daya Dukung Tanah (DDT)

Dengan menggunakan nomogram korelasi CBR (lampiran-11), nilai Daya Dukung Tanah (DDT) dapat ditentukan dengan menarik garis horizontal ke kiri tepat pada nilai CBR. Untuk CBR = 5%, dari nomogram korelasi CBR diperoleh besarnya harga DDT = 4,70.

6. Menentukan Faktor Regional (FR)

Faktor Regional merupakan faktor yang menunjukkan keadaan lingkungan suatu tempat mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta prosentase kendaraan dengan berat  $\geq 13$  ton dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata per tahun. Berdasarkan pada Daftar IV pada lampiran-12, untuk daerah Yogyakarta-Klaten diambil FR = 1,0.

7. Menentukan nilai Indek Permukaan (IP)

Indek Permukaan ini menyatakan nilai kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Jalan Yogyakarta-Klaten direncanakan memakai jenis lapis perkerasan Laston, dengan diperolehnya harga LER maka dari

Daftar V (lampiran-12) dan Daftar VI (lampiran-13) didapatkan nilai IPo = 3,9 - 3,5 dan IPt = 2,5.

8. Mencari besar dari Indek Tebal Permukaan (ITP)

Berdasarkan data-data sebagai berikut :

- LER = 2384,963
- FR = 1,0
- DDT = 4,70
- IPo = 3,9 - 3,5
- IPt = 2,5

Dari nomogram pada lampiran-14, maka didapatkan ITP = 11,9

Nilai ITP ini selanjutnya dimasukkan ke persamaan untuk mencari tebal perkerasan. Untuk menentukan tebal masing-masing lapisan setelah nilai ITP didapatkan, maka dapat diperoleh dari Daftar VIII (lampiran-15) dan nilai koefisien kekuatan relatif (a) dapat ditentukan dengan menggunakan Daftar VII (lampiran-13).

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \quad (6.8)$$

dengan :

ITP = Indeks Tebal Perkerasan untuk lapis tanah dasar

$$a_1 = \text{koef. kekuatan relatif Laston} = 0,40$$

$$a_2 = \text{koef. kekuatan relatif base klas A (CBR 100\%)} = 0,14$$

$$a_3 = \text{koef. kekuatan relatif sub-base klas C (CBR 30\%)} = 0,11$$

$$D_1 = \text{tebal lapis permukaan} \quad \text{diambil} = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$$

$$D_2 = \text{tebal lapis pondasi atas} \quad \text{diambil} = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$$

$D_3$  = tebal lapis pondasi bawah

Maka :

$$ITP = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

$$11,90 = 0,40 \times 15 + 0,14 \times 20 + 0,11 \times D_3$$

$$D_3 = 28,18 \text{ cm} \approx 29 \text{ cm} = 290 \text{ mm}$$

Kontrol terhadap ketebalan minimum.

1. Lapis pondasi atas (batu pecah CBR 100%)

CBR 100%  $\rightarrow$  DDT = 10,30, diperoleh  $ITP_1 = 5,20$

$$D_1 = ITP_1 / a_1$$

$$= 5,20 / 0,40 = 13 \text{ cm} < 15 \text{ cm} \rightarrow \text{Ok}$$

2. Lapis pondasi bawah (sirtu CBR 30%)

CBR 30%, diperoleh DDT = 9,1 dan  $ITP_2 = 7,40$

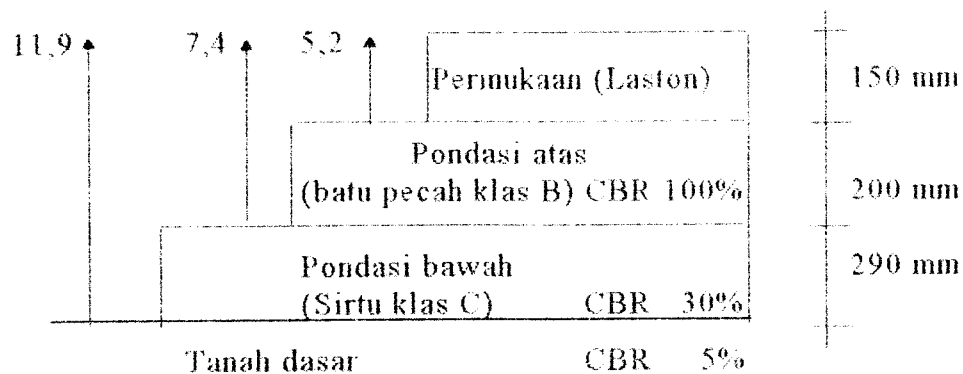
$$D_2 = \{ITP_2 - (a_1 D_1)\} / a_2 = \{7,40 - (0,40 \times 15)\} / 0,14$$

$$= 10 \text{ cm} < 20 \text{ cm} \rightarrow \text{Ok}$$

Ketebalan tiap lapisan yang didapat adalah :

$D_1 = 150 \text{ mm}$  ,  $D_2 = 200 \text{ mm}$  ; dan  $D_3 = 290 \text{ mm}$ .

Susunan perkerasan :



Gambar 6.16. Tebal lapis keras dari hitungan Metode Bina Marga 1987.



### 3. Metode AASHTO 1986

Metode AASHTO 1986 merupakan revisi dari AASHTO 1972, AASHTO 1981 dan AASHTO 1983, yang sudah mengalami perkembangan dengan melakukan penelitian yang lebih mendetail. Adapun langkah-langkah perencanaan tebal lapis keras adalah sebagai berikut ini.

1. Batasan waktu
2. Beban lalu lintas dan tingkat pertumbuhan lalu lintas
3. Reliabilitas dan simpangan baku keseluruhan
4. Kondisi lingkungan
5. Kriteria kinerja jalan
6. Nilai Modulus resilient tanah dasar (Mr)
7. Faktor Drainasi
8. Structural Number (SN)
9. Memilih jenis lapisan perkerasan, dan
10. Menentukan tebal masing-masing lapisan.

Pada metode AASHTO 1986 ini Daya Dukung Tanah dasar (DDT) dinyatakan dalam Modulus Resilient (Mr) yang dapat diperoleh dengan pemeriksaan AASHTO T-274 atau dengan korelasi CBR (pemeriksaan laboratorium), sedangkan Faktor Regional (FR) yaitu berdasarkan perbedaan kondisi lingkungan yang dalam hal ini dinyatakan dengan koefisien drainasi, kehilangan tingkat pelayanan dan simpangan baku keseluruhan.

AASHTO 1986 memberikan nilai indek permukaan (PSI) berkisar antara 0 - 5, yang ditentukan oleh jenis lapisan permukaan serta kelas jalan. Pada jalan yang baru dibuka nilai indek permukaan sebesar  $I_{Po} = 4,2$  (Witczak, 1975 : 507). Selama periode tertentu, nilai indek permukaan mengalami

penurunan dari  $I_{Po} = 4,2$  hingga mencapai indeks permukaan terminal  $I_{Pt} = 1,5 ; 2,0$  atau  $2,5$ .

Indek tebal pekerasan merupakan besaran yang menyatakan indek tebal masing-masing lapis pekerasan juga ditentukan oleh kekuatan bahan penyusunnya, yaitu bahan pekerasan sebagai lapis permukaan ( $a_1$ ), pondasi ( $a_2$ ) dan pondasi bawah ( $a_3$ ).

### Perhitungan

#### 1. Data lalu lintas

Data lalu lintas (LHR) yang dipakai sama dengan data LHR pada metode Bina Marga 1987 (lihat pada Tabel 6.8).

Data-data lain yang diperlukan adalah sebagai berikut ini.

- a. Periode analisis = 10 tahun
- b. Jumlah jalur = 2 jalur
- c. Fungsi jalan = Urban
- d. Klasifikasi jalan = Arteri
- e. Tanah dasar (CBR) = 5 %
- f. Indek Plastisitas = 23,11 %

Data yang diasumsikan antara lain :

- a. Angka pertumbuhan = 6 % per tahun
- b. Tingkat pelayanan awal ( $P_o$ ) = 4,2 (laston)
- c. Reabilitas dan simpangan baku keseluruhan

Reabilitas adalah nilai probabilitas dari kemungkinan tingkat pelayanan dapat dipertahankan selama masa pelayanan dipandang

dari si pemakai jalan. Reabilitas adalah nilai jaminan bahwa perkiraan beban lalu lintas yang akan memakai jalan tersebut dapat dipenuhi. Reabilitas dinyatakan dalam tingkat reliabilitas (level of reliability) atau R, seperti pada Tabel 6.9 berikut ini.

Tabel 6.9. Tingkat Reliabilitas (R)

Fungsi Jalan	Tingkat Keandalan (R) %	
	Urban	Rural
Jalan tol	85 - 99,9	80 - 99,9
Arteri	80 - 99	75 - 95
Kolektor	80 - 95	75 - 95
Lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber : AASHTO 1986.

Simpangan baku ( $Z_r$ ) keseluruhan akibat perkiraan beban lalu lintas dan kondisi perkerasan dapat dilihat pada Tabel 6.10 berikut ini, berdasarkan angka reliabilitas (R).

Tabel 6.10. Simpangan Baku Keseluruhan

Reliability R (%)	Standart Normal Deviate ( $Z_r$ )	Reliability R (%)	Standart Normal Deviate ( $Z_r$ )
50	-0,000	92	-1,405
60	-0,253	93	-1,476
70	-0,524	94	-1,555
75	-0,674	95	-1,645
80	-0,841	96	-1,751
85	-1,037	97	-1,881
90	-1,282	98	-2,054
91	-1,340		

Sumber : AASHTO 1986, hal. I-62.

Maka dari data di atas diperoleh sebagai berikut ini.

1. Jalan Arteri, Urban → diambil  $R = 90\%$  (lihat Tabel 6.9)

Untuk 2 tahap (perkerasan awal dan 1 kali overlay), maka  $R = 0,9^{1/2} = 95\%$ .

2. Zr (simpangan baku normal) untuk  $R = 95\%$  adalah -1,645 (lihat Tabel 6.10).

c. Koefisien drainasi (m)

Sistem drainasi dari jalan sangat mempengaruhi kinerja jalan tersebut. Tingkat kecepatan pengeringan air yang jatuh atau yang terdapat pada konstruksi jalan raya bersama-sama beban lalu lintas dan kondisi permukaan jalan sangat mempengaruhi umur pelayanan jalan. Berdasarkan kualitas dari drainasi pada lokasi jalan, maka dapat ditentukan koefisien dari lapisan perkerasan lentur seperti pada Tabel 6.11 berikut ini.

Tabel 6.11. Koefisien Drainasi

Kualitas Drainasi	Persen waktu perkerasan dalam keadaan lembab - jenuh			
	< 1	1 - 5	5 - 25	> 25
Baik sekali	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Baik	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Cukup	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Buruk	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Buruk sekali	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Sumber : AASHTO 1986

Dari tabel 6.11, diambil 0,9 untuk keadaan drainasi cukup dan waktu perkerasan dalam keadaan lembab sampai jenuh 5 - 25%, harga  $m_2$  dan  $m_3$  diambil harga menengah yaitu sebesar 0,9.

d. Standar deviasi keseluruhan ( $S_o$ )

Untuk perencanaan antara 0,4 - 0,5  $\rightarrow$  diambil 0,45, menurut AASHTO 1986 Bagian I Bab 4 Subbab 4.3 Halaman I-62.

e. Tanah dasar (Modulus resilient/ $M_r$ )

$$M_r = 1500 \times \text{CBR} = 1500 \times 5\% = 7500 \text{ Psi}$$

2. Analisa Lalu lintas

Dari persamaan 6.2 dan 6.3, maka faktor ekivalen dapat dihitung yang hasilnya disajikan dalam Tabel 6.12. berikut ini.

Tabel 6.12. Faktor Ekivalen kendaraan

Jenis kendaraan	Faktor Ekivalen
- Kendaraan ringan 2 ton as depan 1 ton as belakang 1 ton	0,0004
- Bus 8 ton as depan 3 ton as belakang 5 ton	0,1593
- Truk 2 as = 13 ton as depan 5 ton as belakang (ganda) 8 ton	1,0648
- Truk 3 as = 20 ton as depan 6 ton 2 as belakang (ganda) 7 ton	1,0375
- Truk 5 as = 30 ton as depan 6 ton 2 as belakang (ganda) 7 ton as gandeng depan 5 ton as gandeng belakang 5 ton	1,3195

Dari faktor ekivalen beban gandar (as) pada Tabel 6.12, maka dapat dihitung jumlah kendaraan untuk tahun pertama seperti terlihat pada Tabel 6.13. berikut ini.

Tabel 6.13. Perhitungan beban ulang 18-K ESAL kendaraan

Jenis kendaraan	Jml kend. tahun I (a)	Angka pertumbuhan (b)	Perencanaan tahun I (c)	Faktor Ekivalen (d)	Perencanaan 18-K ESAL (e)
		6%			
Kend.ringan 2ton	14585	13,18	70164060	0,0004	28066
Bus 8 ton	1485	13,18	7143890	0,1593	1138022
Truk 2 as	1938	13,18	9323137	1,0648	9927276
Truk 3 as	443	13,18	2131140	1,0375	2211058
Truk 5 as	348	13,18	1674124	1,3915	2329544
Jumlah total	18799		90436351		15633966

dengan :

(a) = jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) tahun 1996.

(b) = faktor pertumbuhan lalu lintas yang diperoleh dari persamaan :

$$\text{faktor} = \frac{(1 + g)^t - 1}{g} \quad (6.9)$$

atau diperoleh dari grafik pada lampiran-16.

(c) = perencanaan lalu lintas tahun pertama yaitu :  $365 \times (a) \times (b)$

(d) = faktor ekivalen (lihat Tabel 6.12)

(e) = perencanaan jumlah kendaraan ekivalen 18-k ESAL = (c) x (d)

Sehingga pengulangan kumulatif 18-k ESAL per arah lajur rencana tahun pertama adalah :

$$W_{18t} = D_D \times D_L \times W_{18} \quad (6.10)$$

dengan : DD = faktor distribusi arah = 50%

DL = faktor distribusi lajur = 100%

maka :

$$\begin{aligned} W_{18t} &= 0,5 \times 1 \times 15633966 \\ &= 7816983 \text{ 18-k ESAL} \\ &= 7,8 \times 10^6 \text{ 18-k ESAL} \end{aligned}$$

### 3) Perkiraan Periode Perencanaan

Diperkirakan periode perencanaan konstruksi 10 tahun dihitung SN maksimum selama periode perencanaan. Untuk menghitung SN dengan data sebagai berikut :

$$\Delta PSI = P_o - P_t = 4,2 - 2,0 = 2,2$$

$$R = 95\%$$

$$Z_r = -1,645$$

$$S_o = 0,45$$

$$M_r = 7500 \text{ Psi}$$

$$W_{18t} = 7,8 \times 10^6 \text{ 18-k ESAL}$$

Dari data tersebut di atas dengan gambar pada lampiran-17 didapatkan SN = 4,90. Harga SN = 4,90 ini sama dengan asumsi pertama.

### 4) Pengaruh Pengembangan Tanah Dasar

Dihitung pengaruh pengembangan tanah dasar yang menyebabkan berkurangnya tingkat pelayanan. Diasumsikan ketebalan badan jalan  $\geq 20$  inch dan diketahui Indeks Plastisitas 23,11%. Dari grafik potensi pengembangan

vertikal pada lampiran-19, diperoleh potensi pengembangan vertikal ( $V_r$ ) = 0,05 inchi.

Tingkat pengembangan tetap ( $\theta$ ) = 0,07 untuk IP > 20 menurut AASHTO hal.H-4. Rumus yang digunakan untuk menilai besarnya penurunan indeks permukaan akibat pengembangan (swell) yaitu :

$$\Delta PSI_{swell} = 0,00335 \times V_r \times P_s \times (1 - e^{-\theta t}) \quad (6.11)$$

dengan :

$\Delta PSI_{swell}$  = perubahan indeks permukaan akibat pengembangan tanah dasar

$V_r$  = besarnya potensi merembes ke atas (inch)

$P_s$  = probabilitas pengembangan (%)

$\theta$  = tingkat pengembangan tetap

$t$  = jumlah tahun yang ditinjau

atau diperoleh dari grafik pada lampiran-20, dengan  $P_s = 80\%$  (timbunan tanah dasar 80%, diasumsikan mempunyai swelling yang sama), diperoleh hasil perhitungan  $\Delta PSI_{swell}$  dapat dilihat dalam Tabel 6.14 berikut ini.

Tabel 6.14.  $\Delta PSI_{swell}$  terhadap waktu

X	Y	X	Y
0	0	5,5	$4,3 \times 10^{-5}$
1,0	$0,9 \times 10^{-5}$	6,0	$4,6 \times 10^{-5}$
1,5	$1,3 \times 10^{-5}$	6,5	$4,9 \times 10^{-5}$
2,0	$1,8 \times 10^{-5}$	7,0	$5,2 \times 10^{-5}$
2,5	$2,2 \times 10^{-5}$	7,5	$5,5 \times 10^{-5}$
3,0	$2,5 \times 10^{-5}$	8,0	$5,7 \times 10^{-5}$
3,5	$2,9 \times 10^{-5}$	8,5	$6,0 \times 10^{-5}$
4,0	$3,3 \times 10^{-5}$	9,0	$6,3 \times 10^{-5}$
4,5	$3,6 \times 10^{-5}$	9,5	$6,5 \times 10^{-5}$
5,0	$4,0 \times 10^{-5}$	10	$6,7 \times 10^{-5}$

dengan : X = waktu tahun dan Y =  $\Delta PSI_{swell}$



### 5) Perencanaan Tebal Lapisan Perencanaan

Nilai modulus untuk batuan dasar ( $E_{bs}$ ) adalah fungsi dari kadar air dan nilai tegangannya ( $\theta$ ). Harga  $\theta$  ini untuk lapis pondasi atas (base) bervariasi dengan nilai modulus subgradenya dan ketebalan dari lapis permukaan, hal ini bisa dilihat pada Tabel 6.15 berikut ini.

Tabel 6.15. Nilai tegangan ( $\theta$ ) dari lapis pondasi atas

Ketebalan beton aspal (inch)	Nilai modulus kenyal subgrade (Psi)		
	3000	7500	15000
< 2	20	25	30
2 - 4	10	15	20
4 - 6	5	10	15
> 6	5	5	5

Sumber : AASHTO 1986, hal. II-21

Nilai tegangan ( $\theta$ ) yang bisa digunakan sebagai pemandu untuk memilih nilai modulus untuk lapis pondasi bawah (sub-base) disajikan dalam Tabel 6.16 berikut ini.

Tabel 6.16. Nilai tegangan ( $\theta$ ) untuk lapis sub-base

Ketebalan beton aspal (inch)	Nilai tegangan ( $\theta$ )
< 2	10
2 - 4	7,5
> 4	5

Sumber : AASHTO 1986, hal. II-22

Nilai modulus kenyal lapisan pondasi atas dan pondasi bawah dihitung berdasarkan rumus :

$$M_k = k_1 \times (t)^{k_2} \quad (6.12)$$

dengan :  $k_1$  dan  $k_2$  = suatu koefisien, tergantung keadaan tanah dasar.

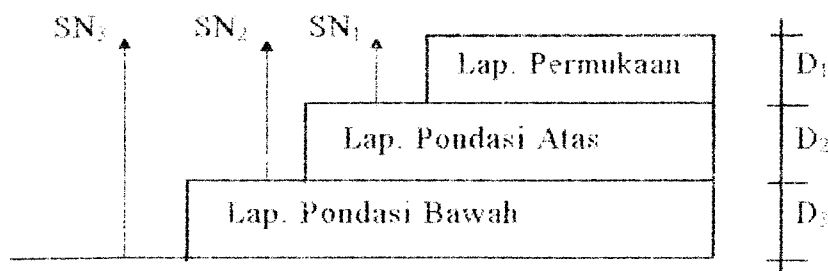
Nilai  $k_1$  dan  $k_2$  untuk lapisan pondasi atas dan pondasi bawah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6.17. Nilai  $k_1$  dan  $k_2$  untuk material pondasi atas dan bawah

Kondisi kadar air	Base		Sub-base	
	$k_1$	$k_2$	$k_1$	$k_2$
Kering	6000 - 10000	0,5 - 0,7	6000 - 8000	0,4 - 0,6
Lembab	4000 - 6000	0,5 - 0,7	4000 - 6000	0,4 - 0,6
Basah	2000 - 4000	0,5 - 0,7	1500 - 4000	0,4 - 0,6

Sumber : AASHTO 1986, hal II-22

Susunan lapis perkerasan menurut AASHTO 1986 :



Gambar 6.17. Tebal lapis keras menurut metode AASHTO 1986

Dengan mempergunakan rumus dari AASHTO 1986 seperti di bawah ini :

$$\Rightarrow D_1^* \geq SN_1 / a_1 \quad (6.13)$$

$$\Rightarrow SN_1^* = a_1 \cdot D_1^* \geq SN_1 \quad (6.14)$$

$$\Rightarrow D_2^* \geq (SN_2 - SN_1^*) / a_2 \cdot m_2 \quad (6.15)$$

$$\Rightarrow SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2 \quad (6.16)$$

$$\Rightarrow D_3^* \geq \{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)\} / a_3 \cdot m_3 \quad (6.17)$$

dengan :  $a$  = koefisien kekuatan relatif ;  $m_{23}$  = koefisien drainasi

$D$  = tebal perkerasan tiap lapis

$$\text{Rumus lain : } a_2 = 0,249 (\log Mr_{BS}) - 0,977 \quad (6.18)$$

$$a_3 = 0,277 (\log Mr_{SB}) - 0,839 \quad (6.19)$$

Nilai koefisien drainasi (lihat tabel 6.11)  $m_2$  dan  $m_3$  dipilih dengan anggapan bahwa kualitas drainasinya cukup dan prosentase struktur perkerasan yang tergenang antara 5 - 25%, harga  $m_2$  dan  $m_3$  diambil harga menengah yaitu sebesar 0,9.

### Perhitungan

Diketahui.

- a.  $R = 95\%$ ,  $S_o = 0,45$  dan  $W_{10} = 7,8 \times 10^6$  18-k ESAL
- b. Untuk lapis permukaan beton aspal nilai modulus elastis ( $E$ ) diambil 100000 Psi, maka nilai koefisien untuk lapisan permukaan  $a_1 = 0,19$  (lihat grafik lampiran-21).
- c. Ketebalan lapisan aspal diambil  $> 6$  inch.
- d.  $Mr = 7500$  Psi
- e. Nilai tegangan ( $\theta$ ) untuk lapis pondasi atas = 5 Psi (lihat tabel 6.15)

Kondisi kadar air dianggap kering, maka nilai  $k_1$  dan  $k_2$  diambil harga diantaranya, sehingga nilai modulus kenyal untuk lapisan pondasi atas adalah :  $M_k = 8000 \times 5^{0,6} = 21012$  Psi  $\rightarrow$  21000 Psi.

maka,

$$SN_1 = 3,40 \text{ (lihat grafik pada lampiran-16)}$$

$$D_1^* = SN_1 / a_1$$

$$= 3,40 / 0,19 \sim 18 \text{ inch} = 46 \text{ cm}$$

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^*$$

$$= 0,19 \times 18 = 3,42 > SN_1 = 3,40$$

Dengan anggapan bahwa kebasahan dari lapis pondasi bawah (sub-base) adalah lembab, dan nilai tegangannya adalah 5 Psi, maka  $M_k = 5000 \times 5^{0.5}$   
 $= 11180 \text{ Psi}$ .

maka :

$$SN_2 = 4,30 \text{ (lihat grafik pada lampiran-17)}$$

$$a_2 = 0,249 (\log Mr_{BS}) - 0,977$$

$$= 0,249 \log 21000 - 0,977 = 0,099$$

$$m_2 = 0,9$$

$$D_2^* = (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \times m_2)$$

$$= (4,3 - 3,42) / (0,099 \times 0,9) \sim 10 \text{ inch} = 26 \text{ cm}$$

$$SN_2^* = a_2 \times D_2^* \times m_2$$

$$= 0,099 \times 10 \times 0,9 = 0,89$$

$$SN_1^* + SN_2^* > SN_2$$

$$3,42 + 0,89 = 4,31 > 4,30$$

Untuk lapis pondasi bawah, nilai  $SN_3$  diambil  $SN_{awal}$  (angka struktur awal) yaitu 4,90 , maka ;

$$SN_3 = 4,90$$

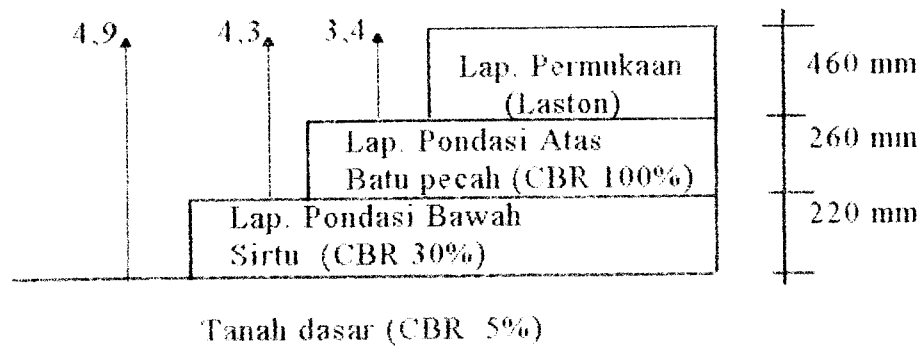
$$a_3 = 0,277 (\log Mr_{SB}) - 0,839 = 0,277 \log 11180 - 0,839 = 0,08$$

$$m_3 = 0,9 \text{ (idem } m_2)$$

$$D_3^* = [SN_2 - (SN_2^* + SN_1^*)] / (a_3 \times m_3)$$

$$= [4,90 - (0,89 + 3,42)] / (0,08 \times 0,9) = 8,5 \text{ inch} = 22 \text{ cm}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 6.18. Ketebalan masing-masing lapisan

Karena hasil tes laboratorium untuk aspal menghasilkan ketebalan aspal yang cukup tebal, maka dalam perencanaan cara AASHTO ini dicoba dengan berbagai nilai modulus kekerasan aspal untuk mendapatkan ketebalan lapisan aspal yang lebih realistik.

#### *Trial pertama*

Diketahui :

- $E = 450000 \text{ psi}$
- Ketebalan aspal  $> 6 \text{ inch}$
- $M_r$  (Modulus resilient) = 7500 psi
- Nilai tegangan ( $\theta$ ) untuk lapis pondasi atas = 5 Psi (lihat tabel 6.15)
- Kondisi lapis pondasi atas dianggap kering, maka modulus kekenyalan untuk lapis pondasi atas (base) :  $M_k = 8000 \times 5^{0,6} = 21000 \text{ psi}$ .
- $SN_1 = 3,40$

maka :

$$D_1^* = SN_1 / a_1 ; \text{ untuk } E = 450000 \text{ psi} \rightarrow a_1 = 0,44$$

$$= 3,40 / 0,44 \approx 8 \text{ inch} = 21 \text{ cm}$$

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^*$$

$$= 0,44 \times 8 = 3,52 > 3,40$$

Bila kondisi sub-base dianggap lembab, maka modulus kekenyalan lapisan pondasi bawah (sub-base) :  $M_k = 5000 \times 5^{0,5} = 11180 \text{ psi}$ .

$$SN_2 = 4,3$$

maka :

$$D_2^* = (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \times m_2) ; a_2 = 0,099 \text{ dan } m_2 = 0,9$$

$$= (4,3 - 3,52) / (0,099 \times 0,9) \approx 9 \text{ inch} = 23 \text{ cm}$$

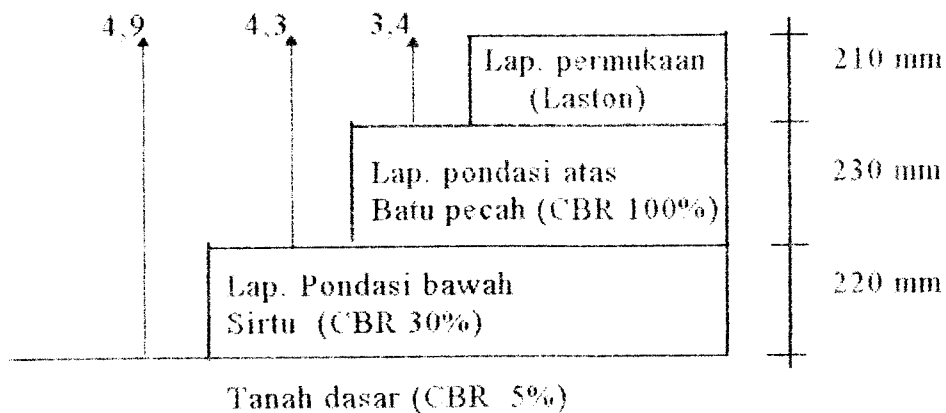
$$SN_2^* = a_2 \times D_2^* \times m_2$$

$$= 0,099 \times 9 \times 0,9 = 0,80$$

$$D_3^* = [SN_3 - (SN_2^* + SN_1^*)] / (a_3 \times m_3) ; a_3 = 0,08 \text{ dan } m_3 = 0,9$$

$$= [4,90 - (0,80 + 3,52)] / (0,08 \times 0,9) \approx 8,5 \text{ inch} = 22 \text{ cm}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 6.19. Ketebalan masing-masing lapisan untuk trial pertama

*Trial kedua*

Diketahui :

$E = 500000$  psi, dan besaran-besaran lainnya sama seperti pada trial pertama ( $SN_1 = 3,40$  ;  $SN_2 = 4,30$  ; dan  $SN_3 = 4,90$ ), maka diperoleh :

$$D_1^* = SN_1 / a_1 \quad ; \text{ Untuk } E = 500000 \text{ psi} \rightarrow \text{harga } a_1 = 0,47$$

$$= 3,40 / 0,47 \rightarrow 7,5 \text{ inch} = 19 \text{ cm}$$

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^*$$

$$= 0,47 \times 7,5 = 3,53 > SN_1 = 3,40$$

$$D_2^* = (SN_2 - SN_1^*) / (a_2 \times m_2)$$

$$= (4,3 - 3,53) / (0,099 \times 0,9) \rightarrow 9 \text{ inch} = 23 \text{ cm}$$

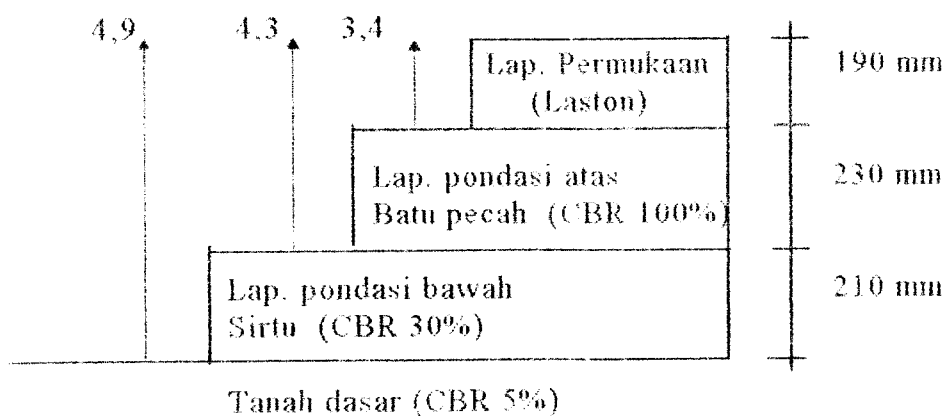
$$SN_2^* = a_2 \times D_2^* \times m_2$$

$$= 0,099 \times 9 \times 0,9 = 0,80$$

$$D_3^* = [SN_3 - (SN_2^* + SN_1^*)] / (a_3 \times m_3)$$

$$= [4,90 - (0,80 + 3,53)] / (0,08 \times 0,9) \rightarrow 8 \text{ inch} = 21 \text{ cm}$$

Susunan perkerasan :



Gambar 6.20. Ketebalan masing-masing lapisan untuk trial kedua

Hasil perhitungan ketebalan perkerasan dari masing-masing metode disajikan dalam Tabel 6.15 berikut ini.

Tabel 6.15. Hasil hitungan tebal perkerasan dengan berbagai metode.

Metode perencanaan	Ketebalan lapisan (mm)			
	$h_1$ <sup>2)</sup>	$h_2$ <sup>3)</sup>	$h_3$ <sup>4)</sup>	$\Sigma h$ <sup>5)</sup>
C B R	80	100	340	520
Bina Marga 1987	150	200	290	640
AASHTO 1986	170	210	210	590
Road Note 31 <sup>1)</sup>	50	150	280	480

Keterangan :

- 1) Perhitungan metode Road Note 31 dapat dilihat pada lampiran-22
- 2)  $h_1$  = tebal lapis permukaan (aspal)
- 3)  $h_2$  = tebal lapis pondasi atas (base course)
- 4)  $h_3$  = tebal lapis pondasi bawah (sub-base course)
- 5)  $\Sigma h$  = jumlah total tebal lapis perkerasan



## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

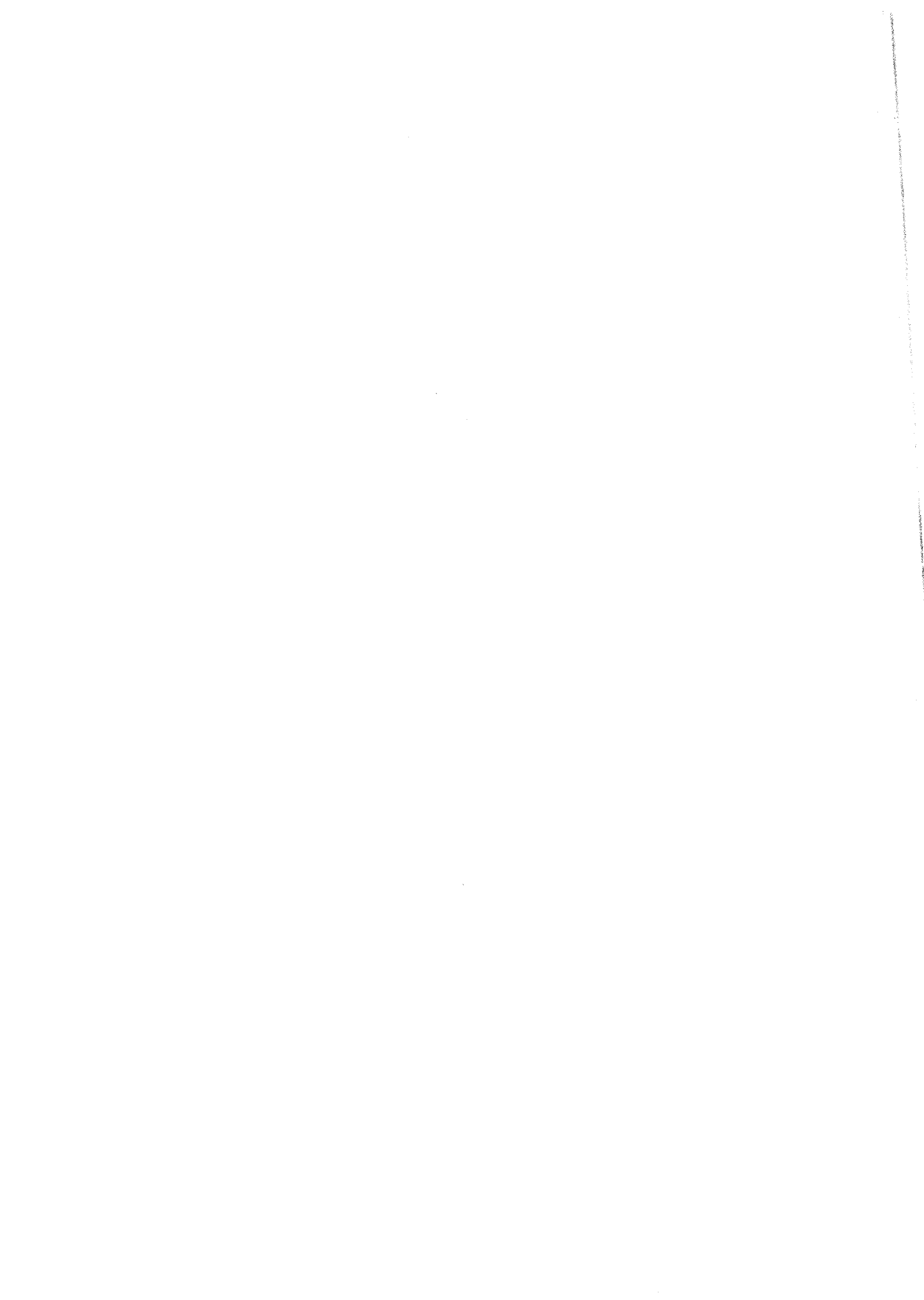
#### 7.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian stabilisasi tanah lempung Kulon Progo menggunakan pasir Krasak di laboratorium mekanika tanah yang ditujukan untuk perbaikan lapisan “subgrade”, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut ini.

1. Berdasarkan nilai  $IP_{\text{penelitian}} < LL - 30$  atau  $23,11\% < 32\%$ , maka tanah lempung dari Kulon Progo menurut AASHTO 1982 termasuk kelompok A-7-5 atau tanah lempung yang tidak baik/buruk sebagai bahan lapis dasar (Subgrade).
2. Kekuatan tanah mengalami peningkatan dengan penambahan variasi pasir. Pada variasi pasir 10%, untuk uji pemadatan nilai berat volume tanah kering dari  $1,29 \text{ kg/cm}^3$  menjadi  $1,38 \text{ kg/cm}^3$ . Pada uji Triaksial, nilai kohesi (C) dari  $0,25 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $0,75 \text{ kg/cm}^2$  dan sudut gesek dalam ( $\phi$ ) yang diperoleh yaitu dari  $8^\circ$  naik menjadi  $10^\circ$ .
3. Nilai CBR naik setelah lempung dicampur dengan kadar pasir tertentu. Pada uji CBR tanpa rendaman dengan variasi pasir 10%, nilai CBR berubah dari  $5,60\%$  menjadi  $10,80\%$ . Pada uji CBR dengan rendaman selama 5 hari, nilai CBR turun dari  $5\%$  menjadi  $0,32\%$ .

## 7.2. Saran

1. Pengembangan dan penyusutan pada tanah lempung sangat dipengaruhi oleh perubahan kadar air, untuk itu dijaga jangan sampai kadar air berubah. Agar kadar air tetap terjaga, maka faktor drainasi harus diperhatikan berkaitan dengan sifat tanah lempung seperti :
  - a. drainasi samping dibuat kemiringan yang lebih baik untuk segera mengalirkan air dan lebih tepat apabila drainasi tepi dibuat talud untuk mempertahankan keberadaan stabilisasi subgradenya, dan
  - b. letak drainasi permukaan hendaknya sejauh mungkin dari ujung/tepi perkerasan, karena hal ini akan mengurangi kadar air tanah.Alternatif lain yaitu penggunaan lapisan bitumen sebagai pelindung subgrade dengan maksud untuk menahan kadar air tanah supaya tidak hilang.
2. Sifat dari penelitian berupa percobaan pengujian di laboratorium, untuk itu diperlukan ketelitian dalam pengukuran bahan serta ketelitian dalam pembacaan data yang dihasilkan. Begitu pula untuk ketentuan pengujian yang berkaitan dengan percobaan pemadatan dan CBR harus diawasi secara ketat.
3. Perhitungan perencanaan ketebalan perkerasan diperlukan berbagai metode yang telah ada dengan tujuan sebagai pembanding sehingga diperoleh hasil yang lebih akurat.



## P E N U T U P

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa suatu rintangan yang berarti.

Penyusun menyadari masih kurang dan sempurnanya maka saran beserta kritik yang membangun sangat kita harapkan. Untuk itu semua, penyusun mengucapkan banyak-banyak terima kasih.

Akhir kata penyusun berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa dan bagi pembaca serta masyarakat pada umumnya, Amin.

## DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, 1986, GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES, Published by The American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.

Bowles, Joseph E, 1986, SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH (terjemahan), Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.

Das, Braja M, 1991, MEKANIKA TANAH (PRINSIP-PRINSIP REKAYASA GEOTEKNIS (terjemahan), Jilid I & II, Erlangga, Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, 1987, PETUNJUK PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA DENGAN METODE ANALISA KOMPONEN, SKBI-2.3.26.1987, UDC: 625.72 (02) No.378/Kpts/1987, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Direktorat Jendral Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum dan tenaga Listrik, 1976, PERATURAN PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN RAYA, No.13/1970, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Djarmiko Soedarmo, G., 1993, MEKANIKA TANAH I, Jilid I, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Hary Christady Hardiyatmo, 1992, MEKANIKA TANAH I, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Ingles, O.G. and J.B.Metcalf, 1972, SOIL STABILIZATION, Butterworths, Melbourne.

McElvaney.J. (O'Sullivan dan Graham), March 1992, ROAD PAVEMENT ENGINEERING, GROUP INDEX AND CBR METHODS OF FLEXIBLE PAVEMENT DESIGN, Graduate Programe in Highway Engineering and Development, Institut Teknologi Bandung and University of Leeds Institute for Transport Studies, Bandung.

Silvia Sukirman, 1995, PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA, Edisi 1995, Nova, Bandung.

Road Note-31, 1977, A GUIDE TO THE STRUCTURAL DESIGN OF BITUMEN-SURFACED ROADS IN TROPICAL AND SUB-TROPICAL

COUNTRIES, Third Edition, Transport and Road Research Laboratory, Department of the Environment, Department of Transport, London.

Road Note-29, 1970, A GUIDE TO STRUCTURAL DESIGN OF PAVEMENTS FOR NEW ROADS, Third Edition, Department of the Environment, London.

Wesley L.D, 1977, MEKANIKA TANAH, Cetakan ke VI, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta Selatan.

# LAMPIRAN

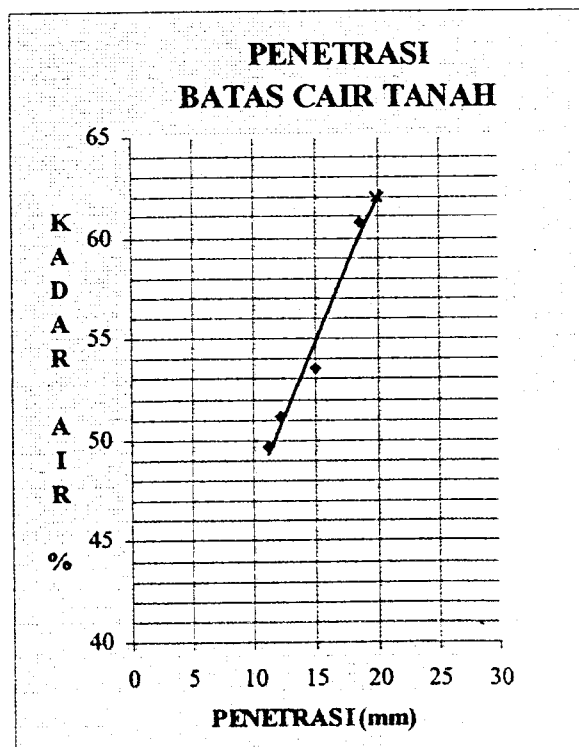
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 0%

TANGGAL : 30 - 5 - 1997

### BATAS CAIR TANAH

PERCOBAAN		I		II		III		IV	
PENETRASI (mm)		11,03		12,16		14,87		18,56	
KADAR AIR (w) = $\frac{W2 - W3}{W3 - W1}$ x 100%	W1	21,88	21,99	21,67	21,98	21,85	21,49	21,75	21,97
	W2	46,46	48,11	53,38	39,69	40,53	42,16	42,15	45,58
	W3	38,27	39,47	42,62	33,71	34,01	34,96	34,41	36,69
	w	49,97	49,43	51,36	50,98	53,62	53,45	61,14	60,39
w (rt)		49,70		51,17		53,54		60,77	



### BATAS PLASTIS

	I	II
W1	21,93	21,65
W2	49,33	47,87
W3	41,71	40,48
w	38,52	39,25
w (rt) = PL		38,89

$$PI = LL - PL$$

$$PI = 62 - 38,89 = 23,11 \%$$

*[Handwritten Signature]*  
01/10/97



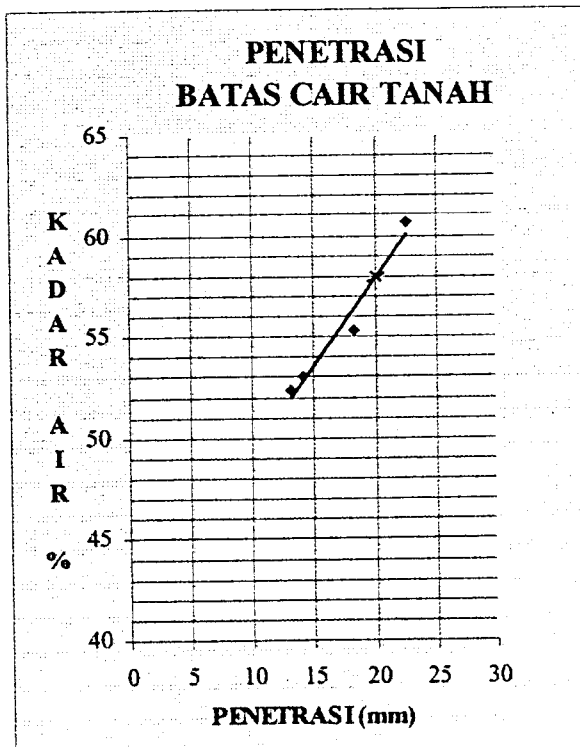
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 10%

TANGGAL : 30 - 5 - 1997

**BATAS CAIR TANAH**

PERCOBAAN		I		II		III		IV	
PENETRASI (mm)		13,03		14,11		18,23		22,56	
KADAR AIR (w) = $\frac{W2 - W3}{W3 - W1}$ x 100%	W1	21,89	21,82	21,83	21,81	21,99	21,85	21,57	21,83
	W2	42,33	44,27	42,74	47,76	42,16	40,53	34,47	39,26
	W3	35,22	36,54	35,49	38,77	34,96	33,89	32,66	32,73
	w	52,20	52,51	53,07	53,01	55,51	55,15	61,41	59,91
w (rt)		52,36		53,04		55,33		60,66	



**BATAS PLASTIS**

	I	II
W1	22,32	21,88
W2	50,41	50,26
W3	42,52	42,35
w	39,06	38,64
w (rt) = PL		38,85

PI = LL - PL

PI = 58 - 38,85 = 19,15 %

*[Handwritten signature]*  
28/7/97

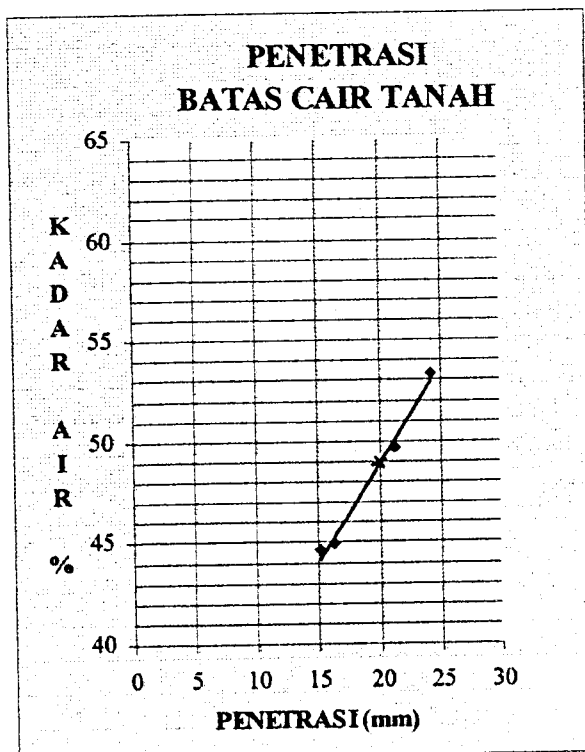
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 20%

TANGGAL : 30 - 5 - 1997

**BATAS CAIR TANAH**

PERCOBAAN		I		II		III		IV	
PENETRASI (mm)		15,01		16,32		21,19		24,26	
KADAR AIR (w) = $\frac{W2 - W3}{W3 - W1}$ x 100%	W1	22,28	21,48	22,18	22,05	21,45	21,80	21,44	21,90
	W2	45,45	41,79	44,84	48,90	42,29	43,61	41,35	52,39
	W3	38,21	35,60	37,80	40,60	35,35	36,40	34,45	41,75
	w	45,45	43,84	45,07	44,74	49,93	49,38	53,04	53,60
w (rt)		44,65		44,91		49,66		53,32	



**BATAS PLASTIS**

	I	II
W1	22,00	22,06
W2	54,61	49,50
W3	46,81	43,01
w	31,44	30,98
w (rt) = PL		31,21

$PI = LL - PL$

$PI = 49 - 31,21 = 17,99 \%$

*[Handwritten signature]*  
26/7/97

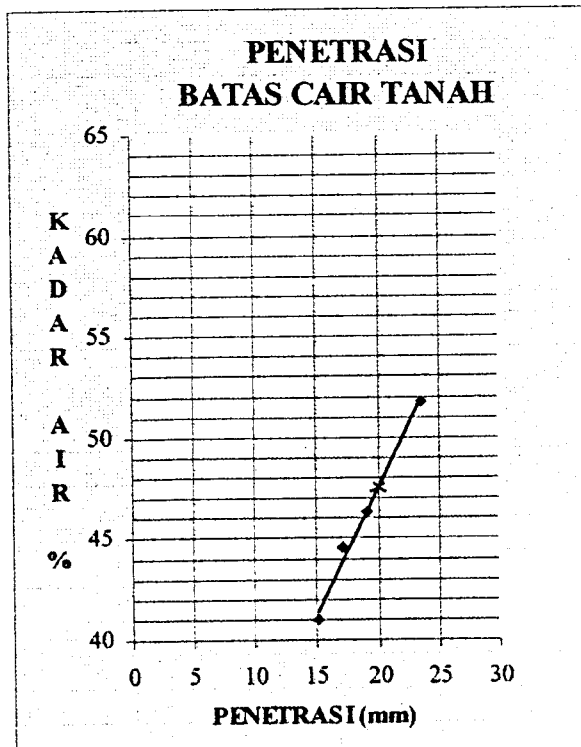
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 30%

TANGGAL : 30 - 5 - 1997

**BATAS CAIR TANAH**

PERCOBAAN		I		II		III		IV	
PENETRASI	(mm)	15,05		17,08		19,03		23,54	
KADAR AIR (w) = $\frac{W2 - W3}{W3 - W1}$ x 100%	W1	21,71	22,05	22,10	21,70	21,65	21,99	22,01	21,94
	W2	46,60	48,48	45,55	42,80	43,10	44,70	39,82	42,40
	W3	39,70	40,45	38,32	36,31	36,32	37,50	33,58	35,61
	w	38,35	43,64	44,57	44,42	46,22	46,42	53,93	49,67
	w (rt)	41,00		44,50		46,32		51,80	



**BATAS PLASTIS**

	I	II
W1	22,10	22,00
W2	49,78	42,70
W3	43,27	37,89
w	30,75	30,27
w (rt) = PL		30,51

$$PI = LL - PL$$

$$PI = 47,75 - 30,51 = 17,24 \%$$

*[Handwritten Signature]*  
26/5/97

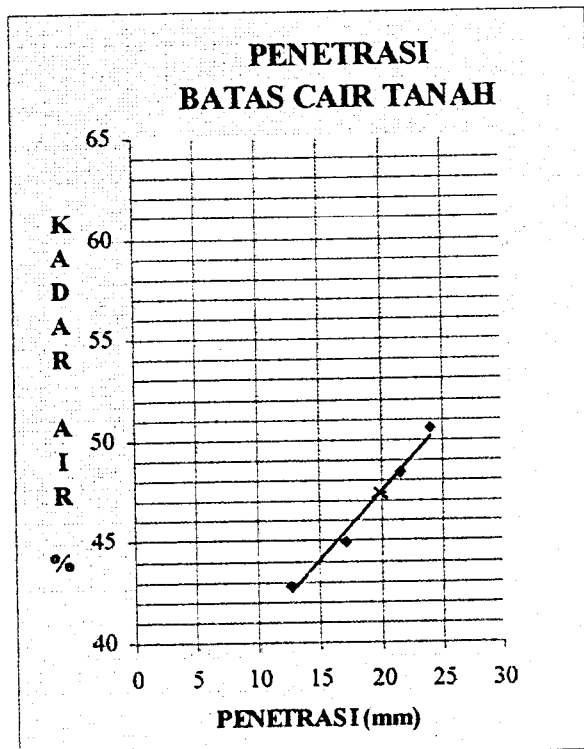
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH**

MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 40%

TANGGAL : 30 - 5 - 1997

### BATAS CAIR TANAH

PERCOBAAN		I		II		III		IV	
PENETRASI	(mm)	12,62		17,03		21,60		24,07	
KADAR AIR (w) = $\frac{W2 - W3}{W3 - W1}$ x 100%	W1	21,71	22,22	22,00	21,75	22,05	21,45	21,84	21,79
	W2	40,00	37,40	37,95	37,21	35,54	37,41	46,29	43,30
	W3	34,53	32,84	33,02	32,40	31,13	32,22	38,08	36,08
	w	42,67	42,94	44,74	45,16	48,57	48,19	50,55	50,52
	w (rt)	42,81		44,95		48,38		50,54	



### BATAS PLASTIS

	I	II
W1	22,01	21,80
W2	48,88	44,55
W3	42,66	39,24
w	30,12	30,45
w (rt) = PL		30,29

$$PI = LL - PL$$

$$PI = 47,40 - 30,29 = 17,11 \%$$

*[Handwritten signature]*  
26/7/97.



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.(0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH PB - 0108 - 76

Proyek : Penelitian Tugas Akhir  
Material : Lempung (tanah asli tak terganggu)  
Tanggal : 2 Juni 1997

No.	Keterangan	I	II
1.	Berat picknometer kosong W1 gr	19,64	17,91
2.	Berat picknometer + tanah kering W2 gr	28,32	28,43
3.	Berat picno + tanah + air W3 gr	49,59	48,57
4.	Berat picno + air W4 gr	45,00	42,36
5.	Temperatur t° C	25	25
6.	Berat tanah $W_t = W_2 - W_1$ gr	8,68	10,52
7.	$A = W_t + W_4$	53,68	52,88
8.	Isi tanah $A - W_3$	4,09	4,31
9.	Berat jenis tanah $G_s = \frac{W_t}{A - W_1}$	2,122	2,441
10.	Berat jenis tanah rata-rata	2,442	

*[Handwritten signature]*  
26/6/97



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.(0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH PB - 0108 - 76

Proyek : Penelitian Tugas Akhir  
Material : Lempung (tanah asli terganggu)  
Tanggal : 2 Juni 1997

No.	Keterangan	I	II	III
1.	Berat picknometer kosong W1 gr	17,20	20,31	17,86
2.	Berat picknometer + tanah kering W2 gr	26,58	25,69	21,11
3.	Berat picno + tanah + air W3 gr	48,22	48,47	49,83
4.	Berat picno + air W4 gr	42,33	45,09	43,41
5.	Temperatur t° C	26,50	26,50	26,50
6.	Berat tanah $W_t = W_2 - W_1$ gr	9,38	5,38	10,25
7.	$A = W_t + W_4$	51,71	50,47	53,66
8.	Isi tanah $A - W_3$	3,49	2,00	3,83
9.	Berat jenis tanah $G_s = \frac{W_t}{A - W_1}$	2,688	2,690	2,676
10.	Berat jenis tanah rata-rata	2,685		

*[Handwritten signature]*  
20/7/97



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.(0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS TANAH PB - 0108 - 76

Proyek : Penelitian Tugas Akhir  
Material : Pasir Krasak  
Tanggal : 2 Juni 1997

No.	Keterangan		I	II	III
1.	Berat picknometer kosong	W1 gr	20,77	20,84	35,13
2.	Berat picknometer + tanah kering	W2 gr	66,27	54,88	65,46
3.	Berat picno + tanah + air	W3 gr	109,30	92,68	104
4.	Berat picno + air	W4 gr	80,45	71,08	84,75
5.	Temperatur	t° C	27	27	27
6.	Berat tanah	$W_t = W_2 - W_1$ gr	45,50	34,04	30,33
7.	$A = W_t + W_4$		125,95	105,12	115,08
8.	Isi tanah	$A - W_3$	16,65	12,44	11,08
9.	Berat jenis tanah	$G_s = \frac{W_t}{A - W_1}$	2,733	2,736	2,737
10.	Berat jenis tanah rata-rata		2,735		

*[Handwritten signature]*  
26/6/97



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.(0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN KADAR AIR PB - 0117 - 76

Proyek : Penelitian Tugas Akhir  
Material : Lempung (tanah asli tak terganggu)  
Tanggal : 4 Juni 1997

No.	Keterangan	I	II
1.	Berat cawan susut W1 gram	22,24	22,00
2.	Berat cawan + tanah basah W2 gram	56,00	45,05
3.	Berat cawan + tanah kering W3 gram	44,57	37,73
4.	Berat air W2 - W3 gram	11,43	7,73
5.	Berat tanah kering W3 - W1 gram	22,33	15,32
6.	Kadar air $w = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\%$	51,19	50,46
7.	Kadar air rata-rata w %	50,825	

*[Handwritten signature]*  
24/9/97





# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH


FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp.(0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN KADAR AIR PB - 0117 - 76

Proyek : Penelitian Tugas Akhir  
Material : Pasir  
Tanggal : 4 Juni 1997

No.	Keterangan	I	II	III
1.	Berat cawan susut                      W1 gram	21,61	21,70	22,03
2.	Berat cawan + tanah basah              W2 gram	62,70	61,70	62,11
3.	Berat cawan + tanah kering              W3 gram	62,30	61,39	61,63
4.	Berat air                                      W2 - W3 gram	0,40	0,31	0,48
5.	Berat tanah kering                        W3 - W1 gram	40,69	39,69	39,60
6.	Kadar air $w = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\%$	0,983	0,781	1,212
7.	Kadar air rata-rata                        w %	0,992		

  
26/9 97



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN Lampiran- 4  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 95330 Yogyakarta 55584

## DISTRIBUSI PEMB. BUTIR TANAH PB-0107-76

Proyek : PENELITIAN Tanggal : 6 Juni 1997  
 Lokasi : - Dikerjakan oleh : -  
 No. Titik : - Diperiksa oleh : -  
 Jenis Tanah : TANAH ASLI

Berat tanah kering (W) = <u>60</u> gr	$K_z = \frac{a}{W} \times 100 = \dots 1,733 \dots$
Berat jenis tanah (G) = <u>2,685</u>	$P = K_z \times R$
Koreksi hidro 152 H (a) = <u>1,04</u>	*) Dari daftar berdasarkan R
Kadar reagen Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> = <u>1000</u> ml/gr	***) Dibaca daftar harga K berdasarkan t dan G
Koreksi miniskus hidrometer (m) = <u>1</u>	

### ANALISA HIDROMETER

Waktu T me nit	Pemb. Hidro meter dlm suspensi	Pemb. Hidro meter dlm cairan	T e m p.	Pemb. Hidro meter terko reksi	* Keda lam- an	** Kon stan ta	diameter butiran $D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$	Pemb. Hidro meter terko reksi	Persen berat le- bih kecil
	R1	R2	t	R=R1+m	L cm	K	mm	R=R1-R2	P %
2	38,5	-2	24,5	39,5	9,8	0,01237	0,027382	40,5	70,1805
5	34	-2	25	35	10,5	0,01228	0,017795	36	62,3880
30	30	-2	24,5	31	11,2	0,01230	0,007515	32	55,450
60	27	-2	25	28	11,7	0,01228	0,005422	29	50,257
250	20	-2	25,5	21	12,9	0,01222	0,002775	22	38,126
1440	17	-2	24	18	13,3	0,01246	0,001974	19	32,927

### ANALISA SARINGAN

No. saringan	Diameter	Berat tertahan	Berat lolos	Persen Berat lebih kecil	d2 s/d d0 hasil saringan
	mm	gr	gr	$P = (e/W) \times 100\%$	
10	2,00	d1= 0,31	e1= 53,69	99,483	e1= W - d1
20	0,85	d2= 0,27	e2= 59,42	99,033	e2= e1 - d2
40	0,425	d3= 0,55	e3= 58,87	98,117	e3= e2 - d3
60	0,250	d4= 1,20	e4= 57,67	96,117	e4= e3 - d4
140	0,106	d5= 3,65	e5= 54,02	90,033	e5= e4 - d5
200	0,075	d6= 1,01	e6= 53,01	80,350	e6= e5 - d6
	Jumlah				

% PASIR = 99,483 - 83,5 = 15,983 %

% LAMAU = 83,50 - 42 = 41,50 %

1. LAMAU = 42 %

Yogyakarta, \_\_\_\_\_

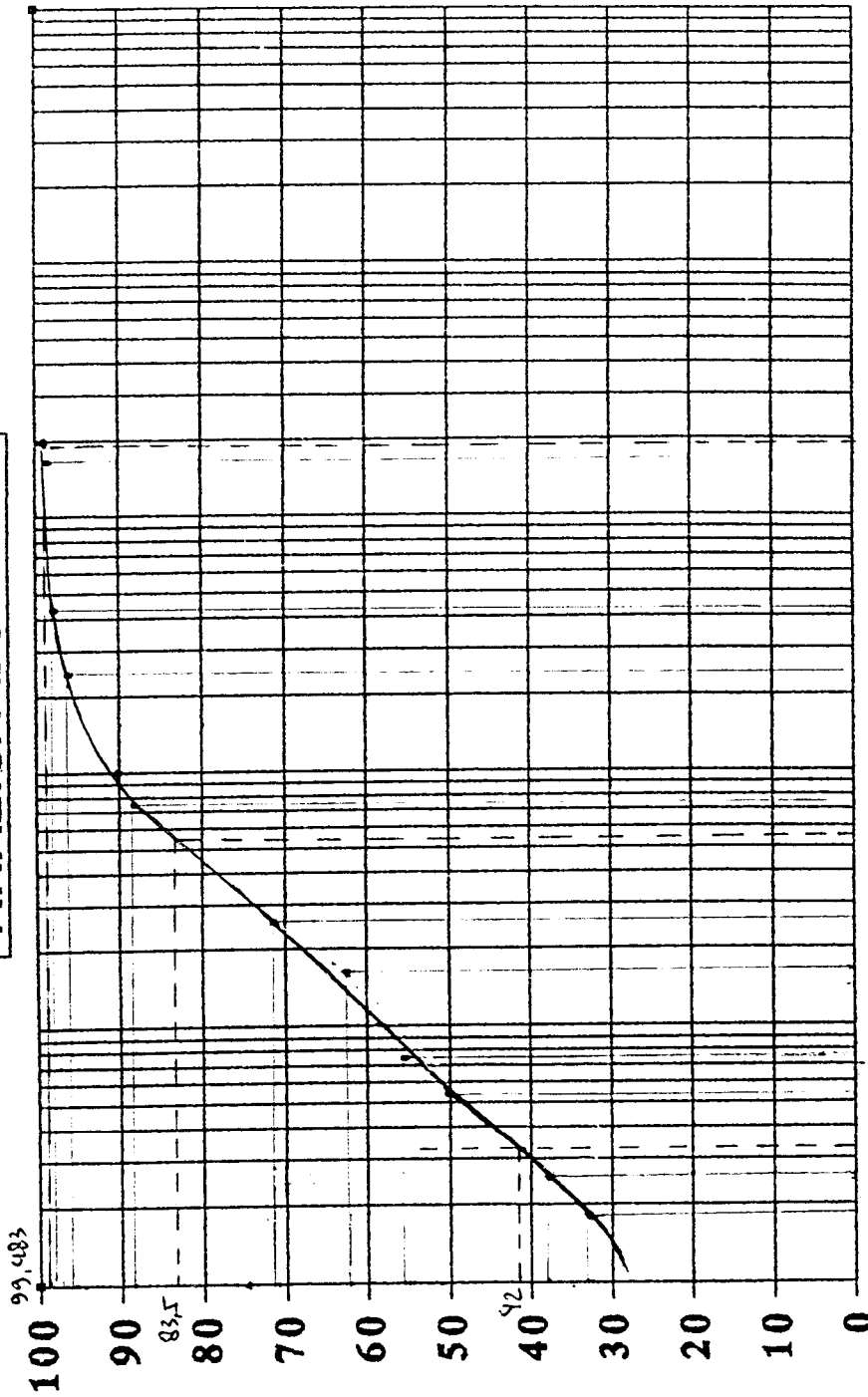
*[Handwritten signature]*

+

(TANAH ASLI)

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

ANALISA BUTIRAN



PERSENTASE LOLOS SARINGAN

0.001 0.01 0.1 1 10 100

DIAMETER BUTIR (mm)

LEMPUNG	HALUS	SEDANG	KASAR	KERIKIL
	PASIR			

*Handwritten signature and date: 14/11/98*



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. (0274) 95330 Yogyakarta 55584

Lanjutan Lampiran-4

## DISTRIBUSI PEMB. BUTIR TANAH PB-0107-76

: ..... PENELITIAN ..... Tanggal : ..... 6 - Juni - 1997 .....  
 : ..... Dikerjakan oleh : .....  
 tik : ..... Diperiksa oleh : .....  
 Tanah : ..... PASIR KRASAK .....

Berat tanah kering (W) = ... 60 ... gr Berat jenis tanah (G) = ... 2,735 ... Reaksi hidro 152 H (a) = ... 0,984 ... Berat reagen Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> = ... 1000 ... ml/gr Reaksi miniskus hidrometer (m) = ... 1 ...	$K_z = \frac{a}{W} \times 100 = 1,640$ $P = K_z \times R$ *) Dari daftar berdasarkan R **) Dibaca daftar harga K berdasarkan t dan G
---	---

### LISA HIDROMETER

Pemb. Hidro meter dlm suspensi	Pemb. Hidro meter dlm cairan	T e m p.	Pemb. Hidro meter terko reksi	* Keda lam-an	** Kon stan ta	diameter butiran $D = K\sqrt{\frac{L}{T}}$	Pemb. Hidro meter terko reksi	Persen berat le- bih kecil
R1	R2	t	R=R1+m	L cm	K	mm	R=R1-R2	P %
-2	-2	26	-1	0	0	0	0	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-

### LISA SARINGAN

Jo. ngan	Diameter	Berat tertahan	Berat lolos	Persen Berat lebih kecil	d2 s/d d0 hasil saringan
	mm	gr	gr	$P = (e/W) \times 100\%$	
10	2,00	d1 = 6,95	e1 = 53,05	88,417	e1 = W - d1
20	0,85	d2 = 20,40	e2 = 32,65	54,417	e2 = e1 - d2
40	0,425	d3 = 16,31	e3 = 16,34	27,233	e3 = e2 - d3
60	0,250	d4 = 7,95	e4 = 8,39	13,983	e4 = e3 - d4
40	0,106	d5 = 7,55	e5 = 0,84	1,400	e5 = e4 - d5
00	0,075	d6 = 0,80	e6 = 0,04	0,067	e6 = e5 - d6
	Jumlah	59,96			

ASIR = 88,417 - 37,5 = 50,92 % (KRASAK)

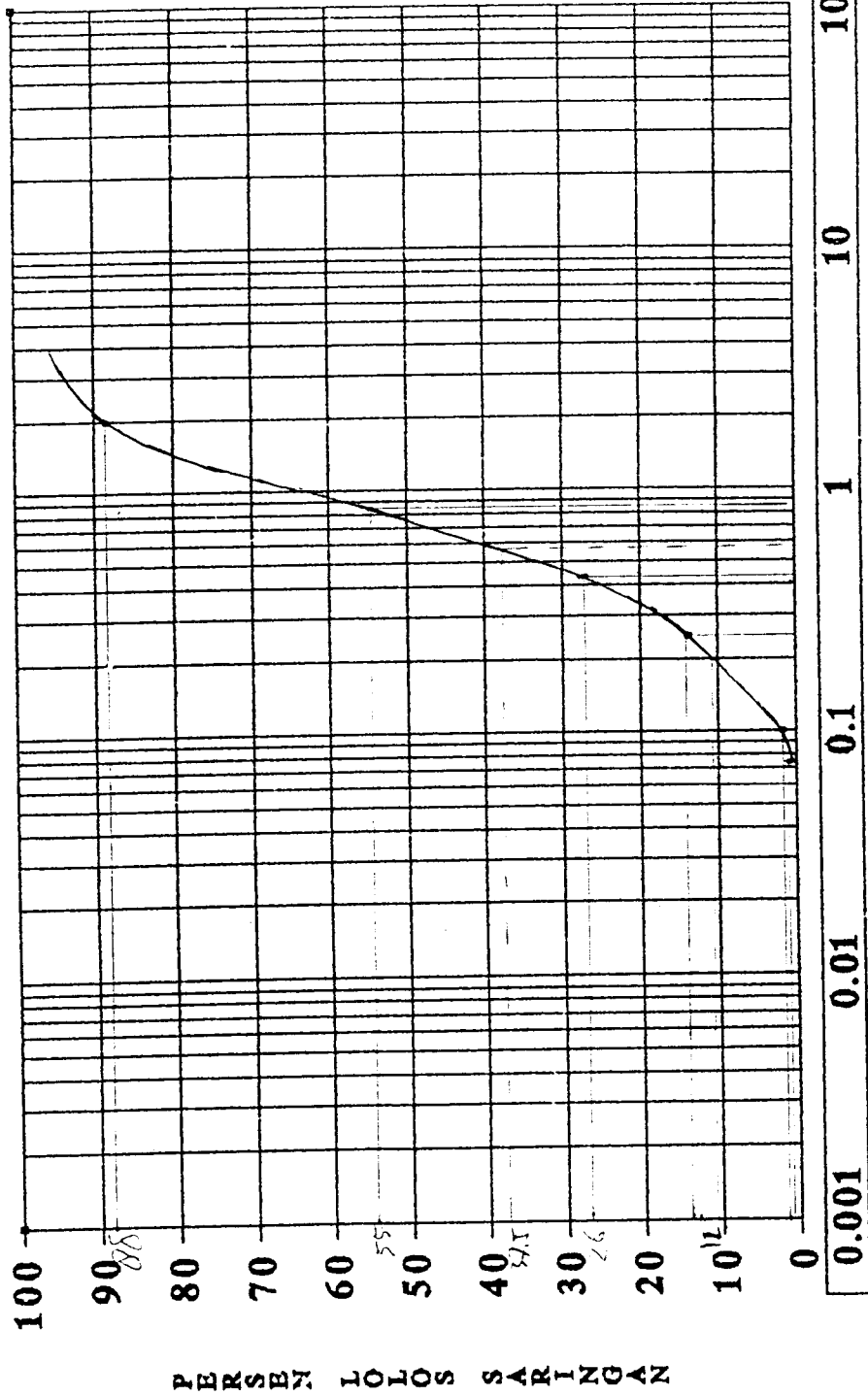
LEMPUNG = 37,5 - 11 = 26,50 % (LEMPUNG)

*[Handwritten signature and date]*

PASIR KRAJAK

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

ANALISA BUTIRAN



DIAMETER BUTIR (mm)

LEMPUNG	LUMPUR			PASIR	KASAH	KEMIKIL
	HALUS	SEDANG	KASAH			

1197

Lampiran- 5

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 ALAMAT JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP (0274) 895042 YOGYAKARTA

PEMERIKSAAN PEMADATAN TANAH

PROYEK : PENELITIAN  
 MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 0%  
 LOKASI : -  
 JENIS PEMADATAN : STANDAR TANGGAL : 6 Juni 1997

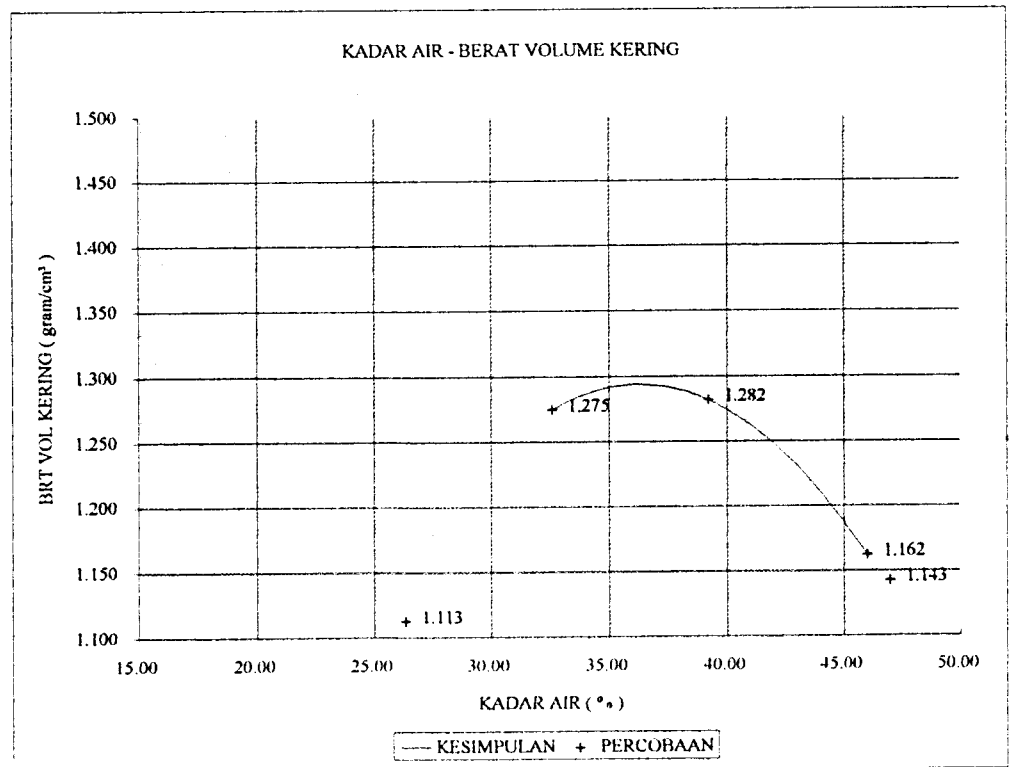
SILINDER			PEMUMBUK		
1	DIAMETER (Ø) cm	10.125	1	BERAT (kg)	2500
2	TINGGI (H)	11.575	2	JUMLAH LAPISAN (lap)	3
3	VOLUME - V (cm <sup>3</sup> )	931.968	3	JLH TUMBUKAN/LAP (x)	25
4	BERAT (gram)	1875	4	TINGGI JATUH (cm)	30.48

BERAT JENIS TANAH G = 2.685

1	PERCOBAAN PEMADATAN NOMOR	1	2	3	4	5					
2	BERAT SILINDER+TANAH PADAT	3185 gram	3450 gram	3538 gram	3456 gram	3440 gram					
3	BERAT TANAH PADAT = A	1310 gram	1575 gram	1663 gram	1581 gram	1565 gram					
4	BERAT VOLUME TANAH = B = A/V	1.406 gram/cm <sup>3</sup>	1.690 gram/cm <sup>3</sup>	1.784 gram/cm <sup>3</sup>	1.696 gram/cm <sup>3</sup>	1.679 gram/cm <sup>3</sup>					
PERCOBAAN KADAR AIR TANAH											
5	NOMOR CAWAN TIMBANG	I		II		III		IV		V	
6	BERAT KOSONG = W1 (gram)	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
7	BERAT CAWAN + TN BASAH = W2 (gram)	21.59	21.72	22.02	21.80	21.56	21.93	22.07	21.72	21.82	21.53
8	BERAT CAWAN + TN KERING = W3 (gram)	40.33	38.84	42.89	40.34	51.02	40.50	51.46	55.40	51.07	40.26
9	BERAT AIR = C = W2-W3 (gram)	36.43	35.27	37.87	35.69	42.93	35.14	42.12	44.89	41.60	34.36
10	BERAT TN KERING = D = W3 - W1 (gram)	3.90	3.57	5.02	4.65	8.09	5.36	9.34	10.51	9.47	5.90
11	BERAT TN KERING = D = W3 - W1 (gram)	14.84	13.55	15.85	13.89	21.37	13.21	20.05	23.17	19.78	12.83
12	KADAR AIR = w = C/D x 100%	26.28	26.35	31.67	33.48	37.86	40.58	46.58	45.36	47.88	45.99
13	KADAR AIR rata-rata = w	26.31 %		32.57 %		39.22 %		45.97 %		46.93 %	
14	BERAT VOLUME KERING = E = B/(100-w)	1.113 gram/cm <sup>3</sup>		1.275 gram/cm <sup>3</sup>		1.282 gram/cm <sup>3</sup>		1.162 gram/cm <sup>3</sup>		1.143 gram/cm <sup>3</sup>	
14	ZAV	1.573 gram/cm <sup>3</sup>		1.432 gram/cm <sup>3</sup>		1.308 gram/cm <sup>3</sup>		1.202 gram/cm <sup>3</sup>		1.188 gram/cm <sup>3</sup>	

MDD  
- 1.294 gr/cc

OMC  
- 36.27 %



*[Handwritten signature]*  
24/7/97

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA Lanjutan lampiran- 5  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 ALAMAT JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP (0274) 895042 YOGYAKARTA

PEMERIKSAAN PEMADATAN TANAH

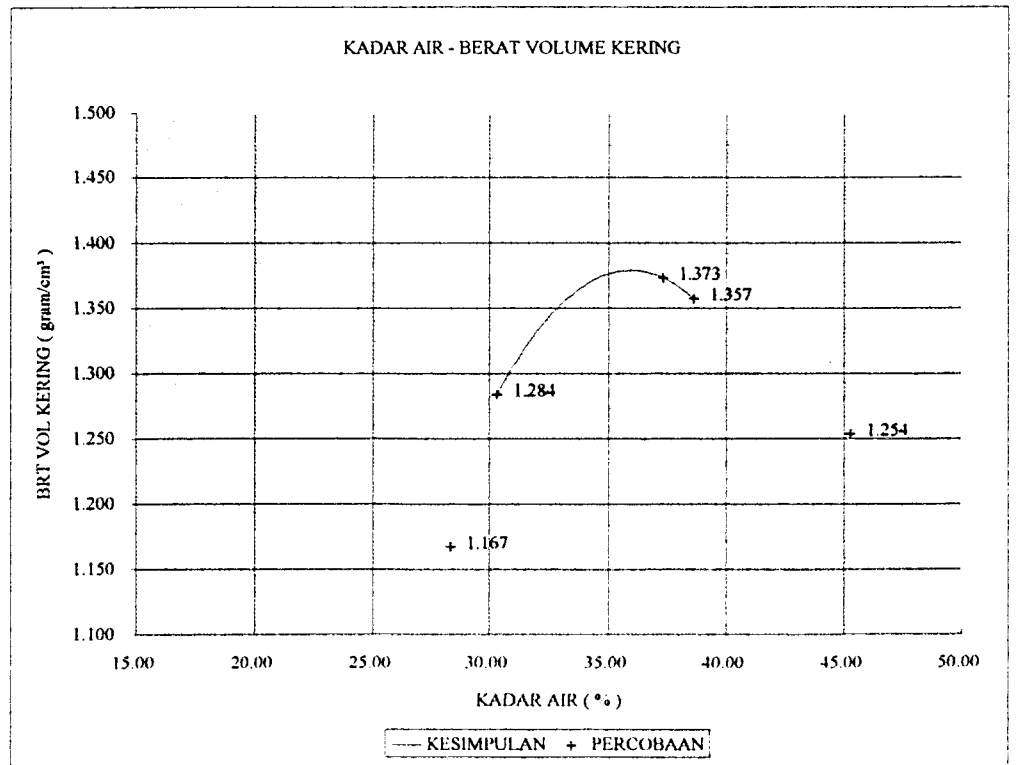
PROYEK : PENELITIAN  
 MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 10%  
 LOKASI : \_\_\_\_\_  
 JENIS PEMADATAN : PROCTOR STANDAR TANGGAL : 6 Juni 1997

SILINDER			PEMUMBUK		
1	DIAMETER (Ø) cm	10.15	1	BERAT (kg)	2533
2	TINGGI (H)	11.65	2	JUMLAH LAPISAN (lep)	3
3	VOLUME = V (cm <sup>3</sup> )	942.644	3	JLH TUMBUKAN/LAP (x)	25
4	BERAT (gram)	1884	4	TINGGI JATUH (cm)	30.48

BERAT JENIS TANAH G =		2.685									
1	PERCOBAAN PEMADATAN NOMOR	1		2		3		4		5	
2	BERAT SILINDER + TANAH PADAT	3296 gram		3461 gram		3661 gram		3657 gram		3601 gram	
3	BERAT TANAH PADAT = A	1412 gram		1577 gram		1777 gram		1773 gram		1717 gram	
4	BERAT VOLUME TANAH = B - A / V	1.498 gram/cm <sup>3</sup>		1.673 gram/cm <sup>3</sup>		1.885 gram/cm <sup>3</sup>		1.881 gram/cm <sup>3</sup>		1.821 gram/cm <sup>3</sup>	
PERCOBAAN KADAR AIR TANAH		I		II		III		IV		V	
5	NOMOR CAWAN TIMBANG	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
6	BERAT KOSONG = W1 (gram)	21.71	22.22	21.75	22.00	22.05	21.45	21.84	21.79	21.80	22.01
7	BERAT CAWAN + TN BASAH = W2 (gram)	48.12	47.97	49.58	41.75	41.25	43.78	49.58	48.69	50.23	51.53
8	BERAT CAWAN + TN KERING = W3 (gram)	42.30	42.27	43.12	37.15	36.02	37.73	41.84	41.21	41.35	42.35
9	BERAT AIR = C = W2 - W3 (gram)	5.82	5.70	6.46	4.60	5.23	6.05	7.74	7.48	8.88	9.18
10	BERAT TN KERING = D = W3 - W1 (gram)	20.59	20.05	21.37	15.15	13.97	16.28	20.00	19.42	19.55	20.34
11	KADAR AIR = w = C/D x 100%	28.27	28.43	30.23	30.36	37.44	37.16	38.70	38.52	45.42	45.13
12	KADAR AIR rata-rata = w	28.35 %		30.30 %		37.30 %		38.61 %		45.28 %	
13	BERAT VOLUME KERING = E = B / (100 + w)	1.167 gram/cm <sup>3</sup>		1.284 gram/cm <sup>3</sup>		1.373 gram/cm <sup>3</sup>		1.357 gram/cm <sup>3</sup>		1.254 gram/cm <sup>3</sup>	
14	Z A V	1.525 gram/cm <sup>3</sup>		1.481 gram/cm <sup>3</sup>		1.341 gram/cm <sup>3</sup>		1.318 gram/cm <sup>3</sup>		1.212 gram/cm <sup>3</sup>	

MDD  
 = 1.379 gr/cc

OMC  
 = 35.92 %



*[Handwritten Signature]*  
 26/6/97

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA Lanjutan lampiran- 5  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 ALAMAT JALAN KALIJURANG KM 14,4 TELP (0274) 895042 YOGYAKARTA

PEMERIKSAAN PEMADATAN TANAH

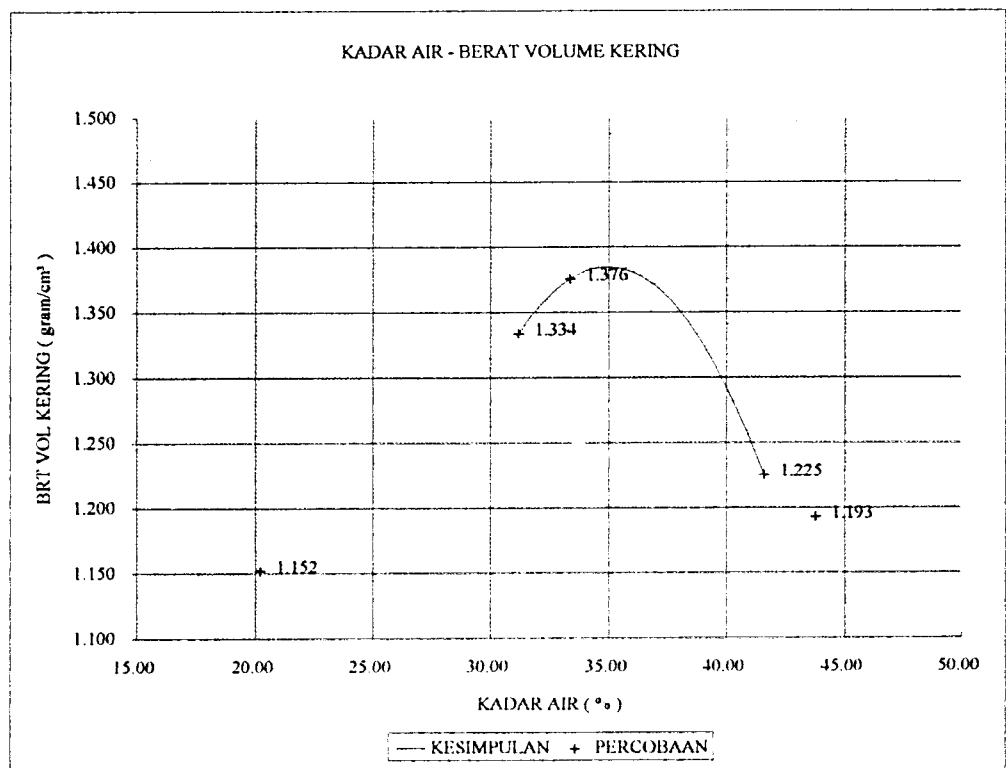
PROYEK : PENELITIAN  
 MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 20%  
 LOKASI : -  
 JENIS PEMADATAN : PROCTOR STANDAR      TANGGAL : 7 Juni 1997

SILINDER			PEMUMBUK		
1	DIAMETER (Ø) cm	10.12	1	BERAT (kg)	2533
2	TINGGI (H)	11.61	2	JUMLAH LAPISAN (lap)	3
3	VOLUME = V (cm <sup>3</sup> )	933.863	3	JLH TUMBUKAN/LAP (x)	25
4	BERAT (gram)	1887	4	TINGGI JATUH (cm)	30.48

BERAT JENIS TANAH G = 2.685												
1	PERCOBAAN PEMADATAN NOMOR											
2	1		2		3		4		5			
2	BERAT SILINDER+TANAH PADAT		3180 gram		3521 gram		3600 gram		3507 gram		3489 gram	
3	BERAT TANAH PADAT = A		1293 gram		1634 gram		1713 gram		1620 gram		1601 gram	
4	BERAT VOLUME TANAH = B - A / V		1.385 gram/cm <sup>3</sup>		1.750 gram/cm <sup>3</sup>		1.834 gram/cm <sup>3</sup>		1.735 gram/cm <sup>3</sup>		1.714 gram/cm <sup>3</sup>	
PERCOBAAN KADAR AIR TANAH												
5	I		II		III		IV		V			
5	NOMOR CAWAN TIMBANG											
6	1A		1B		2A		2B		3A		3B	
6	BERAT KOSONG = W1 (gram)		21.64		21.65		21.86		22.10		22.07	
7	BERAT CAWAN + TN BASAH = W2 (gram)		38.91		47.64		38.38		38.75		33.18	
8	BERAT CAWAN + TN KERING = W3 (gram)		35.99		43.30		34.43		34.80		30.42	
9	BERAT AIR = C = W2 - W3 (gram)		2.92		4.34		3.93		3.95		2.76	
10	BERAT TN KERING = D = W3 - W1 (gram)		14.35		21.65		12.57		12.70		8.35	
11	KADAR AIR = w = C/D x 100%		20.35		20.05		31.25		31.10		33.05	
12	KADAR AIR rata-rata = w		20.20 %		31.19 %		33.35 %		41.60 %		43.75 %	
13	BERAT VOLUME KERING = E = B / (100 + w)		1.152 gram/cm <sup>3</sup>		1.334 gram/cm <sup>3</sup>		1.376 gram/cm <sup>3</sup>		1.225 gram/cm <sup>3</sup>		1.193 gram/cm <sup>3</sup>	
14	ZAV		1.741 gram/cm <sup>3</sup>		1.461 gram/cm <sup>3</sup>		1.417 gram/cm <sup>3</sup>		1.268 gram/cm <sup>3</sup>		1.235 gram/cm <sup>3</sup>	

MDD  
 = 1.385 gr/cc

OMC  
 = 34.94 %



*[Handwritten signature]*  
 24/3/98



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA Lanjutan lampiran- 5  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 ALAMAT JALAN KALIURANG KM 14,4 TELP (0274) 895042 YOGYAKARTA

PEMERIKSAAN PEMADATAN TANAH

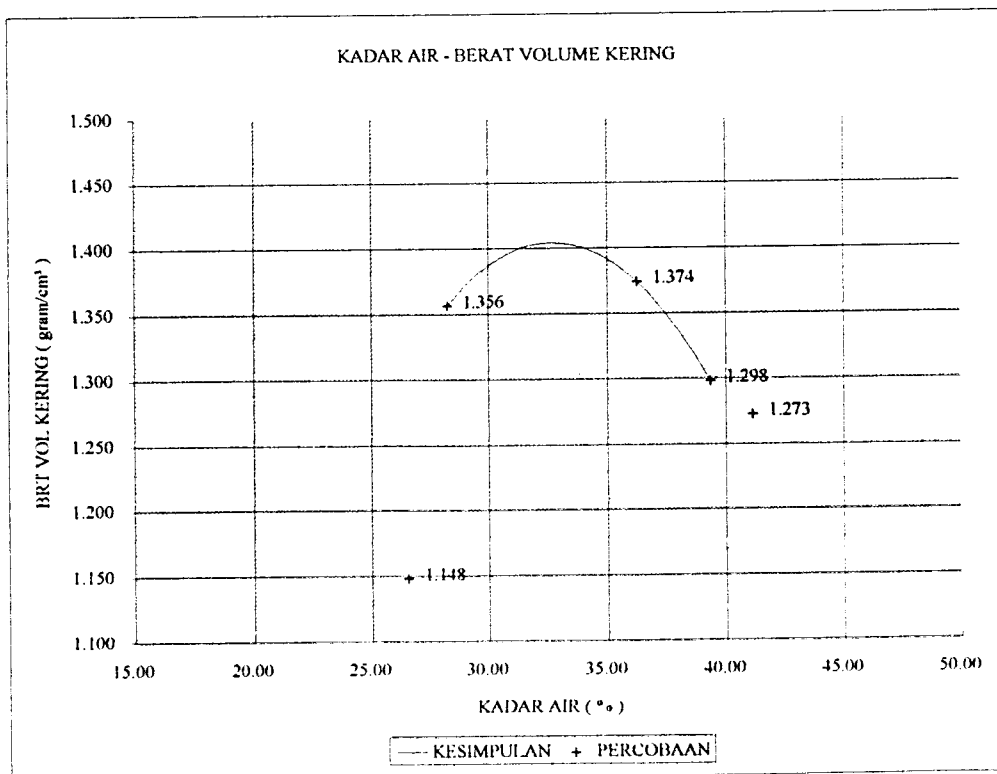
PROYEK : PENELITIAN  
 MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 30%  
 LOKASI : \_\_\_\_\_  
 JENIS PEMADATAN : STANDAR TANGGAL : 7 Juni 1997

SILINDER			PEMUMBUK		
1	DIAMETER (Ø) cm	10.12	1	BERAT (kg)	2533
2	TINGGI (H)	11.61	2	JUMLAH LAPISAN (lap)	3
3	VOLUME = V (cm <sup>3</sup> )	933.863	3	JLH TUMBUKAN/LAP (x)	25
4	BERAT (gram)	1887.00	4	TINGGI JATUH (cm)	30.48

BERAT JENIS TANAH G = 2.685											
1	PERCOBAAN PEMADATAN NOMOR	1	2	3	4	5					
2	BERAT SILINDER + TANAH PADAT	3243.5 gram	3511 gram	3635 gram	3576 gram	3564 gram					
3	BERAT TANAH PADAT = A	1356.5 gram	1624 gram	1748 gram	1689 gram	1677 gram					
4	BERAT VOLUME TANAH = B = A/V	1.453 gram/cm <sup>3</sup>	1.739 gram/cm <sup>3</sup>	1.872 gram/cm <sup>3</sup>	1.809 gram/cm <sup>3</sup>	1.796 gram/cm <sup>3</sup>					
PERCOBAAN KADAR AJR TANAH		I		II		III		IV		V	
5	NOMOR CAWAN TIMBANG										
6	BERAT KOSONG = W1 (gram)	21.48	22.28	21.80	21.90	21.87	22.00	21.75	21.93	21.90	21.93
7	BERAT CAWAN + TN BASAH = W2 (gram)	39.47	41.08	45.12	43.07	33.84	48.41	47.79	50.33	55.92	57.59
8	BERAT CAWAN + TN KERING = W3 (gram)	35.70	37.14	40.00	38.40	30.65	41.40	40.45	42.30	46.00	47.21
9	BERAT AIR = C = W2 - W3 (gram)	3.77	3.94	5.12	4.67	3.19	7.01	7.34	8.03	9.92	10.38
10	BERAT TN KERING = D = W3 - W1 (gram)	14.22	14.86	18.20	16.50	8.78	19.40	18.70	20.37	24.10	25.28
11	KADAR AIR = w = C/D x 100%	26.51	26.51	28.13	28.30	36.33	36.13	39.25	39.42	41.16	41.06
12	KADAR AIR ratio-rata = w	26.51 %		28.22 %		36.23 %		39.34 %		41.11 %	
13	BERAT VOLUME KERING = E = B/(100-w)	1.148 gram/cm <sup>3</sup>		1.356 gram/cm <sup>3</sup>		1.374 gram/cm <sup>3</sup>		1.298 gram/cm <sup>3</sup>		1.273 gram/cm <sup>3</sup>	
14	ZAV	1.568 gram/cm <sup>3</sup>		1.528 gram/cm <sup>3</sup>		1.361 gram/cm <sup>3</sup>		1.306 gram/cm <sup>3</sup>		1.276 gram/cm <sup>3</sup>	

MDD  
 = 1.404 gr/cc

OMC  
 = 32.68 %



*[Handwritten signature]*  
 26/6/97

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA Lanjutan lampiran- 5  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
 ALAMAT JALAN KALIURANG KM 14.4 TELP (0274) 895042 YOGYAKARTA

PEMERIKSAAN PEMADATAN TANAH

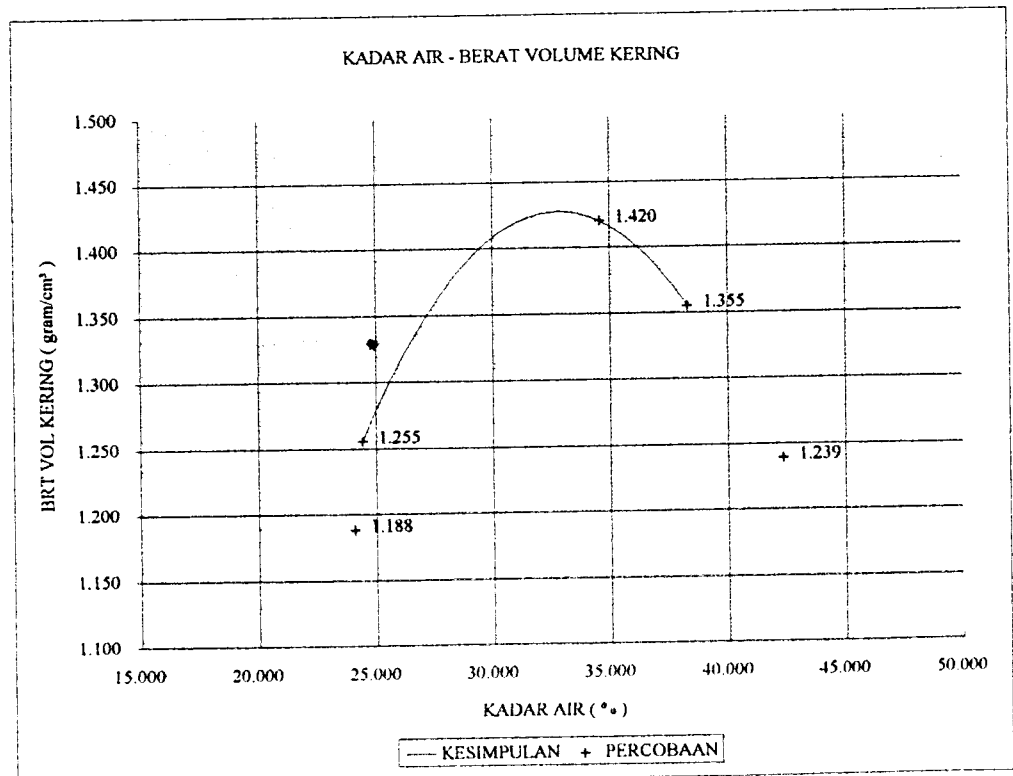
PROYEK : PENELITIAN  
 MATERIAL : LEMPUNG + PASIR 40%  
 LOKASI : -  
 JENIS PEMADATAN : STANDAR      TANGGAL : 7 Juni 1997

SILINDER			PEMUMBUK		
1	DIAMETER (Ø) cm	10.12	1	BERAT (kg)	2533
2	TINGGI (H)	11.61	2	JUMLAH LAPISAN (lep)	3
3	VOLUME = V (cm <sup>3</sup> )	933.863	3	JUH TUMBUKAN LAP (x)	25
4	BERAT (gram)	1876.50	4	TINGGI JATUH (cm)	30.48

BERAT JENIS TANAH G = 2.685		1	2	3	4	5					
1	PERCOBAAN PEMADATAN NOMOR	1	2	3	4	5					
2	BERAT SILINDER + TANAH PADAT	3253 gram	3335 gram	3661 gram	3625 gram	3523 gram					
3	BERAT TANAH PADAT = A	1377 gram	1459 gram	1785 gram	1750 gram	1647 gram					
4	BERAT VOLUME TANAH = B = A/V	1.474 gram/cm <sup>3</sup>	1.562 gram/cm <sup>3</sup>	1.911 gram/cm <sup>3</sup>	1.873 gram/cm <sup>3</sup>	1.763 gram/cm <sup>3</sup>					
PERCOBAAN KADAR AIR TANAH		I	II	III	IV	V					
5	NOMOR CAWAN TIMBANG										
6	BERAT KOSONG = W1 (gram)	21.86	22.10	22.07	22.44	22.05	21.45	21.50	21.84	21.44	22.18
7	BERAT CAWAN + TN BASAH = W2 (gram)	44.15	41.60	43.45	38.98	42.76	51.39	48.75	50.59	54.35	56.21
8	BERAT CAWAN + TN KERING = W3 (gram)	39.85	37.80	39.29	35.71	37.44	43.70	41.19	42.65	44.55	46.11
9	BERAT AIR = C = W2 - W3 (gram)	4.30	3.80	4.16	3.27	5.32	7.69	7.56	7.94	9.80	10.10
10	BERAT TN KERING = D = W3 - W1 (gram)	17.99	15.70	17.22	13.27	15.39	22.25	19.69	20.81	23.11	23.93
11	KADAR AIR = w = C/D x 100%	23.90	24.20	24.16	24.64	34.57	34.56	38.40	38.15	42.41	42.21
12	KADAR AIR rata-rata = w	24.05 %		24.40 %	34.56 %		38.27 %		42.31 %		
13	BERAT VOLUME KERING = E = B/(100-w)	1.188 gram/cm <sup>3</sup>	1.255 gram/cm <sup>3</sup>	1.420 gram/cm <sup>3</sup>	1.355 gram/cm <sup>3</sup>	1.355 gram/cm <sup>3</sup>	1.239 gram/cm <sup>3</sup>	1.239 gram/cm <sup>3</sup>	1.239 gram/cm <sup>3</sup>	1.257 gram/cm <sup>3</sup>	
14	ZAV	1.631 gram/cm <sup>3</sup>	1.622 gram/cm <sup>3</sup>	1.393 gram/cm <sup>3</sup>	1.324 gram/cm <sup>3</sup>	1.324 gram/cm <sup>3</sup>	1.257 gram/cm <sup>3</sup>	1.257 gram/cm <sup>3</sup>	1.257 gram/cm <sup>3</sup>	1.257 gram/cm <sup>3</sup>	

MOD  
 = 1.428 gr/cc

OMC  
 = 32.81 %



*[Handwritten signature]*  
 26/7/97

## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN CBR LABORATORIUM PB-0113-76

TEMA : PENELITIAN  
 MATERI : LEMPUNG + PASIR 0%  
 STANDAR : STANDAR (DIRENDAM 5 HARI)  
 TANGGAL : 9 Juni 1997

ALAT DIAL : METER : TINGGI : VOLUME : BERAT :	: : : : :	PENUMBUK DIAMETER : TINGGI JATUH : JML. LAPIS : BERAT : JML. TUMBUKAN :	: : : : :
	15.30 cm 11.29 cm 2075.71 cm <sup>3</sup> 3845 gram		4.98 cm 30.48 cm 3 lapis 2533 gram 56 kali

BERAT	14.844	
CAWAN+TNH BASAH (W1)		38.75 gram
CAWAN+TNH KERING (W2)		34.25 gram
CAWAN (W3)		21.95 gram
AIR = C = (W1 - W2)		4.500 gram
TNH KERING = D = (W2 - W3)		12.30 gram
PERSENTASE AIR = W = C / D x 100%		36.59 %

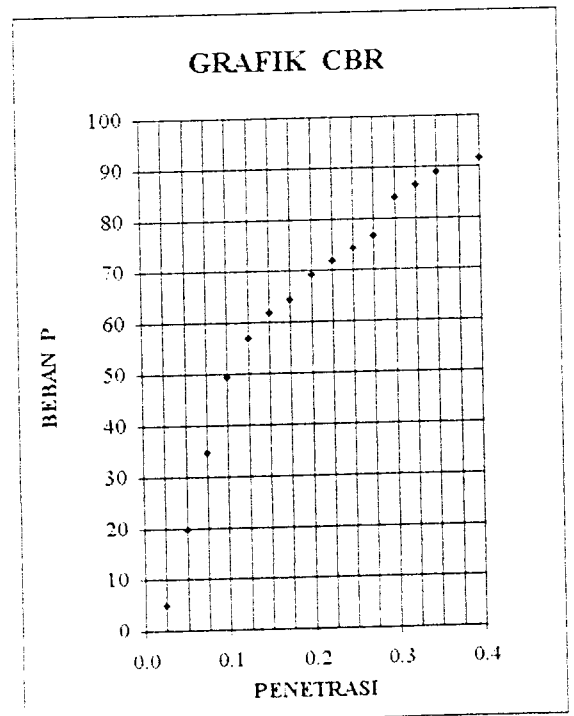
BRT. MOLD+TNH PADAT	7524 gram
BRT. TNH PADAT (W)	3679 gram
BRT. VOL. TNH BASAH (γ <sub>b</sub> )	1.772 gram/cm <sup>3</sup>
BRT. VOL. TNH KERING (γ <sub>d</sub> )	1.298 gram/cm <sup>3</sup>

#### TABLE READING

DIAL	BEBAN		PENETRASI in	TEKANAN P2 = P1 / 3	TEKANAN DIKOREKSI
	Pi (lb)				
1	14.844		0.025	4.948	
4	59.376		0.050	19.792	
7	103.908		0.075	34.636	
10	148.440		0.100	49.480	50
11.5	170.71		0.125	56.902	
12.5	185.55		0.150	61.850	
13	192.97		0.175	64.324	
14	207.82		0.200	69.272	70
14.5	215.24		0.225	71.746	
15	222.66		0.250	74.220	
15.5	230.08		0.275	76.694	
17	252.35		0.300	84.116	
17.5	259.77		0.325	86.590	
18	267.19		0.350	89.064	
18.5	274.61		0.400	91.538	

#### VALUASI CBR

NETRASI 0,1" :	5.00	%
NETRASI 0,2" :	4.70	%



  
 26/7/97

## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN CBR LABORATORIUM PB-0113-76

TEMA : PENELITIAN  
 MATERI : LEMPUNG + PASIR 10%  
 STANDAR : STANDAR (DIRENDAM 5 HARI)  
 TANGGAL : 9 Juni 1997

ALAT DIAL : METER : 15.20 cm TINGGI : 11.11 cm VOLUME : 2016.003 cm <sup>3</sup> BERAT : 4159 gram	PENUMBUK DIAMETER : 4.98 cm TINGGI JATUH : 30.48 cm JML. LAPIS : 3 lapis BERAT : 2533 gram JML. TUMBUKAN : 56 kali
---	---

MOISTURE : 0.170	
WEIGHT CAWAN+TNH BASAH (W1) :	42.25 gram
WEIGHT CAWAN+TNH KERING (W2) :	37.99 gram
WEIGHT CAWAN (W3) :	22.44 gram
WATER = C = (W1 - W2) :	4.260 gram
WATER KERING = D = (W2 - W3) :	15.55 gram
WATER AIR = W = C / D x 100% :	27.40 %

BRT. MOLD+TNH PADAT :	7481 gram
BRT. TNH PADAT (W) :	3322 gram
BRT. VOL. TNH BASAH (γ <sub>b</sub> ) :	1.648 gram/cm <sup>3</sup>
BRT. VOL. TNH KERING (γ <sub>d</sub> ) :	1.293 gram/cm <sup>3</sup>

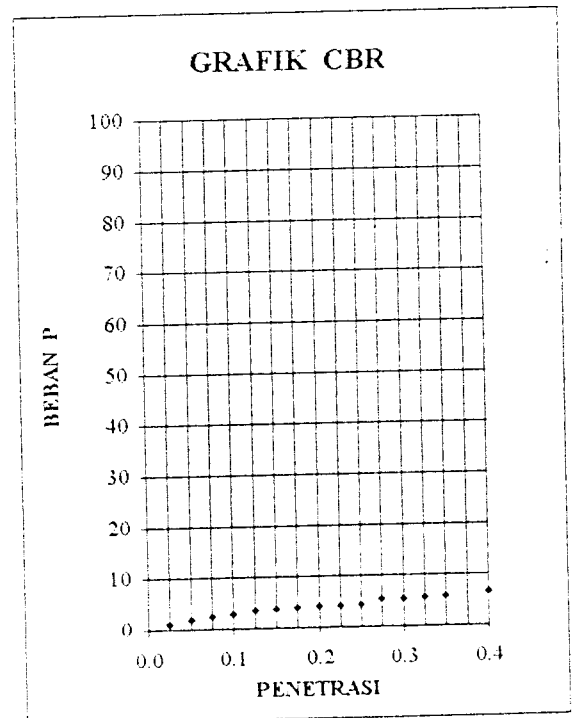
Ket. : Prov. Ring = PR-06 (kecil)

**LOAD READING**

BEBAN		PENETRASI in	TEKANAN P2 = Pi / 3	TEKANAN DIKOREKSI
DIAL	Pi (lb)			
19	3.230	0.025	1.077	
33	5.610	0.050	1.870	
44	7.480	0.075	2.493	
50	8.500	0.100	2.833	2.8
62	10.54	0.125	3.513	
66	11.22	0.150	3.740	
69	11.73	0.175	3.910	
71	12.07	0.200	4.023	4.7
72	12.24	0.225	4.080	
76	12.92	0.250	4.307	
94	15.98	0.275	5.327	
94	15.98	0.300	5.327	
98	16.66	0.325	5.553	
100	17.00	0.350	5.667	
115	19.55	0.400	6.517	

**COEFFICIENT CBR**

COEFFICIENT 0.1" :	0.32	%
COEFFICIENT 0.2" :	0.31	%



*[Handwritten Signature]*  
26/6/97

## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN CBR LABORATORIUM PB-0113-76

TEMA : PENELITIAN  
 MATERI : LEMPUNG + PASIR 20%  
 STANDAR : STANDAR (DIRENDAM 5 HARI)  
 TANGGAL : 9 Juni 1997

ALAT : DIAMETER : 15.20 cm TINGGI : 11.30 cm VOLUME : 2050.48 cm <sup>3</sup> BERAT : 3982 gram	PENUMBUK : DIAMETER : 4.98 cm TINGGI JATUH : 30.48 cm JML. LAPIS : 3 lapis BERAT : 2533 gram JML. TUMBUKAN : 56 kali
---	---

PENETRASI	0.170				
CAWAN+TNH BASAH (W1)	41.18	gram			
CAWAN+TNH KERING (W2)	37.55	gram			
CAWAN (W3)	22.04	gram			
AIR = C = (W1 - W2)	3.630	gram			
TNH KERING = D = (W2 - W3)	15.51	gram			
PERSENTASE AIR = W = C / D x 100%	23.40	%			

BRT. MOLD+TNH PADAT	7200	gram
BRT. TNH PADAT (W)	3218	gram
BRT. VOL. TNH BASAH (γ <sub>b</sub> )	1.569	gram/cm <sup>3</sup>
BRT. VOL. TNH KERING (γ <sub>d</sub> )	1.272	gram/cm <sup>3</sup>

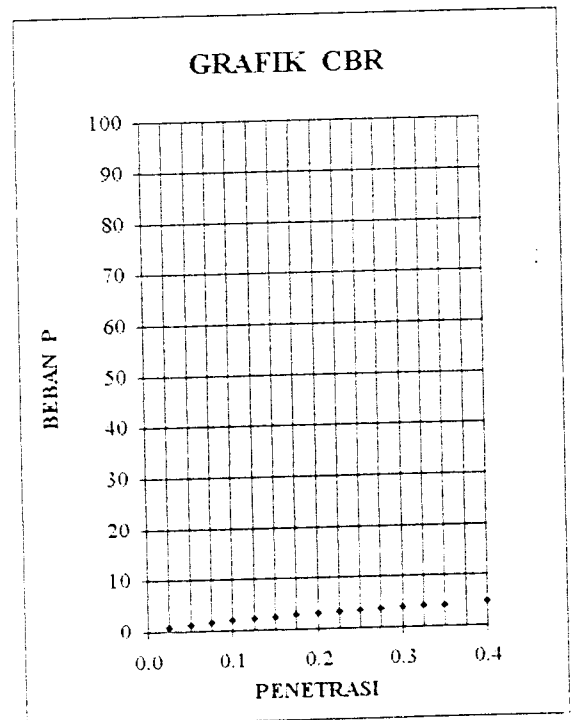
Ket. : Prov. Ring = PR-06 (kecil)

**READING**

DIAL	BEBAN		PENETRASI in	TEKANAN P2 = Pi / 3	TEKANAN DIKOREKSI
	Pi (lb)				
16	2.720		0.025	0.907	
22	3.740		0.050	1.247	
28	4.760		0.075	1.587	
35	5.950		0.100	1.983	1.98
40	6.80		0.125	2.267	
44	7.48		0.150	2.493	
51	8.67		0.175	2.890	
53	9.01		0.200	3.003	3.0
59	10.03		0.225	3.343	
60	10.20		0.250	3.400	
65	11.05		0.275	3.683	
70	11.90		0.300	3.967	
72	12.24		0.325	4.080	
72	12.24		0.350	4.080	
82	13.94		0.400	4.647	

**VALUASI CBR**

PENETRASI 0.1" :	0.198	%
PENETRASI 0.2" :	0.213	%



*[Handwritten Signature]*  
26/6/97

## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14.4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN CBR LABORATORIUM PB-0113-76

DYEK : PENELITIAN  
 ERIAL : LEMPUNG + PASIR 30%  
 IIS PEMADATAN : STANDAR (DIRENDAM 5 HARI)  
 GGAL : 9 Juni 1997

ALAT ID METER : 15.25 cm GGI : 11.39 cm LUME : 2080.431 cm <sup>3</sup> RAT : 3901 gram	PENUMBUK DIAMETER : 4.98 cm TINGGI JATUH : 30.48 cm JML. LAPIS : 3 lapis BERAT : 2533 gram JML. TUMBUKAN : 56 kali
--	---

PERBASIS : 0.170	
Γ. CAWAN+TNH BASAH (W1)	46.26 gram
Γ. CAWAN+TNH KERING (W2)	42.11 gram
Γ. CAWAN (W3)	21.91 gram
Γ. AIR = C = (W1 - W2)	4.150 gram
Γ. TNH KERING = D = (W2 - W3)	20.20 gram
ΓAR AIR = W = C / D x 100%	20.54 %

BRT. MOLD+TNH PADAT	7132 gram
BRT. TNH PADAT (W)	3231 gram
BRT. VOL. TNH BASAH (γ <sub>b</sub> )	1.553 gram/cm <sup>3</sup>
BRT. VOL. TNH KERING (γ <sub>d</sub> )	1.288 gram/cm <sup>3</sup>

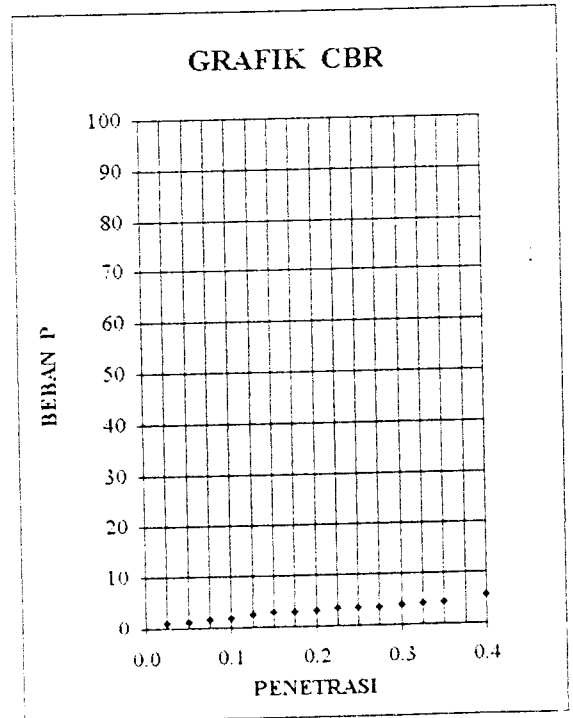
Ket. : Prov. Ring = PR-06 (kecil)

**LOAD READING**

DIAL	BEBAN		PENETRASI in	TEKANAN P2 = Pi / 3	TEKANAN DIKOREKSI
	Pi (lb)				
18	3.060		0.025	1.020	
22	3.740		0.050	1.247	
29	4.930		0.075	1.643	
31	5.270		0.100	1.757	1.8
42	7.14		0.125	2.380	
51	8.67		0.150	2.890	
51	8.67		0.175	2.890	
54	9.18		0.200	3.060	2.6
60	10.20		0.225	3.400	
61	10.37		0.250	3.457	
61	10.37		0.275	3.457	
70	11.90		0.300	3.967	
72	12.24		0.325	4.080	
76	12.92		0.350	4.307	
96	16.32		0.400	5.440	

**MOISTURE CBR**

NETRASI 0,1" :	0.180	%
NETRASI 0,2" :	0.173	%



26/10/97

# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN CBR LABORATORIUM PB-0113-76

EK : PENELITIAN  
 RIAL : LEMPUNG + PASIR 0%  
 PEMADATAN : STANDAR (TIDAK DIRENDAM)  
 BAL : 14 - 6 - 1997

### ALAT

TER	:	15.275 cm	PENUMBUK	:	4.98 cm
DI	:	11.90 cm	DIAMETER	:	30.48 cm
ME	:	2363.97 cm <sup>3</sup>	TINGGI JATUH	:	3 lapis
FR	:	3850 gram	JML. LAPIS	:	2533 gram
			BERAT	:	56 kali
			JML. TUMBUKAN	:	

RASI	:	13.930
SAWAN+TNH BASAH (W1)	:	46.05 gram
SAWAN+TNH KERING (W2)	:	39.61 gram
SAWAN (W3)	:	21.75 gram
WIR = C = (W1 - W2)	:	6.440 gram
TNH KERING = D = (W2 - W3)	:	17.86 gram
RAIR = W = C / D x 100%	:	36.06 %

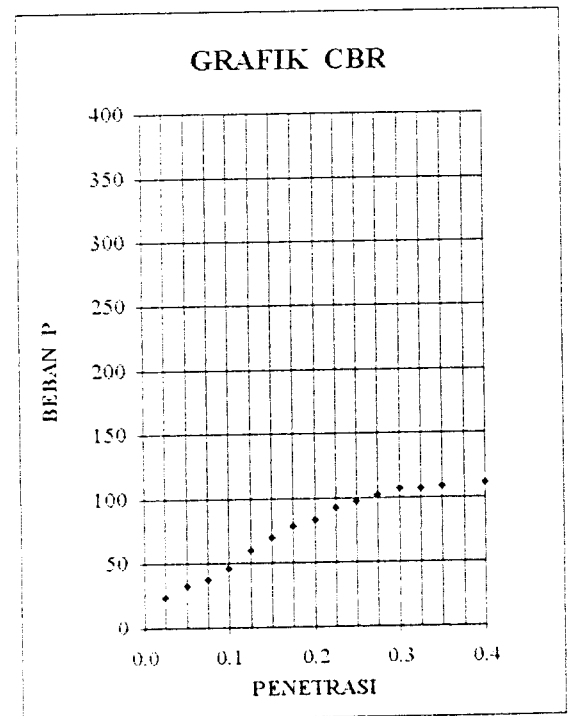
BRT. MOLD+TNH PADAT	:	7993 gram
BRT. TNH PADAT (W)	:	4143 gram
BRT. VOL. TNH BASAH ( $\gamma_b$ )	:	1.753 gram/cm <sup>3</sup>
BRT. VOL. TNH KERING ( $\gamma_d$ )	:	1.288 gram/cm <sup>3</sup>

### READING

NO	BEBAN		PENETRASI in	TEKANAN P2 = Pi / 3	TEKANAN DIKOREKSI
	Pi (lb)				
1	69.650		0.025	23.217	
2	97.510		0.050	32.503	
3	111.440		0.075	37.147	
4	139.300		0.100	46.433	56
5	181.09		0.125	60.363	
6	208.95		0.150	69.650	
7	236.81		0.175	78.937	
8	250.74		0.200	83.580	82.5
9	278.60		0.225	92.867	
10	292.53		0.250	97.510	
11	306.46		0.275	102.153	
12	320.39		0.300	106.797	
13	320.39		0.325	106.797	
14	327.36		0.350	109.118	
15	334.32		0.400	111.440	

### CBR

ETRASI 0.1"	:	5.60	%
ETRASI 0.2"	:	5.50	%



*[Handwritten Signature]*  
26/8/97

## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN CBR LABORATORIUM PB-0113-76

TINGKAT : PENELITIAN  
 JENIS : LEMPUNG + PASIR 10%  
 METODE PEMADATAN : STANDAR (TIDAK DIRENDAM)  
 TANGGAL : 14 - 6 - 1997

JENIS LEMPUNG : TEBAL LEMPUNG : 15.275 cm TEBAL PASIR : 11.90 cm VOLUME LEMPUNG : 2363.97 cm <sup>3</sup> BERAT LEMPUNG : 3850 gram	PENUMBUK : DIAMETER : 4.98 cm TINGGI JATUH : 30.48 cm JML. LAPIS : 3 lapis BERAT : 2533 gram JML. TUMBUKAN : 56 kali
---	---

KADAR AIR	13.930			
AWAN+TNH BASAH (W1)	39.68	gram		
AWAN+TNH KERING (W2)	35.99	gram		
AWAN (W3)	21.95	gram		
IR = C = (W1 - W2)	3.690	gram		
TNH KERING = D = (W2 - W3)	14.04	gram		
W = C / D x 100%	26.28	%		

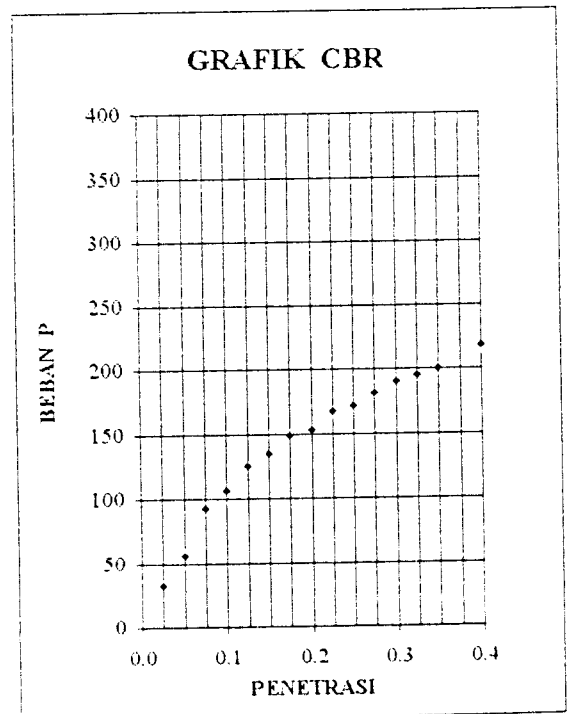
BRT. MOLD+TNH PADAT	7687	gram		
BRT. TNH PADAT (W)	3837	gram		
BRT. VOL. TNH BASAH (γ <sub>b</sub> )	1.623	gram/cm <sup>3</sup>		
BRT. VOL. TNH KERING (γ <sub>d</sub> )	1.285	gram/cm <sup>3</sup>		

**DATA PENGUKURAN**

NO	BEBAN	PENETRASI in	TEKANAN P2 = Pi / 3	TEKANAN DIKOREKSI
	Pi (lb)			
1	97.510	0.025	32.503	
2	167.16	0.050	55.720	
3	278.60	0.075	92.867	
4	320.39	0.100	106.797	108
5	376.11	0.125	125.370	
6	403.97	0.150	134.657	
7	445.76	0.175	148.587	
8	459.69	0.200	153.230	158
9	501.48	0.225	167.160	
10	515.41	0.250	171.803	
11	543.27	0.275	181.090	
12	571.13	0.300	190.377	
13	585.06	0.325	195.020	
14	598.99	0.350	199.663	
15	654.71	0.400	218.237	

**PERHITUNGAN CBR**

CORREKTUR PENETRASI 0.1"	10.80	%	
CORREKTUR PENETRASI 0.2"	10.53	%	



*[Handwritten Signature]*



## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

### PEMERIKSAAN CBR LABORATORIUM PB-0113-76

EK : PENELITIAN  
 RIAL : LEMPUNG + PASIR 20%  
 PEMADATAN : STANDAR (TIDAK DIRENDAM)  
 SAL : 14 - 6 - 1997

**ALAT**

ALAT DIAMETER : 15.275 cm TINGGI JATUH : 11.90 cm BERAT : 2363.97 cm3 JML. TUMBUKAN : 3850 gram	PENUMBUK DIAMETER : 4.98 cm TINGGI JATUH : 30.48 cm JML. LAPIS : 3 lapis BERAT : 2533 gram JML. TUMBUKAN : 56 kali
---	---

RASAI	13.930		
CAWAN+TNH BASAH (W1)	45.50	gram	
CAWAN+TNH KERING (W2)	41.20	gram	
CAWAN (W3)	21.79	gram	
WIR = C = (W1 - W2)	4.300	gram	
TNH KERING = D = (W2 - W3)	19.41	gram	
RAIR = W = C / D x 100%	22.15	%	

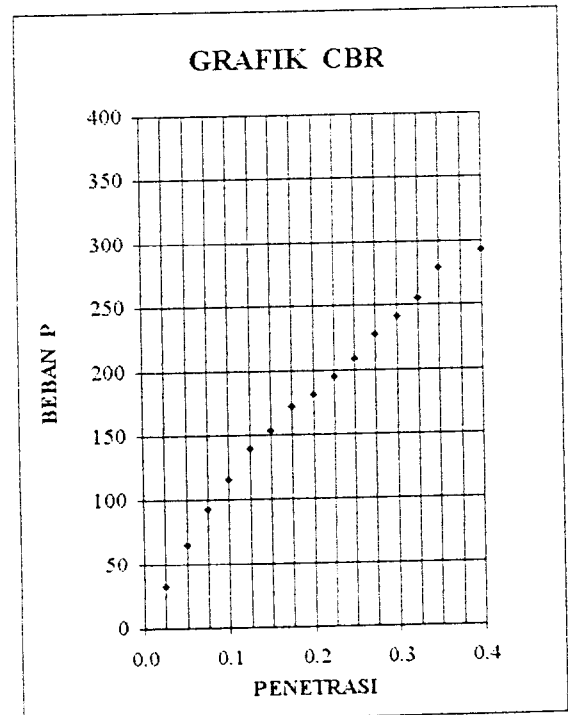
BRT. MOLD+TNH PADAT	7408	gram
BRT. TNH PADAT (W)	3558	gram
BRT. VOL. TNH BASAH (γ <sub>b</sub> )	1.505	gram/cm <sup>3</sup>
BRT. VOL. TNH KERING (γ <sub>d</sub> )	1.232	gram/cm <sup>3</sup>

**READING**

BEBAN	PENETRASI	TEKANAN	TEKANAN
PL	Pi (lb)	in	P2 = Pi / 3 DIKOREKSI
97.510	0.025	32.503	
195.02	0.050	65.007	
278.60	0.075	92.867	
348.25	0.100	116.083	130
417.90	0.125	139.300	
459.69	0.150	153.230	
515.41	0.175	171.803	
543.27	0.200	181.090	192
585.06	0.225	195.020	
626.85	0.250	208.950	
682.57	0.275	227.523	
724.36	0.300	241.453	
766.15	0.325	255.383	
835.80	0.350	278.600	
877.59	0.400	292.530	

**CBR**

PENETRASI 0,1" :	13.00	%
PENETRASI 0,2" :	12.80	%



# LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km.14,4 Telp. (0274) 895330 Yogyakarta 55584

## PEMERIKSAAN CBR LABORATORIUM PB-0113-76

TINGKAT : PENELITIAN  
 JENIS : LEMPUNG + PASIR 30%  
 METODE PEMADATAN : STANDAR (TIDAK DIRENDAM)  
 TANGGAL : 14 - 6 - 1997

### DATA

DIAMETER	: 15.275 cm	PENUMBUK	: 4.98 cm
TINGGI	: 11.90 cm	DIAMETER	: 4.98 cm
BERAT	: 2363.97 cm <sup>3</sup>	TINGGI JATUH	: 30.48 cm
	: 3850 gram	JML. LAPIS	: 3 lapis
		BERAT	: 2533 gram
		JML. TUMBUKAN	: 56 kali

KELEMBAPAN	: 13.930
BERAT AWAN+TNH BASAH (W1)	: 41.75 gram
BERAT AWAN+TNH KERING (W2)	: 38.45 gram
BERAT AWAN (W3)	: 21.60 gram
PERUBAHAN AIR = C = (W1 - W2)	: 3.300 gram
PERUBAHAN AIR KERING = D = (W2 - W3)	: 16.85 gram
PERSENTASE AIR = W = C / D x 100%	: 19.58 %

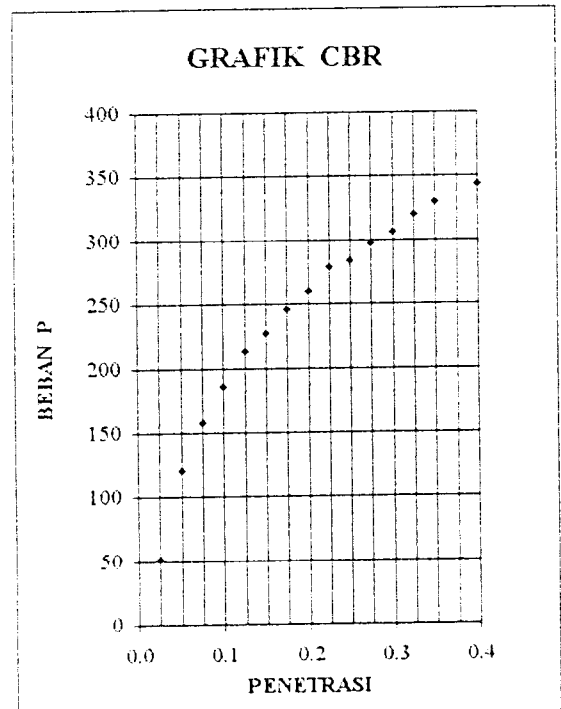
BRT. MOLD+TNH PADAT	: 7276 gram
BRT. TNH PADAT (W)	: 3426 gram
BRT. VOL. TNH BASAH (γ <sub>b</sub> )	: 1.449 gram/cm <sup>3</sup>
BRT. VOL. TNH KERING (γ <sub>d</sub> )	: 1.212 gram/cm <sup>3</sup>

### DATA PENGUKURAN

NO	BEBAN		PENETRASI in	TEKANAN P2 = Pi / 3	TEKANAN DIKOREKSI
	Pi (lb)	Pi (kg)			
1	153.230	6.8	0.025	51.077	
2	362.18	16.3	0.050	120.727	
3	473.62	21.3	0.075	157.873	
4	557.20	25.0	0.100	185.733	209
5	640.78	28.8	0.125	213.593	
6	682.57	30.7	0.150	227.523	
7	738.29	33.2	0.175	246.097	
8	780.08	35.1	0.200	260.027	279
9	835.80	37.6	0.225	278.600	
10	849.73	38.3	0.250	283.243	
11	891.52	40.1	0.275	297.173	
12	919.38	41.6	0.300	306.460	
13	961.17	43.3	0.325	320.390	
14	989.03	44.5	0.350	329.677	
15	1030.82	46.5	0.400	343.607	

### PERSENTASE

PERSENTASE PENETRASI 0,1" :	20.90	%
PERSENTASE PENETRASI 0,2" :	18.60	%



  
 26/8/97

PEMERIKSAAN TRIAKSIAL

AL : PENELITIAN  
 AL : TANAH ASLI  
 IAKSIAL : UNCONSOLIDATED-UNDRAINED  
 L : 17 - 6 - 1997

BEBAN	: 393 kg div
SI PROVING	: 0,162 cm
DIAMETER (Φ)	: 3,73 cm
ALAMBATAN (L <sub>0</sub> )	: 7,48 cm
LUAS AWAL (A <sub>0</sub> )	: 10,92 cm <sup>2</sup>
LUAS AKHIR (A <sub>v</sub> )	: 81,74 cm <sup>3</sup>

BEBAN (kg)	ε = ΔL/L <sub>0</sub> (%)	Koreksi 1 - ε	LUAS TAMPANG A <sub>v</sub> (1 - ε)	TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 0,5 kg/cm <sup>2</sup>			TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 1,0 kg/cm <sup>2</sup>			TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 2,0 kg/cm <sup>2</sup>					
				PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )			
0,00	0,00	1,000	10,92	0	0,00	0,00	0,50	0	0,00	0,00	1,00	0	0,00	0,00	2,00
0,02	0,27	0,997	10,96	25	4,05	0,37	0,87	26	4,21	0,38	1,38	5	0,91	0,07	2,07
0,04	0,53	0,995	10,98	26	4,21	0,38	0,88	28	4,54	0,41	1,41	5	0,81	0,07	2,07
0,06	0,80	0,992	11,01	28	4,54	0,41	0,91	29	4,70	0,43	1,43	8	1,30	0,12	2,12
0,08	1,07	0,989	11,04	30	4,86	0,44	0,94	30	4,86	0,44	1,44	29	4,70	0,43	2,43
0,10	1,34	0,987	11,07	31	5,02	0,45	0,95	32	5,18	0,47	1,47	42	6,80	0,61	2,61
0,12	1,60	0,984	11,10	31	5,02	0,45	0,95	33	5,35	0,48	1,48	48	7,78	0,70	2,70
0,14	1,87	0,981	11,13	31	5,02	0,45	0,95	35	5,67	0,51	1,51	52	8,42	0,76	2,76
0,16	2,14	0,979	11,16	32	5,18	0,46	0,96	36	5,83	0,52	1,52	56	9,07	0,81	2,81
0,18	2,41	0,976	11,19	33	5,35	0,48	0,98	36	5,83	0,52	1,52	61	9,88	0,88	2,88
0,20	2,67	0,973	11,22	33	5,35	0,48	0,98	37	5,99	0,53	1,53	66	10,69	0,95	2,95
0,22	2,94	0,971	11,25	35	5,67	0,50	1,00	38	6,16	0,55	1,55	68	11,02	0,98	2,98
0,24	3,21	0,968	11,28	35	5,67	0,50	1,00	39	6,32	0,56	1,56	70	11,34	1,01	3,01
0,26	3,48	0,965	11,31	35	5,67	0,50	1,00	39	6,32	0,56	1,56	71	11,50	1,02	3,02
0,28	3,74	0,963	11,34	35	5,67	0,50	1,00	40	6,48	0,57	1,57	75	12,15	1,07	3,07
0,30	4,01	0,960	11,38	36	5,83	0,51	1,01	40	6,48	0,57	1,57	77	12,47	1,10	3,10
0,32	4,28	0,957	11,41	36	5,83	0,51	1,01	41	6,64	0,58	1,58	79	12,80	1,12	3,12
0,34	4,56	0,955	11,44	36	5,83	0,51	1,01	42	6,80	0,59	1,59	79	12,80	1,12	3,12
0,36	4,81	0,952	11,47	37	5,99	0,52	1,02	42	6,80	0,59	1,59	81	13,12	1,14	3,14
0,38	5,08	0,949	11,50	37	5,99	0,52	1,02	43	6,97	0,61	1,61	82	13,28	1,15	3,15
0,40	5,35	0,947	11,54	37	5,99	0,52	1,02	43	6,97	0,60	1,60	84	13,61	1,18	3,18
0,42	5,61	0,944	11,57	38	6,16	0,53	1,03	44	7,13	0,62	1,62	85	13,77	1,19	3,19
0,44	5,88	0,941	11,60	38	6,16	0,53	1,03	44	7,13	0,61	1,61	86	13,93	1,20	3,20
0,46	6,15	0,939	11,64	39	6,32	0,54	1,04	45	7,29	0,63	1,63	86	13,93	1,20	3,20
0,48	6,42	0,936	11,67	39	6,32	0,54	1,04	45	7,29	0,62	1,62	89	14,42	1,24	3,24
0,50	6,68	0,933	11,70	40	6,48	0,55	1,05	45	7,29	0,62	1,62	90	14,58	1,25	3,25
0,52	6,95	0,930	11,74	40	6,48	0,55	1,05	45	7,29	0,62	1,62	91	14,74	1,26	3,26
0,54	7,22	0,928	11,77	40	6,48	0,55	1,05	45	7,29	0,62	1,62	92	14,90	1,27	3,27
0,56	7,49	0,925	11,80	40	6,48	0,55	1,05	45	7,29	0,62	1,62	94	15,23	1,29	3,29
0,58	7,75	0,922	11,84	40	6,48	0,55	1,05	46	7,45	0,63	1,63	95	15,39	1,30	3,30
0,60	8,02	0,920	11,87	40	6,48	0,55	1,05	46	7,45	0,63	1,63	95	15,39	1,30	3,30
0,62	8,29	0,917	11,91	40	6,48	0,54	1,04	46	7,45	0,63	1,63	96	15,55	1,31	3,31
0,64	8,56	0,914	11,94	41	6,64	0,56	1,06	47	7,61	0,64	1,64	97	15,71	1,32	3,32
0,66	8,82	0,912	11,98					47	7,61	0,64	1,64	97	15,71	1,31	3,31
0,68	9,09	0,909	12,01					48	7,78	0,65	1,65	98	15,88	1,32	3,32
0,70	9,36	0,906	12,05					48	7,78	0,65	1,65				

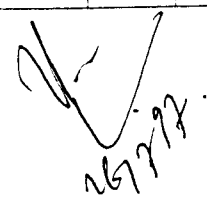
  
 2018/9/7

PEMERIKSAAN TRIAKSIAL

: PENELITIAN  
 L : LEMPUNG + PASIR 0%  
 AKSIAL : UNCONSOLIDATED-UNDRAINED  
 : 17 - 6 - 1997

	: 393 kg/div
SI PROVING	: 0.162 cm
R (Φ)	: 3.73 cm
WAL (Lo)	: 7.48 cm
	: 10.92 cm <sup>2</sup>
(V)	: 81.74 cm <sup>3</sup>

KAN TANAH	L = s = ΔL/Lo (%)	Koreksi 1 - s	LUAS TAMPANG Luas A = Ao / (1 - s)	TEKANAN SEL (σ3) = 0.5 kg/cm <sup>2</sup>				TEKANAN SEL (σ3) = 1.0 kg/cm <sup>2</sup>				TEKANAN SEL (σ3) = 2.0 kg/cm <sup>2</sup>			
				PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ1 = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ1 (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ1 = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ1 (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ1 = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ1 (kg/cm <sup>2</sup> )
00	0.00	1.000	10.92	0	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.00	0	0.00	0.00	2.00
02	0.27	0.997	10.96	19	3.08	0.28	0.78	5	0.81	0.07	1.07	9	1.46	0.13	2.13
04	0.53	0.995	10.98	19	3.08	0.28	0.78	10	1.62	0.15	1.15	25	4.05	0.37	2.37
06	0.80	0.992	11.01	20	3.24	0.29	0.79	28	4.54	0.41	1.41	50	8.10	0.74	2.74
08	1.07	0.989	11.04	22	3.56	0.32	0.82	32	5.18	0.47	1.47	54	8.75	0.79	2.79
10	1.34	0.987	11.07	30	4.86	0.44	0.94	48	7.78	0.70	1.70	70	11.34	1.02	3.02
12	1.60	0.984	11.10	46	7.45	0.67	1.17	57	9.23	0.83	1.83	78	12.64	1.14	3.14
14	1.87	0.981	11.13	51	8.26	0.74	1.24	65	10.53	0.95	1.95	86	13.93	1.25	3.25
16	2.14	0.979	11.16	61	9.88	0.89	1.39	70	11.34	1.02	2.02	92	14.90	1.34	3.34
18	2.41	0.976	11.19	70	11.34	1.01	1.51	74	11.99	1.07	2.07	96	15.55	1.39	3.39
20	2.67	0.973	11.22	74	11.99	1.07	1.57	80	12.96	1.16	2.16	98	15.88	1.41	3.41
22	2.94	0.971	11.25	76	12.31	1.09	1.59	90	14.58	1.30	2.30	101	16.36	1.45	3.45
24	3.21	0.968	11.28	78	12.64	1.12	1.62	92	14.90	1.32	2.32	105	17.01	1.51	3.51
26	3.48	0.966	11.31	82	13.28	1.17	1.67	102	16.52	1.46	2.46	108	17.50	1.55	3.55
28	3.74	0.963	11.34	84	13.61	1.20	1.70	106	17.17	1.51	2.51	113	18.31	1.61	3.61
30	4.01	0.960	11.38	88	14.26	1.25	1.75	109	17.66	1.55	2.55	115	18.63	1.64	3.64
32	4.28	0.957	11.41	93	15.07	1.32	1.82	113	18.31	1.60	2.60	122	19.75	1.73	3.73
34	4.55	0.956	11.44	95	15.39	1.36	1.85	116	18.79	1.64	2.64	124	20.09	1.76	3.76
36	4.81	0.952	11.47	98	15.98	1.38	1.88	119	19.28	1.68	2.68	125	20.25	1.77	3.77
38	5.08	0.949	11.50	101	16.36	1.42	1.92	122	19.76	1.72	2.72	127	20.57	1.79	3.79
40	5.36	0.947	11.54	102	16.52	1.43	1.93	125	20.25	1.76	2.76	130	21.06	1.83	3.83
42	5.61	0.944	11.57	106	17.17	1.48	1.98	128	20.74	1.79	2.79	133	21.55	1.86	3.86
44	5.88	0.941	11.60	107	17.33	1.49	1.99	129	20.90	1.80	2.80	135	21.87	1.88	3.88
46	6.15	0.939	11.64	108	17.50	1.50	2.00	131	21.22	1.82	2.82	137	22.19	1.91	3.91
48	6.42	0.936	11.67	110	17.82	1.53	2.03	132	21.38	1.83	2.83	139	22.52	1.93	3.93
50	6.68	0.933	11.70	112	18.14	1.56	2.06	133	21.55	1.84	2.84	141	22.84	1.95	3.95
52	6.96	0.930	11.74	114	18.47	1.57	2.07	134	21.71	1.85	2.85	142	23.00	1.96	3.96
54	7.22	0.928	11.77	115	18.63	1.58	2.08	136	22.03	1.87	2.87	144	23.33	1.98	3.98
56	7.49	0.925	11.80	116	18.79	1.59	2.09	137	22.19	1.88	2.88	146	23.65	2.00	4.00
58	7.75	0.922	11.84	117	18.95	1.60	2.10	138	22.36	1.89	2.89	148	23.98	2.03	4.03
60	8.02	0.920	11.87	119	19.28	1.62	2.12	139	22.52	1.90	2.90	150	24.30	2.05	4.05
62	8.29	0.917	11.91	121	19.60	1.65	2.15	141	22.84	1.92	2.92	151	24.46	2.05	4.05
64	8.56	0.914	11.94	122	19.76	1.66	2.16	142	23.00	1.93	2.93	152	24.62	2.06	4.06
66	8.82	0.912	11.98	123	19.93	1.66	2.16	143	23.17	1.93	2.93	154	24.96	2.08	4.08
68	9.09	0.909	12.01	125	20.25	1.69	2.19	144	23.33	1.94	2.94	156	25.27	2.10	4.10
70	9.36	0.906	12.05	126	20.41	1.69	2.19	145	23.49	1.95	2.95	158	25.60	2.12	4.12
72	9.63	0.904	12.08	128	20.74	1.72	2.22	146	23.66	1.96	2.96	161	26.08	2.16	4.16
74	9.89	0.901	12.12	129	20.90	1.72	2.22	148	23.98	1.98	2.98	164	26.57	2.19	4.19
76	10.16	0.898	12.16	130	21.06	1.73	2.23	148	23.98	1.97	2.97	165	26.73	2.20	4.20
78	10.43	0.896	12.19	131	21.22	1.74	2.24	149	24.14	1.98	2.98	167	27.05	2.22	4.22
80	10.70	0.893	12.23	133	21.56	1.76	2.26	149	24.14	1.97	2.97	169	27.38	2.24	4.24
82	10.96	0.890	12.26	134	21.71	1.77	2.27	150	24.30	1.98	2.98	170	27.54	2.25	4.25
84	11.23	0.888	12.30	136	22.03	1.79	2.29	151	24.46	1.99	2.99	172	27.86	2.27	4.27
86	11.50	0.885	12.34	137	22.19	1.80	2.30	151	24.46	1.98	2.98	174	28.19	2.28	4.28
88	11.76	0.882	12.38	139	22.52	1.82	2.32	151	24.46	1.98	2.98	176	28.51	2.30	4.30
90	12.03	0.880	12.41	140	22.68	1.83	2.33	151	24.46	1.97	2.97	177	28.67	2.31	4.31
92	12.30	0.877	12.45	141	22.84	1.83	2.33	152	24.62	1.98	2.98	179	29.00	2.33	4.33
94	12.57	0.874	12.49	143	23.17	1.85	2.35	152	24.62	1.97	2.97	181	29.32	2.35	4.35
96	12.83	0.872	12.53	144	23.33	1.86	2.36	153	24.79	1.98	2.98	182	29.48	2.35	4.35
98	13.10	0.869	12.57	145	23.49	1.87	2.37	153	24.79	1.97	2.97	184	29.81	2.37	4.37
1.00	13.37	0.866	12.61	146	23.65	1.88	2.38	154	24.95	1.98	2.98	184	29.81	2.36	4.36
1.02	13.64	0.864	12.64	147	23.81	1.88	2.38	154	24.95	1.97	2.97	185	29.97	2.37	4.37
1.04	13.90	0.861	12.68	149	23.98	1.89	2.39	155	25.11	1.98	2.98	192	31.10	2.46	4.45
1.06	14.17	0.858	12.72	150	24.30	1.91	2.41	155	25.11	1.97	2.97	193	31.27	2.46	4.46
1.08	14.44	0.856	12.76	151	24.46	1.92	2.42	155	25.11	1.97	2.97	194	31.43	2.46	4.46
1.10	14.71	0.853	12.80	152	24.62	1.92	2.42	154	24.96	1.96	2.96	196	31.75	2.48	4.48
1.12	14.97	0.850	12.84												
1.14	15.24	0.848	12.88												

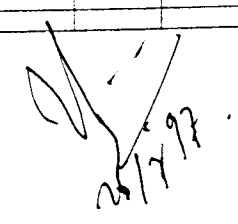

  
 16/7/97

PEMERIKSAAN TRIAKSIAL

: PENELITIAN  
 : LEMPUNG + PASIR 10%  
 AKSIAL : UNCONSOLIDATED-UNDRAINED  
 : 18 - 6 - 1997

	: 393 kg/div
PROVING	: 0.162 cm
R (Φ)	: 3.73 cm
WAL (Lo)	: 7.48 cm
	: 10.92 cm <sup>2</sup>
(V)	: 81.74 cm <sup>3</sup>

No	ε = ΔL/L <sub>o</sub> (%)	Koreksi 1-ε	Luas A = A <sub>o</sub> / (1-ε)	TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 0.5 kg/cm <sup>2</sup>				TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 1.0 kg/cm <sup>2</sup>				TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 2.0 kg/cm <sup>2</sup>			
				PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
00	0.00	1.000	10.92	0	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.00	0	0.00	0.00	2.00
02	0.27	0.997	10.96	10	1.62	0.15	0.66	15	2.43	0.22	1.22	12	1.94	0.18	2.18
04	0.53	0.995	10.98	12	1.94	0.18	0.68	17	2.75	0.25	1.25	63	10.21	0.93	2.93
06	0.80	0.992	11.01	25	4.05	0.37	0.87	32	5.18	0.47	1.47	86	13.93	1.27	3.27
08	1.07	0.989	11.04	43	6.97	0.63	1.13	56	9.07	0.82	1.82	101	16.36	1.48	3.48
10	1.34	0.987	11.07	53	8.59	0.78	1.28	80	12.96	1.17	2.17	111	17.98	1.62	3.62
12	1.60	0.984	11.10	56	9.07	0.82	1.32	92	14.90	1.34	2.34	124	20.09	1.81	3.81
14	1.87	0.981	11.13	70	11.34	1.02	1.52	109	17.66	1.59	2.59	136	22.03	1.98	3.98
16	2.14	0.979	11.16	83	13.45	1.20	1.70	116	18.79	1.68	2.68	144	23.33	2.09	4.09
18	2.41	0.976	11.19	92	14.90	1.33	1.83	121	19.60	1.75	2.75	152	24.62	2.20	4.20
20	2.67	0.973	11.22	99	16.04	1.43	1.93	124	20.09	1.79	2.79	160	25.92	2.31	4.31
22	2.94	0.971	11.25	104	16.85	1.50	2.00	125	20.25	1.80	2.80	169	27.38	2.43	4.43
24	3.21	0.968	11.28	108	17.50	1.55	2.05	127	20.57	1.82	2.82	177	28.67	2.54	4.54
26	3.48	0.965	11.31	116	18.79	1.66	2.16	129	20.90	1.85	2.85	182	29.48	2.61	4.61
28	3.74	0.963	11.34	122	19.76	1.74	2.24	131	21.22	1.87	2.87	186	30.13	2.66	4.66
30	4.01	0.960	11.38	126	20.41	1.79	2.29	132	21.38	1.88	2.88	190	30.78	2.71	4.71
32	4.28	0.957	11.41	129	20.90	1.83	2.33	137	22.19	1.95	2.95	193	31.27	2.74	4.74
34	4.56	0.955	11.44	133	21.56	1.88	2.38	138	22.36	1.95	2.95	199	32.24	2.82	4.82
36	4.81	0.952	11.47	139	22.52	1.96	2.46	140	22.68	1.98	2.98	202	32.72	2.85	4.85
38	5.08	0.949	11.50	143	23.17	2.01	2.51	143	23.17	2.01	3.01	207	33.53	2.91	4.91
40	5.35	0.947	11.54	147	23.91	2.06	2.56	148	23.98	2.08	3.08	210	34.02	2.95	4.95
42	5.61	0.944	11.57	149	24.14	2.09	2.59	150	24.30	2.10	3.10	217	35.15	3.04	5.04
44	5.88	0.941	11.60	152	24.62	2.12	2.62	153	24.79	2.14	3.14	223	36.13	3.11	5.11
46	6.15	0.939	11.64	156	25.27	2.17	2.67	158	25.60	2.20	3.20	227	36.77	3.16	5.16
48	6.42	0.936	11.67	159	25.76	2.21	2.71	161	26.08	2.24	3.24	231	37.42	3.21	5.21
50	6.68	0.933	11.70	162	26.24	2.24	2.74	163	26.41	2.26	3.26	234	37.91	3.24	5.24
52	6.95	0.930	11.74	164	26.57	2.26	2.76	165	26.73	2.28	3.28	238	38.56	3.29	5.29
54	7.22	0.928	11.77	166	26.89	2.28	2.78	168	27.22	2.31	3.31	240	38.88	3.30	5.30
56	7.49	0.925	11.80	170	27.54	2.33	2.83	171	27.70	2.35	3.35	242	39.20	3.32	5.32
58	7.75	0.922	11.84	172	27.86	2.35	2.85	173	28.03	2.37	3.37	247	40.01	3.38	5.38
60	8.02	0.920	11.87	177	28.67	2.42	2.92	179	29.00	2.44	3.44	248	40.18	3.38	5.38
62	8.29	0.917	11.91	179	29.00	2.44	2.94	180	29.16	2.45	3.45	253	40.99	3.44	5.44
64	8.56	0.914	11.94	183	29.65	2.48	2.98	185	29.97	2.51	3.51	258	41.80	3.50	5.50
66	8.82	0.912	11.98	185	29.97	2.50	3.00	187	30.29	2.53	3.53	260	42.12	3.52	5.52
68	9.09	0.909	12.01	188	30.46	2.54	3.04	189	30.62	2.55	3.55	262	42.44	3.53	5.53
70	9.36	0.906	12.05	191	30.94	2.57	3.07	191	30.94	2.57	3.57	264	42.77	3.55	5.55
72	9.63	0.904	12.08	194	31.43	2.60	3.10	196	31.75	2.63	3.63	267	43.25	3.58	5.58
74	9.89	0.901	12.12	196	31.75	2.62	3.12	197	31.91	2.63	3.63	270	43.74	3.61	5.61
76	10.16	0.898	12.16	198	32.08	2.64	3.14	200	32.40	2.67	3.67	272	44.06	3.63	5.63
78	10.43	0.896	12.19	199	32.24	2.64	3.14	202	32.72	2.68	3.68	275	44.56	3.66	5.66
80	10.70	0.893	12.23	201	32.56	2.66	3.16	203	32.89	2.69	3.69	278	45.04	3.68	5.68
82	10.96	0.890	12.26	204	33.06	2.69	3.19	204	33.06	2.69	3.69	280	45.36	3.70	5.70
84	11.23	0.888	12.30	206	33.37	2.71	3.21	207	33.53	2.73	3.73	286	46.33	3.77	5.77
86	11.50	0.885	12.34	209	33.86	2.74	3.24	210	34.02	2.76	3.76	289	46.82	3.79	5.79
88	11.76	0.882	12.38	210	34.02	2.75	3.25	211	34.18	2.76	3.76	292	47.30	3.82	5.82
90	12.03	0.880	12.41	212	34.34	2.77	3.27	213	34.51	2.78	3.78	294	47.63	3.84	5.84
92	12.30	0.877	12.45	215	34.83	2.80	3.30	215	34.83	2.80	3.80	296	47.79	3.84	5.84
94	12.57	0.874	12.49	216	34.99	2.80	3.30	218	35.32	2.83	3.83	299	48.44	3.88	5.88
96	12.83	0.872	12.53	218	35.32	2.82	3.32	218	35.32	2.82	3.82	301	48.76	3.89	5.89
98	13.10	0.869	12.57	220	35.64	2.84	3.34	221	36.80	2.85	3.85	302	48.92	3.89	5.89
100	13.37	0.866	12.61	221	35.80	2.84	3.34	222	36.96	2.85	3.85	303	49.09	3.89	5.89
102	13.64	0.864	12.64	224	36.29	2.87	3.37	225	36.45	2.88	3.88	305	49.41	3.91	5.91
104	13.90	0.861	12.68	225	36.45	2.87	3.37	226	36.61	2.89	3.89	309	50.06	3.95	5.95
106	14.17	0.858	12.72	227	36.77	2.89	3.39	227	36.77	2.89	3.89	312	50.54	3.97	5.97
108	14.44	0.856	12.76	229	37.10	2.91	3.41	230	37.26	2.92	3.92	314	50.87	3.99	5.99
110	14.71	0.853	12.80	230	37.26	2.91	3.41	233	37.75	2.95	3.95	316	51.19	4.00	6.00
112	14.97	0.850	12.84												
114	15.24	0.848	12.88												



PEMERIKSAAN TRIAKSIAL

: PENELITIAN  
 : LEMPUNG + PASIR 30%  
 : UNCONSOLIDATED-UNDRAINED  
 : 19 - 6 - 1997

: PROVING : ( $\Phi$ ) : AL (Lo) : : ) :	393 kg/div 0.162 cm 3.73 cm 7.48 cm 10.92 cm <sup>2</sup> 81.74 cm <sup>3</sup>
---	--

No	N TANAH	LUAS TAMPANG		TEKANAN SEL ( $\sigma_3$ ) = 0.5 kg/cm <sup>2</sup>				TEKANAN SEL ( $\sigma_3$ ) = 1.0 kg/cm <sup>2</sup>				TEKANAN SEL ( $\sigma_3$ ) = 2.0 kg/cm <sup>2</sup>			
		$s = \Delta L / L_0$ (%)	Koreksi 1 - s	Luas A = Ao / (1 - s)	PROVING RING	BEBAN P (kg)	$\Delta \sigma_1 = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	$\Delta \sigma_1 = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	$\Delta \sigma_1 = P/A$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.00	1.000	10.92	0	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.00	0	0.00	0.00	2.00
1	0.27	0.997	10.95	9	1.46	0.13	0.63	15	2.43	0.22	1.22	19	3.08	0.28	2.28
2	0.53	0.995	10.98	36	5.67	0.52	1.02	18	2.92	0.27	1.27	95	15.39	1.40	3.40
3	0.80	0.992	11.01	92	14.90	1.36	1.85	124	20.09	1.82	2.82	173	28.03	2.55	4.55
4	1.07	0.989	11.04	129	20.90	1.89	2.39	229	37.10	3.36	4.36	231	37.42	3.39	5.39
5	1.34	0.987	11.07	190	30.78	2.78	3.28	281	45.52	4.11	5.11	278	45.04	4.07	6.07
6	1.60	0.984	11.10	235	38.07	3.43	3.93	319	51.68	4.66	5.66	333	53.95	4.86	6.86
7	1.87	0.981	11.13	267	43.25	3.89	4.39	363	57.19	5.14	6.14	375	60.75	5.46	7.46
8	2.14	0.979	11.16	296	46.33	4.15	4.65	388	62.86	5.63	6.63	408	66.10	5.92	7.92
9	2.41	0.976	11.19	299	48.44	4.33	4.83	398	64.48	5.76	6.76	431	69.82	6.24	8.24
10	2.67	0.973	11.22	314	50.87	4.53	5.03	421	68.20	6.08	7.08	447	72.41	6.45	8.45
11	2.94	0.971	11.25	336	54.43	4.84	5.34	436	70.63	6.28	7.28	447	72.41	6.44	8.44
12	3.21	0.968	11.28	348	56.38	5.00	5.50	445	72.09	6.39	7.39	500	81.00	7.18	9.18
13	3.48	0.965	11.31	358	58.00	5.13	5.63	455	73.71	6.52	7.52	518	83.92	7.42	9.42
14	3.74	0.963	11.34	366	59.29	5.23	5.73	466	75.49	6.65	7.65	535	86.67	7.64	9.64
15	4.01	0.960	11.38	371	60.10	5.28	5.78	478	77.44	6.81	7.81	545	88.29	7.76	9.76
16	4.28	0.957	11.41	378	61.24	5.37	5.87	483	78.25	6.86	7.86	568	92.02	8.07	10.07
17	4.66	0.956	11.44	382	61.88	5.41	5.91	487	78.89	6.90	7.90	583	94.45	8.26	10.26
18	4.81	0.952	11.47	384	62.21	5.42	5.92	494	80.03	6.98	7.98	597	96.71	8.43	10.43
19	5.06	0.949	11.50	385	62.37	5.42	5.92	497	80.51	7.00	8.00	611	98.98	8.60	10.60
20	5.36	0.947	11.54	385	62.37	5.41	5.91	500	81.00	7.02	8.02	619	100.28	8.69	10.69
21	5.61	0.944	11.57	384	62.21	5.38	5.88	503	81.49	7.04	8.04	636	102.87	8.89	10.89
22	5.88	0.941	11.60	381	61.72	5.32	5.82	512	82.94	7.15	8.15	646	104.65	9.02	11.02
23	6.15	0.939	11.64					514	83.27	7.16	8.16	655	106.11	9.12	11.12
24	6.42	0.936	11.67					515	83.43	7.15	8.15	664	107.57	9.22	11.22
25	6.68	0.933	11.70					519	84.08	7.18	8.18	670	108.54	9.28	11.28
26	6.95	0.930	11.74					522	84.56	7.21	8.21	682	110.48	9.41	11.41
27	7.22	0.928	11.77					523	84.73	7.20	8.20	692	112.10	9.52	11.52
28	7.49	0.925	11.80					525	85.05	7.21	8.21	701	113.56	9.62	11.62
29	7.75	0.922	11.84					526	85.21	7.20	8.20	715	115.83	9.78	11.78
30	8.02	0.920	11.87					527	85.37	7.19	8.19	722	116.96	9.85	11.85
31	8.29	0.917	11.91					530	85.86	7.21	8.21	729	118.10	9.92	11.92
32	8.56	0.914	11.94					532	86.18	7.22	8.22	736	119.23	9.98	11.98
33	8.82	0.912	11.98					536	86.83	7.25	8.25	742	120.20	10.04	12.04
34	9.09	0.909	12.01					538	87.16	7.26	8.26	748	121.18	10.09	12.09
35	9.36	0.906	12.05					543	87.97	7.30	8.30	757	122.63	10.18	12.18
36	9.63	0.904	12.08					545	88.29	7.31	8.31	764	123.77	10.24	12.24
37	9.89	0.901	12.12					545	88.29	7.29	8.29	770	124.74	10.29	12.29
38	10.16	0.898	12.16					546	88.45	7.28	8.28	775	125.56	10.33	12.33
39	10.43	0.896	12.19					547	88.61	7.27	8.27	780	126.36	10.36	12.36
40	10.70	0.893	12.23					549	88.94	7.27	8.27	786	127.17	10.40	12.40
41	10.96	0.890	12.26					563	89.69	7.30	8.30	792	128.30	10.46	12.46
42	11.23	0.888	12.30					567	90.23	7.34	8.34	797	129.11	10.50	12.50
43	11.50	0.885	12.34					561	90.88	7.37	8.37	804	130.25	10.56	12.56
44	11.76	0.882	12.38					568	92.02	7.44	8.44	810	131.22	10.60	12.60
45	12.03	0.880	12.41					573	92.83	7.48	8.48	813	131.71	10.61	12.61
46	12.30	0.877	12.45					579	93.80	7.53	8.53	816	132.19	10.62	12.62
47	12.57	0.874	12.49					584	94.61	7.57	8.57	819	132.68	10.62	12.62
48	12.83	0.872	12.53					597	96.71	7.72	8.72	821	133.00	10.62	12.62
49	13.10	0.869	12.57					606	98.17	7.81	8.81	826	133.65	10.64	12.64
50	13.37	0.866	12.61					611	98.98	7.85	8.85	827	133.97	10.63	12.63
51	13.64	0.864	12.64					615	99.63	7.88	8.88	830	134.46	10.63	12.63
52	13.90	0.861	12.68					619	100.28	7.91	8.91	832	134.78	10.63	12.63
53	14.17	0.858	12.72					624	101.09	7.96	8.96	833	134.96	10.61	12.61
54	14.44	0.856	12.76					628	101.74	7.97	8.97	833	134.96	10.57	12.57
55	14.71	0.853	12.80					628	101.74	7.95	8.95	833	134.96	10.54	12.54

*Handwritten signature and date: 26/7/97*

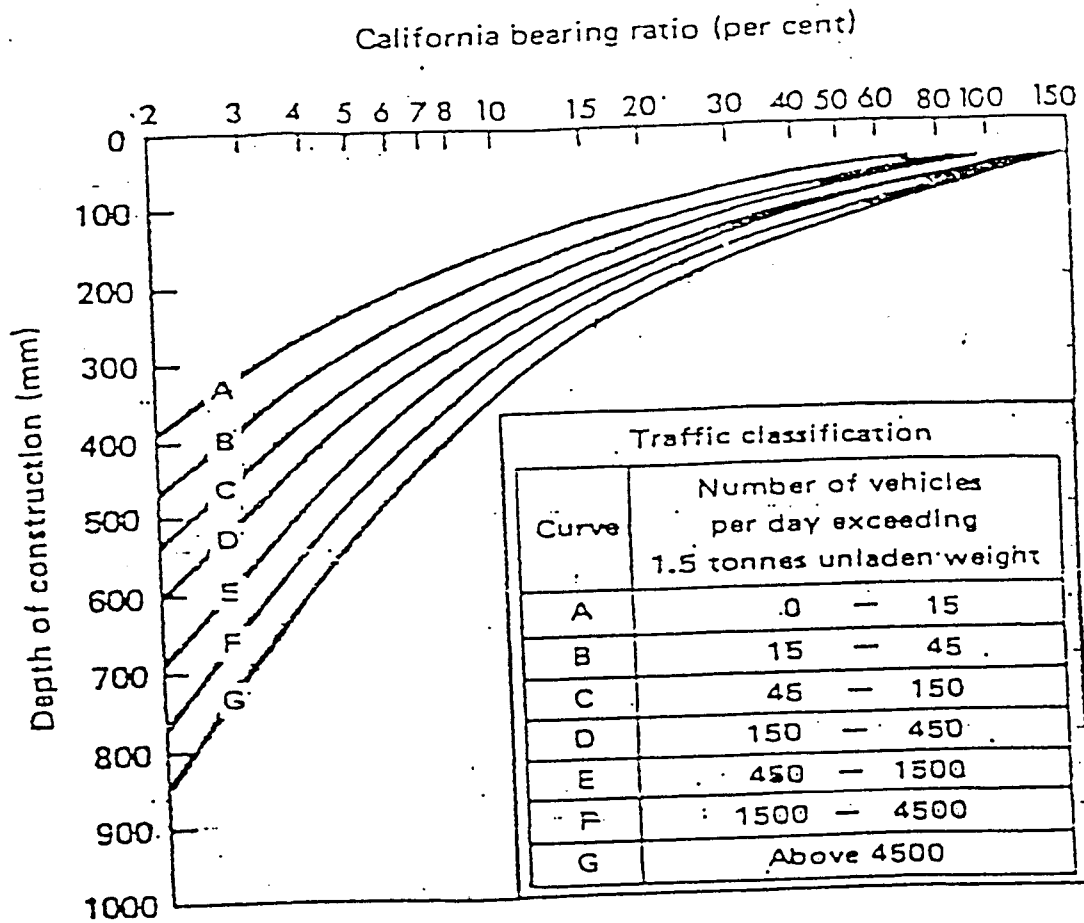
PEMERIKSAAN TRIAKSIAL

AKSIAL : PENELITIAN  
 : LEMPUNG + PASIR 40%  
 : UNCONSOLIDATED-UNDRAINED  
 : 19 - 6 - 1997

PROVING	: 393 kg/div
R (Φ)	: 0.162 cm
VAL (L <sub>0</sub> )	: 3.73 cm
(V)	: 7.48 cm
	: 10.92 cm <sup>2</sup>
	: 81.74 cm <sup>3</sup>

No	e = ΔLL <sub>0</sub> (%)	Koreksi 1 - e	Luas A = A <sub>0</sub> / (1 - e)	TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 0.5 kg/cm <sup>2</sup>				TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 1.0 kg/cm <sup>2</sup>				TEKANAN SEL (σ <sub>3</sub> ) = 2.0 kg/cm <sup>2</sup>			
				PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	PROVING RING	BEBAN P (kg)	Δσ <sub>1</sub> = P/A (kg/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>1</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
10	0.00	1.000	10.92	0	0.00	0.00	0.50	0	0.00	0.00	1.00	0	0.00	0.00	2.00
12	0.27	0.997	10.96	14	2.27	0.21	0.71	16	2.59	0.24	1.24	40	6.48	0.59	2.59
14	0.53	0.996	10.98	34	5.51	0.50	1.00	39	6.32	0.58	1.58	83	13.45	1.22	3.22
16	0.80	0.992	11.01	86	13.93	1.27	1.77	90	14.58	1.32	2.32	119	19.28	1.75	3.75
18	1.07	0.989	11.04	145	23.49	2.13	2.63	149	24.14	2.19	3.19	177	28.67	2.60	4.60
20	1.34	0.987	11.07	187	30.29	2.74	3.24	174	28.19	2.55	3.55	261	42.28	3.92	5.82
22	1.60	0.984	11.10	217	36.15	3.17	3.67	229	37.10	3.34	4.34	358	58.00	5.23	7.23
24	1.87	0.981	11.13	235	38.07	3.42	3.92	246	39.85	3.58	4.58	451	73.06	6.57	8.57
26	2.14	0.979	11.16	260	42.12	3.77	4.27	263	42.61	3.82	4.82	472	76.46	6.85	8.85
28	2.41	0.976	11.19	293	47.47	4.24	4.74	272	44.06	3.94	4.94	506	81.81	7.31	9.31
30	2.67	0.973	11.22	310	50.22	4.48	4.98	285	46.17	4.11	5.11	545	88.29	7.87	9.87
32	2.94	0.971	11.25	324	52.49	4.67	5.17	304	49.25	4.38	5.38	589	95.42	8.48	10.48
34	3.21	0.968	11.28	332	53.78	4.77	5.27	315	51.03	4.52	5.52	639	103.52	9.18	11.18
36	3.48	0.966	11.31	344	55.73	4.93	5.43	334	54.11	4.78	5.78	656	106.27	9.39	11.39
38	3.74	0.963	11.34	357	57.83	5.10	5.60	358	58.00	5.11	6.11	665	107.73	9.50	11.50
40	4.01	0.960	11.38	370	59.94	5.27	5.77	370	59.94	5.27	6.27	671	108.70	9.56	11.56
42	4.28	0.957	11.41	380	61.56	5.40	5.90	382	61.88	5.42	6.42	681	110.32	9.67	11.67
44	4.55	0.955	11.44	385	62.37	5.45	5.95	389	63.02	5.51	6.51	687	111.29	9.73	11.73
46	4.81	0.952	11.47	397	64.31	5.61	6.11	399	64.64	5.63	6.63	692	112.10	9.77	11.77
48	5.08	0.949	11.50	410	66.42	5.77	6.27	421	68.20	5.93	6.93	700	113.40	9.86	11.86
50	5.35	0.947	11.54	419	67.88	5.88	6.38	431	69.82	6.06	7.06	707	114.63	9.93	11.93
52	5.61	0.944	11.57	426	69.01	5.96	6.46	436	70.63	6.10	7.10	713	115.51	9.98	11.98
54	5.88	0.941	11.60	431	69.82	6.02	6.52	444	71.93	6.20	7.20	727	117.77	10.15	12.15
56	6.15	0.939	11.64	438	70.96	6.10	6.60	453	73.39	6.31	7.31	736	119.23	10.25	12.25
58	6.42	0.936	11.67	447	72.41	6.21	6.71	463	75.01	6.43	7.43	746	120.85	10.36	12.36
60	6.68	0.933	11.70	453	73.39	6.27	6.77	472	76.46	6.53	7.53	754	122.15	10.44	12.44
62	6.95	0.930	11.74	459	74.36	6.34	6.84	478	77.44	6.60	7.60	765	123.93	10.56	12.56
64	7.22	0.928	11.77	462	74.84	6.36	6.86	485	78.57	6.68	7.68	773	125.23	10.64	12.64
66	7.49	0.925	11.80	467	75.65	6.41	6.91	492	79.70	6.75	7.75	779	126.20	10.69	12.69
68	7.75	0.922	11.84	474	76.79	6.49	6.99	498	80.68	6.82	7.82	787	127.49	10.77	12.77
70	8.02	0.920	11.87	479	77.60	6.54	7.04	504	81.65	6.88	7.88	791	128.14	10.79	12.79
72	8.29	0.917	11.91	483	78.25	6.57	7.07	515	83.43	7.01	8.01	799	129.44	10.87	12.87
74	8.56	0.914	11.94	480	77.76	6.51	7.01	526	85.21	7.14	8.14	806	130.41	10.92	12.92
76	8.82	0.912	11.98	478	77.44	6.47	6.97	548	88.78	7.41	8.41	811	131.38	10.97	12.97
78	9.09	0.909	12.01					554	89.75	7.47	8.47	817	132.35	11.02	13.02
80	9.36	0.906	12.05					579	93.80	7.79	8.79	823	133.33	11.07	13.07
82	9.63	0.904	12.08					601	97.36	8.03	9.03	830	134.46	11.13	13.13
84	9.89	0.901	12.12					617	99.95	8.22	9.22	836	135.43	11.18	13.18
86	10.16	0.898	12.16					626	101.41	8.32	9.32	846	137.05	11.28	13.28
88	10.43	0.896	12.19					633	102.55	8.39	9.39	854	138.35	11.35	13.35
90	10.70	0.893	12.23					648	104.98	8.56	9.56	860	139.32	11.39	13.39
92	10.96	0.890	12.26					653	106.79	8.60	9.60	877	142.07	11.55	13.55
94	11.23	0.888	12.30					661	107.08	8.68	9.68	884	143.21	11.61	13.61
96	11.50	0.885	12.34					664	107.57	8.69	9.69	889	144.02	11.64	13.64
98	11.76	0.882	12.38					670	108.54	8.74	9.74	897	145.31	11.71	13.71
100	12.03	0.880	12.41					675	109.35	8.78	9.78	903	146.29	11.75	13.75
102	12.30	0.877	12.45					687	111.29	8.91	9.91	908	147.10	11.78	13.78
104	12.57	0.874	12.49					693	112.27	8.96	9.96	915	148.23	11.83	13.83
106	12.83	0.872	12.53					696	112.75	8.97	9.97	921	149.20	11.87	13.87
108	13.10	0.869	12.57					701	113.56	9.01	10.01	926	150.01	11.90	13.90
110	13.37	0.866	12.61					706	114.37	9.05	10.05	932	150.98	11.94	13.94
112	13.64	0.864	12.64					708	114.70	9.04	10.04	938	151.96	11.98	13.98
114	13.90	0.861	12.68					710	115.02	9.04	10.04	943	152.77	12.01	14.01
116	14.17	0.858	12.72					712	115.34	9.04	10.04	949	153.74	12.05	14.05
118	14.44	0.856	12.76					715	115.83	9.05	10.05	955	154.71	12.08	14.08
120	14.71	0.853	12.80												

*[Handwritten signature]*  
 06/11/97



Grafik Perencanaan Cara CBR

Sumber : Group Index and CBR Method of Flexible Pavement Design, gambar 6 halaman 10



Daftar II  
Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

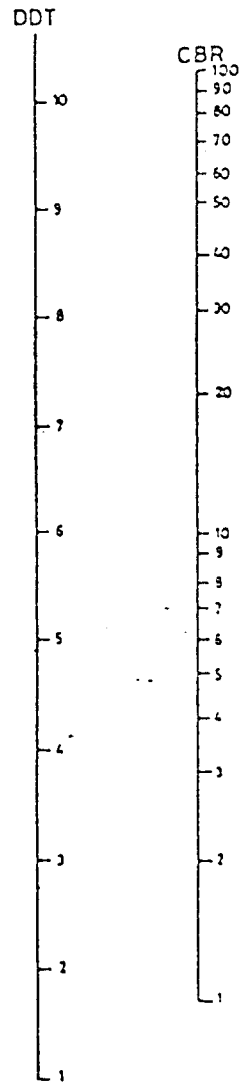
Jumlah Jalur	Kendaraan Ringan*)		Kendaraan Berat**)	
	1 arah	2 arah	3 arah	4 arah
1 jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 jalur	—	0,30	—	0,45
5 jalur	—	0,25	—	0,425
6 jalur	—	0,20	—	0,40

- \*) berat total < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran.
- \*\*) berat total > 5 ton, misalnya : bus, truk, traktor, semi trailer, trailer.

Daftar III  
Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekuivalen	
Kg	Lb	Sumbu tunggal	Sumbu ganda
1000	2205	0,0002	—
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0,0016
4000	8818	0,0577	0,0050
5000	11023	0,1410	0,0121
6000	13228	0,2923	0,0251
7000	15432	0,5415	0,0466
8000	17637	0,9238	0,0794
8160	18000	1,0000	0,0860
9000	19841	1,4798	0,1273
10000	22046	2,2555	0,1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0,4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	30864	8,6647	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	1,2712

Sumber : Bina Marga 1987, halaman 9 - 10



Grafik untuk menentukan nilai DDT

Sumber : Bina Marga 1987, gambar 1, halaman 13

Daftar IV  
Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I ( < 6%)		Kelandaian II ( 6-10%)		Kelandaian III ( > 10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%	≤ 30%	> 30%
Iklim I < 900 mm/th.	0,5	1,0-1,5	1,0	1,5-2,0	1,5	2,0-2,5
Iklim II > 900 mm/th.	1,5	2,0-2,5	2,0	2,5-3,0	2,5	3,0-3,5

Catatan : Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah dengan 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah dengan 1,0.

Daftar V  
Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekuivalen Rencana *)	Klasifikasi Jalan			
	lokal	kolektor	arteri	tol
< 10	1,0-1,5	1,5	1,5-2,0	-
10 - 100	1,5	1,5-2,0	2,0	-
100 - 1000	1,5-2,0	2,0	2,0-2,5	-
> 1000	-	2,0-2,5	2,5	2,5

\*) LER dalam satuan angka ekuivalen 8,16 ton beban sumbu tunggal.

Catatan : Pada proyek-proyek penunjang jalan, JAPAT/Jalan Murah, atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Sumber : Bina Marga 1987, halaman 14 - 10

Daftar VI  
Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 - 3,5	$> 1000$
LASBUTAG	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
	3,4 - 3,0	$> 2000$
HRA	3,9 - 3,5	$\leq 2000$
	3,4 - 3,0	$> 2000$
BURDA	3,9 - 3,5	$< 2000$
BURTU	3,4 - 3,0	$< 2000$
LAPEN	3,4 - 3,0	$\leq 3000$
	2,9 - 2,5	$> 3000$
LATASBUM	2,9 - 2,5	
BURAS	2,9 - 2,5	
LATASIR	2,9 - 2,5	
JALAN TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Daftar VII  
Koefisien Kekuatan Relatif (a)

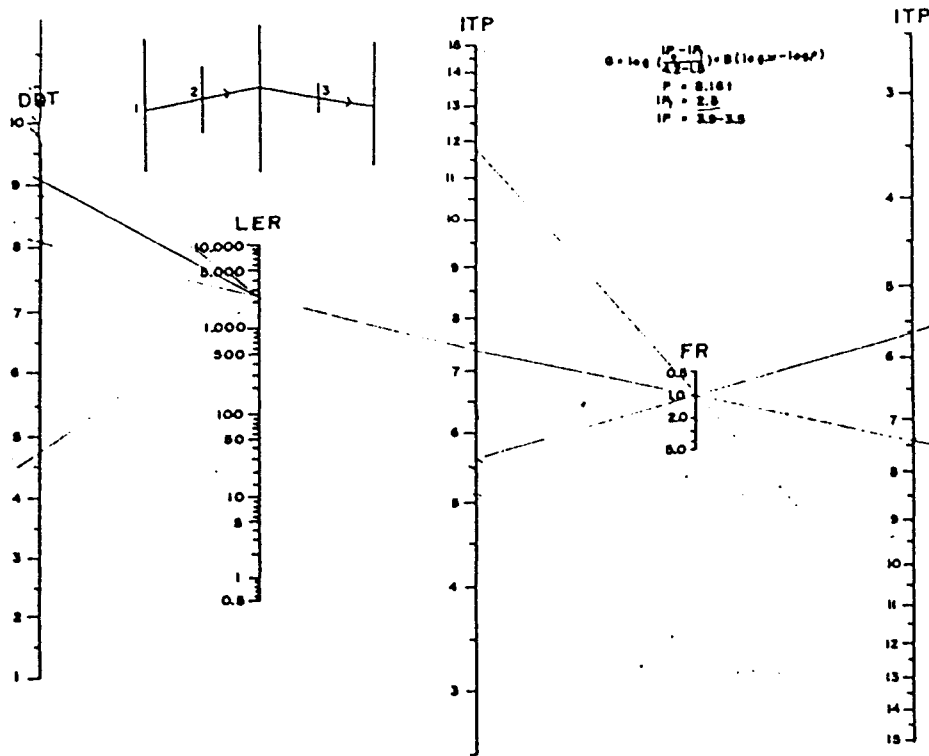
Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR(%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA Aspal Macadam Lapen (mekanis) Lapen (manual)
0,26	-	-	340	-	-	
0,25	-	-	-	-	-	
0,20	-	-	-	-	-	
-	0,28	-	590	-	-	Laston Atas
-	0,26	-	454	-	-	
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis) Lapen (manual)
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stab.tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	

Lanjutan Daftar VII.  
Koefisien Kekuatan Relatif (a).

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR(%)	
—	0,15	—	—	22	—	Stab.tanah dengan kapur
—	0,13	—	—	18	—	
—	0,14	—	—	—	100	Batu pecah (kelas A)
—	0,13	—	—	—	80	Batu pecah (kelas B)
—	0,12	—	—	—	60	Batu pecah (kelas C)
—	—	0,13	—	—	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
—	—	0,12	—	—	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
—	—	0,11	—	—	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
—	—	0,10	—	—	20	Tanah/lempung kepasiran

Catatan: Kuat tekan stabilisasi tanah dengan semen diperiksa pada hari ke 7. Kuat tekan stabilisasi tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke 21.

Sumber : Bina Marga 1987, halaman 16 - 18



Nomogram untuk  $IP_t = 2.5$  dan  $IPO = 3.9 - 3.5$  (25)

Sumber : Bina Marga 1987, nomogram 2, lampiran 1

Daftar VIII  
Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

1. Lapis Permukaan :

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	5	Lapis pelindung : (Buras/Burtu/Burda)
3,00 – 6,70	5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Lasbutag Laston.
6,71 – 7,49	7,5	Lapen/Aspal Macadam, HRA, Laebutag Laston.
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston.
≥10,00	10	Laston

2. Lapis Pondasi :

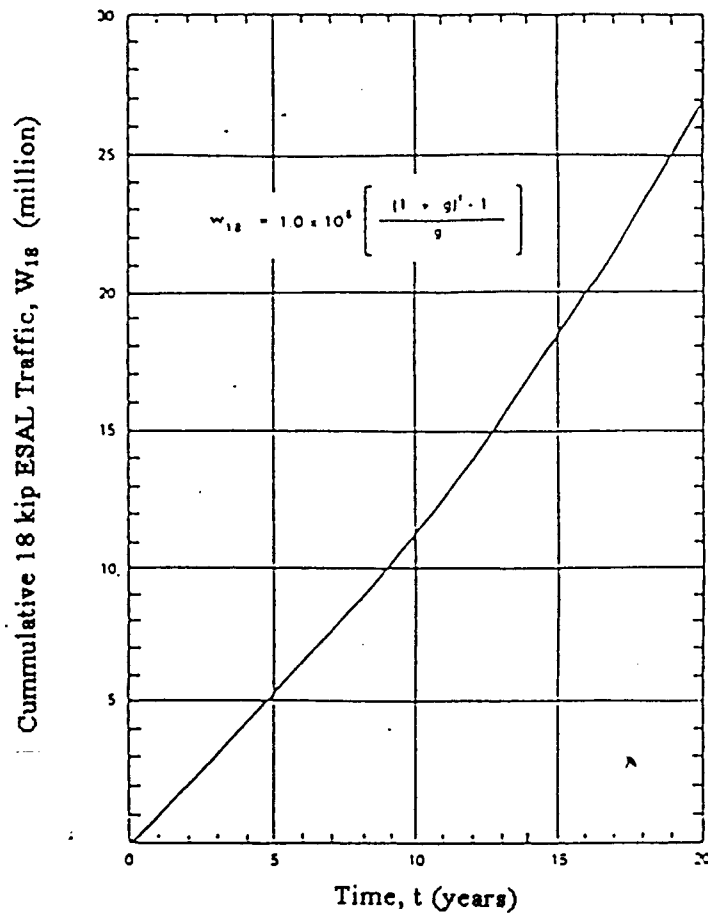
ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur.
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, Laston Atas.
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam.
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas.
≥ 12,25	25	Batu pecah, stabilisasi tanah dengan semen, stabilisasi tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas.

\*) batas 20 cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15 cm bila untuk pondasi bawah digunakan material berbutir kasar.

3. Lapis Pondasi Bawah :

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 10 cm.

Sumber : Bina Marga 1987, halaman 18 - 19



Grafik hubungan antara 18-KESAL dan jumlah tahun

Sumber : AASHTO 1986, gambar I-1, halaman I-2



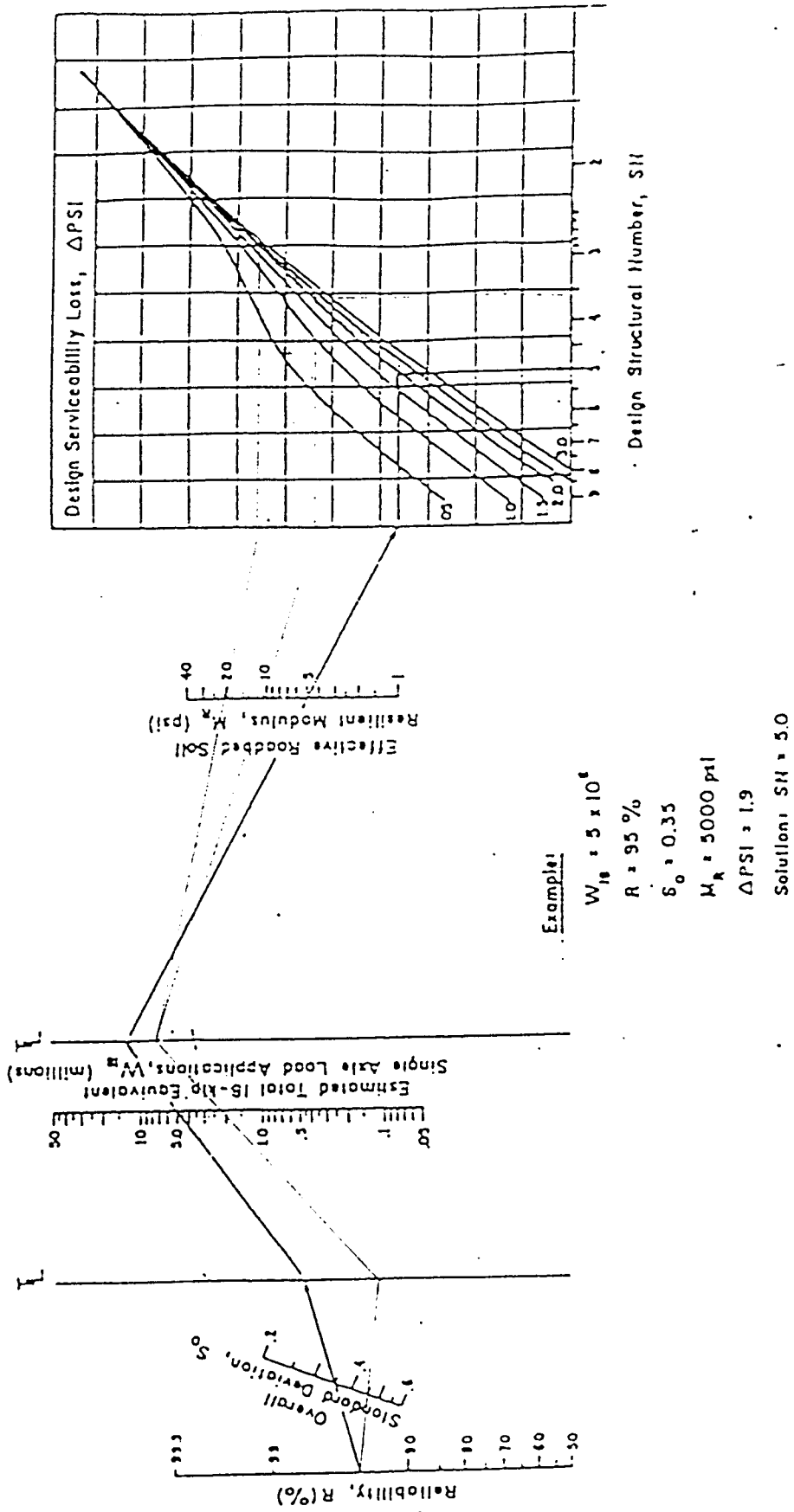
Table D.20. Traffic growth factors\*.

Analysis Period Years (n)	Annual Growth Rate, Percent (g)							
	No Growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.29
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	154.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

\*Factor =  $\frac{(1+g)^n - 1}{g}$ , where  $g = \frac{\text{rate}}{100}$  and is not zero. If annual growth rate is zero, the growth factor is equal to the analysis period.

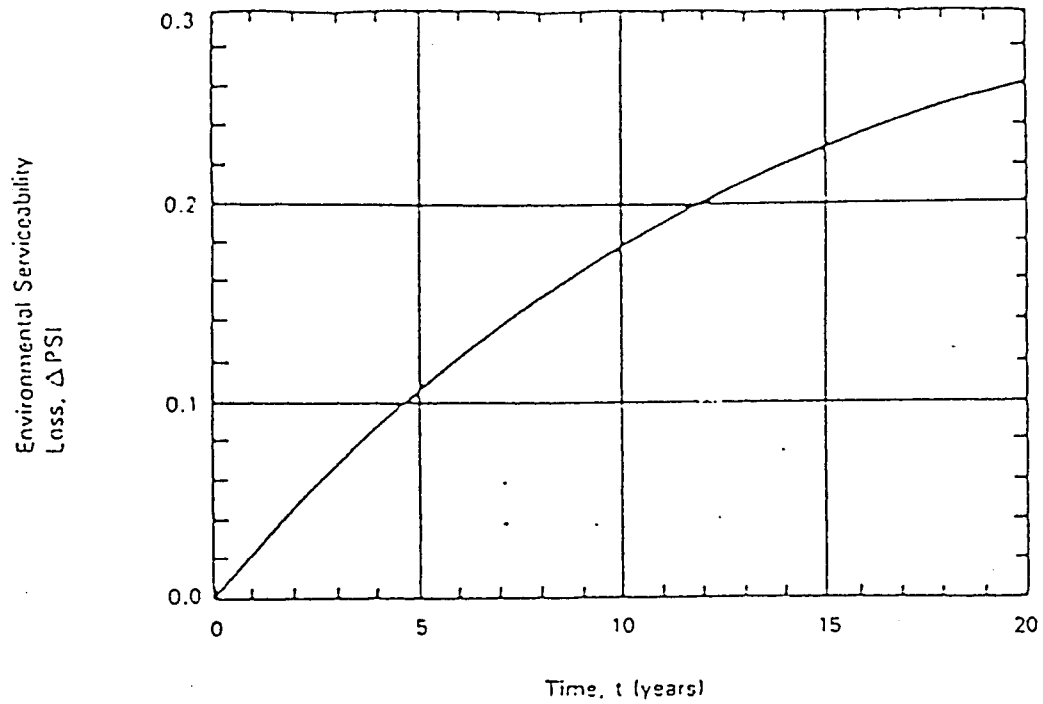
Note: The above growth factors multiplied by the first year traffic estimate will give the total volume of traffic expected during the analysis period.

Sumber : AASHTO 1986, lampiran D, halaman D-23



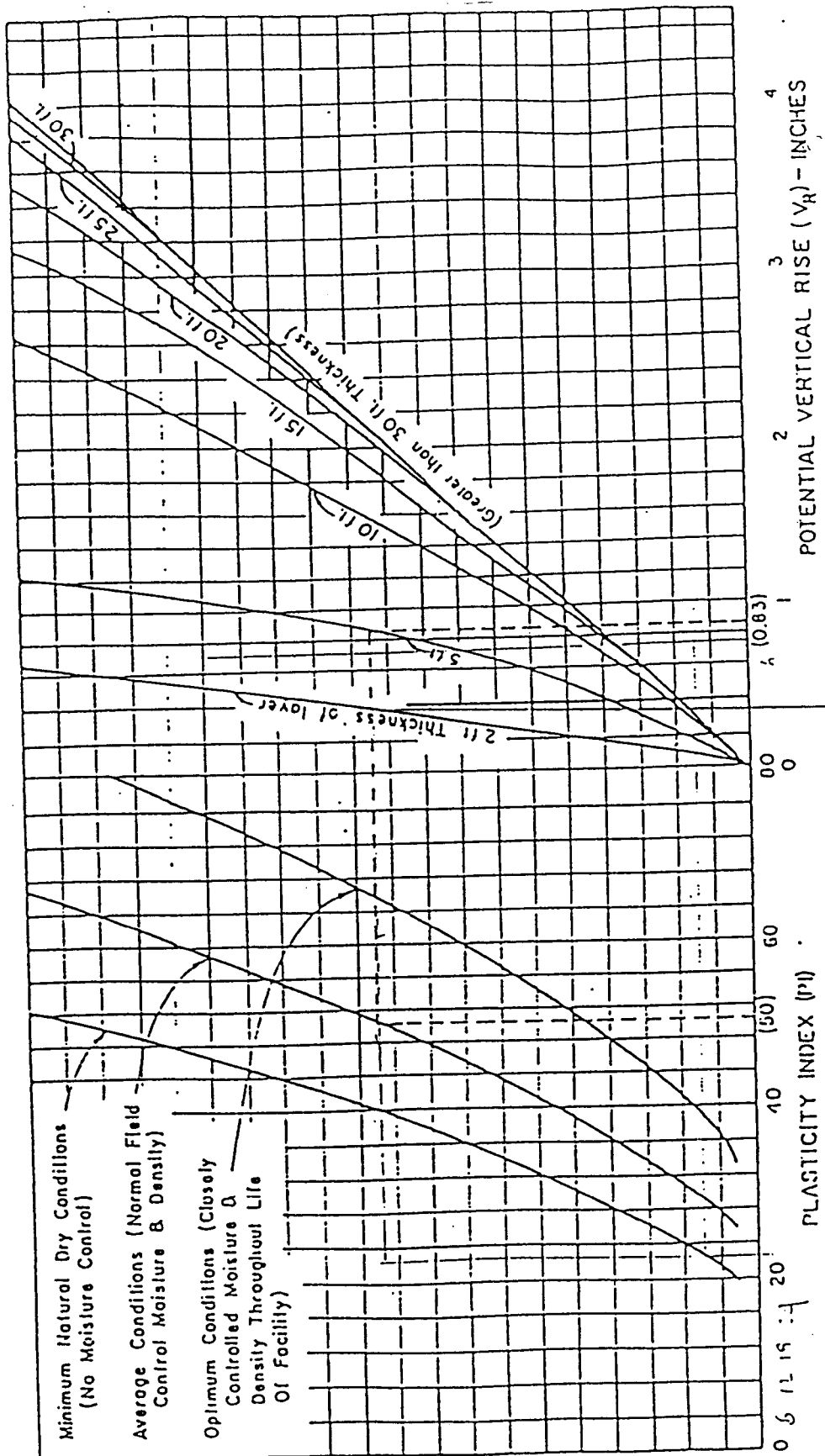
Sumber : AASHTO 1986, gambar 3.1, halaman II-35

Grafik perencanaan perkerasan lentur berdasarkan penggunaan harga-harga menengah untuk tiap-tiap harga masukan (Input)



Grafik hubungan antara penurunan pelayanan dan waktu untuk mengembang (jumlah tahun) .

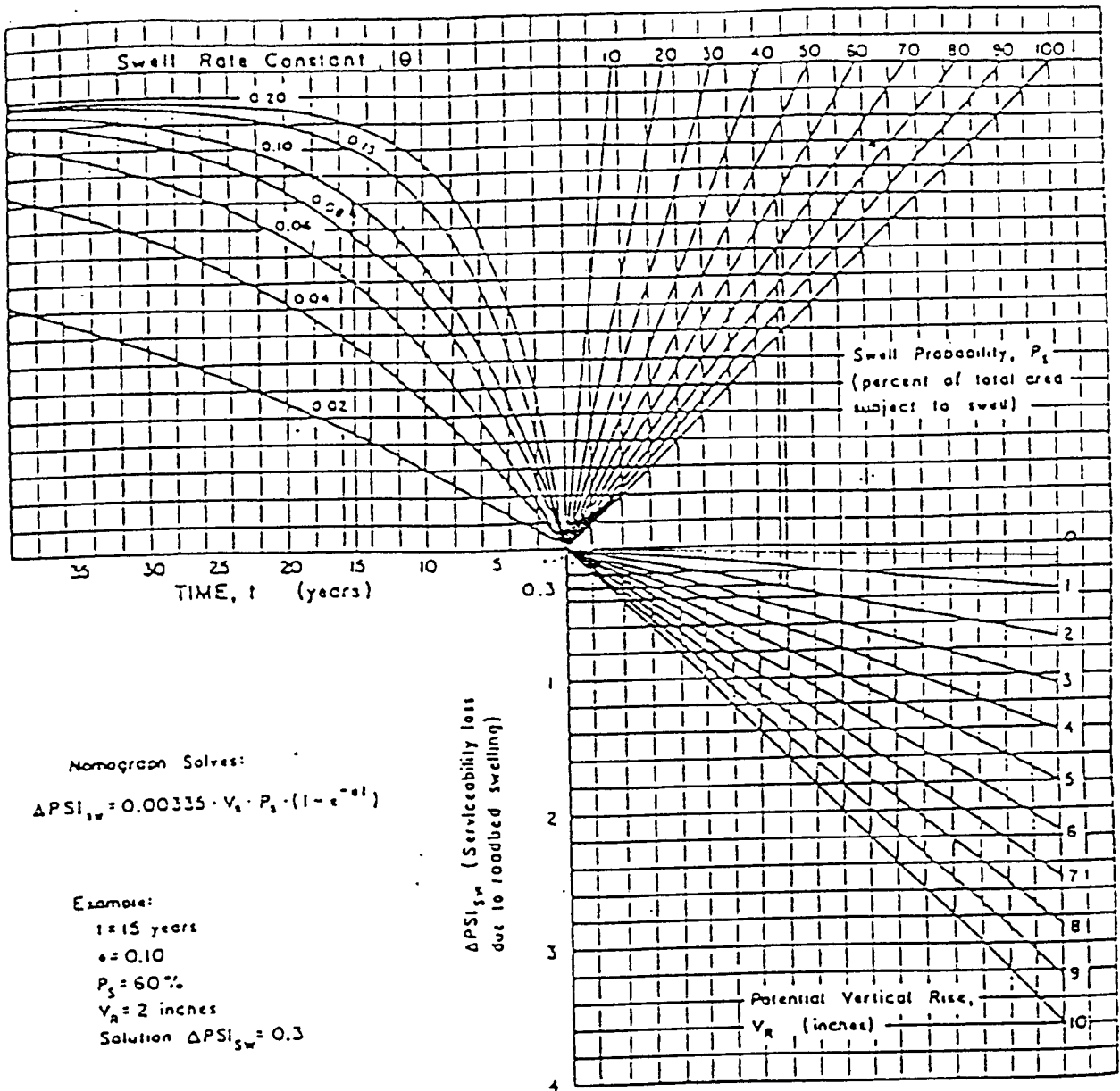
Sumber : AASHTO 1986, gambar H.2, lampiran H, halaman H-5



- NOTES:
- This figure is predicated upon the following assumptions:
    - The subgrade soils for the thickness shown all are passing the No. 40 mesh sieve.
    - The subgrade soil has a uniform moisture content and plasticity index throughout the layer thickness for the conditions shown.
    - A surcharge pressure from 20 inches of overburden  $\pm 10$  inches will have no material effect.
  - Calculations are required to determine  $V_R$  for other surcharge pressures.

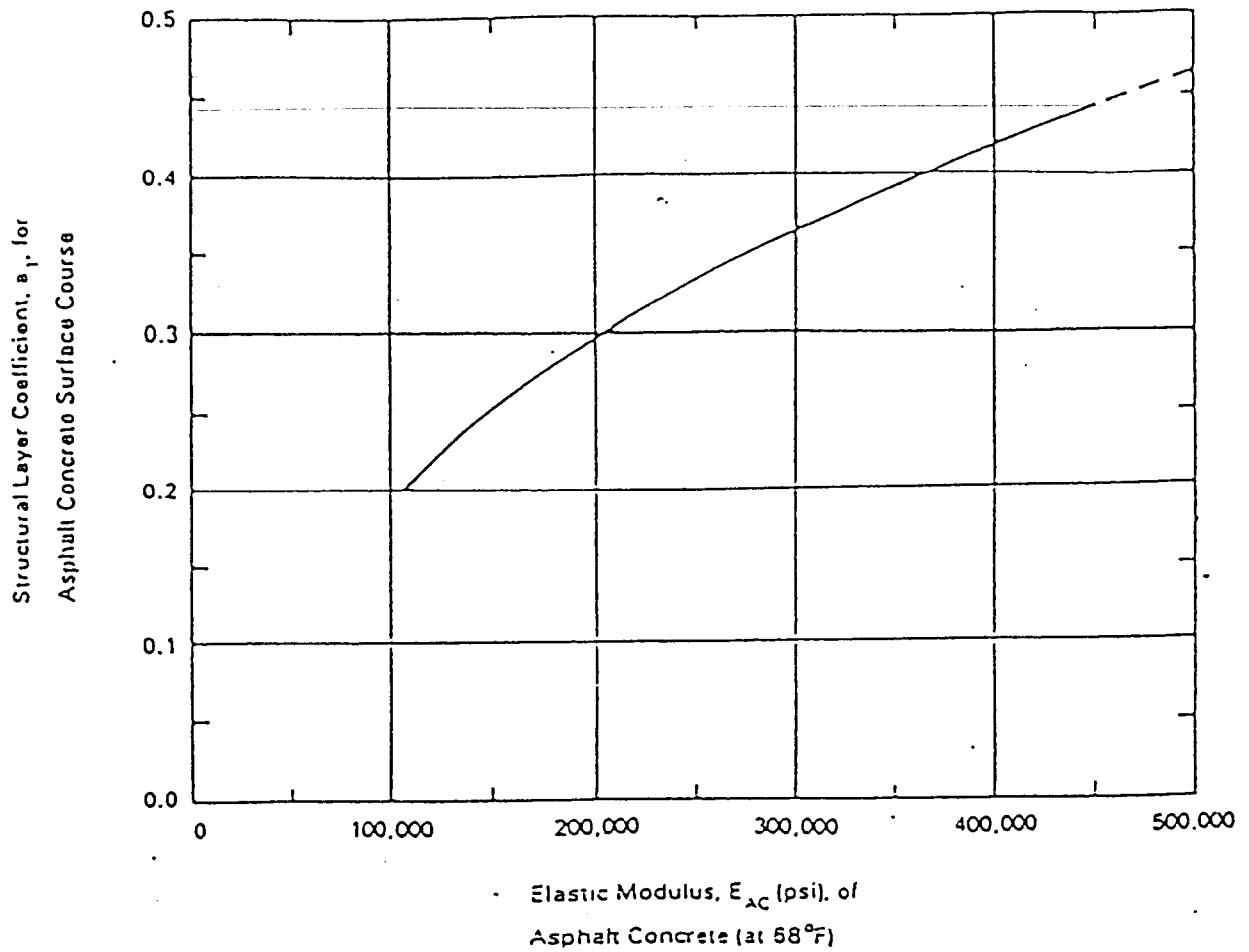
Grafik Untuk Menaksir Perkiraan Naiknya Pengembangan Tanah Asli

Sumber : AASHTO 1986, lampiran G, halaman G-4



Grafik untuk memperkirakan kehilangan 'kemampuan daya guna' berkenaan dengan pengembangan tanah dasar (Subgrade)

Sumber : AASHTO 1986, gambar G.4, lampiran G, halaman G-7



Grafik Prakiraan Koefisien Relatif Lapis Atas  
Beton Aspal ( $a_1$ ) Berdasarkan Modulus Elastis

Sumber : AASHTO 1986, gambar 2.5, halaman II-19

## **Check Tebal Lapis Keras Dengan Metode Road Note-31 Tahun 1977 dan Road Note-29 Tahun 1970**

### **1. Road Note-31**

Metode Road Note-31 merupakan metode yang dikeluarkan oleh "Transportation and Road Research Laboratory" dalam menentukan tebal lapis perkerasan yang khusus digunakan bagi negara-negara beriklim tropis. Untuk menganalisis lapis keras dengan metode ini mengacu pada "determining the pavement thickness".

Pada penentuan masing-masing lapis keras selalu dipengaruhi oleh beban lalu lintas kumulatif yang melintas di atasnya dan nilai CBR tanah dasar yang kemudian dapat dilihat pada gambar 1. Jika beban standar yang lewat lebih dari  $2,5 \times 10^6$  maka tebal lapis pondasi minimum adalah 150 mm (6 inchi) dengan 50 mm (2 inchi) untuk lapis permukaan atau 200 mm (8 inchi) untuk lapis pondasi dengan "surface dressing".

Umumnya untuk jalan-jalan yang menerima beban kendaraan komersial tidak lebih dari 300 per hari untuk dua arah pada awal konstruksi, solusi yang paling hemat adalah memilih "double surface dressing" dengan lapis pondasi setebal 150 mm dan penambahan 50 mm lapisan aspal pada lapis permukaan beberapa tahun kemudian.

Dalam perhitungan jumlah beban standar kumulatif pada metode Road Note-31 ini dipengaruhi oleh faktor ekivalen yang gunanya untuk mengkonversikan angka dari kategori beban yang berbeda ke angka ekivalen pada

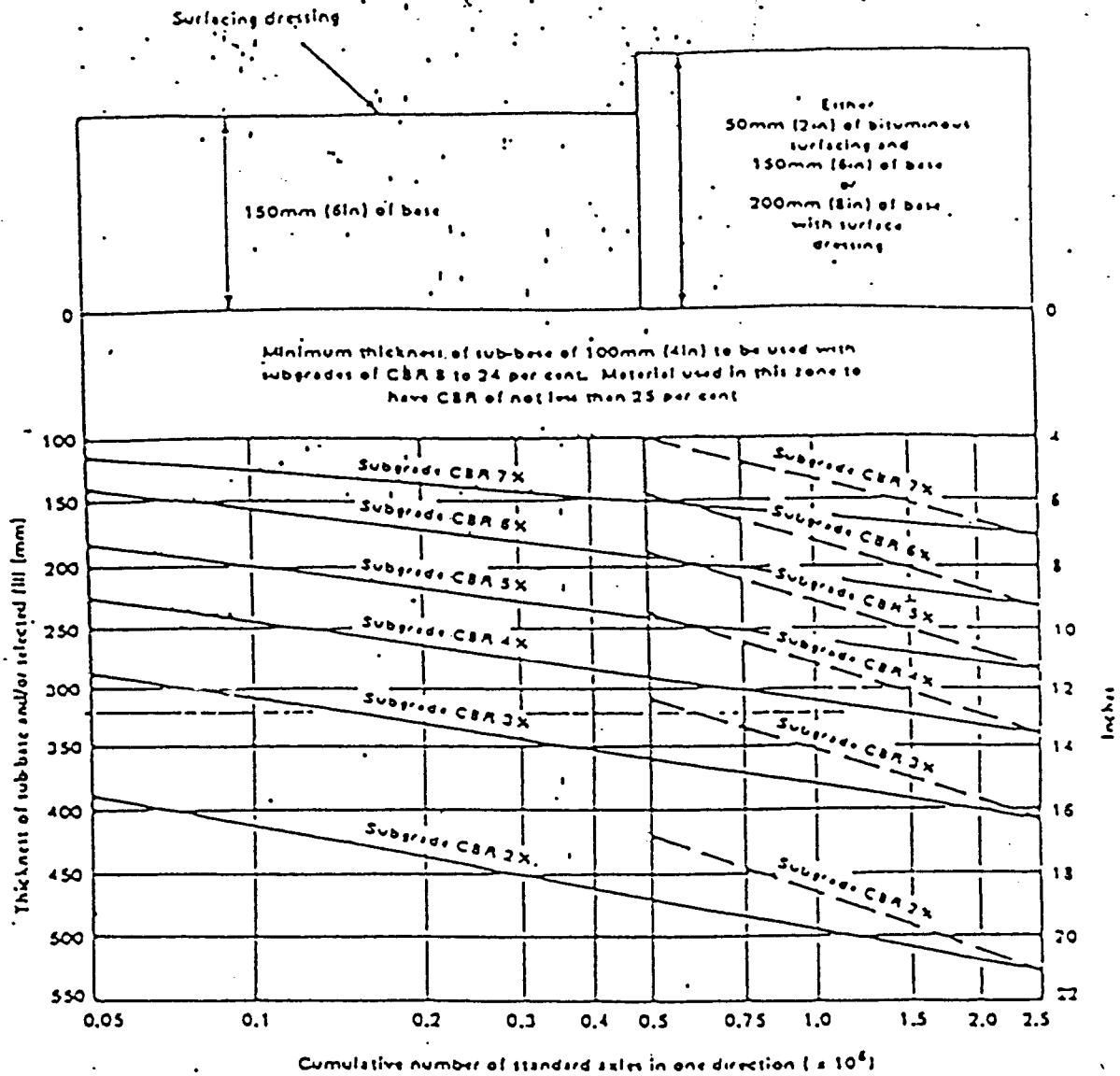
beban standar 8200 kg (18000 lb). Berbagai angka konversi untuk beban yang berbeda dapat dilihat dalam tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Faktor ekivalen beban sumbu

Beban Sumbu		Faktor Ekivalen	Faktor Ekivalen
lb	kg	Road Note-31	Road Note-29
2000	910	0,0002	0,0002
4000	1810	0,0025	0,0025
6000	2720	0,01	0,01
8000	3630	0,04	0,03
10000	4540	0,08	0,09
12000	5440	0,20	0,19
14000	6350	0,30	0,35
16000	7260	0,60	0,61
18000	8160	1,00	1,0
20000	9070	1,60	1,5
22000	9980	2,40	2,3
24000	10890	3,60	3,2
26000	11790	5,20	4,4
28000	12700	7,20	5,8
30000	13610	9,90	7,6
32000	14520	13,30	9,7
34000	15430	17,60	12,1
36000	16320	22,40	15,0
38000	17230	22,90	18,6
40000	18140	37,30	22,8
42000	19070	47,00	
44000	19980	58,00	
46000	20880	72,00	
48000	21790	87,00	

Sumber : Road Note-31, hal. 8 dan Road Note-29, hal.10



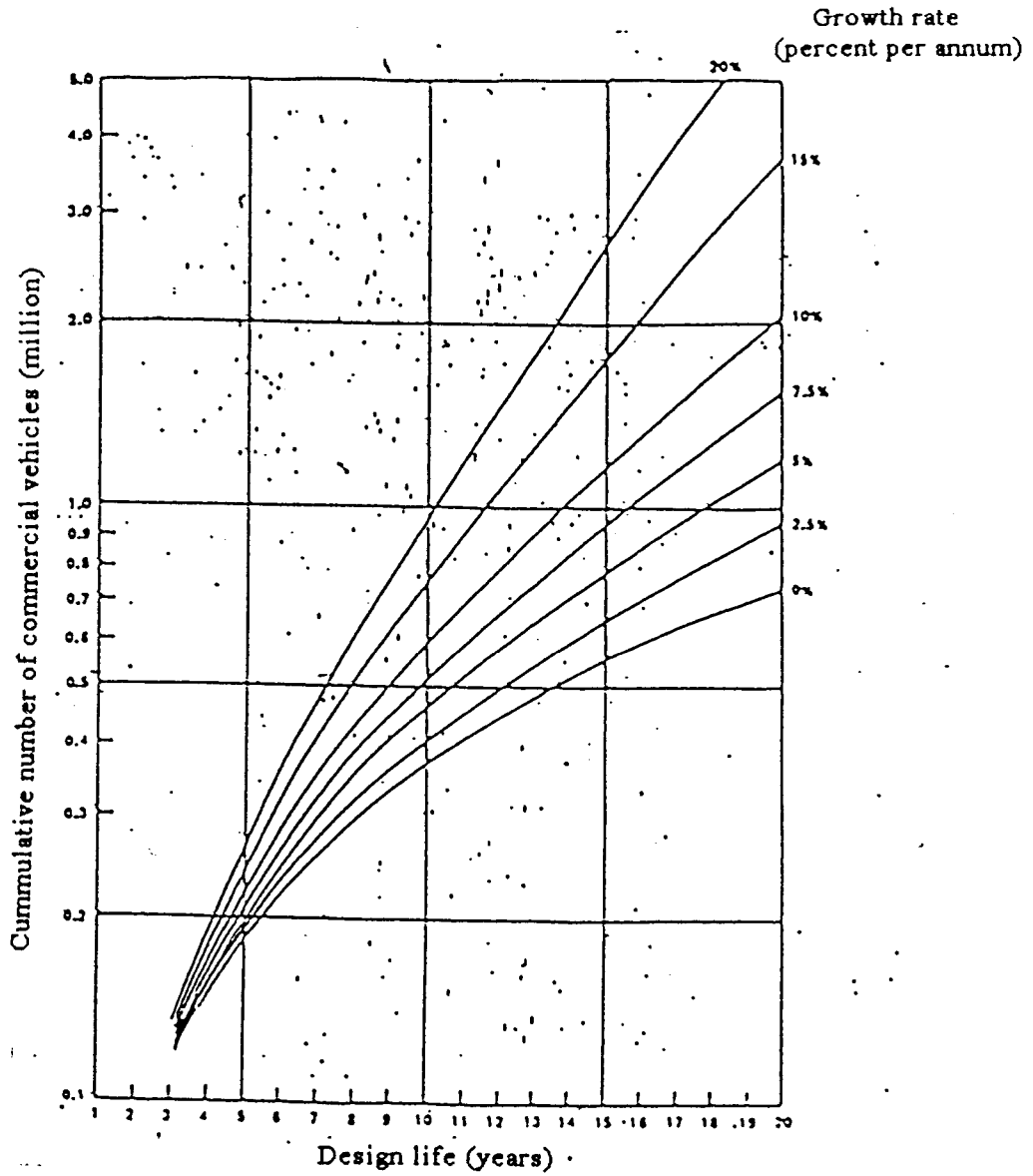


If it is desired to provide at the time of construction a pavement capable of carrying more than 0.5 million standard axles, the designer may choose either a 150mm (6in) base with a 50mm (2in) bituminous surfacing or a 200mm (8in) base with a double surface dressing. For both of these alternatives, the recommended sub-base thickness is indicated by the broken line.

Alternatively, a base, 150mm (6in) thick with a double surface dressing may be laid initially and the thickness increased when 0.5 million standard axles have been carried. The extra thickness may consist of 50mm (2in) of bituminous surfacing or at least 75mm (3in) of crushed stone with a double surface dressing. The largest aggregate size in the crushed stone must not exceed 19mm (3/4in) and the old surface must be prepared by scarifying to a depth of 50mm (2in). For this step construction procedure, the recommended thickness of sub-base is indicated by the solid line.

Sumber : Road Note-31 1977, gambar 2, halaman 7

Gambar 1. Grafik untuk mendapatkan tebal lapis pondasi bawah, pondasi atas dan lapis permukaan.



Gambar 2. Jumlah kendaraan yang lewat pada suatu jalan selama umur rencana dan prosentase pertumbuhannya berdasarkan pada LHR sebesar 100 kendaraan pada awal umur rencana.

Sumber : Road Note-31 1977, gambar 3, halaman 9

## Perhitungan

### 1. Memperkirakan rencana beban lalu lintas

Berdasarkan LHR awal umur rencana seperti yang terdapat pada tabel 6.8 untuk semua jenis kendaraan berjumlah 18799 buah kendaraan. Karena data LHR yang diperoleh terdiri dari 2 arah, maka untuk satu arah berjumlah 9401 buah kendaraan yang terdiri dari :

Kendaraan ringan 2 ton (1 ton + 1 ton)	=	7293
Bus 8 ton (3 ton + 5 ton)	=	743
Truk 2 as 13 ton (5 ton + 8 ton)	=	969
Truk 3 as 20 ton {6 ton + (2 x 7) ton}	=	222
Truk 5 as 30 ton {6 ton + (2 x 7) ton + (2 x 5) ton}	=	174 +
		<hr/>
	=	9401

Berdasarkan umur rencana 10 tahun dengan angka pertumbuhan 6% per tahun, dari gambar 2. didapat :

Kendaraan ringan 2 ton	=	$(7293 \times 0,48 \cdot 10^6) / 100$	=	35006400
Bus 8 ton	=	$(742 \times 0,48 \cdot 10^6) / 100$	=	3561600
Truk 2 as 13 ton	=	$(969 \times 0,48 \cdot 10^6) / 100$	=	4651200
Truk 3 as 20 ton	=	$(222 \times 0,48 \cdot 10^6) / 100$	=	1065600
Truk 5 as 30 ton	=	$(174 \times 0,48 \cdot 10^6) / 100$	=	835200 +
				<hr/>
			=	45120000

Jadi pada akhir umur rencana terdapat 45120000 kendaraan untuk semua jenis di atas yang akan lewat pada jalan Klaten - Yogyakarta selama umur rencana.

Untuk mencari jumlah kumulatif beban standar yang melalui jalan Klaten - Yogyakarta selama umur rencana kendaraan tersebut harus

dikelompokkan berdasarkan beban sumbu kendaraan seperti yang tercantum di bawah ini .

Beban 1 T : ada 2 buah yang berasal dari kendaraan ringan 2 T (1 T + 1 T)

Beban 3 T : ada 1 buah yang berasal dari bus 8 T (3 T + 5 T)

Beban 5 T : ada 4 buah yang berasal 1 dari bus 8 T (3 T + 5 T), truk 13 T (5 T + 8 T), dan 2 dari truk 30 T (6 T + 2.7 T + 2.5 T).

Beban 6 T : ada 2 buah yang berasal 1 dari truk 30 T (6 T + 2.7 T + 2.5 T) dan 1 dari truk 20 T (6 T + 2.7 T).

Beban 7 T : ada 4 buah yang berasal 2 dari truk 30 T (6 T + 2.7 T + 2.5 T) dan 2 dari truk 20 T (6 T + 2.7 T).

Beban 8 T : ada 1 buah yang berasal dari truk 13 T (5 T + 8 T).

Beban standar kumulatif =  $C \times \sum D \times E$ .....(1)

dengan : C = jumlah sumbu

$\sum D$  = jumlah sumbu yang lewat selama umur rencana

E = faktor ekivalen (lihat tabel 1.)

maka,

1000 kg : 2 . 35006400 . 0,00043	=	30106
3000 kg : 1 . 3561600 . 0,02	=	71232
5000 kg : (3561600 + 2 . 835200 + 4651200) . 0,14	=	1383648
6000 kg : 1.(958800 + 835200) . 0,26	=	466440
7000 kg : 2.(958800 + 835200) . 0,51	=	1829880
8000 kg : 1 . 4651200 . 0,93	=	4325616 +
	<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/>	= 8106922

Jadi beban standar kumulatif yang melewati jalan Klaten - Yogyakarta selama umur rencana berjumlah 8106922 atau  $8,1 \times 10^6$ .

## 2. Rencana ketebalan perkerasan

Karena beban standar kumulatif yang diperoleh lebih dari  $2,5 \times 10^6$ , maka tebal lapis pondasi menurut ketentuan adalah 150 mm dengan 50 mm untuk lapis permukaan. Dengan CBR tanah dasar = 5%, maka dari gambar 1. tebal lapis keras yang didapat :

tebal lapis pondasi bawah	=	280	mm	
tebal lapis pondasi atas	=	150	mm	
tebal lapis permukaan	=	50	mm	+
		=	480	mm

## 3. Material yang dibutuhkan

Lapis pondasi bawah (sub-base) : sirtu kerikil ukuran antara 20-0,075 mm.

Lapis pondasi atas (base) : batu pecah ukuran antara 37,5 - 50 mm.

Lapis permukaan (surface) : aspal beton (AC)

Komposisi AC :

Agregat kasar (batu pecah/kerikil pecah) > 2,36 mm (No. 7)

Agregat halus (pasir alam/batu pecah halus) < 2,36 mm (No. 7)

Filler (abu batu kapur, semen, atau abu batu lainnya) < 75  $\mu$ m (No. 200)

Persentase lolos saring 40 - 56 %, dengan kandungan aspal 5,2 - 6,5 %.

Ketebalan lapisan 50 - 75 mm

Stabilitas Marshall minimum 340 kg (750 lb)

Marshall flow value 2 - 4 mm ( $8 - 6 \times 10^{-2}$  in)

Susunan perkerasan

Lapis permukaan (Laston)	50 mm
Lapis pondasi atas (CBR 80%) Batu pecah	150 mm
Lapis pondasi bawah Sirtu	280 mm
Tanah dasar (CBR 5%)	

Gambar 3. Tebal lapis keras berdasarkan metode Road Note-31

## 2. Road Note-29

Untuk menganalisis dengan cara ini mengacu pada “design of pavement to carry specialized traffic of known axle loading”. Dalam menentukan masing-masing lapis keras selalu dipengaruhi oleh beban lalu lintas kumulatif yang melintas di atasnya yang kemudian dapat dilihat pada gambar yang diinginkan.

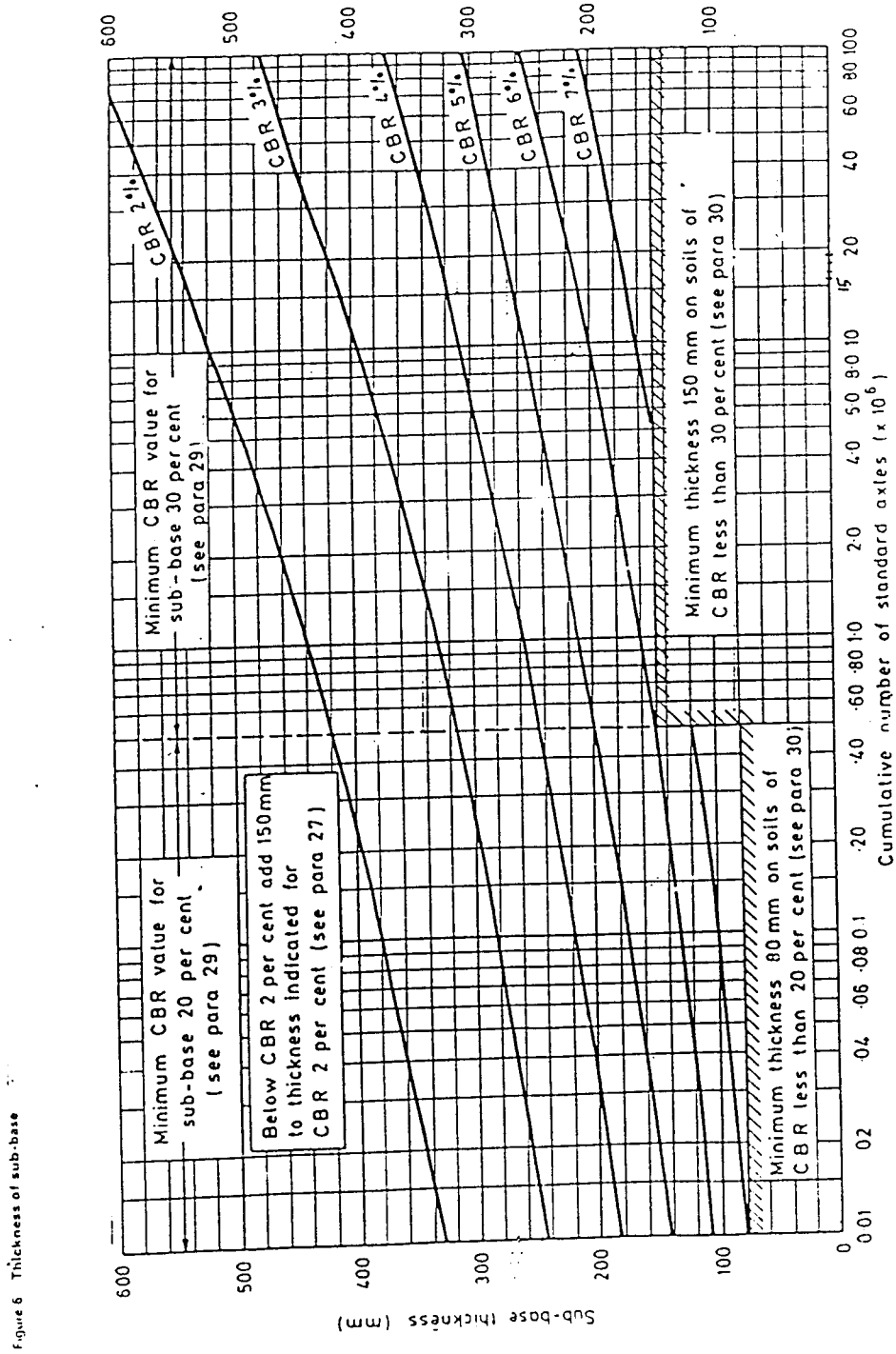
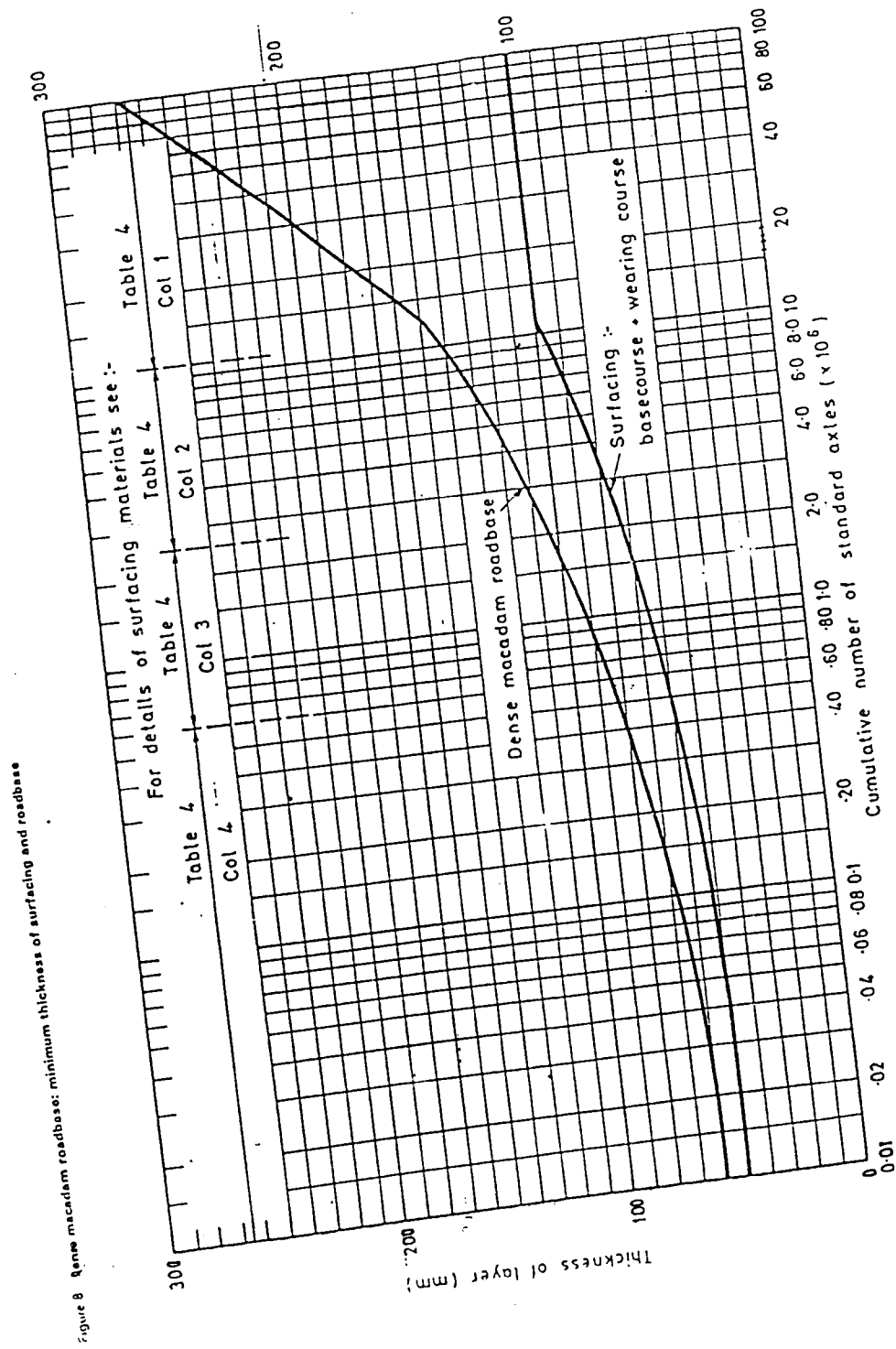


Figure 6 Thickness of sub-base

Sumber : Road Note-29 1970, gambar 6, halaman 25

Gambar 4. Grafik untuk mendapatkan ketebalan lapis pondasi bawah



Sumber : Road Note-29 1970, gambar 8, halaman 27

Gambar 5. Grafik untuk mencari tebal lapis pondasi atas dan permukaan



## Perhitungan

### 1. Memperkirakan rencana beban lalu lintas

Berdasarkan LHR awal umur rencana seperti yang terdapat pada tabel 6.8

Kendaraan ringan 2 ton (1 ton + 1 ton)	=	14585
Bus 8 ton (3 ton + 5 ton)	=	1485
Truk 2 as 13 ton (5 ton + 8 ton)	=	1938
Truk 3 as 20 ton {6 ton + (2 x 7) ton}	=	443
Truk 5 as 30 ton {6 ton + (2 x 7) ton + (2 x 5) ton}	=	348 +
		<hr/>
	=	18799

Untuk mendapatkan beban standar kumulatif selama umur rencana kendaraan di atas, maka dikelompokkan berdasarkan beban sumbu masing-masing kendaraan seperti yang terdapat pada Road Note-31.

Beban 1 T : ada 2 buah yang berasal dari kendaraan ringan 2 T (1 T + 1 T)

Beban 3 T : ada 1 buah yang berasal dari bus 8 T (3 T + 5 T)

Beban 5 T : ada 4 buah yang berasal 1 dari bus 8 T (3 T + 5 T), truk 13 T (5 T + 8 T), dan 2 dari truk 30 T (6 T + 2.7 T + 2.5 T).

Beban 6 T : ada 2 buah yang berasal 1 dari truk 30 T (6 T + 2.7 T + 2.5 T) dan 1 dari truk 20 T (6 T + 2.7 T).

Beban 7 T : ada 4 buah yang berasal 2 dari truk 30 T (6 T + 2.7 T + 2.5 T) dan 2 dari truk 20 T (6 T + 2.7 T).

Beban 8 T : ada 1 buah yang berasal dari truk 13 T (5 T + 8 T).

Setelah dikelompokkan, untuk mendapatkan beban standar kumulatif dalam satu hari, jumlah masing-masing tersebut dikalikan dengan faktor ekivalen seperti rumus di bawah ini.

$$\text{Beban standar kumulatif} = C \times \sum B \times E \dots\dots\dots(2)$$

dengan : C = jumlah sumbu

$\sum B$  = jumlah sumbu yang lewat selama umur rencana

E = faktor ekivalen (lihat tabel 1.)

maka dalam perhitungan didapat :

1000 kg : 2 . 14585 . 0,00045	=	13,13
3000 kg : 1 . 1485 . 0,02	=	29,70
5000 kg : (1485 + 1938 + 2 . 348) . 0,14	=	601,86
6000 kg : 1.(348 + 443) . 0,288	=	227,81
7000 kg : 2.(348 + 443) . 0,536	=	847,95
8000 kg : 1 . 1938 . 0,93	=	1844,19 +
	<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/>	
	=	3564,64

Jadi jumlah kumulatif beban standar dalam satu hari pada awal umur rencana adalah 3564,64. Untuk mendapatkan beban standar selama umur rencana sebenarnya bisa digunakan grafik yang disediakan, tetapi untuk lebih telitinya dipakai cara analitis seperti hitungan di bawah ini.

$$\text{Rumus : } A = P (1 + r)^x \times 365 \dots\dots\dots(3)$$

dengan : A = jumlah beban standar/hari untuk tahun tertentu

P = beban standar awal umur rencana

r = angka pertumbuhan

x = angka tahun selama umur rencana

maka,

$$3564,64 \times (1 + 0,06)^1 \times 365 = 1379159,216$$

$$3564,64 \times (1 + 0,06)^2 \times 365 = 1461908,769$$

$$3564,64 \times (1 + 0,06)^3 \times 365 = 1549623,295$$

$$\begin{aligned}
3564,64 \times (1 + 0,06)^4 \times 365 &= 1642600,693 \\
3564,64 \times (1 + 0,06)^5 \times 365 &= 1741156,734 \\
3564,64 \times (1 + 0,06)^6 \times 365 &= 1845626,138 \\
3564,64 \times (1 + 0,06)^7 \times 365 &= 1956363,707 \\
3564,64 \times (1 + 0,06)^8 \times 365 &= 2073745,529 \\
3564,64 \times (1 + 0,06)^9 \times 365 &= 2198170,261 \\
3564,64 \times (1 + 0,06)^{10} \times 365 &= 2330060,477 + \\
&\hline
&= 18178414,820
\end{aligned}$$

Jadi beban standar kumulatif selama 10 tahun adalah 18178414,820.

## 2. Rencana ketebalan perkerasan

Berdasarkan : - Beban standar kumulatif = 18178414,820 atau  $18,2 \times 10^6$   
 - CBR tanah dasar = 5%

Tebal lapis keras dapat kita cari dengan menggunakan gambar 4. dan 5., maka diperoleh :

$$\begin{aligned}
\text{tebal lapis pondasi bawah} &= 275 \text{ mm} \\
\text{tebal lapis pondasi atas} &= 170 \text{ mm} \\
\text{tebal lapis permukaan} &= 100 \text{ mm} + \\
&\hline
&= 545 \text{ mm}
\end{aligned}$$

## 3. Material yang dibutuhkan

Lapis pondasi bawah (sub-base) : kerikil ukuran 20 mm, CBR min.30%  
 Lapis pondasi atas (base) : "dense bitumen macadam"  
 Lapis permukaan (surface) : "base course + wearing course"

Susunan perkerasan

Lapis permukaan	100 mm
Lapis pondasi atas	170 mm
Lapis pondasi bawah (CBR 30%)	275 mm
Tanah dasar (CBR 5%)	

Gambar 6. Tebal lapis keras berdasarkan metode Road Note-29

**Kesimpulan :**

Dari perhitungan baik dengan metode Road Note-31 maupun Road Note-29, dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Road Note-31 tahun 1977 direncanakan untuk iklim tropis dan sub-tropis dengan jalan satu arah, ternyata hasilnya tidak bisa dipakai dalam perencanaan tebal perkerasan ini karena tidak kuat menahan beban lalu lintas selama umur rencana (10 tahun) yaitu sebesar 8,1 juta, lebih besar dari ketentuan yang berlaku yaitu antara 0,05 - 2,5 juta. Untuk itu agar bisa dipakai perlu adanya penambahan tebal perkerasan sehingga dapat menahan beban selama umur rencana dengan mempertimbangkan material yang tersedia.
2. Road Note-29 tahun 1970 direncanakan berdasarkan iklim yang ada di negara asal (Inggris) atau negara-negara yang seiklim, sehingga walaupun hasil yang diperoleh memenuhi tetapi tidak cocok untuk dipakai di Indonesia yang berbeda iklimnya. Agar layak dipakai perlu adanya pertimbangan bahan perkerasan yang sesuai dengan iklim di Indonesia.