

**EFEK SWELLING YANG DITAMBAH DENGAN BAHAN ADITIF
LIMBAH BETON TERHADAP TEBAL PERKERASAN**

(Skripsi)

Oleh

KURNIA TAMMELD FAHMI



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

ABSTRAK

EFEK *SWELLING* YANG DITAMBAH DENGAN BAHAN ADITIF LIMBAH BETON TERHADAP TEBAL PERKERASAN

Oleh

KURNIA TAMMELD FAHMI

Dalam perencanaan jalan raya, subgrade dengan syarat minimal CBR 6% tidak cukup menjadi indikator untuk dapat memastikan bahwa jalan yang akan kita rencanakan akan berhasil. Karena kita hanya melihat dari sisi perkuatannya tanpa mempertimbangkan dari sisi pengembangan tanahnya (*Swelling*).

Pada penelitian ini sampel tanah yang digunakan berasal dari Ruas Jalan R.A.Basyid, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan pada STA 2+100 dan variasi limbah beton yang digunakan yaitu 0, 4, 8 dan 12% dari berat tanah. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian CBR dari efek pengembangan tanah, lalu berdasarkan hasil pengujian tersebut, dilakukan perhitungan tebal perkerasan dengan metode analisa komponen SKBI 2.3.26.1987.

Tanah pada penelitian ini termasuk kelompok A-6 atau jenis tanah yang buruk. Namun setelah penambahan variasi limbah beton, batas plastis, batas cair dan indeks plastisitas menurun, hal ini mengakibatkan pengembangan tanah terjadi penurunan pada 12% limbah beton yaitu dari 0,67% menjadi 0,15%, sedangkan nilai CBR mengalami peningkatan yang signifikan pada limbah beton 12% yaitu dari 1,3% menjadi 29,7%. Dengan hal ini tebal lapis menjadi lebih tipis, pada 0% limbah beton yaitu tebal D1=7,5 cm, D2=20 cm dan D3=33 cm, sedangkan pada 12% limbah beton tebal D1=5 cm, D2=20 cm dan D3 tidak digunakan.

Kata kunci : CBR, Pengembangan Tanah, Tebal Perkerasan, Stabilisasi, Limbah Beton

ABSTRACT

SWELLING EFFECT ADDED WITH CONCRETE WASTES ADDITIVE AGAINST PAVEMENT THICKNESS

By

Kurnia Tammeld Fahmi

In highway planning, subgrade with a minimum CBR 6% requirement is not enough to be an indicator to be able to ensure that the road we are planning will succeed. Because we only see from the strength side without considering the development of the soil (Swelling).

In this study the soil samples used came from the Jalan R.A.Basyid Section, Jati Agung Subdistrict, South Lampung at STA 2 + 100 and variations in the waste concrete used were 0, 4, 8 and 12% of the weight of the soil. The test carried out was CBR testing of the effects of soil development, then based on the results of the test, calculation of pavement thickness was carried out by the method of analysis of components of SKBI 2.3.26.1987.

The soil in this study included the A-6 group or poor soil type. However, after adding variations in concrete waste, plastic limits, liquid limits and a decrease in plasticity index, this resulted in a decrease in soil development in 12% of concrete waste, from 0.67% to 0.15%, while CBR values experienced a significant increase in waste 12% concrete, from 1.3% to 29.7%. With this, the thickness of the layer becomes thinner, at 0% concrete waste, namely D1 = 7.5 cm thick, D2 = 20 cm and D3 = 33 cm, while in 12% D1 = 5 cm thick concrete waste, D2 = 20 cm and D3 are not used.

Keywords: CBR, Soil Swelling, Pavement Thickness, Stabilization, Concrete Waste

**EFEK *SWELLING* YANG DITAMBAH DENGAN BAHAN ADITIF
LIMBAH BETON TERHADAP TEBAL PERKERASAN**

Oleh

KURNIA TAMMELD FAHMI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **EFEK SWELLING YANG DITAMBAH
DENGAN BAHAN ADITIF LIMBAH BETON
TERHADAP TEBAL PERKERASA**

Nama Mahasiswa : **Kurnia Tammeld Fahmi**

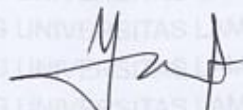
Nomor Pokok Mahasiswa : 1345011018

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing



Iswan, S.T., M.T.
NIP 197206082005011001



Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T., M.T.
NIP 197410042000032002

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

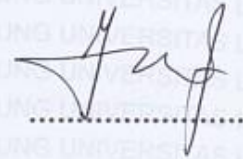


Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D
NIP 197009151995031006

MENGESAHKAN

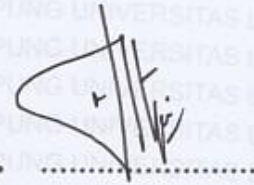
1. Tim penguji

Pembimbing Utama : Iswan, S.T.,M.T.

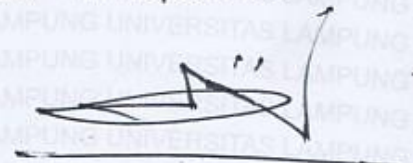


**Anggota
Pembimbing**

: Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T.,M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. M. Jafri, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc
NIP 196207171987031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 22 Mei 2019

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul Efek *Swelling* Yang Ditambah Dengan Bahan Aditif Limbah Beton Terhadap Tebal Perkerasan adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 22 Mei 2019

Pembuat Pernyataan



Kurnia Tammeld Fahmi

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 11 Juni 1995, sebagai anak pertama dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Drs. H. Rahmat Abdulah dan Ibu Dra. Hj. Meldawati. Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Pewah Desa Natar, Kec. Natar, Lampung Selatan, Sekolah Dasar diselesaikan di SD Al-Kautsar, Bandar Lampung, tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2013.

Tahun 2013, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur Non-Reguler (*Pararel*). Selama menjadi mahasiswa Program Studi Teknik Sipil penulis aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil dan menjabat sebagai Anggota Departemen Kaderisasi periode 2015/2016. Penulis juga aktif pada organisasi Unit Kegiatan Mahasiswa Universitas Tarung Derajat, Universitas Lampung pada tahun 2013-2015.

Selama masa perkuliahan, Penulis pernah menjadi wakil koordinator asisten dosen Praktikum Mekanika Tanah II untuk Institut Teknologi Sumatra (ITERA) pada tahun 2018/2019.

Pada bulan Desember sampai Februari tahun 2015/2016, penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Proyek Pembangunan *Graving Dock* dan Pengembangan Dermaga Noahtu Bandar Lampung. Pada bulan Januari sampai Maret 2017 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Marga Jaya , Kecamatan Selagai Lingga, Lampung Tengah. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Efek *Swelling* Yang Ditambah Dengan Bahan Aditif Limbah Beton Terhadap Tebal Perkerasan.

MOTTO

“Hidup cuma satu kali, *So enjoy your life*”
(*Tammeld*)

“Rahasia kesuksesan adalah mengetahui yang orang lain tidak ketahui”
(*Aristotle onassis*)

“Kesempatan bukanlah hal yang kebetulan. Kau harus menciptakannya”
(*Chris Grosser*)

PERSEMBAHAN

Puji syukur hamba panjatkan kepada ALLAH swt yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan kepada hamba dalam menyelesaikan tugas akhir.

Untuk kedua orang tua ku, Mamah dan Bapak tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, memberikan cerita yang baik, memberikan hal yang tidak pernah terduga serta selalu memberikan support dalam bertindak dan menyelesaikan segala permasalahan yang ada.

Untuk Adikku tersayang dan satu satunya Cinta Tammeld Ramadhani yang selalu membuat tertawa, marah, dan sedih, terimakasih untuk menjadikan cerita hidup yang indah dan memberikan banyak pelajaran yang berharga.

Untuk teman seperjuangan penelitian ku, Medi Yandriguna Tahu dan Resthonos yang pemalas, yang telah membantu ku dalam menyelesaikan tugas akhir.

Untuk rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2013.
Terima kasih untuk semua yang telah kalian berikan..

Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen yang dengan tulus mengajarkan banyak hal kepadaku. Terima kasih untuk ilmu, pengetahuan, dan pelajaran hidup tak ternilai yang telah diberikan.

Untuk sahabat baikku SG Brotherhood, TP, TRN dan Kontrakan terima kasih sudah menjadi bagian berharga dalam hidupku yang selalu mendukung apapun yang kulakukan. Semoga kita bisa sama-sama menjadi orang sukses.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., selaku Ketua Bidang Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Iswan, S.T., M.T., selaku Pembimbing Utama yang sudah memberikan ilmu pengetahuan yang banyak, saran, kritik, serta semangat dalam membimbing penelitian.
4. Ibu Dr. Rahayu Sulistiyorini, S.T., M.T., selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan ilmu pengetahuan, saran, kritik, semangat dan bimbingan dalam penelitian ini.
5. Bapak Ir. M. Jafri, M.T., selaku Penguji sekaligus Pembimbing Akademik (PA) terimakasih atas saran, kritik, dan bimbingan dalam penelitian ini maupun dalam akamedik saya..
.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.

7. Keluarga tercinta Mamah, Bapak Serta Adik yang selalu mensupport selama abang berkuliah di kampus Teknik Sipil Universitas Lampung.
8. Terimakasih juga kepada sahabatku, keluarga baruku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2013 Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah memberikan masukan, kritikan, saran, do'a nya kepada saya selama pengerjaan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semoga Tuhan selalu melindungi kita semua.

Bandar Lampung, 2019
Penulis,

Kurnia Tammeld Fahmi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	
SANWACANA	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GRAFIK	
DAFTAR NOTASI	
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Batasan Masalah	2
E. Lokasi	4
F. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Penelitian Terdahulu	5
B. <i>Swelling</i> (Pengembangan Tanah)	8
1. Potensi Pengembangan	8
C. <i>California Bearing Ratio</i> (Uji CBR)	15
1. Jenis-jenis Pengujian CBR	16
2. Pengujian Kekuatan Dengan CBR	17
D. Pemasatan	18
E. Tanah	20
1. Sistem Klasifikasi Tanah	21
F. Limbah Beton	26
G. Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987	27
1. Lalu Lintas Rencana	27
2. Daya Dukung Tanah Dasar	31

3. Faktor Regional.....	32
4. Indeks Permukaan.....	32
5. Indeks Tebal Perkerasan.....	34
6. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan.....	35
H. Perkerasan Jalan.....	36
1. Lapis Permukaan (<i>Surface Course</i>).....	36
2. Lapis Pondasi Atas (<i>Base Course</i>).....	37
3. Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>).....	37
4. Lapis Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>).....	38
III. METODE PENELITIAN.....	40
A. Tinjauan Umum.....	40
B. Pengambilan Data Lapangan.....	40
1. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR).....	41
2. Nilai CBR Lapangan Dari <i>Subgrade</i>	42
3. Data Sekunder.....	43
C. Pelaksanaan Pengujian.....	43
1. Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	43
2. Pengujian Mekanika Tanah.....	48
D. Analisis Data.....	53
E. Perhitungan dan Perencanaan Tebal Perkerasan.....	53
F. Diagram Alir Penelitian.....	55
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
A. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah dan Klasifikasi Tanah.....	57
1. Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	58
2. Hasil Pengujian Kadar Air.....	59
3. Hasil Pengujian Berat Jenis.....	59
4. Hasil Pengujian Berat Volume.....	59
5. Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	60
6. Hasil Pengujian Hidrometer.....	62
7. Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i>	63
8. Pengujian Untuk Klasifikasi Tanah.....	64
B. Hasil Pengujian Pematatan Tanah.....	65
C. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah dengan Variasi Penambahan Limbah Beton.....	70
1. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah dengan Limbah Beton.....	70
2. Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah dengan Limbah Beton.....	71
3. Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i> dengan Limbah Beton.....	72
D. Hasil Klasifikasi Tanah Asli dan Tanah dengan Pembahan Limbah Beton.....	73
1. Tanah Asli.....	73
2. Tanah Campuran Limbah Beton.....	74
E. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah.....	74
F. Hasil Pengujian Swelling CBR.....	75
G. Hasil Pengujian DCP Lapangan.....	77

H. Perhitungan Tebal Perkerasan.....	78
1. Data Yang Digunakan	79
2. Perhitungan LHR Awal Tahun 2018	79
3. Perhitungan LHR Awal Tahun 2038	80
4. Perhitungan Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan.....	80
5. Perhitungan Angka Koefisien Distribusi Kendaraan (C).....	81
6. Lintas Ekivalen Permulaan (LEP).....	82
7. Lintas Ekivalen Akhir (LEA).....	82
8. Lintas Ekivalen Tengah (LET)	83
9. Faktor Penyesuaian	83
10. Lintas Ekivalen Rencana (LER).....	83
11. Daya Dukung Tanah Dasar	84
12. Faktor Regional (FR)	84
13. Indeks Permukaan (IP).....	85
14. Indeks Tebal Perkerasan (ITP).....	85
15. Tebal Pakerasan	88
V. PENUTUP	93
A. Kesimpulan	93
B. Saran.....	95

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM)

LAMPIRAN B (DATA LHR DAN CURAH HUJAN)

LAMPIRAN C (DOKUMENTASI)

LAMPIRAN D (ADMINISTRASI)

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Lokasi Tanah Pada jalan Terusan RA. Basyid Kec. Jati Agung	3
2.1 Diagram Klasifikasi Potensi Pengembangan	10
2.2 Hubungan Antara Potensi Pengembangan, Batas Cair, Kadar Air Awal Dan Berat Volume Kering	12
2.3 Kurva Kedalaman <i>Zone</i> Aktif	13
2.4 Uji <i>Overburden</i> Pengembangan Dimodifikasi (<i>MSO</i>).....	14
2.5 Pengujian CBR Laboratorium.....	17
2.6 Grafik Korelasi DDT Dan CBR	31
2.7 Susunan Lapis Perkerasan Jalan.....	38
3.1 Form Perhitungan Lalu Lintas	42
3.2 Bentuk Kurva Pemasatan Tanah.....	50
3.3 Hasil Uji <i>Overburden</i> Pengembangan Dimodifikasi (<i>MSO</i>).....	51
3.4 Bagan Alir	56
4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	61
4.2 Kadar Air Optimum Pada Tanah Asli.....	66
4.3 Kadar Air Optimum Tanah Asli 96% dan Limbah Beton 4%	67
4.4 Kadar Air Optimum Tanah Asli 92% dan Limbah Beton 8%	68
4.5 Kadar Air Optimum Tanah Asli 88% dan Limbah Beton 12%	68
4.6 Uji Skala Penetrasi	78

4.7 Lapisan Tebal Perkerasan	90
------------------------------------	----

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
4.1 Hubungan Penambahan Limbah Beton Dengan Kadar Air Pada Tanah Terganggu	71
4.2 Hubungan Penambahan Limbah Beton dengan Berat Jenis	72
4.3 Hubungan Kadar Limbah Beton dengan Pengembangan	75
4.4 Hubungan Kadar Limbah Beton dengan Pengembangan	76
4.5 Uji Skala Penetrasi	78
4.6 Korelasi DDT dan CBR	84
4.7 Indeks Tebal Perkerasan	87
4.8 Hubungan Kadar Limbah Beton Terhadap Tebal Perkerasan.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Potensi pengembangan menurut Chen (1988) dalam Hardiyatmo (2002)....	9
2.3 Potensi Pengembangan (Holtz, 1969; Gibs, 1969; USBR, 1974) dalam (Hardiyatmo, 2002).....	9
2.4 Aktivitas beberapa mineral (Skempton, 1953 dalam Hardiyatmo, 2002).....	11
2.5 Beban Penetrasi Bahan Standar	18
2.6 Ukuran standar pemadatan Proctor (ASTM D 698 metode A).....	20
2.7 Sistem Klasifikasi <i>Unified Soil Classification System</i>	24
2.8 Sistem Klasifikasi American Association Of State Highway and Transporting Official (AASHTO).....	26
2.9 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan	27
2.10 Koefisien Distribusi Kendaraan (C).....	28
2.11 Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan.....	29
2.12 Faktor Regional	32
2.13 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)	33
2.14 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP).....	34
2.15 Koefisien Kekuatan Relatif (a).....	34
2.16 Lapis Permukaan.....	35
2.17 Lapis Pondasi Atas.....	35

4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah.....	58
4.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli	60
4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	61
4.4 Hasil Pengujian Hidrometer.....	63
4.5 Hasil Pengujian <i>Atterberg</i> Tanah Asli	63
4.6 Hasil Pengujian Pemadatan Modifikasi	69
4.7 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Terganggu dengan Variasi penambahan Limbah Beton.....	70
4.8 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah dengan Penambahan Limbah Beton.....	71
4.9 Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i>	72
4.10 Data Pengujian Sifat Fisik Tanah Campuran	74
4.11 Hasil Pengujian Pengembangan Tanah.....	74
4.12 Hasil Pengujian Pengembangan Tanah <i>Swelling</i> CBR.....	76
4.13 Hasil pengujian CBR	76
4.14 Data Hasil Pengujian DCP Lapangan	77
4.15 Perhitungan LHR Pada Tahun 2018	79
4.16 Perhitungan LHR Pada Tahun 2038 (akhir umur rencana).....	80
4.17 Angka Ekuivalen (E) beban Sumbu Kendaraan.....	80
4.18 Perhitungan Angka Ekuivalen (E) beban Sumbu Kendaraan	81
4.19 Koefisien Nilai Distribusi Kendaraan (C).....	81
4.20 Perhitungan Angka Koefisien Nilai Distribusi Kendaraan (C).....	81
4.21 Perhitungan Lintas Ekivalen Permukaan (LEP)	82
4.22 Perhitungan Lintas Ekivalen Akhir (LEA)	83
4.23 Faktor Regional (FR)	85

4.24 Indeks Permukaan (IP).....	85
4.25 Indeks Permukaan (IP).....	86
4.26 Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan	88
4.27 Koefisien Kekuatan Relatif	89
4.28 Hasil Perhitungan Tebal Perkerasan Dari Hasil Uji <i>Swelling</i> CBR.....	91

DAFTAR NOTASI

	= Berat Volume
d	= Berat Volume Maksimum
	= Kadar Air
ASTM	= American Standart For Testing and Official
AASHTO	= American Association As State and Transportation Official
Gs	= Berat Jenis
LL	= Batas Cair
PI	= Indeks Plastisitas
PL	= Batas Plastis
KAO	= Kadar air optimum
q	= Persentase Berat Tanah yang Lolos Saringan
Ww	= Berat Air
Wc	= Berat <i>Container</i>
Wcs	= Berat <i>Container</i> + Sampel Tanah Sebelum dioven
Wds	= Berat <i>Container</i> + Sampel Tanah Setelah dioven
Wn	= Kadar Air Pada Ketukan ke-n
W ₁	= Berat <i>Picnometer</i>
W ₂	= Berat <i>Picnometer</i> + Tanah Kering
W ₃	= Berat <i>Picnometer</i> + Tanah Kering + Air
W ₄	= Berat <i>Picnometer</i> + Air
Wci	= Berat Saringan
Wbi	= Berat Saringan + Tanah Tertahan
Wai	= Berat Tanah Tertahan
0,1''	= Pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1''
0,2''	= Pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2''
S	= Potensi pengembangan (%),

H	= Perubahan tinggi sampel (cm).
H	= Tinggi awal sampel (cm).
n	= Jumlah tumbukan pada pengujian DCP
D	= Kedalaman (cm)
D	= Selisih Kedalaman (cm)
UR	= Umur Rencana .
j	= Jenis kendaraan
n	= Tahun pengamatan
LHR	= Lalu lintas harian rata – rata
i	= Perkembangan lalu lintas
UR	= Umur rencana
C _j	= Koefisien distribusi kendaraan,dan
E _j	= Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan
LET	= Lintas Ekivalen Tengah
LEP	= Lintas Ekivalen Permulaan
LEA	= Lintas Ekivalen Akhir
FP	= Faktor Penyesuaian
UR	= Umur Rencana (Tahun)
ITP	= Indeks Tebal Perkerasan
a ₁ ,a ₂ ,a ₃	= Koefisien kekuatan relative bahan lapis keras
D ₁ ,D ₂ ,D ₃	= Tebal masing-masing lapisan lapis keras

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang sedang banyak melakukan pembangunan konstruksi dibidang infrastuktur, tanah sebagai salah satu sumber kekayaan alam memiliki hubungan erat sekali dengan kelangsungan hidup manusia. Manusia dalam kehidupan sehari harinya pasti berhubungan dengan tanah.

Dalam perencanaan jalan raya, subgrade dengan syarat minimal CBR 6% tidak cukup menjadi indikator untuk dapat memastikan bahwa jalan yang akan kita rencanakan akan berhasil. Karena kita hanya melihat dari sisi kekuatannya tanpa mempertimbangkan dari sisi pengembangan tanahnya (*Swelling*).

Karena banyaknya permasalahan yang sering terjadi di pembangunan jalan raya yaitu *swelling* yang menyebabkan penyusutan dan pengembangan pada *subgrade* akan memberikan pengaruh besar terhadap konstruksi yang di dukungnya.

Percobaan uji *Swelling* pada *subgrade* yang dicampurkan dengan bahan aditif limbah beton akan menambah kekuatan dan daya dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat fisis tanah yang

kurang menguntungkan sehingga dapat membentuk massa yang padat, tidak dapat larut dalam air dan mengeras.

B. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka penelitian ini fokus permasalahan sebagai berikut: Bagaimanakah pengaruh *swelling* pada *subgrade* jalan terhadap tebal perkerasan jalan yang di berikan bahan aditif Limbah Beton

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui daya dukung tanah pada tanah dasar (*subgrade*) terhadap tebal perkerasan jalan.
2. untuk mengetahui sejauh mana *swelling* pada *subgrade* jalan berpengaruh pada tebal perkerasan jalan
3. Untuk membandingkan tebal perkerasan jalan pada tanah dasar dengan tanah dasar yang sudah dicampur zat aditif limbah beton.

D. Batasan Masalah

Pada penelitian ini lingkup pembahasan dan masalah yang akan dianalisis dibatasi dengan:

1. Sampel tanah yang diuji menggunakan material tanah dasar (*subgrade*) yang berasal lokasi dari jalan terusan RA. Basyid Desa Fajar Baru Kec. Jati Agung Lampung Selatan Pada STA 2+100



Gambar 1.1. Lokasi Tanah Pada Jalan Terusan RA. Basyid Kec. Jati Agung Pada STA 2+100

2. Mendapatkan data lalu lintas berupa:
 - a. Melakukan survey Laju Harian Rata-rata (LHR)
 - b. Pengujian CBR tanah dasar lapangan dengan melakukan uji DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*).
 - c. Tebal perkerasan di lapangan
3. Pengujian sifat fisik tanah yang dilakukan adalah:
 - a. Uji Kadar Air
 - b. Uji Berat Jenis
 - c. Uji *Atterbergh*
 1. Uji Batas Cair (*Liquid Limit*)
 2. Uji Batas Plastis (*Plastic Limit*)
 - d. Uji Analisa Saringan
 - e. Uji Analisa *Hidrometry*
 - f. Uji Berat Volume

4. Pengujian sifat mekanika tanah yang dilakukan adalah:
 - a. Uji Pemadatan Tanah
 - b. Uji *Swelling* Tanah
 - c. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)
5. Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah pengujian CBR dengan material tanah dasar yang dicampur limbah beton dengan variasi 0%, 4%, 8%, dan 12%.
6. Perhitungan Tebal Perkerasan dengan Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 dengan umur rencana 20 tahun sesuai nilai CBR tanah yang sudah dicampurkan dengan zat aditif limbah beton.

E. Lokasi

Pengujian sifat fisik tanah untuk menentukan karakteristik nilai CBR tanah dasar dan tanah dasar yang dicampur dengan zat aditif limbah beton dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung.

F. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat antara lain :

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat – sifat fisik dan mekanik tanah dasar.
2. Kepada pihak-pihak terkait maupun pihak perencana agar penelitian ini dapat dijadikan bahan masukan dalam perencanaan konstruksi.

II. Tinjauan Pustaka

A. Penelitian Terdahulu

Indonesia adalah Negara kepulauan yang terdiri atas beberapa pulau yang mempunyai struktur tanah yang berbeda-beda. Pada Desa Sukodono Kabupaten Sragen terdapat masalah terhadap tanahnya, pada musim kemarau tanahnya sangat keras dan pada musim hujan tanah sangat becek serta jalanan mudah rusak dan bangunan diatasnya terjadi keretakan. Pada penelitian yang sudah pernah lakukan limbah beton menjadi bahan yang digunakan untuk memperbaiki tanah, pada penelitian ini variasi presentase campuran yang digunakan adalah 0%, 5%, 8%, 10%. Dalam klasifikasi metode AASHTO tanah asli dan campuran masuk dalam kelompok A-7-6, untuk USCS tanah asli dan campuran masuk kelompok CH merupakan tanah lempung anorganik berplastisitas tinggi. Hasil pengujian kepadatan tanah standard proctor kadar air optimum dan berat volume kering tanah mengalami peningkatan seiring bertambahnya campuran dan proses perawatan. Hasil uji CBR mengalami kenaikan pada penambahan campuran dan perawatan. Nilai CBR terbesar didapat pada tanah campuran 10% dengan perawatan 6 hari sebesar 25%, Nilai CBR terkecil pada tanah campuran 5% tanpa perawatan sebesar 20%.

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

No.	Sumber/Tahun	Penulis	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha Vol 3, No. 3 Desember 2014	Hairulla Hairullla, Jeni Paresa, Theresia Widi Asih Cahyanti	PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH EKSPANSIF TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BEBAS GUNA PERKUATAN JALAN LINGKUNGAN DI KAMPUNG SOTA DISTRIK SOTA PERBATASAN REPUBLIK INDONESIA-PAPUA NEW GIINEA	Mengetahui Pengaruh Limbah Beton terhadap tanah lempung, sehingga dapat diketahui nilai CBR dan <i>swelling</i> tanah sebelum dan setelah distabilisasi dengan Limbah Beton, yaitu dengan cara mencampur tanah lempung dengan Limbah Beton sebesar 5%, 8%, dan 10%	Metode dalam penelitian yang dilakukan adalah Uji fisis pada tanah asli maupun tanah campuran meliputi : kadar air, berat jenis, batas-batas Atterberg) dan analisa ukuran butiran. Selanjutnya melakukan uji sifat mekanis tanah asli dan tanah campuran dengan persentase campuran limbah beton 5%, 8% dan 10% dari berat sampel tanah dengan menggunakan metode standard Proctor. Pengujian ini untuk mendapatkan kadar air optimum dan kepadatan maksimumnya yang digunakan untuk acuan penambahan air pada pembuatan sampel pengujian CBR	Berdasarkan pengujian yang di lakukan hasil uji sifat fisis tanah asli hasil yang di dapatkan tanah tersebut dalam klasifikasi metode AASHTO masuk kelompok A-7-6. Sedangkan menurut USCS termasuk dalam kelompok CH. Pada uji sifat fisis tanah campuran menunjukkan nilai kadar air, berat jenis, batas cair, batas susut, dan nilai presentase lolos saringan 200 mengalami penurunan. Sedangkan untuk nilai batas plastis dan batas susut mengalami kenaikan. Pada klasifikasi metode AASHTO masuk dalam kelompok A-7-6. Untuk

No.	Sumber/Tahun	Penulis	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
						USCS tanah campuran masuk kelompok CH, tanah lempung plastisitas tinggi.

B. Swelling

1) Potensi Pengembangan

Suatu struktur tanah pada tingkat kepadatan yang sama, karena pengaruh penambahan kadar air, volume tanah akan mengalami peningkatan dan berlaku sebaliknya apabila kadar airnya berkurang. Perilaku yang demikian dikenal dengan istilah tanah mengalami kembang-susut.

Seed dkk. (1962) dalam Hardiyatmo (2002) memberikan definisi potensi pengembangan adalah persentase pengembangan di bawah tekanan 6,9 kPa menurut standar AASTHO.

Snethen (1984) dalam Hardiyatmo (2002) menyatakan potensi pengembangan adalah keseimbangan perubahan volume vertikal dinyatakan dalam persen dari tinggi awal.

Mengukur potensi pengembangan tanah dapat menggunakan parameter indeks properties tanah. Uji indeks tanah tersebut adalah uji batas Atterberg, uji susut linier dan uji kandungan koloid (colloid content test).

Tabel 2.2. Potensi pengembangan menurut Chen (1988) dalam Hardiyatmo (2002)

Potensi mengembang	Persen lolos saringan No 200 (%)	Batas cair (LL) (%)	Kemungkinan ekspansif (%)	Tekanan pengembangan (kPa)
Sangat tinggi	>95	>60	>10	>1000
Tinggi	60-95	40-60	3-10	250-1000
Sedang	30-60	30-40	1-5	150-250
Rendah	<30	<30	<1	50

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Holtz (1969) dan USBR (1974) dalam Hardiyatmo (2002) membuat suatu kriteria identifikasi tanah lempung ekspansif, seperti pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Potensi pengembangan (Holtz, 1969; Gibs, 1969; USBR, 1974) dalam (Hardiyatmo, 2002)

Potensi pengembangan	Pengembangan akibat tekanan 6,9 kPa (%)	Persen koloid (<0,001 mm) (%)	Indeks plastisitas PI (%)	Batas susut SL (%)	Batas cair LL (%)
Sangat tinggi	>30	>28	>35	<11	>63
Tinggi	20-30	20-31	25-41	7-12	50-63
Sedang	10-20	13-23	15-28	10-16	39-50
Rendah	<10	<15	<18	>15	<39

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Untuk lempung dipadatkan, Seed dkk. (1962) dalam Hardiyatmo (2002) menyarankan hubungan potensi pengembangan dan aktivitas pada tanah campuran pasir – lempung yang dipadatkan sampai kepadatan maksimum standar Proctor dan dibiarkan mengembang pada tekanan terbagi rata 6,9 kPa.

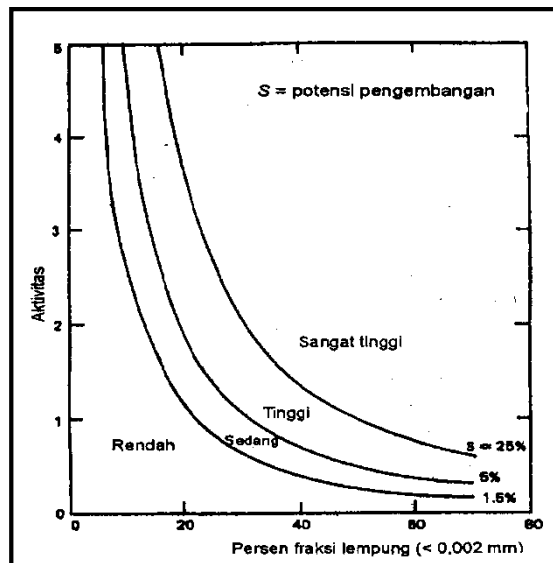
Skempton (1953) dalam Hardiyatmo (2002) mendefinisikan sebuah parameter yang disebut Aktivitas (A) dalam persamaan berikut ini.

$$\text{Aktivitas (A)} = \frac{\text{PI}}{\text{C}} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

PI : indeks plastisitas (%),

C : persen fraksi ukuran lempung (butiran < 0,002 mm) (%).



Gambar 2.1. Diagram klasifikasi potensi pengembangan

(Seed dkk, 1962 dalam Hardiyatmo, 2002).

Tabel 2.4. Aktivitas beberapa mineral Skempton, 1953 dalam Hardiyatmo, 2002

Mineral	Aktivitas (A)
Na – <i>montmorillonite</i>	4 – 7
Ca - <i>montmorillonite</i>	1,5
<i>Illite</i>	0,5 – 1,3
<i>Kaolinite</i>	0,3 – 0,5
<i>Halloysite (dehydrated)</i>	0,5
<i>Halloysite (hydrated)</i>	0,1
<i>Attapulgit</i>	0,5 – 1,2
<i>allophane</i>	0,5 – 1,2
<i>Mica (muscovite)</i>	0,2
<i>Calcite</i>	0,2
<i>Quartz</i>	0

Sumber : Hardiyatmo (2002)

dengan persamaan tersebut Skempton membuat katagori tanah menjadi tiga :

$A \leq 0,75$ tidak aktif

$0,75 < A \leq 1,2$ normal

$A > 1,25$ aktif.

Seed dkk (1962) dalam Hardiyatmo (2002) berdasarkan hasil ujinya,

potensi pengembangan dinyatakan oleh persamaan :

$$S = (3,6 \times 10^{-5}) A^{2,44} C^{3,44} \dots\dots\dots (2)$$

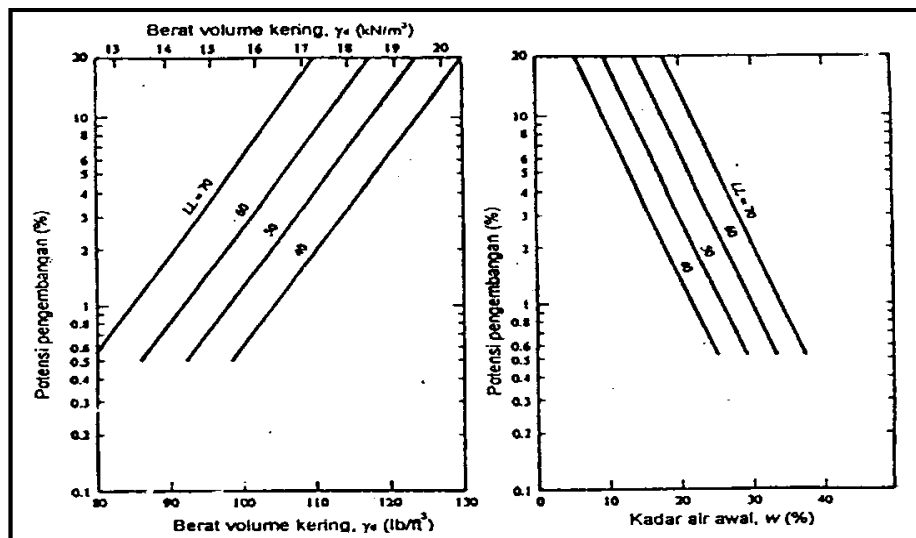
dengan :

S : potensi pengembangan (persen pengembangan aksial akibat tekanan 6,9 kPa) (%),

C : persen fraksi lempung (persen berat) (%),

$$A : \text{aktivitas} = (\Delta PI) / \Delta C.$$

Vijayvergiya dan Ghazzaly (1973) dalam Hardiyatmo (2002) mengembangkan cara pendekatan empiris antara potensi pengembangan dan sifat-sifat indeks tanah diperlihatkan dalam Gambar.2. Di alam kadar air sangat berfluktuasi terutama didekat permukaan tanah. Hal ini, karena didekat permukaan tanah dipengaruhi oleh penguapan dan isapan akar tumbuh-tumbuhan. Hal yang penting dalam evaluasi masalah pengembangan tanah pada kedalaman zone aktif. Kadar air di bawah zone aktif dianggap selalu konstan, sehingga di bawah zone aktif tidak ada pengembangan tanah.

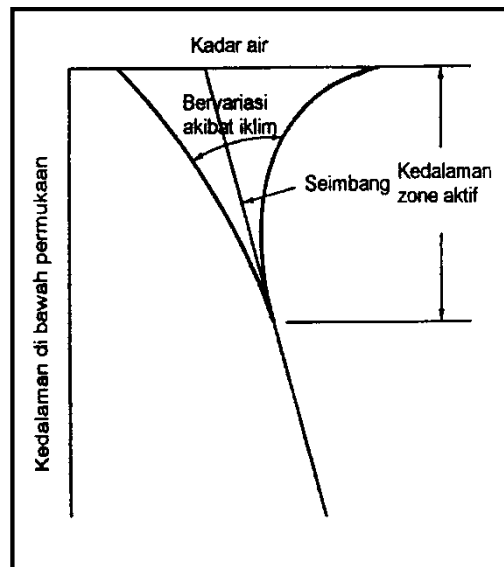


Gambar 2.2. Hubungan antara potensi pengembangan, batas cair, kadar air awal dan berat volume kering

(Vijayvergiya dan Ghazzaly, 1973 dalam Hardiyatmo 2002).

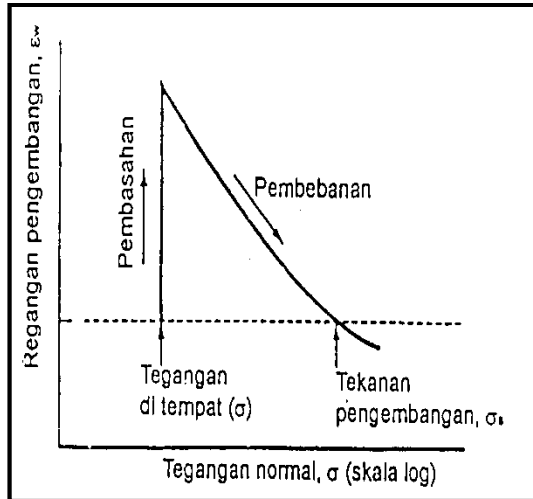
Pada proses kembang susut, tanah tidak sepenuhnya kembali ke posisi semula. Lempung menjadi *overconsolidated* dan berkurang

kemudahmampatannya akibat dari bertambahnya tegangan efektif oleh tekanan kapiler.



Gambar 2.3. Kurva kedalaman zone aktif.

Johnson dan Stroman (1976) dalam Hardiyatmo (2002) mengenalkan uji *overburden* pengembangan yang dimodifikasi (*modified swell overburden, MSO*) yang dapat dijelaskan melalui Gambar 2.3. Regangan yang diukur dalam uji *overburden* pengembangan dimodifikasi tersebut adalah regangan potensi pengembangan (ϵ_w) untuk setiap tegangan normalnya. Uji dilakukan pada tinjauan tegangan total (σ). Kemiringan kurva yang dinyatakan oleh koefisien ekspansi, C_e (*Coefficient of expansion*), nilainya bervariasi bergantung pada tumpangannya.



Gambar 2.4. Uji overburden pengembangan dimodifikasi (*MSO*)

(Johnson dan Stroman, 1976 dalam Hardiyatmo, 2002).

Potensi pengembangan yang terjadi dapat dianalisa dengan persamaan sebagai berikut :

$$S = \frac{\Delta H}{H} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

S : potensi pengembangan (%),

ΔH : perubahan tinggi sampel (cm).

H : tinggi awal sampel (cm).

Perubahan volume akibat pengembangan dapat dianalisa dengan persamaan :

$$V_P = \text{Luas} \times \Delta H \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

V_P : perubahan volume akibat pengembangan (cm³),

ΔH : perubahan tinggi sampel (cm).

Holtz dan Kovacs (1981) dalam Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa tekanan pengembangan 1000 kPa ekuivalen dengan tinggi timbunan 40 sampai 50 meter (karena berat volume tanah sekitar 20 kN/m^3), walau tekanan sebesar itu jarang terjadi, namun tekanan pengembangan yang hanya 100-200 kPa harus diperhitungkan bila membangun timbunan dengan tinggi 5 atau 6 meter.

C. *California Bearing Ratio* (Uji CBR)

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Ratio*). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Istilah CBR menunjukkan suatu perbandingan (*ratio*) antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam (luas penampang 3 sqinch) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama (Canonica, 1991). Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban. Sedangkan, nilai CBR yang didapat akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang diperlukan di atas lapisan yang mempunyai nilai CBR tertentu. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dari nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas.

1. Jenis-Jenis Pengujian CBR

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas

a. CBR Lapangan

CBR lapangan disebut juga CBR *inplace* atau *field inplace* dengan kegunaan sebagai berikut :

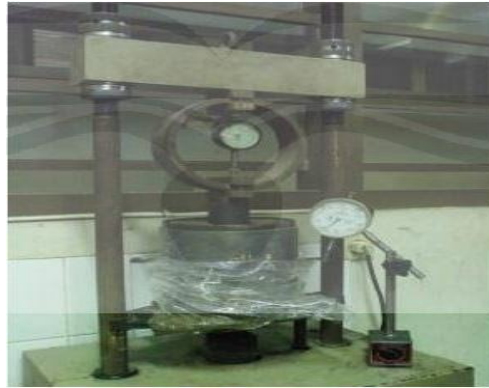
1. Mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi.
2. Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan ini tidak umum digunakan.

Metode pemeriksaannya dengan meletakkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR akan ditentukan lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gardan truk.

b. CBR Laboratorium

Tanah dasar pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan. CBR ini disebut CBR Laboratorium, karena disiapkan di Laboratorium. CBR Laboratorium dibedakan

atas 2 macam, yaitu CBR Laboratorium rendaman dan CBR Laboratorium tanpa rendaman.



Gambar 2.5. Pengujian CBR Laboratorium

2. Pengujian Kekuatan dengan CBR

Alat yang digunakan untuk menentukan besarnya CBR berupa alat yang mempunyai piston dengan luas 3 inch dengan kecepatan gerak vertikal ke bawah 0,05 inch/menit, *Proving Ring* digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (*dial*). Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” untuk pengujian laboratorium.

Rumus perhitungan dalam penentuan nilai CBR adalah sebagai berikut :

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,1''} = \frac{A}{3000} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,2''} = \frac{B}{4500} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

A = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1”

B = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2”

Nilai CBR yang didapat adalah nilai yang terkecil diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR.

Berikut ini adalah tabel beban yang digunakan untuk melakukan penetrasi bahan standar.

Tabel 2.5. Beban Penetrasi Bahan Standar

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban Standar (lbs/inch)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

D. Pematatan

Tujuan dari pematatan adalah untuk mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat (*kompresibilitas*), mengurangi permeabilitas dan mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain-lain. Maksud tersebut dapat tercapai dengan pemilihan tanah bahan timbunan, cara pematatan, pemilihan mesin pemadat dan jumlah lintasan yang sesuai.

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan, pada uji *Modified Proctor*. Bila air ditambahkan kepada suatu tanah yang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai pembasah/pelumas pada partikel-partikel tanah, karena adanya air partikel-partikel tanah tersebut akan lebih mudah bergerak dan adanya air, partikel-partikel tanah bergeseran satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat, untuk usaha yang sama, berat volume kering tanah meningkat bila kadar air meningkat juga, bila kadar air ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah per satuan volume juga meningkat secara bertahap pula, setelah mencapai kadar air tertentu, berat volume kering tanah cenderung menurun. Hal ini disebabkan karena air tersebut mulai menempati ruang-ruang pori tanah yang sebetulnya dapat ditempati oleh partikel tanah. Kadar air dengan berat volume kering maksimum disebut kadar air optimum..

Metode pemadatan yang digunakan adalah pemadatan *Modified Proctor* metode A dengan acuan ASTM D698. Ukuran dan bentuk palu, jumlah pukulan, jumlah lapisan, dan volume cetakan dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Ukuran standar pemadatan Proctor (ASTM D 698 metode A)

Standar ASTM D 698 metode A	
Berat palu	4,5 kg (10 lb)
Tinggi jatuh palu	45,8 cm (18 in)
Jumlah lapisan	5 lapis
Jumlah tumbukan per lapisan	25 kali
Tanah	saringan lolos No. 4 (4,75 mm)

Dari pemadatan *Modified Proctor* akan didapatkan kadar air (w) dan berat isi kering (γ) dengan rumus sebagai berikut ini.

$$\text{Kadar air } (w) = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering oven}} \times 100 \% \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Berat volume kering } (\gamma_d) = \frac{\text{Berat volume basah } (\gamma_b)}{\text{Kadar air } (w) + 100} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

E. Tanah

Tanah merupakan lapisan kerak bumi yang berada di lapisan paling atas, yang juga merupakan tabung reaksi alami yang menyangga seluruh kehidupan yang ada di bumi. Tanah mempunyai ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda-beda antara tanah di suatu tempat dengan tempat yang lain. Sifat-sifat tanah itu

meliputi fisika dan sifat kimia. Beberapa sifat fisika tanah antara lain tekstur, struktur dan kadar lengas tanah. Untuk sifat kimia menunjukkan sifat yang dipengaruhi oleh adanya unsur maupun senyawa yang terdapat di dalam tanah tersebut.

Adapun menurut para ahli teknik sipil, tanah dapat didefinisikan sebagai :

1. Tanah adalah kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat dimaksud diaduk dalam air (Terzaghi, 1987).
2. Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai/lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig, 1987)
3. Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang terikat secara kimia satu dengan yang lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).
4. Secara umum tanah terdiri dari tiga bahan, yaitu butir tanahnya sendiri serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antar butir-butir tersebut (Wesley, 1997).

a. Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok - kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya.

Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995). Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi.

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah Sistem *Unified Soil Classification System (USCS)* dan Sistem *AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)*. Tetapi pada penelitian ini penulis memakai system klasifikasi tanah *unified (USCS)*.

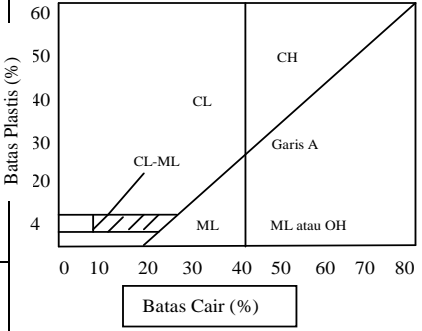
➤ **Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)***

Sistem ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande (1942) untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995). Oleh Casagrade sistem ini pada garis besarnya membedakan tanah atas dua kelompok besar (Sukirman, 1992), yaitu :

- 1) Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk Pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
- 2) Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik.

Klasifikasi sistem *Unified* secara visual di lapangan sebaiknya dilakukan pada setiap pengambilan contoh tanah. Hal ini berguna di samping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan, juga sebagai pelengkap klasifikasi yang dilakukan di laboratorium agar tidak terjadi kesalahan label.

Tabel 2.7. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran terahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar terahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau			
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung			
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 
				CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah					
Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH		Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
	CH		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)			
	OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
	PT		<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

➤ **Sistem Klasifikasi American Association Of State Highway and Transporting Official (AASHTO)**

Sistem klasifikasi AASHTO dibuat dengan mempertimbangkan kriteria sebagai berikut :

1) Ukuran butir tanah

- a. Kerikil : fraksi melewati saringan 75-mm (3-inch) dan tertahan pada saringan no 10 (2-mm).
- b. Pasir : fraksi melewati saringan no 10 (2 mm) dan tertahan pada saringan no 200 (0,075 mm).
- c. Lumpur dan lanau : fraksi melewati saringan no 200

2) Plastisitas

Tanah disebut tanah berlumpur (silty) ketika fraksi halus tanah memiliki indeks plastisitas 10 atau kurang. Sedangkan tanah liat (clay) adalah ketika fraksi halus tanah memiliki indeks plastisitas 11 atau lebih.

3) Jika berbatu dan bongkah (ukuran lebih besar dari 75 mm) yang diuji, mereka dipisahkan dari bagian dari sampel tanah dari mana klasifikasi tersebut dibuat. Namun, persentase material tersebut dicatat.

Untuk mengklasifikasikan tanah yang sesuai dengan tabel dibawah, kita harus menerapkan data uji mulai dari kiri ke kanan. Dengan proses

eliminasi, tanah dikelompokkan pertama dari kiri lalu menuju ke kriteria yang sesuai.

Tabel 2.8. Sistem Klasifikasi American Association Of State Highway and Transporting Official (AASHTO)

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	A-4		A-5	A-6		A-7 A-7-5* A-7-6**	
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36		Min 36	Min 36		Min 36	
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11		Min 41 Min 11	
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau			Tanah Berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

* untuk A-7-5 : $PI \leq LL - 30$

** untuk A-7-6 : $PI > LL - 30$

Sumber: Das (1995).

F. Limbah Beton

Beton (*Concrete*) adalah bahan bangunan yang diperoleh dari hasil pencampuran antara semen, air, agregat halus dan agregat kasar dengan perbandingan tertentu. Campuran semen dengan air berfungsi sebagai perekat. Agregat halus berupa pasir atau abu, sedangkan agregat kasar berupa kerikil atau batu pecah yang keduanya berfungsi sebagai pengisi. (Hendro,2010:148). Limbah Beton merupakan hasil dari beton itu sendiri yang telah di uji di Lab dan tidak terpakai.

G. Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987

Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 adalah salah satu acuan untuk merencanakan tebal perkerasan jalan raya. Metode ini merupakan metode dari Bina Marga yang merupakan dasar dalam menentukan tebal perkerasan lentur yang dibutuhkan untuk suatu jalan raya. Perkerasan lentur (*flexible pavement*) dalam perencanaan ini adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya.

Metode ini dapat digunakan untuk Perencanaan perkerasan jalan baru (*New Construction/Full Depth Pavement*), Perkuatan perkerasan jalan lama (*Overlay*) dan Konstruksi bertahap (*Stage Construction*)

Ada beberapa acuan dari Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 yaitu:

1. Lalu Lintas Rencana

a. Persentase Kendaraan pada Lajur Rencana

Jalur Rencana (JR) merupakan jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang terdiri dari satu lajur atau lebih, jumlah lajur berdasarkan lebar jalan dapat dilihat pada Tabel 2.9. berikut ini:

Tabel 2.9. Jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan.

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (n)
$L < 5,5 \text{ m}$	1 Lajur
$5,5 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 Lajur

$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 Lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 Lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 Lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 Lajur

Sumber : Bina Marga, 1987

Sedangkan koefisien distribusi kendaraan pada lajur jalan dengan tipe kendaraan berdasarkan beratnya dapat di lihat Tabel 2.10. berikut ini

Tabel 2.10. Koefisien distribusi kendaraan (C)

Jumlah	Kendaraan ringan *)		Kendaraan berat **)	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,60	0,50	0,70	0,50
3	0,40	0,40	0,50	0,475
4	-	0,30	-	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,20	-	0,4

Sumber : Bina Marga, 1987

*) Berat total < 5 ton , misalnya: mobil penumpang , pick up, mobil hantaran

**) Berat total \geq 5 ton , misalnya : bus , truk, traktor, semi trailer, trailer

2. Angka Ekuivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

penentuan angka ekuivalen dapat ditentukan melalui Tabel yang telah dikeluarkan oleh Bina Marga seperti yang terlihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Angka Ekuivalen (E) beban sumbu kendaraan.

Golongan Kendaraan		Angka Ekuivalen	
Kg	Lbs	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	11.4148	0.9820
16000	35276	14.2712	1.2712

Sumber : SKBI 2.3.26.1987/SNI 03-1732-1989

3. Perhitungan Lalu Lintas

a. Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP)

$$LEP = \sum_{j=1}^n LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (9)$$

dengan :

j = Jenis kendaraan

n = Tahun pengamatan

LHR = Lalu lintas harian rata – rata

C_j = Koefisien distribusi kendaraan

E_j = Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan.

b. Lintas Ekivalen Akhir (LEA)

$$LEA = \sum_{j=1}^n LHR_j (1+i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (10)$$

dengan:

j = Jenis kendaraan

n = Tahun pengamatan

LHR = Lalu lintas harian rata – rata

i = Perkembangan lalu lintas

UR = Umur rencana

C_j = Koefisien distribusi kendaraan

E_j = Angka ekivalen (E) beban sumbu kendaraan.

c. Lintas Ekivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{(LEP + LEA)}{2} \dots\dots\dots (11)$$

dengan :

LET = Lintas Ekivalen Tengah

LEP = Lintas Ekivalen Permulaan

LEA = Lintas Ekivalen Akhir

d. Lintas Ekivalen Rencana

$$LER = LET \times FP \dots\dots\dots (12)$$

$$FP = \frac{UR}{10} \dots\dots\dots (13)$$

dengan:

FP = Faktor Penyesuaian

UR = Umur Rencana (Tahun)

2. Daya Dukung Tanah Dasar

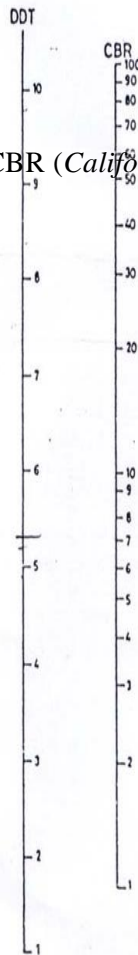
Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan berdasarkan grafik korelasi seperti pada Gambar 7. Daya dukung tanah dasar diperoleh dari nilai CBR atau Plate Bearing Test DCP dll

$$DDT = (4,3 \log CBR + 1,7) \dots\dots\dots$$

(14)

Dengan :

CBR = Hasil dari pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)



Gambar 2.6. Grafik korelasi DDT dan CBR Dari:SKBI 2.3.26.1987/SNI 03-1732-1989

3. Faktor Regional

Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya" edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini, Faktor Regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut:

Tabel 2.12. Faktor Regional

	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.

$$\text{Faktor Regional (FR)} = \frac{\text{Jenis-jenis Kendaraan}}{\Sigma \text{Volume Kendaraan}} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

4. Indeks Permukaan

Indeks permukaan adalah nilai kerataan/ kehalusan serta kekokohan permukaan yang bertalian dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat.

Nilai Indeks permukaan beserta artinya adalah sebagai berikut :

- a. IP = 1,0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga mengganggu lalu lintas kendaraan.
- b. IP = 1,5 menyatakan tingkat pelayanan rendah yang masih mungkin (jalan tidak terputus)
- c. IP = 2 menyatakan tingkat pelayanan rendah bagi jalan yang masih cukup.
- d. IP = 2,5 menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik.

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan / kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana, menurut Tabel 2.13 di bawah ini

Tabel 2.13. Indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo)

Jenis Permukaan	IPo	Roughness *) (mm/km)
LASTON	≥ 4	≤ 1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	≤ 2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	≤ 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	$\leq 2,4$	

Dalam menentukan IP pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor – faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana (LER) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14. Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen 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

Dari:SKBI 2.3.26.1987/SNI 03-1732-1989

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

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

5. Indeks Tebal Perkerasan

$$ITP = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \dots\dots\dots (16)$$

dengan:

ITP = indeks tebal perkerasan

a_1, a_2, a_3 = Koefisien kekuatan relative bahan lapis keras

D_1, D_2, D_3 = Tebal masing-masing lapisan lapis keras

Tabel 2.15. 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	-	-	
0,35	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)

6. Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan

a. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Tabel 2.16. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

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, Lasbutag, Laston
7,50 – 9,99	7,5	Lasbutag, Laston
≥ 10,00	10	Laston

Sumber : SKBI 2.3.26.1987/SNI 03-1732-1989

b. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Tabel 2.17. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

ITP	Tebal Minimum (cm)	Bahan
-----	--------------------	-------

< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20*)	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
7,50 – 9,99	10	Laston Atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam
10 – 12,14	15	Laston Atas
	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, Lapen, Laston Atas

Sumber : SKBI 2.3.26.1987/SNI 03-1732-1989

c. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

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

H. Perkerasan Jalan

Lapisan perkerasan adalah konstruksi diatas tanah dasar yang berfungsi memikul beban lalu lintas dengan memberikan rasa aman dan nyaman. Pemberian konstruksi lapisan perkerasan dimaksudkan agar tegangan yang terjadi sebagai akibat pembebanan pada perkerasan ketanah dasar (*subgrade*) tidak melampaui kapasitas dukung tanah dasar. Kontruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi dua kelompok menurut bahan pengikat yang digunakan, yaitu perkerasan lentur (*fleksible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Perkerasan lentur (*fleksible pavement*) dibuat dari agregat dan

bahan ikat aspal. Lapis perkerasan kaku (*rigid pavement*) terbuat dari agregat dan bahan ikat semen, terdiri dari satu lapisan pelat beton dengan atau tanpa pondasi bawah (*subbase*) antara perkerasan dan tanah dasar (*subgrade*).

Menurut AASHTO dan Bina Marga konstruksi jalan terdiri dari:

1. Lapis permukaan (*Surface Course*).

Lapisan permukaan (*Surface Course*) adalah lapisan yang terletak paling atas (Sukirman Silvia, 1999), dan berfungsi sebagai :

- a. Struktural, yaitu berperan mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh lapis keras.
- e. Non struktural, yaitu berupa lapisan kedap air untuk mencegah masuknya air kedalam lapis perkerasan yang ada dibawahnya dan menyediakan permukaan yang tetap rata agar kendaraan berjalan dengan lancar

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan (Sukirman Silvia, 1999), dan berfungsi sebagai:

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan di bawahnya,
- b. Lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah,
- c. Bantalan terhadap lapis permukaan.

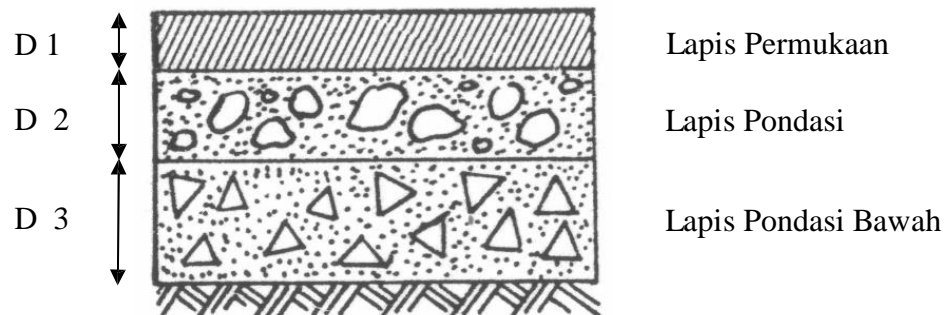
3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah lapis perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar (Sukirman Silvia, 1999), dan berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk meyebarkan beban roda pada tanah dasar
- b. Efisiensi penggunaan material
- c. Mengurangi ketebalan lapis keras yang ada di atasnya
- d. Sebagai lapisan peresapan, agar air tanah tidak berkumpul pada pondasi
- e. Sebagai lapisan pertama agar memudahkan pekerjaan selanjutnya
- f. Sebagai pemecah partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas

4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*Subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau timbunan yang dipadatkan dan merupakan dasar untuk perletakan bagian lapis keras lainnya.



Gambar 2.7. Susunan Lapis Perkerasan Jalan

Perencanaan tebal lapis keras jalan baru pada umumnya dibedakan menjadi dua metode, (Silvia, 1993) :

- a. Metode Empiris, metode ini dikembangkan berdasarkan pengalaman dan penelitian dari jalan – jalan yang dibuat khusus untuk penelitian atau jalan yang sudah ada. Terdapat banyak metode empiris yang telah dikembangkan oleh berbagai negara seperti : AASHTO (Amerika Serikat), Metode Bina Marga (Indonesia), Metode NAASRA (Australia), Metode Road Note 29 (Inggris), Metode Road Note 31 (Inggris).
- b. Metode teoritis (analitis), Metode ini dikembangkan berdasarkan teori matematis dan sifat tegangan dan regangan pada lapis keras akibat beban berulang dari lalu lintas.

Tanah dasar (*subgrade*) adalah bagian terbawah suatu konstruksi perkerasan yang dibuat secara berlapis–lapis seperti yang biasa dipergunakan dalam konstruksi jalan raya (Imam Soekoto, 1984). Karakteristik tanah dasar (*subgrade*) akan banyak berpengaruh terhadap lapisan perkerasan di atasnya.

III. METODE PENELITIAN

A. Tinjauan Umum

Sampel tanah yang diuji menggunakan material tanah dasar (*Subgrade*) yang disubstitusi dengan *zat additive* limbah beton. Sampel tanah yang digunakan dari dari jalan terusan RA. Basyid desa fajar baru kecamatan jati agung lampung selatan, Sedangkan limbah beton yang digunakan sebagai bahan substitusi pada penelitian ini berasal dari Laboratorium Struktur Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dalam penelitian ini dilakukan analisa secara bertahap, yaitu

1. Persiapan (pengumpulan referensi dan identifikasi masalah)
2. Pengambilan sampel tanah
3. Pengambilan data
4. Pengujian sifat fisik tanah
5. Pengujian mekanika tanah
6. Analisis data
7. Perhitungan dan perencanaan tebal perkerasaan

B. Pengambilan Data Lapangan

Salah satu hal penting ketika melakukan penelitian adalah ketersediaan data sebagai bahan analisa masalah yang akan kita teliti. Adapun data yang di butuhkan dalam penelitian ini adalah :

1. Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)

Survei lalu-lintas harian rata-rata kendaraan (LHR) dilakukan Desa Fajar Baru di ruas jalan R.A.Basyid, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan. LHR yang dihitung yaitu gerak kendaraan sepanjang satu ruas jalan tertentu. Penghitungan LHR dilakukan menggunakan *Stop Watch* digunakan untuk mengetahui awal dan akhir waktu pengamatan serta alat tulis dan form survey. Selanjutnya mengelompokkan kendaraan atas dasar jenisnya yaitu kendaraan berat (MV), bus ringan (LV), sepeda motor (MC). dan Kendaraan tak bermotor (UM). Waktu penelitian dilakukan dalam pada saat jam sibuk (dimana terdapat volume lalu lintas padat / maksimum), yakni dipagi hari (Pukul 06.00 – 08.00 WIB) dan sore hari (Pukul 16.00 – 18.00 WIB). Pengambilan data LHR selama 7 hari

Prosedur Pelaksanaan di Lapangan :

- a. Menentukan lokasi titik untuk melakukan pengambilan Data Lalu Lintas.
- b. Mempersiapkan kamera video pada titik yang dilintasi oleh kendaraan, usahakan sudut pandang kamera cukup luas sehingga dapat mencakup seluruh kendaraan yang lewat pada badan jalan.
- c. Dengan menyaksikan data rekaman pada video, pengamat mencatat pada lembar form survei setiap kendaraan yang lewat menurut klasifikasi macam – macam kendaraan (HV, LV, MC, UM) dengan interval 15 menit.

SURVEI PERHITUNGAN LALU LINTAS

Arah Pergerakan :
Lokasi :

Waktu :
Tanggal :

Waktu	Golongan Kendaraan									
	MC	Kendaraan Ringan (LV)			Kendaraan Berat (HV)			Kendaraan Tak Bermotor		
		Mobil Pribadi	Mobil Penumpang	Pickup	Bus	Truck 2 Sumbu			Truck 3 Sumbu	
		1	2	3		4 Roda	6 Roda			

Gambar 3.1. Form Perhitungan Lalu Lintas

2. Nilai CBR Lapangan dari *subgrade*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai CBR dari lapisan tanah.

Pengujian berdasarkan ASTM D 6951-09.

Peralatan yang digunakan:

- 1) Satu set alat DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*)
- 2) Kantong Alat
- 3) Konus
- 4) Alat Tulis

Perhitungan:

$$\blacksquare \text{ Penetrabilitas Skala Penetrometer (SPP)} = \frac{D}{R}$$

$$\blacksquare \text{ Tahanan Penetrasi Skala (SPR)} = \frac{1}{SPP}$$

Dimana:

D = Kedalaman (cm)

R = Tumbukan

3. Data Sekunder

Data sekunder ini diperoleh dari Balai Besar Way Sekampung Provinsi Lampung, data ini berupa data curah hujan daerah Way Kandis – Karang Anyar tahun 1988-2015

C. Pelaksanaan Pengujian

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik, pengujian Konsolidasi dan Pengujian CBR. Tahap pengujian tersebut dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Dilakukan 2 kali percobaan pada masing-masing pengujian dan campuran. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan data.

1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian-pengujian yang dilakukan antara lain:

a. Kadar air (*Moisture Content*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen. Pengujian berdasarkan ASTM D 2216-98.

Perhitungan:

- Berat air (W_w) $= W_{cs} - W_{ds}$
- Berat tanah kering (W_s) $= W_{ds} - W_c$
- Kadar air (w) $= \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$

Dimana:

W_c = Berat cawan yang akan digunakan

W_{cs} = Berat benda uji + cawan

W_{ds} = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven.

Perbedaan kadar air diantara ketiga sampel tersebut maksimum sebesar 5% dengan nilai rata-rata.

b. Berat Volume (*Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah. Pengujian berdasarkan ASTM D 2167.

Perhitungan:

- 1) Berat ring (W_c).
- 2) Volume ring bagian dalam (V).
- 3) Berat ring dan tanah (W_{cs}).
- 4) Berat tanah (W) $= W_{cs} - W_c$.
- 5) Berat Volume (γ). $\gamma = \frac{W}{V}$ (gr/cm³ atau t/m³)

c. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian berdasarkan ASTM D 854-02.

Perhitungan :

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

Dimana : G_s = Berat jenis

W_1 = Berat picnometer (gram)

W_2 = Berat picnometer dan tanah kering (gram).

W_3 = Berat picnometer, tanah dan air (gram)

W_4 = Berat picnometer dan air bersih (gram)

d. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Perhitungan :

- 1) Menghitung kadar air (w) masing-masing sampel sesuai dengan jumlah ketukan.
- 2) Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logaritma, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air.

- 3) Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar.
- 4) Menentukan nilai batas cair pada ketukan ke-25 atau $x = \log 25$

e. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Perhitungan :

- 1) Nilai batas plastik (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji
- 2) Indeks Plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis tanah yang diuji, dengan rumus:

$$PI = LL - PL$$

f. Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan pengujian analisis saringan adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200 (\emptyset 0,075 mm). Pengujian berdasarkan ASTM D 422.

Perhitungan :

- 1) Berat masing-masing saringan (W_{ci}).
- 2) Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan (W_{bi}).
- 3) Berat tanah yang tertahan (W_{ai}) = $W_{bi} - W_{ci}$.

4) Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan di atas saringan ($\Sigma W_{ai} \approx W_{tot.}$).

5) Persentase berat tanah yang tertahan di atas masing-masing saringan (P_i)

$$P_i = \left(\frac{(W_{bi} - W_{ci})}{W_{total}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (17)$$

6) Persentase berat tanah yang lolos masing-masing saringan (q_i):

$$q_i = 100\% - p_i\%$$

$$q_{(i+1)} = q_i - p_{(i+1)}$$

Dimana : $i = 1$ (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai saringan nomor 200).

g. Uji Hidrometer

Tujuan pengujian analisis hidrometer adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang lolos saringan No. 200 ($\varnothing 0,075$ mm).

Perhitungan:

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{30\eta}{(G_s - 1)\gamma_w}} \times \sqrt{\frac{L(cm)}{t(menit)}} \dots\dots\dots (18)$$

Dimana: v = Kecepatan mengendap

γ_s = Berat volume partikel tanah

γ_w = Berat volume air

η = Kekentalan air

D = Diameter partikel tanah

G_s = Berat jenis

K = fungsi dari G_s yang tergantung temperatur uji

t = waktu pengendapan

2. Pengujian Mekanika Tanah

1. Pencampuran Sampel Tanah

Tanah yang telah diketahui karakteristiknya yaitu yang sesuai dengan karakteristik dari tanah lempung akan digunakan dalam pencampuran. Kemudian langkah selanjutnya adalah pelaksanaan pencampuran dari tanah dan Limbah Beton. Pada penelitian ini digunakan benda uji dalam 3 variasi campuran yang berbeda yaitu yaitu Sampel A, Sampel B, Sampel C dan Sampel D.

Pencampuran dan pencetakan dilakukan di laboratorium mekanika tanah fakultas teknik universitas lampung. Untuk kebutuhan bahan tanah lempung dan Limbah Beton pada masing-masing campuran dimisalkan satu buah benda uji seberat 2500 gram.

Berikut ini adalah jumlah kebutuhan bahan pada masing-masing campuran.

a. Sampel A

Benda uji tanpa campuran yang terdiri dari tanah dasar (*subgrade*) 100 %.

b. Sampel B

Benda uji yang ditambah Limbah Beton 4 %

c. Sampel C

Benda uji yang ditambah Limbah Beton 8 %

d. Sampel D

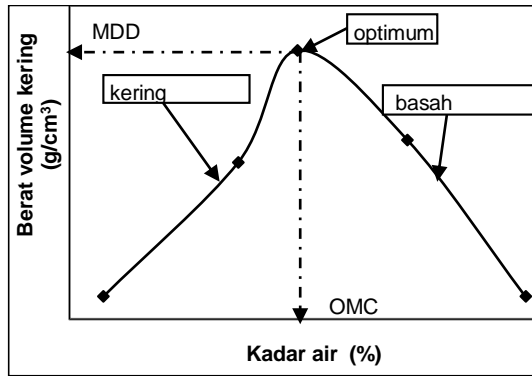
Benda uji yang ditambah Limbah Beton 12 %

2. Melakukan uji pemadatan *proctor modified* dengan cara :

- a. Menyiapkan sampel tanah asli seberat 2500 gr
- b. Menyiapkan gelas ukur 1000 ml
- c. Mencampur tanah berdasarkan KAO yang direncanakan
- d. Setelah air dicampur dengan sampel tanah diamkan selama \pm 24 jam.
- e. Setelah didiamkan atau diperam \pm 24 jam masukkan sampel tanah ke dalam mol untuk dilakukannya pemadatan standar.
- f. Pemadatan dilakukan dengan 5 lapisan dimana pada setiap masing-masing lapisan ditumbuk atau dipadatkan sebanyak 25 kali tumbukan setiap lapisan.
- g. Setelah ditumbuk dan dipadatkan, menimbang berat mol + tanah lalu ambil beberapa untuk melihat kadar air sampel tersebut.

3. Pengujian Pengembangan Tanah (*Swelling*)

Uji ini bertujuan untuk mengetahui besaran tekanan tanah ketika mengembang. Hasil dari uji Proctor menjadi acuan untuk dilakukan penentuan kadar air optimum. Sebagai ilustrasi dijelaskan pada Gambar 10 berikut ini.

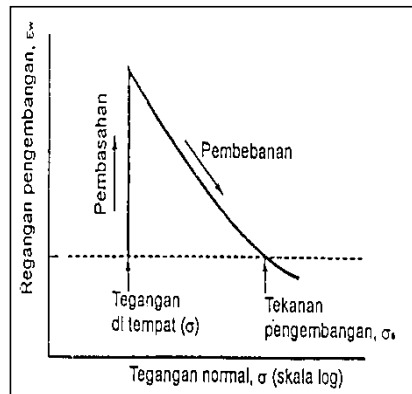


Gambar 3.2. Bentuk kurva pemadatan tanah.

Kadar air optimum yang didapat pada uji pemadatan digunakan sebagai acuan untuk uji tekanan pengembangan, penyusutan, dll. Prosedur dilakukan berdasarkan uji *overburden pengembangan dimodifikasi (modified swell overburden, MSO)* (Johnson dan Stroman, 1976 dalam Hardiyatmo, 2002) yaitu :

- a. letakkan contoh tanah terganggu dalam konsolidometer dengan memberi beban awal 6,9 kPa (Seed dkk, 1962 dalam Hardiyatmo 2002) atau sama dengan tekanan overburden yang direncanakan.
- b. kemudian, genangi contoh tanah dengan air dan biarkan mengembang dibawah tekanan 6,9 kPa atau tekanan overburden rencana dalam waktu 5 hari.
- c. sesudah pengembangan selesai, tambahkan beban berangsur-angsur sampai tanah kembali ke volume awalnya. Tekanan pada volume awalnya adalah tekanan pengembangan yang ditentukan. Beban bertahap yang diberikan untuk tanah lempung 15 kPa dengan dasar penambahan beban disarankan berkisar $0,1 \text{ kg/cm}^2$ sampai 1 kg/cm^2 (Lambe, 1969 dalam Chen 1975) dengan setiap tahap dilakukan

selama 2 jam 24 menit dengan anggapan kurva penurunan mendekati asimtotis.



Gambar 3.3. Hasil uji overburden pengembangan dimodifikasi (MSO)

(Johnson dan Stroman, 1976 dalam Hardiyatmo 2002).

4. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Tujuannya adalah untuk menentukan nilai CBR dengan mengetahui kuat hambatan campuran tanah dengan Limbah Beton terhadap penetrasi kadar air optimum.

Adapun langkah kerja pengujian CBR ini, antara lain :

- a. Menyiapkan 4 sampel tanah yang lolos saringan No. 4 dan 4 sampel tanah yang dengan berat masing-masing sebanyak 5 kg untuk mengetahui kadar airnya.
- b. Menentukan penambahan air dengan rumus :

$$\text{Penambahan Air} : \frac{\text{Berat sampel} \times (\text{OMC} \times \text{MC})}{100 + \text{MC}}$$

OMC : Kadar air optimum dari hasil uji pemadatan

MC : Kadar air sekarang

- c. Menambahkan air yang didapat dari perhitungan di atas dengan sampel tanah, lalu diaduk hingga merata.
- d. Menambahkan Limbah Beton dengan tanah
- e. Memasukkan sampel kedalam mold lalu menumbuk secara merata. Melakukan penumbukan sampel dalam mold dengan 5 lapisan dan banyaknya tumbukan pada masing-masing sampel adalah 25 kali
- g. Melepaskan *collar* dan meratakan sampel dengan mold lalu menimbang mold berikut sampel tersebut.
- h. Mengambil sebagian sampel yang tidak terpakai untuk memeriksa kadar air.
- i. Merendam sampel beserta beban (6,9 Kpa) di dalam air dan dipasangkan arloji pengukur pengembangan, catat pembacaan pertama dan biarkan benda uji selama 96 jam
- j. Setelah proses perendaman dilakukan pengujian CBR.

Perhitungan :

1. Berat mold = W_m (gram)
2. Berat mold + sampel = W_{ms} (gram)
3. Berat sampel (W_s) = $W_{ms} - W_m$ (gram)
4. Volume mold = V
5. Berat Volume = W_s / V (gr/cm³)
6. Kadar air = ω
7. Berat volume kering (γ_d) = $\frac{\lambda}{1 + \omega} \times 100\%$ (gr/cm³)
8. Harga CBR :

$$\text{a. Untuk } 0,1 \text{ " : } \frac{\text{Penetrasi}}{3 \times 1000} \times 100\%$$

$$\text{b. Untuk } 0,2 \text{ " : } \frac{\text{Penetrasi}}{3 \times 1500} \times 100\%$$

9. Dari sampel tanah yang telah dilakukan uji didapat nilai CBR yaitu untuk jumlah penumbukan sebanyak 25 kali dari masing-masing lapisan.

D. Analisis Data

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium kemudian dilakukan analisa untuk masing-masing pengujian sehingga didapatkan sifat fisik dan mekanik untuk tiap sampel tanah baik itu tanah asli maupun tanah campuran. Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari penelitian yang dilakukan diolah, kemudian hasil dari penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

E. Perhitungan dan Perencanaan Tebal Perkerasan

Setelah dilakukan pengujian pada tanah dan di dapat data yang ada, selanjutnya di lakukan perhitungan tebal perkerasan jalan dengan menggunakan metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987. Tebal perkerasan yang di rencanakan dalam tugas akhir ini adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Adapun acuan dari Metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 yaitu:

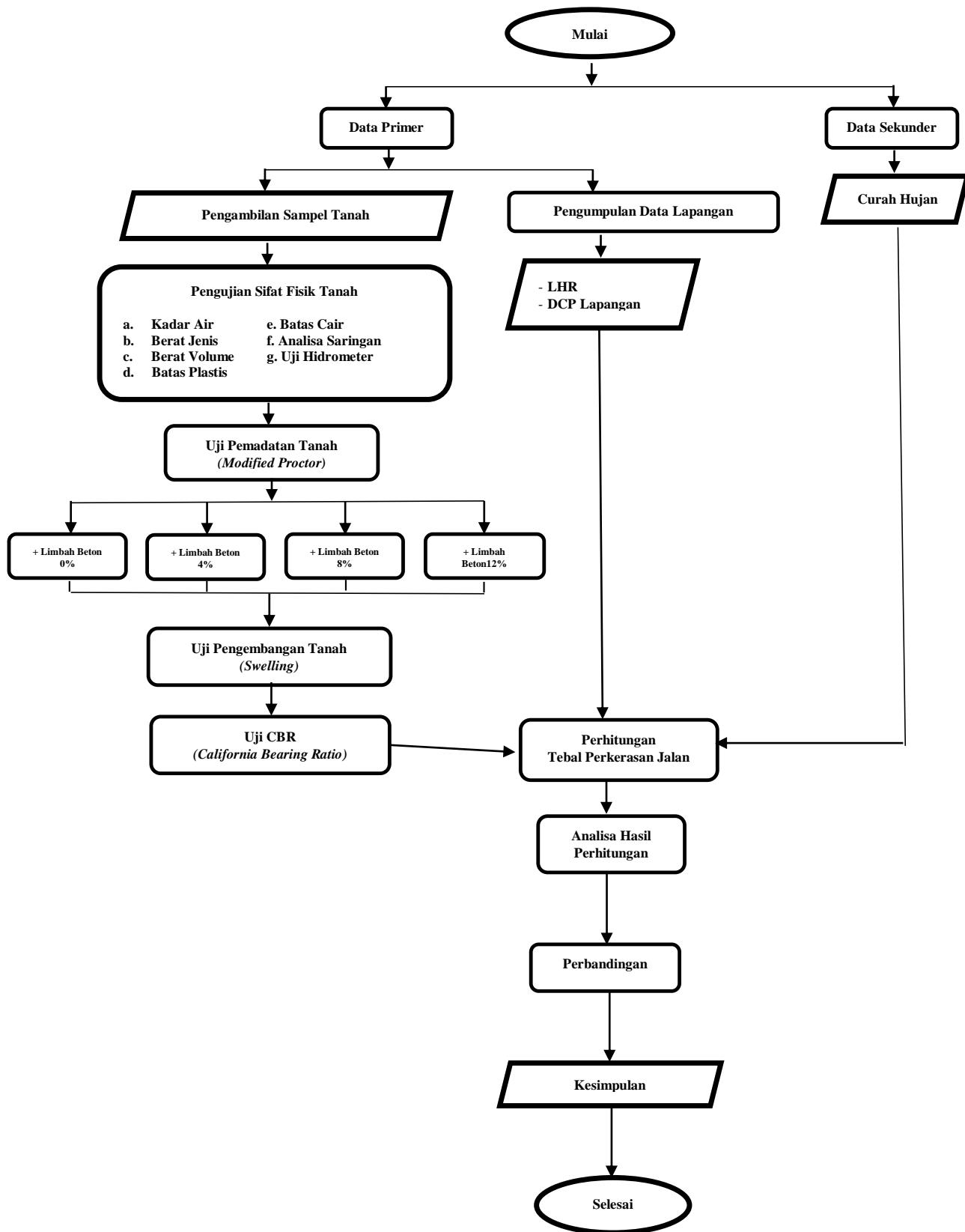
- 1) Lalu Lintas Rencana
 - a. Menentukan Nilai Koefisien Distribusi Kendaraan (C) berdasarkan pada Tabel 2.10

- b. Menentukan Angka Ekuivalen (E) masing-masing kendaraan berdasarkan pada Tabel 2.11.
 - c. Menghitung Lintas Ekuivalen Permulaan (LEP) dengan persamaan 9
 - d. Menghitung Lintas Ekuivalen Akhir (LEA) dengan persamaan 10
 - e. Menghitung Lintas Ekuivalen Tengah (LET) dengan persamaan 11
 - f. Menghitung Lintas Ekuivalen Rencana (LER) dengan persamaan 12
- 2) Mendapatkan nilai Daya Dukung Tanah (DDT)
- a. Nilai CBR dari pengujian Laboratorium
 - b. Menghitung nilai DDT dengan persamaan 14
- 3) Menentukan tebal perkerasan
- a. Faktor Regional dengan persamaan 15
 - b. Indeks Permukaan Awal Umur Rencana (IPo) sesuai Tabel 2.13.
 - c. Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IP) sesuai Tabel 2.14.
 - d. Indeks Tebal Perkerasan (ITP) dengan Koefisien Kekuatan Relative
(a) sesuai Tabel 15 sedangkan Nilai Batas-batas Minimum Tebal Lapisan Perkerasan sesuai Tabel 2.16. dan 2.17. dengan persamaan 16

Data hasil perhitungan perkerasan dengan metode Analisa Komponen SKBI 2.3.26.1987 yang diperoleh kemudian dimodelkan dalam bentuk gambar lapis perkerasan. hasil perhitungan dan desain ini menjadi bahan evaluasi yang akan di bandingkan dengan kondisi lapis perkerasan di lokasi penelitian

F. Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini perlu direncanakan diagram alir untuk memudahkan pelaksanaannya. Berdasarkan uraian kegiatan yang telah disajikan di atas, maka dapat diagram alir penelitian seperti pada gambar dibawah ini sebagai berikut :



Gambar 3.4. Bagan Alir

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil pengujian sifat fisik tanah maka tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan golongannya. Tujuan dari penggolongan ini adalah untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah guna mendapatkan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu. Maka tanah dari daerah jalan terusan RA. Basyid Desa Fajar Baru Kecamatan Jati Agung Lampung Selatan pada STA 2+100 termaksud jenis tanah A-6 tanah berlempung dan tingkatan umum sebagai tanah dasar masuk dalam kategori buruk.
2. Hasil uji pemadatan tanah menggunakan *Modified proctor* menunjukkan semakin banyak presentase campuran akan meningkatkan nilai berat volume kering tanah.
3. Dari hasil uji pemadatan modifikasi untuk masing masing sampel didapatkan presentasi KAO yang terus menurun, dikarenakan semakin besar penambahan limbah beton pada sampel maka persentase KAO akan semakin kecil.
4. Dilihat dari hasil pengujian *swelling* menggunakan alat *odhometer* yang telah di padatkan menggunakan *modified proctor*, persentase

pengembangan tanah mengalami penurunan pada setiap penambahan persentase Limbah beton. Hal tersebut disebabkan karena Limbah beton mampu untuk menutup pori pori yang ada pada tanah.

5. Hasil pengujian tanah yang di campur dengan Limbah beton dapat meningkatkan nilai CBR dan menurunkan nilai *swelling* . Hal ini di karenakan Limbah beton mampu untuk menutup pori pori yang ada pada tanah sehingga tanah mampu menahan beban lebih besar dan nilai *swelling* tanah menurun

6. Dari hasil perhitungan tebal perkerasan, DCP lapangan dengan nilai CBR 10,4 % memiliki tebal lapisan laston (D1) 5 cm, lapisan batu belah (D2) 20 cm dan lapisan sirtu (D3) 6 cm dan tanah tak terendam yang di uji menggunakan alat CBR dengan nilai 15,7 % memiliki tebal lapisan laston (D1) 5 cm, lapisan batu belah (D2) 20 cm dan lapisan sirtu (D3) 2 cm. sedangkan pada tanah campuran 0 % dengan nilai CBR 1,3 % yang di uji CBR laboratorium pada kondisi terendam memiliki tebal lapisan laston (D1) 7,5 cm, lapisan batu belah (D2) 20 cm dan lapisan sirtu (D3) 33 cm. Pada tanah campuran 4% memiliki tebal lapisan laston (D1) 5 cm, lapisan batu belah (D2) 20 cm dan lapisan sirtu (D3) 1 cm sedangkan pada 8- 12% tidak di butuhkan lapisan sirtu karena tanah dasar yang sudah di stabilisasi dengan Limbah beton sudah baik sehingga mampu menahan beban yang besar.

B. Saran

1. Dalam pengujian CBR sebaiknya digunakan variasi sampel yang lebih banyak.
2. Perlu dilakukan penelitian sejenis dengan penambahan limbah beton yang lebih besar
3. Agar lebih teliti pada saat pembuatan sampel dan pada saat pembacaan dial supaya didapat hasil yang maksimal.
4. Tanah diharapkan dalam keadaan kering udara agar data yang diperoleh bisa akurat

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, E. J. Johan K. Helnim. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. PT. Glora Aksara Pratama. Jakarta.
- Hairulla Hairulla, Jeni Paresa, Theresia Widi Asih Cahyanti, 2014. *PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH EKSPANSIF TERHADAP NILAI KUAT TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BEBAS GUNA PERKUATAN JALAN LINGKUNGAN DI KAMPUNG SOTA PERBATASAN REPUBLIK INDONESIA-PAPUA NEW GIINEA*. Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha Vol 3, No. 3 Desember 2014.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen, SKBI.2.3.26.1987,UDC.625.73 (02),SNI 1732-1989-F*. Yayasan Badan Penerbitan P.U, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- LLD, Wesley. Z. 1997. *Mekanika Tanah*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta
- M. Das, Braja. 1995. *Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. PT. Erlangga. Jakarta.
- M. Das, Braja. 1995. *Mekanika Tanah Jilid II (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. PT. Erlangga. Jakarta.
- Sukirman, Silvia, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Universitas Lampung. 2018. *Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*. UPT Percetakan Universitas Lampung. Bandar Lampung