B-16

LAPORAN PENELITIAN

PENGARUH SIFAT-SIFAT YANG BERBEDA PADA TANAH EKSPANSIF TERHADAP SIFAT PENGEMBANGAN DAN KEKUATAN

Dikerjakan Oleh :

Ir. Idrus M.Sc
Staff Pengajar Jurusan Sipil ISTN

ISTN

JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
J A K A R T A
1999

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN

ISTN

PENGARUH SIFAT-SIFAT YANG BERBEDA PADA TANAH EKSPANSIF TERHADAP SIFAT PENGEMBANGAN DAN KEKUATAN

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

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. Wawan Kuswaya, M.T

Program Studi Teknik Sipil
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jakarta 1999

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

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

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

Laporan Penelitian ini berjudul **"Pengaruh Sifat-Sifat Yang Berbeda Pada Tanah Ekspansif Terhadap Sifat Pengembangan Dan Kekuatan"**.

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

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

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

Jakarta, 1999
Penulis

(Ir. IDRUS M.Sc)

DAFTAR ISI

I	ABSTRAK.....	i
II	KATA PENGANTAR	iii
III	DAFTAR ISI	v
IV	DAFTAR TABEL	viii
V	DAFTAR GAMBAR	ix
VI	DAFTAR NOTASI	xi
BAB I	PENDAHULUAN	1
	1.1. Latar Belakang	1
	1.2. Maksud dan Tujuan	3
	1.3. Lingkup Pembahasan	4
	1.4. Metodologi Penulisan	4
	1.5. Sistimatika Penulisan	5
BAB II	PENGENALAN TANAH EKSPANSIF	7
	2.1. Struktural Mineral Tanah Ekspansif	7
	2.2. Karakterisitik Pengembangan Tanah Ekspansif	11
	2.2.1. Identifikasi Pengembangan	12
	2.2.2. Potensi Pengembangan	14
	2.2.3. Tekanan Pengembangan	19
	2.3. Pengaruh Tanah Ekspansif terhadap Struktur Suatu Ba-Bangunan	22
	2.4. Metode-metode Pengenalan Tanah Ekspansif	22
	2.4.1. Cara Identifikasi Mineralogi	22
	2.4.2. Cara Tidak Langsung	28
	2.4.3. Cara Tidak Langsung	36
BAB III	PROGRAM PENELITIAN DAN PROSEDUR PENGUJIAN LABORATORIUM	37
	3.1. Skematik Penelitian	37

3.2. Prosedur Pengujian Dilaboratorium 39
3.3. Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah 40
3.3.1. Pengujian Index Properties 40
3.3.2. Menentukan Specific Grafity 42
3.3.3. Batas-Batas Atterberg 43
3.3.3.1.Batas Cair 44
3.3.3.2.Batas Plastis 45
3.3.3.3.Batas Susut 46
3.3.4. Analisa Saringan Dan Hydrometer 48
3.4. Pengujian Sifat – Sifat Mekanis 53
3.4.1. Pengujian Pemadatan 53
3.4.2. Pengujian California Bearing Ratio (CBR) 56
3.4.3. Pengujian Triaxial 59
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN INTERPRETASI DATA 65
4.1. Pengujian Laboratorium Tanah Ekspansif (Tanah Asli) ... 65
4.1.1. Hasil Pengujian Untuk Tanah Asli 65
4.1.2. Pengujian Index Properties Dan Specific Grafity 65
4.1.3. Pengujian Atterberg Limits 66
4.1.4. Pengujian Analisa Hydrometer Dan Analisa Ayakan 67
4.1.5. Pengujian Triaxial 67
4.1.6. Pengujian CBR (Soaked & Unsoaked) Dan Swelling 67
4.2. Analisa Hasil Pengujian Untuk Tanah Asli 68
4.3. Pengaruh Energi Penumbukan Dan kadar Air Terhadap Properties Tanah 69
4.3.1 Kerapatan Kering Maksimum Berbanding Dengan Kadar Air Optimum Untuk Pemadatan Standard .. 71
4.3.2. Kerapatan Kering Maksimum Berbanding Dengan Kadar Air Optimum Untuk Pemadatan Pukulan 70 Standard 72
4.3.3. Kerapatan Kering Maksimum Berbanding Dengan Kadar Air Optimum Untuk Pemadatan Modified ... 73

4.3.4. Kesimpulan Analisa Dari Tiga Jenis Pemadatan .. 75
4.4. Analisa CBR Dan Kembang Susut (Swelling) Pada Tanah Ekspansif 76
4.5. Pengaruh Tumbukan Pada Tanah Ekspansif Disain Terha-Dap Kuat Geser 80
4.5.1. Terhadap Nilai Kohesi 81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 83
5.1. Kesimpulan 83
5.2. Saran – Saran 85
DAFTAR PUSTAKA 86
LAMPIRAN 87

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.2.1.	Type ukuran dari besaran harga atterberg limit.....	13
2.2.2.	batasan pembagian untuk potensi pengembangan.	18
2.2.3.	Estimasi kemungkinan besarnya tekanan pengem-Bang	21
2.4.1a.	Jarak difraksi sinar X yang diperoleh dari bidang - (001) untuk mineral lapisan silikat dengan berma - cam-macam cara penyiapan contoh tanah	27
2.4.1b.	Diagnosa sinar X,nilai-nilai untuk mineral–mineral – yang biasa ditemui dalam lempung	28
2.4.2a.	Estimasi terhadap potensi perubahan volume dari tanah lempung	30
2.4.2b.	Kategori tingkat potensi perubahan volume	34
3.1.	Jenis percobaan	37
3.2.1.	Standard pengujian pelaksanaan pengujian tanah ..	40
4.1.2.	Hasil-hasil pengujian parameter indeks properties – Dan specific grafity	66
4.3a.	tabel hasil pengujian pemadatan	70
4.3b.	Properties tanah dengan tumbukan	70
4.4a.	CBR disain terhadap prosen kepadatan (soaked)....	79
4.4b.	Kembang bebas (sweling) pada tanah ekspansif - (soaked)	80
4.5.1.	Pengaruh tumbukan terhadap kuat geser tanah	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1.1.	Mineral Kaolinite.....	10
2.1.2.	Mineral Illite.....	10
2.1.3.	Mineral Montmorillonite	11
2.2.2a.	Potensi Pengembangan mineral ekspansif	14
2.2.2b.	Struktur kristal mineral ekspansif	15
2.2.2c.	Bentuk dari lapisan montmorillonite	16
2.2.2d.	Sistim Struktur kristal pada mineral lempung ekspansif	16
2.2.2e.	Perubahan volume akibat kadar air dalam struktur mineral ekspansif	17
2.2.3	Hubungan antara Indeks pengembangan dan tekanan pengembangan untuk liquid limit tertentu ..	20
2.4.1a.	Keadaan geometris difraksi sinar X menurut hukum bragg	24
2.4.1b.	Merekam difraksi sinar X dengan kamera silinder.	25
2.4.1c.	Grafik difraktometer sinar x untuk kuarsa.....	25
2.4.1d.	Pola difraksi sinar X untuk lempung Seven Island.	27
2.4.2a.	Hubungan antara perubahan isi terhadap coloid content,plasticity index,shrinkage limit.....	29
2.4.2b.	Perbandingan dari beberapa korelasi antara swelling potensial (%) an plasticity Index	31
2.4.2c.	Tabel klasifikasi untuk potensi pengembang	33
2.4.2d.	Penyerdehanaan hubungan antara index plastisitas dengan kadar lempung	33
2.4.2e.	Hubungan antara index pengembangan dan pote – Potensi perubahan volume	35
3.1.	Skema pengujian laboratorium	38
3.2.	Batas-batas konsistensi	44
3.4.	Alat tekan triaxial	64

4.2.	Plasticity Chart	69
4.3.1.	Pemadatan standard	72
4.3.2.	Pemadatan 70 standard	73
4.3.3.	Pemadatan Modified	74
4.3.4.	Grafik Pemadatan standard dan Modifikasi	75
4.4a.	Hubungan CBR dengan Jumlah pukulan (unsoaked)	78
4.4b.	CBR disain terhadap prosen Kepadatan	78

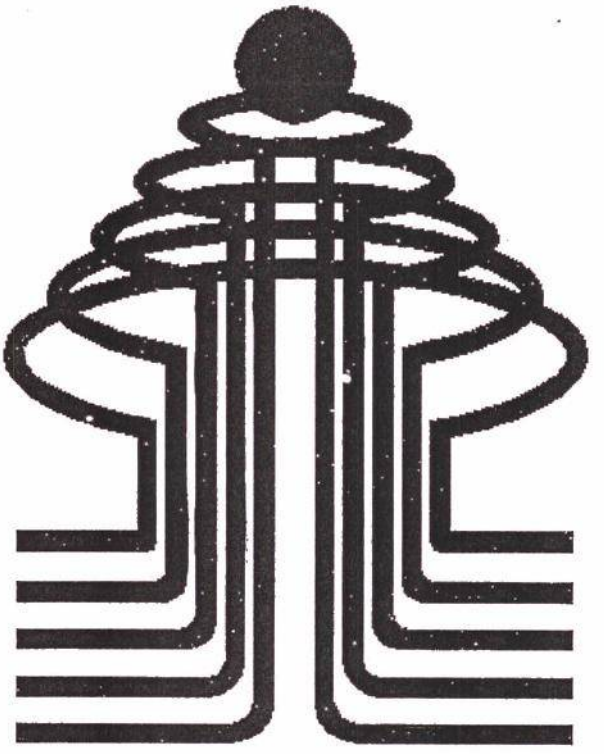
DAFTAR NOTASI

SIMBOL	PENJELASAN
Inggris	
Ao	Luas Tanah Mula-mula
A_k	Luas Tanah Koreksi
Gs	Berat Jenis Tanah
C	Kohesi
D	Diameter Contoh
Gt	Berat Jenis Air pada Temperatur Percobaan
LL	Batas Cair Pada Percobaan Atterberg
N	Jumlah Pukulan Pada uji batas cair
PI	Indeks Plastisitas pada percobaan Atterberg
PL	Batas Plastis Pada percobaan Atterberg
SL	Batas Susut Pada Percobaan Atterberg
t	Waktu
V	Volume Tanah
Vs	Volume Butiran Tanah
B	Berat Tanah
W1	Berat Piknometer Kosong
W2	Berat Piknometer + tanah
W3	Berat Piknometer + tanah + air
W4	Berat Piknometer + air
Wn	Kadar air pada pukulan ke N pada uji batas cair
$W_{Optimum}$	Kadar air Optimum Pada Percobaan Pemadatan
Ws	Berat Kering Tanah
Wt	Berat Tanah Basah
Ww	Berat Air
w	Kadar Air Tanah

e	Angka Pori (void Ratio)
H	Tebal Lapisan Contoh Tanah
Pcf	Pounds Per cubic feet
Psi	Pounds per square inch.

Yunani

γ	Berat isi butir
ε	Regangan
γd	Berat Isi Kering
γd Max	Berat Isi Kering Maksimum
θ	Besar sudut
γw	Berat Isi Air
$\Delta\sigma$	tegangan
$\varnothing$	Sudut Geser Dalam



ISTN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dalam suatu pekerjaan teknik sipil,tanah merupakan salah satu bahan bangunan yang di perlukan dan disamping itu tanah merupakan tempat berpijaknya suatu bangunan sipil atau dengan kata lain tanah berfungsi sebagai pendukung pondasi baik untuk prasana jalan maupun bangunan-bangunan gedung yang meneruskan beban diatasnya ke tanah.

Dalam hal ini perlu di pertimbangkan kemampuan daya dukung tanah beserta kemungkinan keruntuhan geser yang akan terjadi yang di sebabkan pleh beban yang bekerja.

Adanya tanah yang bersifat ekspansif ini menimbulkan berbagai macam problem dan kerusakan yang mengakibatkan kerugian yang sangat besar jumlahnya.Kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh mengembangnya tanah ekspansif umumnya berupa terangkat dan retaknya plat lantai suatu bangunan,jalan raya,lapangan terbang,lapangan parkir dan lainnya.Kerusakan-kerusakan ini di sebabkan oleh terjadinya pergerakan pada pondasi atau akibat tekanan pengembangan tanah ekspansif langsung pada struktur bangunan. Kesemuanya ini dapat terjadi di karenakan,perencanaan yang kurang tepat dan kurangnya pengetahuan tentang masalah dan sifat-sifat tanah ekspanif.Akibat kerugian yang ditimbulkan oleh adanya tanah ekspansif jauh lebih besar daripad kerugian yang diakibatkan oleh gempa bumi,banjir dan angin

topan.Hal inilah yang mengundang para ahli bangunan untuk menyelidiki dan mempelajari tanah ekspansif dan sifat-sifatnya yang lebih mendalam lagi.Di Indonesia sangat disayangkan sekali belum adanya data mengenai tanah ekspansif baik mengenai letak terdapatnya maupun sifat-sifat fisik dan karakteristik pengembangannya.

Padahal di indonesia keberadaan tanah ekspansif cukup banyak walaupun tidak sebanyak di Amerika,Australia,Canada,India atau di Afrika Selatan.

Di Indonesia keberadaan tanah ekspansif cukup banyak,dengan mengingat beberapa hal :

Tanah ekspansif pada umumnya berasal dari pelapukan batuan gunung berapi.Sebagian besar daerah indonesia merupakan daerah gunung berapi.

Adanya daerah-daerah di indonesia yang tanahnya mengandung batu kapur (lime-stone) yang merupakan salah satu jenis tanah ekspansif,seperti yang terdapat di padalarang,daerah bongas (cirebon),pegunungan kapur di jawa tengah dan jawa timur.

Tanah ekspansif adalah suatu jenis tanah lempung yang mempunyai aktivitas tinggi dimana memiliki kemampuan perubahan volume,terutama disebabkan oleh perubahan kadar air tanah.Jika kadar air tanah naik atau bertambah,tanah akan mengembang (swell),dan sebaliknya jika kadar air tanah akan turun akan terjadi susut (shrinkage).Besarnya tingkat pengembangan tanah adalah tergantung mineralogi lempung (clay mineralogi) atau aktivitas dari mineral lempung tersebut.Mineral-mineral

lempung yang dimaksud adalah montmorillonite,kaolinite dan illite.Mineral montmorillonite adalah mineral yang memiliki potensi pengembangan yang terbesar antara diantara mineral tersebut,sedangkan pengembangan mineral kaolinite adalah lebih kecil dari mineral illite.Sifat dari tanah ekspansif yang paling menonjol adalah sifat mengembang.

Karakteristik perubahan volume dari suatu tanah di pengaruhi oleh beberapa macam faktor,diantaranya :

Komposisi mineral-mineralnya,kerapatan (berat Volume kering) kadar air ,beban yang diberikan.

Untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan karakteristik pengembangan tanah ekspansif guna keperluan perrencanaan suatu struktur bangunan,maka yang terbaik ialah dengan mengadakan serangkaian percobaan di laboratorium dengan menggunakan contoh tanah yang diambil setempat.

Untuk melihat seberapa besarnya pengembangan yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif ini,penulis atas saran dari dosen pembimbing mengambil contoh tanah (sample) di wilayah jawa barat.Sampel tanah diambil didaerah Cikampek,Dawuan tepatnya pada lokasi pembangunan pabrik mobil Timor.Pengambilan sample tanah Cikampek ini berupa tanah asli/tidak terganggu (undisturb soil) yang berada pada kedalaman –1,00 – 1,45 meter dan juga sample tanah terganggu. (disturb soil)

1.2 MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari penulisan ini adalah untuk mengetahui dan memahami tentang perilaku yang di timbulkan oleh tanah ekspansif,Khususnya mengenai besarnya kembangan (swelling) dan kekuatannya yang

ditimbulkan oleh tanah ekspansif,pada kadar air optimum dan berat isi kering maksimum yang bervariasi dan faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi.

1.3 LINGKUP PEMBAHASAN.

Lingkup pembahasan lebih dititk beratkan untuk mendapatkan besarnya nilai pengembangan dan kekuatan dari sample tanah yang diambil (Tanah Cikampek,Dawuan) dengan mengunakan dua metode test yang berbeda,yaitu CBR (Unsoaked test) dan swelling test (soaked test) dan triaxial test.

Percobaan pengujian (test) dilakukan di laboratorium mekanika tanah ***Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta.***

Pengujian ini terbatas pada pekerjaan yang dilaksanakan di laboratorium dan apa yang terjadi selama dan akhir pengujian berlangsung.

1.4. METODOLOGI PENULISAN

Metodologi penulisan dari tugas akhir (Skripsi) ini merupakan percobaan di laboratorium dan studi campuran literatur,yakni dengan melakukan serangkaian test atau pengujian di laboratorium mekanika tanah pada Institut Sains Dan Teknologi Nasional Jakarta, dengan dibantu beberapa literatur yang menunjang dan menjadi dasar dalam pembahasan masalah ini.

1.5, SISTIMATIKA PENULISAN

Dalam sistimatika penulisan isi tugas akhir ini, secara garis besar di bagi dalam 5 (lima) Bab yaitu :

BAB I : **PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisi mengenai latar belakang,maksud dan tujuan,ruang lingkup,metodologi penulisan dan sistimatika penulisan.

BAB II : **PENGENALAN TANAH EKSPANSIF**

Isi dari bab ini merupakan studi literatur yang menguraikan tentang tanah ekspansif dan karakteristik dari tanah ekspansif.Dalam bab II ini diuraikan tentang asal-usul tanah ekspansif,problem-problem yang di timbulkan tanah ekspansif,struktur mineralnya,pengembangannya dan kekuatannya pengaruhnya terhadap suatu struktur bangunan

BAB III : **PROGRAM PENEILITIAN DAN PROSEDURE PENGUJIAN DI LABORATORIUM.**

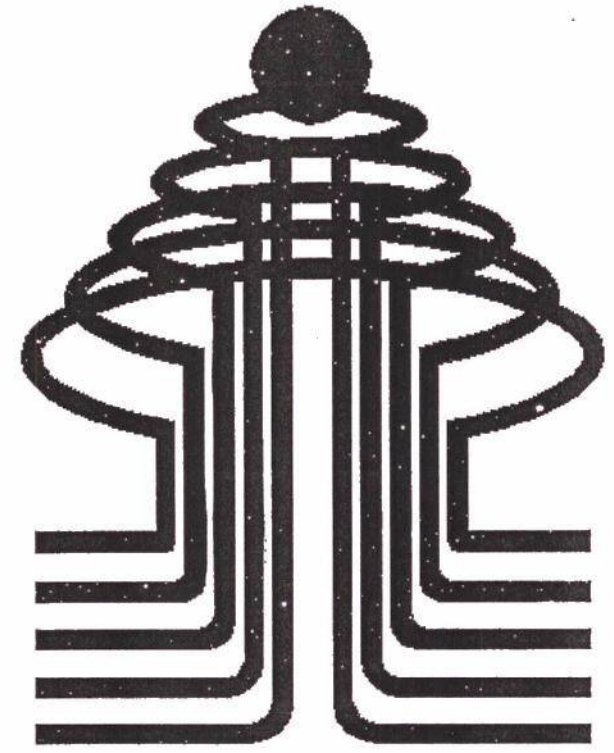
Dalam bab ini dibahas tentang percobaan yang dilakukan di laboratorium yang meliputi percobaan Index Properties dan specific Grafity,Atterberg Limits,Analisa Hydrometer dan Analisa Ayakan,Pemadatan,CBR, Triaxial.

BAB IV : **HASIL PENELITIAN DAN INTERPRESTASI DATA**

Dalam bab ini berisi tentang hasil hasil yang didapat dari pengujian dan analisa data dari hasil pengujian yang di lakukan.

BAB V : **KESIMPULAN DAN SARAN**

Dalam bab ini akan diuraikan kesimpulan dari hasil analisis,dan hasil dari kesimpulan ini akan di buat saran-saran.



ISTN

BAB.II

PENGENALAN TANAH EKSPANSIF

Tanah ekspansif atau tanah yang bersifat ekspansif adalah merupaka tanah lempung yang mempunyai atifitas yang tinggi,tanah lempung yang demikian bersifat sangat peka dan mudah mengembang bila mnyerap air.Sifat-sifat pengembangannya sendiri tergantung dari macam dan banyaknya mineral yang terkandung didalamnya,kapasitas pertukaran ion-ionnnya,susunan dan bentuk struktur dalam mineral-mineralnya.

2.1. STRUKTUR MINERAL TANAH EKSPANSIF

Tanah ekspansif merupakan tanah lempung yang mempunyai aktivitas yang tinggi.Untuk menentukan karakteristik atau sifat-sifat tanah lempung ekspansif ini tidak dapat ditentukan dari ukuran partikel tanah tersebut,akan tetapi komposisi mineral merupakan hal yang terpenting dalam menentukan karakteristik tanah yang memiliki sifat mengembang (swell).jadi sifat pengembanganya sendiri tergantung dari macam dan banyaknya mineral yang terkandung di dalamanya,kapasitas pertukaran ion-ionnya,susunan dan bentuk struktur dalam dari mineral-mineralnya.

Tiga kelompok terpenting dari mineral lempung tanah ekspansif adalah mineral montmorillonite,illite dan kaolinite,dimana ketiga mineral-mineral tersebut merupakan bentuk kristal hidros alumunium silikat dengan rumus kimianya Al_2O_3. N SiO_2.K. H_2O,namun ketiga mineral ini memiliki sifat-sifat struktur dan tingkat pengembangnya yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Ketiga mineral sering muncul pada tanah yang bersifat mengembang,dan mineral montmorillonite memiliki sifat pengembangan yang paling tinggi diantara ketiga mineral tersebut diatas,sedangkan derajat pengembangan mineral illite lebih besar dari kaollinite.

Untuk lebih jelasnya mineral-mineral tersebut diatas diuraikan sebagai berikut.:

1. Kaolinite.

Kaolinite merupakan anggota kelompok serpentine kaolinite yaitu :"hydrous alumino silicate" yang rumus kimianya :

$$Al_2\ Si_2O_5\ (OH)_4$$

Kaolinite ini membentuk struktur yang mempunyai 1 (satu) lapis silicate dengan kapasitas pertukaran ion 0,1 meguiv/gram.Mineral kaolinite ini terbentuk batuan dasar yang terletak di daerah tropis lembab.

2. Illite

Illite merupakan anggota kelompok mica yang rumus kimianyasecara umum ditulis :

$$K_y.Al_2.(Fe_2.Mg_2.Mg_3).(Si_{4-y}.Al_y).).O_{10}\ (OH)_2$$

Nilai y bervariasi antara 1,0-1,5.illite membentuk sttruktur sanwich dengan 2 lapis silicon oksigen tetahedron,mempunyai kapasitas pertukaran ion 0,4 meguiv/gram.Mineral illite umumnya terdapat pada batuan serpih.

3. Montmorillonite

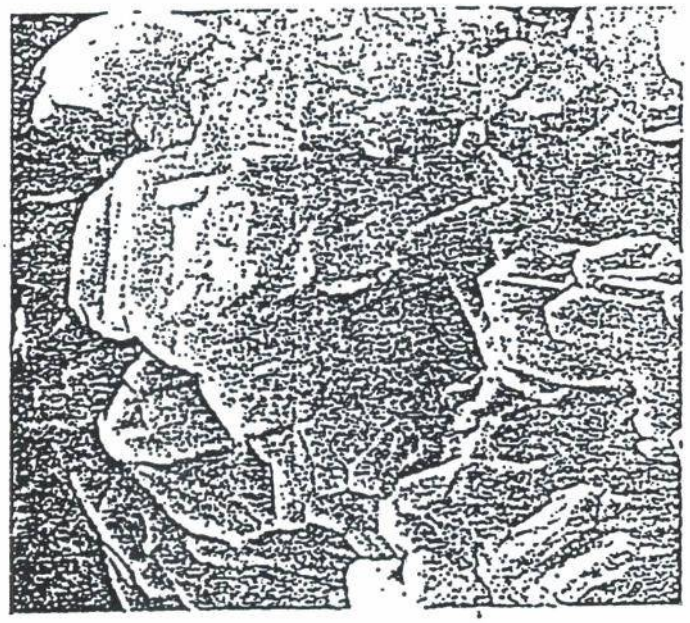
Mineral montmorillonite termasuk anggota smectite,terbentuk pada daerah dengan curah hujan rendah.

Rumus kimianya adalah :

$$Al_2.Mg(Si_4.O_{10})(OH)_2.X\ H_2O$$

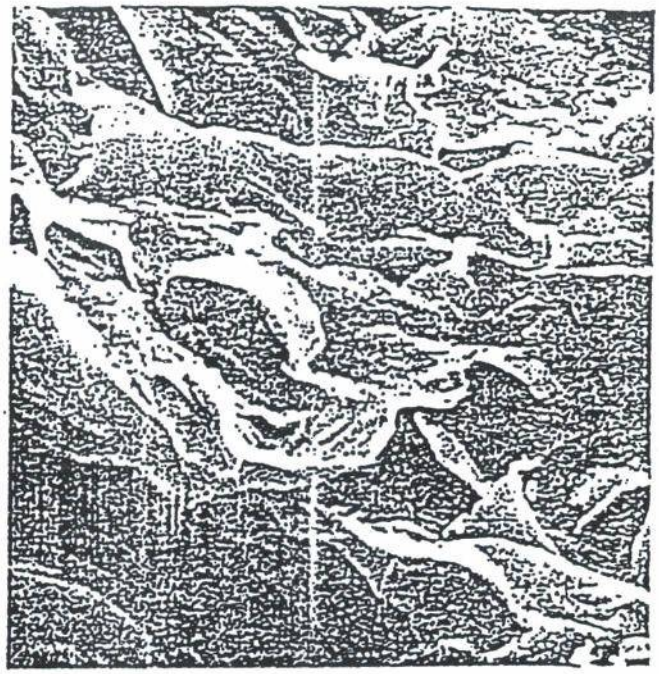
Mineral montmorillonite mempunyai ukuran lebih halus dibandingkan dengan kaolinite dan illite.Bentuk nya pipih dengan tebakl 0,001 micron dan panjangnya ± 0,003 micron.ukurannya sangat halus,bersifat sangat plastis dan sangat aktif.Mineral montmorillonite ini mempunyai kapasitas pertukaranion sebesar 0,8-0,5 meguiv/gram .

Bentuk ketiga mineral tersebut diatas dapat dilihat pada gambar 2.1.1 dan gambar 2.1.2 serta gambar 2.1.3.



Gambar2.1.1. Mineral Kaolinite

Gambar 2.1.2. Mineral Illite



Gambar 2.1.3. Mineral Montmorillonite

2.2. KARAKTERISTIK PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF.

Tanah ekspansif merupakan tanah yang mempunyai aktivitas tinggi,dimana ia mempunyai kemampuan untuk mengembang.Untuk merencanakan suatu struktur bangunan agar stabil dan aman,perlu dipelajari faktor pengembangan tanah ekspansif ini.

Tanah ekspansif akan mengembang bila mendapat tambahan air.Pengembangan tanah ekspansif ini dapat terjadi kearah horizontal maupun vertikal.adanya pengembangan pada tanah ekspansif ini dapat menimbulkan problem-problem pengangkatan (heaving) dan tekanan keatas (uplift force) pada struktur bangunan diatasnya.

Untuk mengetahui berapa besarnya heaving dan tekanan pengembangan (swelling pressure) yang ditimbulkan tanah ekspansif dan faktor-faktor apa yang mempengaruhinya perlu diadakan percobaan-percobaan di laboratorium.

2.2.1. IDENTIFIKASI PENGEMBANGAN

Identifikasi pengembangan pada tanah ekspansif adalah hal yang penting dalam penentuan karakteristik tanah,untuk mengetahui besarnya pengembangan yang terjadi pada tanah tersebut.

Test identifikasi pengembangan yang paling sederhana adalah fre swell test (holtz dan Gibbs 1956),test ini dilakukan dengan menuangkan perlahan-lahan 10 Cm^3 tanah kering (425 μm) kedalam tabung silinder yang berisi 100 Cm^3 air dan mengamati keseimbangan dari pengembangan volume .Free Swell didefinisikan sebagai :

$$\text{Free swell} = \frac{\text{(Volume Akhir) –(Volume Mula-mula)}}{\text{Volume Mula-mula}} \times 100\%$$

Dalam kondisi sebenarnya,besarnya pengembangan dan penyusutan serta adanya perubahan volume tergantung adri sejumlah faktor seperti perubahan kadar air,ketebalan endapan,kepadatan awal,unsur-unsur kimiawi air,tekanan tertentu dan faktor-faktor lain.bagaimanapun,biasanya yang menjadi unsur pokoknya adalah adanya mineral montmorillonite,atau smectite lainnya dan lebih khususnya Adalah perbandingan banyaknya adlam tanah tersebut.Dalam beberapa hal type mineral tanah lempung dapat diindentifikasikan dari keadaan asal and keadaan tanah secara geologi,juga dengan pertimbangan dari

atterberg limits.Type ukuran dari atterberg limit dapat dilihat dalam tabel 2.2.1.[1]

Tabel 2.2.1 Type ukuran dari besaran harga atterberg limit.

Clay Mineral	*Dominant por water cation* Ca^{2+}		Na^{2+}	
	PL	*LL*	*PL*	*LL*
Montmorillonite	65-79	123-177	86-79	280-700
Illite	36-42	69-100	34-41	61-75
Koalinite	26-36	34-73	26-68	29-52

Petunjuk lain untuk mengenali atau mengidentifikasi type mineral tanah lempung adalah seperti yang dilakukan skempton(1953) dikenal dengan skempton's activity (Ac).yaitu dengan menghubungkan index plastisitas dengan prosentase tanah lempung yang ada didalam tanah[2]

$$Ac = \frac{PI}{C}$$

C adalah prosentase lebih halus dari 0,002 mm, nilai-nilainya dinyatakan dengan :

Sodium Monmorillonite 7,2

Calcium Monmorillonite 1,5

illite 0,9 dan

kaolinite 0,33-0,46

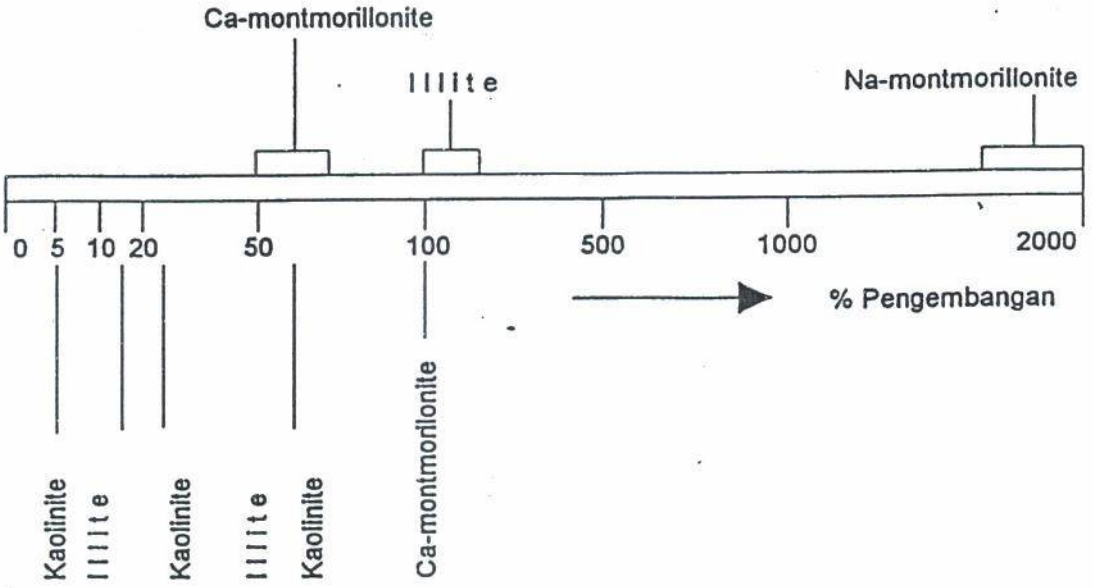
---

[1] Michael Carter and stephe P.bentley."correlations of soil Properties",pentech Press,Publishing London

[2] loc.cit.

2.2.2. POTENSI PENGEMBANGAN

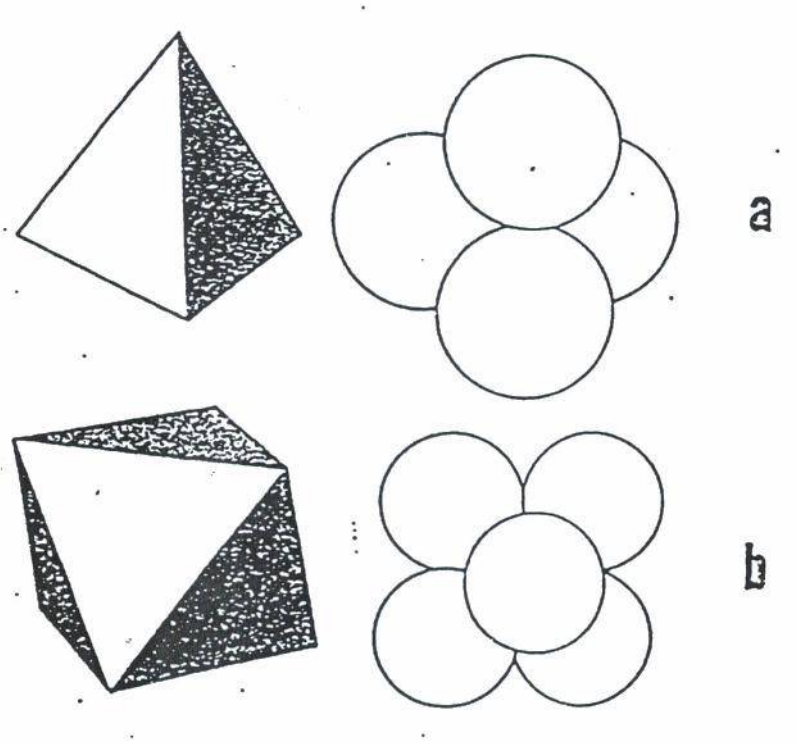
Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan diatas terlihat bahwa kelompok mineral montmorillonite (termasuk bentonite) mempunyai kapasitas pertukaran ion paling besar dibanding dengan kedua mineral ekspansif lainnya.Oleh karena itu mineral montmorillonite mempunyai potensi untuk mengembang terbesar dibanding illite dan kaolinite.Pengembangan ketiga mineral lempaung ekspansif,secara skematis dapat dilihat pada amabar 2.2.2.a



Gambar 2.2.2a. Potensi Pengembangan mineral ekspansif.

Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang pernah dilakukan mineral lempung ekspansif merupakan kristal yang mempunyai beberap macam bentuk polyhedron.Sebagai contoh,mineral montmorillonite mempunyai

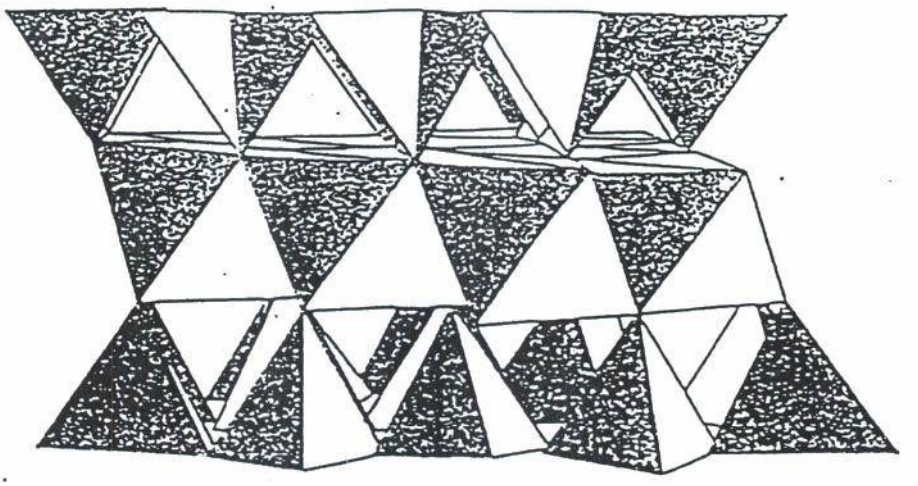
bentuk tetrahedron dan octehedron dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.2.2b. struktur kristal mineral ekspansif

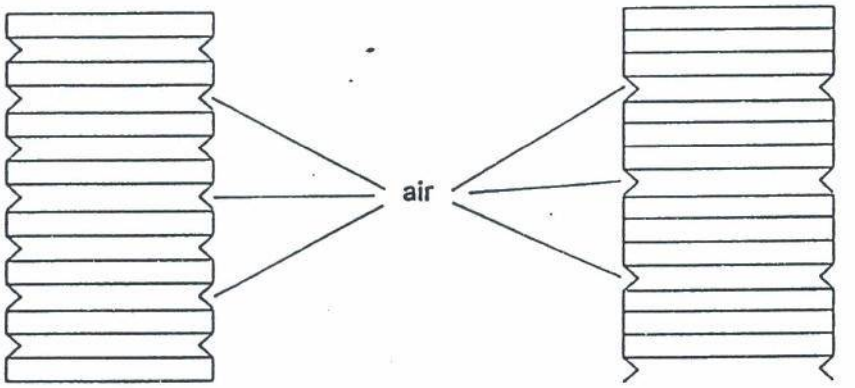
(a) Silica tetrahedron montmorillonite

(b) Alumina octahedron montmorillonite (after Plhiliph Low,1973)



Gambar 2.2.2c. Bentuk dari lapisan montmorillonite (After Phillip Low,1973)

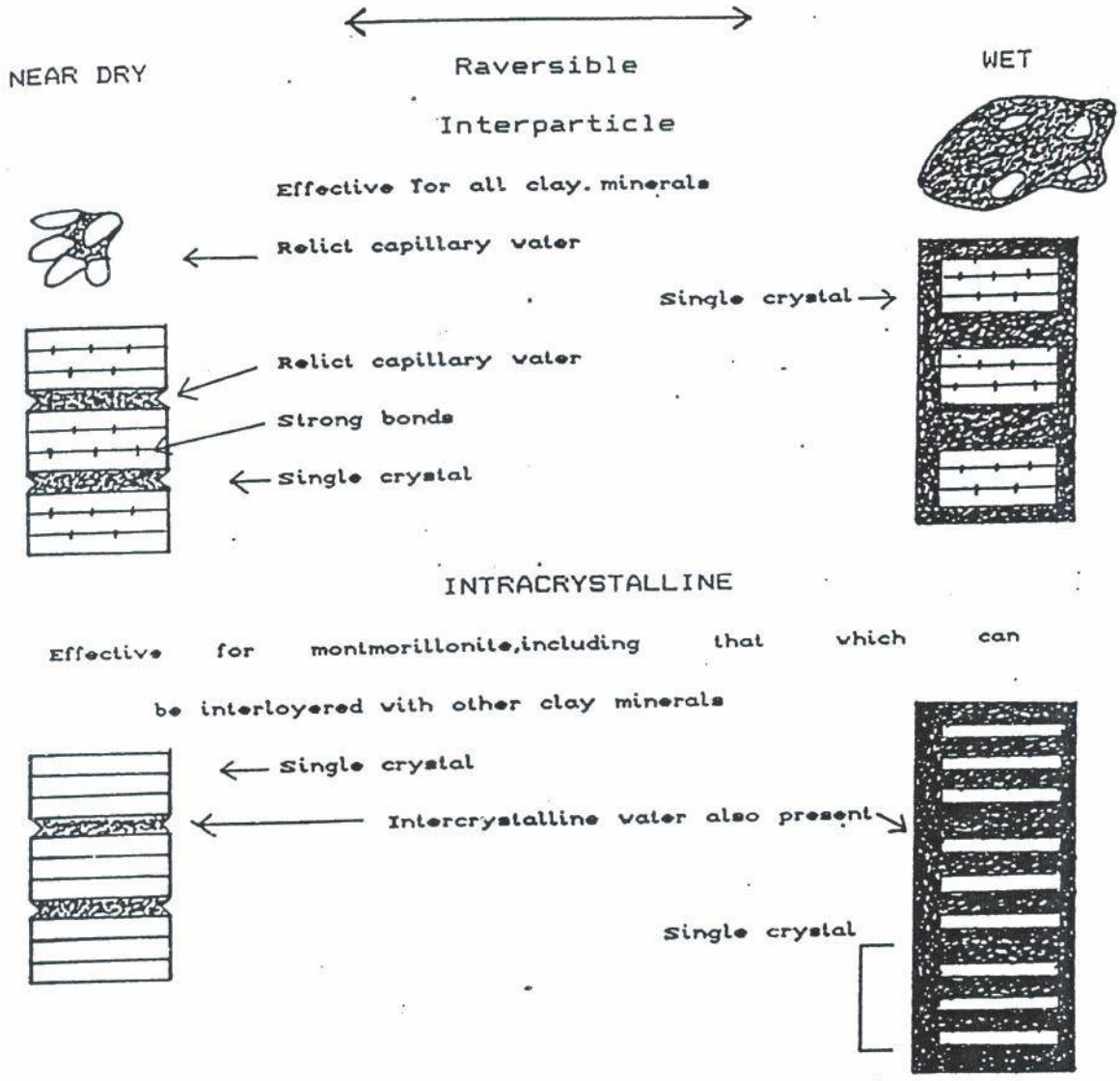
Struktur butiran mineral ekspansif dari kristal-kristal,membentuk beberapa lapisan,yang diselingi dengan sisipan lapisan air.Ditinjau dari strukturnya terdapat 2 sistim lapisan yaitu,struktur lapisan tunggal dan struktur lapisan ganda,lihat gambar 2.2.2c.



Sistim lapisan tunggal Sistim lapisan ganda

Gambar 2.2.2d. sistim struktur kristal pada mineral lempung ekspansif

Secara diagramatis perubahan kandungan air dalam struktur mineral ekspansif dapat dilihat pada gambar 2.2.2e.



Gambar 2.2.2e. Perubahan Volume akibat kadar air dalam struktur mineral ekspansif.

Suatu petunjuk bahwa hal yang memudahkan dari tanah untuk menyusut dan mengembang yang semestinya pada pengurangan dan penambahan kadar airnya,adalah dilakukan swelling potential test atau test kemampuan berkembang.

Potensi pengembangan (swelling potential) tanah lempung yang bersifat mengembang dapat dinyatakan sebagai persentase pengembangan dari contoh tanah tertentu yang telah di padatkan hingga kepadatan maksimum pada kadar air optimal menurut test standard pemadatan ,yang kemudian dibiarkan mengembang di bawah tekanan tambahan.Untuk memberikan arti besarnya nilai potensi pengembangan,suatu ukuran tertentu digunakan untuk menunjukan urutan besarnya potensi pengembangan seperti terlihat pada tabel 2.2.2.dibawah ini[3]

Tabel .2.2.2. Batasan pembagian untuk potensi pengembangan.

Swelling potential (%)	*Desctiption*
0 - 1.5	Low
1.5 - 5	Medium
5 - 25	High
25 +	Very high

2.2.3. TEKANAN PENGEMBANGAN

Tekanan pengembangan suatu tanah ekspansifmerupakan faktor yang penting dalam perencanaan suatu struktur bangunan yang didirikan diatas tanah yang bersifat mengembang.Untuk mengetahui berapa besarnya tekanan,dapat ditentukan dengan test odoemeter satu dimensi.Berbagai variasi dari test ini telah dikembangkan (Jennings and Knight,1957;Burland,1975) tapi biasanya contoh bahan uji yang telah dibasahi dan beban yang diperlukan untuk mempertahankan agar volume tidak berubah dicatat (frendland,1969).Jika suatu waktu kemungkinan besar tanah ekspansif telah dapat diidentifikasi dan petunjuk-petunjuk yang qualitatif telah dibuat,maka diperlukan adanya evaluasi dari tekanan pengembangan untuk tujuan desain.Tekanan pengembang suatu tanah dapat dinyatakan sebagai tekanan yang diperlukan untuk mengembalikan volume tanah yang telah mengembang maksimum,kembali pad keadaan semula (volume awal).Vijayvergiya and Ghassaky (1973) menyatakan suatu teori perkiraan tekanan pengembangan dengan menggunakan indeks pengembangan (Is) :[4]

$$Is = \frac{Wn}{LL}$$

Dimana : Wn = Kadar air asli

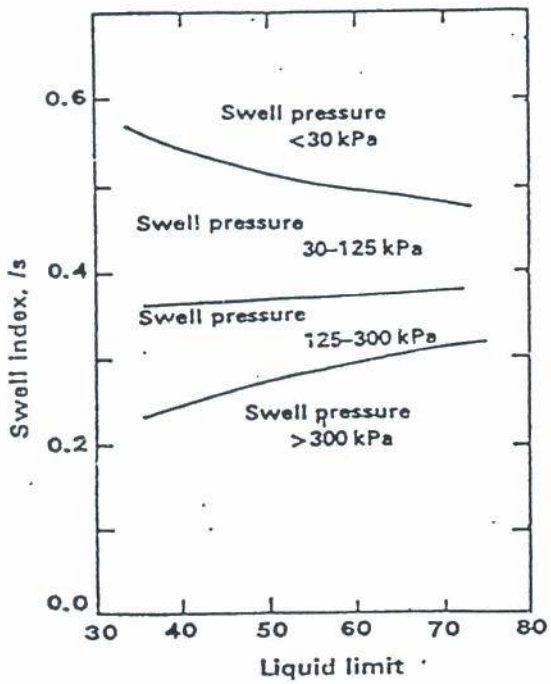
LL = Liquid Limit

---

[3] Ibid,hlm 22

[4] Ibid,hlm 22

Hubungan antara Is dan tekanan pengembang melintasi batas liquid (liquid limit) dan ini diperlihatkan pada gambar 2.2.3a.



Gambar2.2.3 Hubungan antara Indeks pengembangan dan tekanan pengembangan untuk liquid limit tertentu (after vijayvergiyaad Ghassahy 1973)

Didasarkan pada pengalaman yang dialami akibat tanah ekspansif di rocky mountainU.S.A. Chen (1988)menganjurkan suatu hubungan pada tekanan pengembangan dengan menggunakan wujud yang baik,liquid limit dan penetrasi standar,seperti yang terlihat pada gambar 2.2.3.Perlu dicatat bahwa suatu perkembangan yang mungkin pada tabel 2.2.3.,yaitu potensi pengembangan dari beban batas seberat 48 KN/m^2 (1000

lb/ft^2),merupakan suatu dasar dalam pemikiran bahwa ini adalah type tekanan pondasi untuk struktur bangunan ringan.[5]

Tabel 2.2.3. Estimasi kemungkinan besarnya tekanan pengembangan (after chens 1988)

Laboratory ond field data

Percentage passing 75 um sieve	*Liquid limit (%)*	*Standard penetration resistance, blows/300mm*	*Probable expansion percent total volume change*	*Swelling pressure (kN/m2)*	*Degree of expansion*
> 35	> 60	>30	> 10	> 1000	Very high
60-95	40-60	20-30	3-10	250-1000	High
30-60	30-40	10-20	1-5	150-250	Medium
< 30	< 30	< 10	< 1	< 50	Low

Selama dekade tearakhir ini,para ahli telah mengembangkan sejumlah formula atau teori untuk menghitung besarnya pengangkatan pada tanah ekspansif.Teori-teori tersebut kebanyakan membutuhkan adanya evaluasi dari tekanan pengembangan (Rama Rao and Fredlund,1980;fredlund et.al 1980).Tetapi ada juga yang hanya bersumber pada ukuran atau besarnya penghisapan tanah (snethen,1980;jojnson,1980).[6]

[5] Michael carter and Stephen P.bentley,"Corelationsof soil properties",Pentch pres publising london

[6] Loc.cit

2.3. PENGARUH TANAH EKSPANSIF TERHADAP STRUKTUR SUATU BANGUNAN.

Struktur bangunan yang akan didirikan diatas tanah ekspansifdalam perencanaannya perlu mempertimbangkan kemungkinan terjadinya pergerkan yang ditimbulkan oleh adanya pengembangan tanah.Bekerja pada sekeliling dan sepanjang tiang pondasi yang tanahnya mendapat pembasahan.Dalam perencanaan tiang pondasi,sangatlah penting untuk mengetahui kedalaman pembasahan,karena hal ini mempengaruhi besarnya nilai uplift force dari suatu tanah ekspansif.Tetapi disini masalahnya adalah sangat sukar untuk menentukan kedalaman daerah pembasahan secara tepat,karena sumber pembasahan dapat berasal dari luar maupun dari air tanahnya sendiri yang semuanya dipengaruhi oleh beberapa variabel yang tidak tetap seperti faktor cuaca,iklim dan perbedaan suhu.

2.4. METODE-METODE PENGENALAN TANAH EKSPANSIF

Ada beberap cara untuk mengenal adanya tanah ekspansif dan potensi pengembangannya, antara lain :

1. Cara indetifikasi mineralogi
2. Cara tidak langsung
3. Cara langsung

2.4.1. CARA INDETIFIKASI MINERALOGI

Susunan dan bentuk struktur mineral tanah expansive mempunyai muatan listrik negatif pada permukaan mineralnya. Gaya yang terdapat

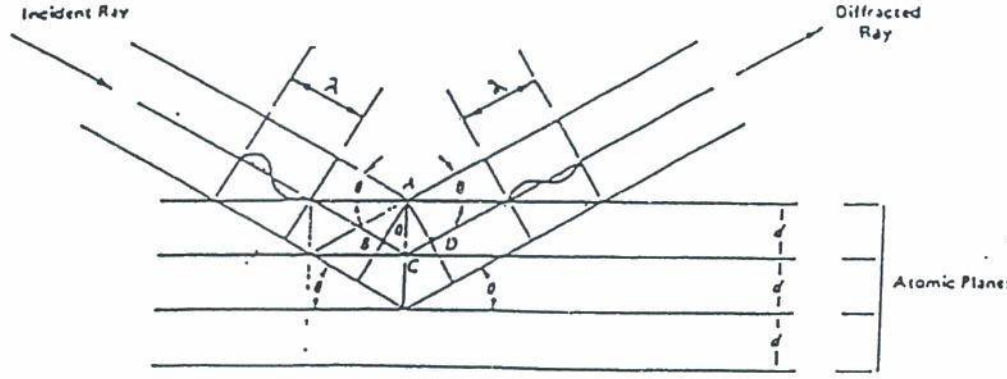
diantara lapisan-lapisannya dan kemampuan pertukaran kation-kationnya, memegang peranan penting bagai suatu tanah lempung yang mempunyai potensi untuk mengembang, dengan demikian maka potensi penyembangan suatu tanah lempung dapat diidentifikasikan dari mineral-mineralnya. Beberapa cara yang dapat dikombinasikan pemakaiannya untuk mengenal dan membedakan type mineral-mineral yang terdapat dalam suatu tanah lempung, antara lain adalah dengan difraksi sinar X, pengamatan difraksi sinar-X dan analisis kualitatif pola sinar X.

a. Difraksi sinar X

Panjang gelombang sinar X yang kira-kira 1 A^0 hampir sama dengan jarak bidang-bidang atom material kristal, sehingga sinar X sangat bermanfaat untuk analisis struktur kristal. Pada bidang atom, sebagian kecil dari sinar X akan diserap oleh masing-masing atom dan yang kemudian berosilasi sebagai dipole dan memancarkan radiasi ke segala arah. Radiasi pada fase tertentu akan berada dalam fase yang sama sehingga dapat ditafsirkan dengan cara sederhana, yaitu sebagai gelombang yang diakibatkan oleh sinar X yang dipantulkan. Radiasi yang mempunyai fase yang sama ini akan terlihat sebagai seberkas sinar dan dapat dilihat pada film atau alat pengukur radiasi. Gambar 2.4.1a. memperlihatkan seberkas sinar X sejajar dengan panjang gelombang λ dan sudut datang θ menabrak sebuah kristal yang memiliki bidang-bidang atom sejajar berjarak d. Jika gelombang yang dipantulkan dari C memperkuat gelombang yang dipantulkan dari A, maka perbedaan jarak

tempuh antara kedua gelombang tadi akan berupa panjang gelombang n λ . Dari gambar 2.6.1a. dapat dicari bahwa perbedaan jarak tempuh adalah jarak BC + CD, maka BC + CD = n λ. Karena keadaan semetris maka BC=CD, sedangkan CD = d. sin θ berarti :

n λ = 2. D. sin θ . . . . . (2.1)

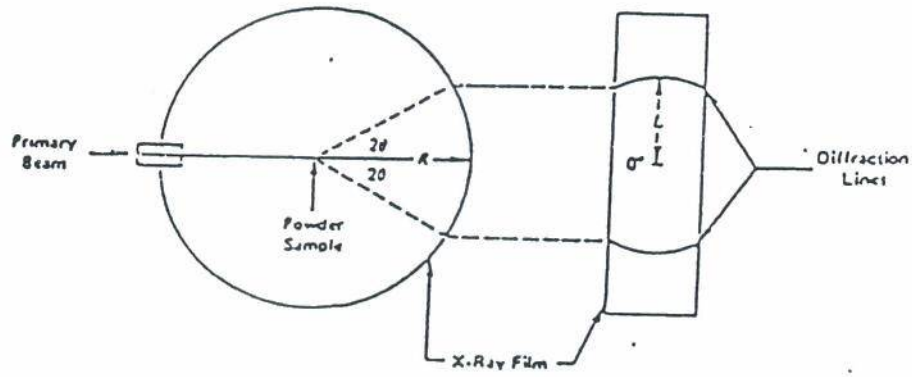


Gambar 2.4.1a. Keadaan geometris difraksi sinar X menurut hukum Bragg.

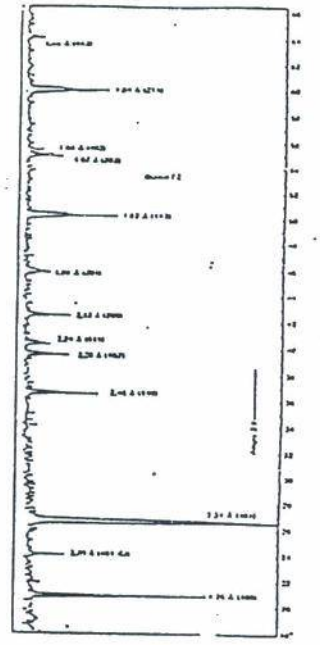
Hubungan ini merupakan hukum Bragg. Hukum ini menjadi dasar identifikasi kristal dengan difraksi sinar X, karena tidak ada dua mineral yang mempunyai jarak yang sama antara bidang-bidang atomnya dalam ruang, sehingga sudut pada saat terjadinya difraksi digunakan sebagai identifikasi. Difraksi sinar X sangat baik untuk mengidentifikasi mineral lempung. Dengan difraksi sinar ini mineral-mineral bukan lempung biasanya terdapat juga didalam tanah dapat pula dideteksi.

b. Pengamatan difraksi sinar X

Untuk mempelajari kristal tertentu dipakai, salah satu cara adalah metode bubuk (powder methode) guna merekam difraksi sinar x pada film dengan kamera silinder seperti terlihat pada gambar 2.4.1b.



Gambar 2.4.1b. Merekam difraksi sinar x dengan kamera silinder.



Gambar 2.4.1c. Grafik Difraktometer sinar x untuk kuarsa. Puncak-puncak grafik terjadi pada sudut 2θ kemudian diubah menjadi jarak d dengan hukum Bragg.

Pada metode bubuk diambil contoh lempung dengan semua partikel yang mungkin ada di dalam lempung. Kemudian contoh lempung ini diletakkan sejajar dengan arah sinar x yang dikenakan padanya. Sinar x yang terlentur atau difraksi sinar x kemudian direkam pada film yang diletakkan disekeliling kamera (gambar 2.4.1b) atau diukur dengan tabung pengukur Gerger-Muller yang kemudian dapat langsung dibaca hasil pengukurannya atau direkam secara otomatis seperti terlihat pada gambar 2.4.1c.

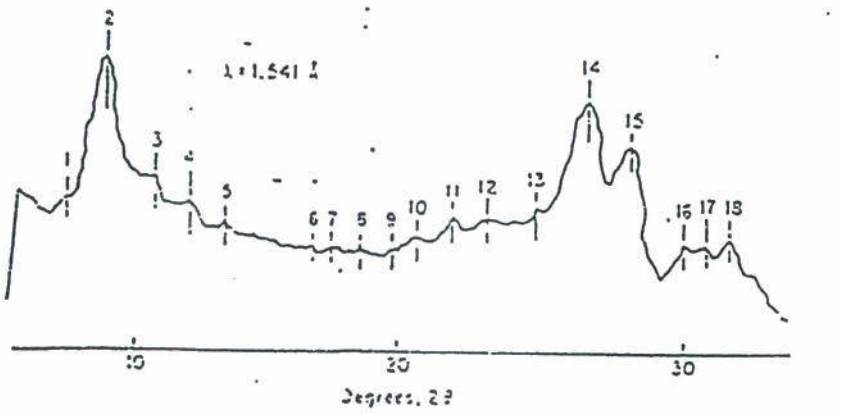
c. Analisis kualitatif pola sinar x

Pola difraksi sinar x berupa grafik (gambar 2.4.1c) akan terdiri dari serangkaian pantulan (puncak) dengan intensitas yang berbeda-beda sesuai dengan sudut o yang terbentuk. Masing-masing pantulan harus dilihat sebagai sebagian dari komponen tertentu contoh lempung. Sebagai illustrasi untuk menentukan mineral dalam contoh lempung dapat dilihat hasil rekaman difraksi sinar x pada gambar 2.4.1d. Absisnya menunjukkan nilai 2θ (derajat), sementara ordinatnya menunjukkan intensitas pantulannya. Panjang gelombang sinar x (λ) adalah 1.541 A^0. Jarak d yang terjadi akibat pantulan dari bidang-bidang atom dihitung dengan menggunakan hukum Bragg.

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2.\sin\theta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$

Dari persamaan 2.4.1 jelas terlihat bahwa untuk setiap sudut mungkin ada beberapa jarak, tergantung dari tingkat (orde) difraksi (n). Selanjutnya identifikasi mineral dari gambar 2.4.1d. sebagai berikut. Ukur

sudut θ dimana terjadi puncak grafik dan hitung d dengan persamaan 2.4.1, kemudian dengan memanfaatkan tabel 2.4.1a. dan 2.4.1b., puncak-puncak grafik itu diidentifikasikan sebagai puncak grafik yang terjadi akibat adanya mineral-mineral tertentu dalam contoh lempung tersebut.



Gambar 2.4.1d. Pola difraksi sinar x untuk lempung "Seven Island".

Tabel 2.4.1a. Jarak difraksi sinar x yang diperoleh dari bidang (001) untuk mineral lapisan silikat dengan bermacam-macam cara penyiapan contoh tanah (dari whitting, 1965).

d (A°)	Indikasi Mineral
	Mg - saturated, air-dried
14 - 15	montmorillonite, vermiculite, chlorite
9,9 - 10,1	illite, halloysite
7,2 - 7,5	metahalloysite
7,15	kaolonite, chlorite (n maks = 2)
	Mg - saturated, glycerol-solvated
17,7 - 18	montmorillonite
14 - 15	vermiculite, chlorite
10,8	halloysite
9,9 - 10,1	mica (illite)
7,2 - 7,5	metahalloysite
7,15	kaolinite, chlorite (n maks = 2)
	K - saturated, air-dried
14 - 15	chlorite, vermiculite
12,4 - 12,8	montmorillonite
9,9 - 10,1	illite, halloysite, vermiculite
7,2 - 7,5	kaolinite, chlorite (n maks = 2)
	K - saturated, heated (500°C)
14	chlorite
9,9 - 10,1	mica, vermiculite, montmorillonite
7,15	chlorite (n maks = 2)

Tabel 2.4.1b. Diagnosa sinar x, nilai-nilai untuk mineral-mineral yang biasa ditemui dalam lempung.

Mineral	d (A°)		
Kaolinite	7,15 ;	3,57 ;	2,33
Chlorite	14 ;	7,1 ;	4,71
Clay mica	10,0 ;	4,5 ;	3,3
Montmorillonite			
air dry	14-15 ;	4,5	
glycerol-saturated	17,7 ;	8,9	
Vermiculite	14-15 ;	3,5	
Allophane			
Quartz	3,55 ;	4,21	
Feldspar	3,2 ;	4,0 ;	1,8

2.4.2 CARA TIDAK LANGSUNG

Dari beberapa macam sifat yang dimiliki suatu tanah ekspansif dapat ditetapkan potensi pengembangannya secara tidak langsung. Beberapa cara yang tidak dapat digunakan antara lain :

a. Metode index tunggal (single index method)

Methode ini menghubungkan sifat-sifat yang dimiliki suatu tanah dari hasil beberapa percobaan dengan potensi pengembangan tanahnya.

Percobaan-percobaan itu antara lain :

- Atterberg limit tests
- Linier shringkage tests
- Free swell tests
- Colloid content tests

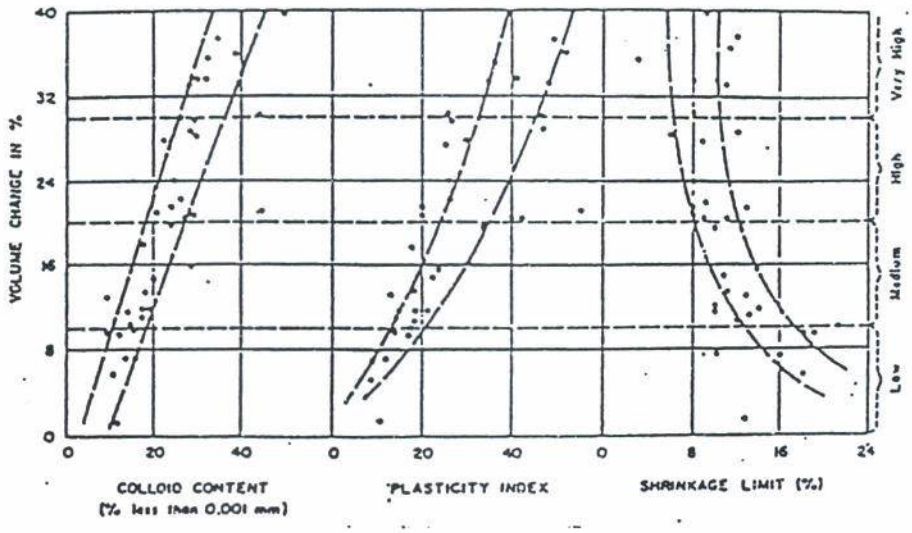
b. Metode klasifikasi

Dengan menggunakan hasil-hasil percobaan yang biasa dilakukan, seperti atterberg limit, colloid content, shringkage limit dan lain-lainnya, potensi pengembangan suatu tanah lempung ekspansif dapat ditentukan tanpa perlu mengadakan pengukuran secara langsung.

Metode-metode ini meliputi :

- Metode USBR

Metode ini dikembangkan oleh Holtz dan Gibbs (1956) yang menghubungkan beberapa sifat yang dimiliki suatu tanah lempung expansive dengan derajat pengembangannya. Hasilnya terlihat seperti gambar 2.4.2a, yang kemudian dapat dibuat tabel seperti tabel 2.4.2a dibawahnya.



Gambar 2.4.2a. Hubungan antara perubahan isi terhadap coloid content, plasticity index, shringkage limit, berurutan dari kondisi kering udara sampai jenuh dibawah pembebanan 6,9 KN/m^2 (lpsi) [after Holtz dan Gibbs, 1956].

Tabel 2.4.2a. Estimasi terhadap potensi perubahan volume dari tanah lempung (after Holtz and Gibbs, 1956).

Data from index tests				
Colloid content finer than 0.001 mm	*PI*	*SL*	*Probable expansion % total volume change**	*Potential for expansion*
> 28	> 35	< 11	> 30	Very high
20-31	25-41	7-12	20-30	High
13-23	15-28	10-16	10-30	Medium
< 15	< 18	> 15	< 10	Low

*Based on loading of 6.9k N/m^2 (1 lb/in^2)

Dari hasil kurva pada gambar 2.4.2a. di atas adalah dari percobaan yang dilakukan sebanyak 45 kali dengan Gambar 2.4.2a. Hubungan antara perubahan volume dan col undisturbed dan remolded sample. Menurut F.H. Chen, data-data yang terkumpul sejumlah itu belumlah cukup untuk mendapatkan hubungan yang tepat antara potensi pengembangan suatu tanah dengan ketiga test indikator tersebut di atas, terutama apabila sample tanah yang dipergunakan tersebut diatas adalah tanah yang mempunyai sifat-sifat yang berbeda (undisturbod dan remolded). Selanjutnya dari pengalaman F.H. Chen, melakukan ribuan kali percobaan pengembangan tanah selama 15 tahun dengan 321 contoh tanah tidak terganggu (undisturbed sample), mendapatkan kurva yang berbeda (gambar 2.4.2b). Hubungan antara swelling potensial dan plasticity index menurut F.H. Chen, dapat dinyatakan :

$$S = B\, e^{A\,(PI)}$$

dimana :

S = swelling potensial (%)

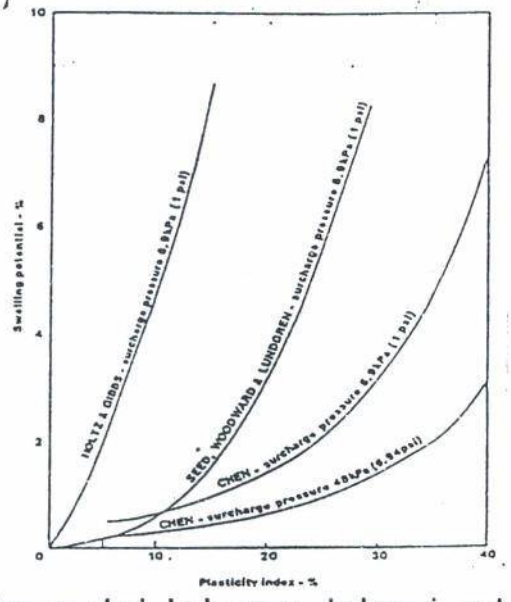
A = 0,0838 (konstanta)

B = 0,2558 (konstanta)

PI = plasticity index (%)

e = 2,7182818

Terlihat pada gambar 2.4.2b adanya perbedaan dari hasil yang diperoleh oleh F.H. Chen dengan yang diperoleh Holtz dan Gibbs atau dengan yang diperoleh Seed, Woodward, dan Lundgren, dimana pada kurva F.H. Chen menunjukkan akibat bertambahnya plasticity index, naiknya swelling potensial lebih kecil, padahal ketiga-tiganya sama-sama menggunakan sample yang diberikan tekanan tambahan sebesar 1 psi (= 0,07 Kg/cm^2) dan kadar air antara 15-20 % serta dry density antara 100-110 pcf (1,60 - 1,76 gr/cm^3)



gambar 2.4.2b. Perbandingan dari beberapa kolerasi antara swelling potensial (%) dan plasticity index (after Chen, 1988).

- Metode Activitas

Dikembangkan oleh Seed, Woodward dan Lundgren (1962), yang berdasarkan atas hasil percobaan dengan remoulded sample dan merupakan perbaikan dar USBR method, disini Shringkage Limit tidak diperhitungkan. Percobaan ini dilakukan dengan meredam sample tanah di bawah pembebanan 1 psi (0,07 kg/cm^3) setelah dipadatkan hingga 100 %. Maksimum pada kadar air optimum menurut standard AASHTO-Compaction test. Seed et al (1962) mengemukakan adanya suatu korelasi antara potensi pengembang dengan partikel tanah lempung (lebih dari 0,002 mm). Sayangnya korelasi tersebut tergantung pada type tanah lempung yang ditampilkan. Karena itu mereka menyarankan suatu pendekatan alternatif dengan menggunakan konsep aktivitas potensi pengembang dihubungkan dengan garis aktivitas seperti diperlihatkan pada gambar 2.4.2c. Seed et al juga menyarankan pada waktu menggunakan gambar tersebut aktivitas dapat dinyatakan dengan :

$$AC = \frac{PI}{C - 5}$$

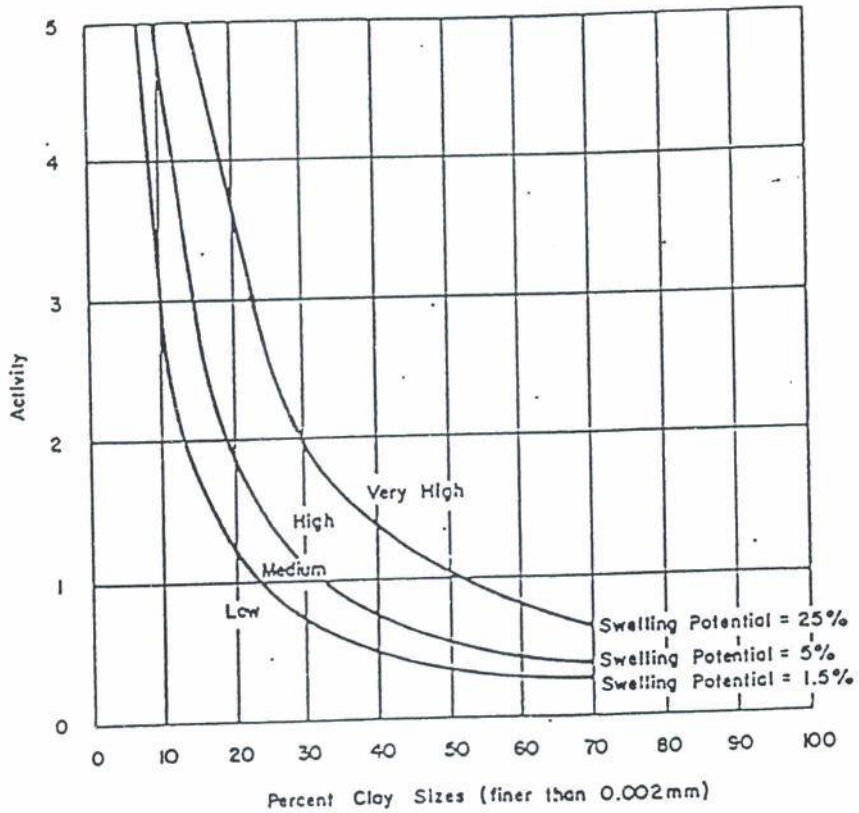
Dimana :

PI = Plasticity Index

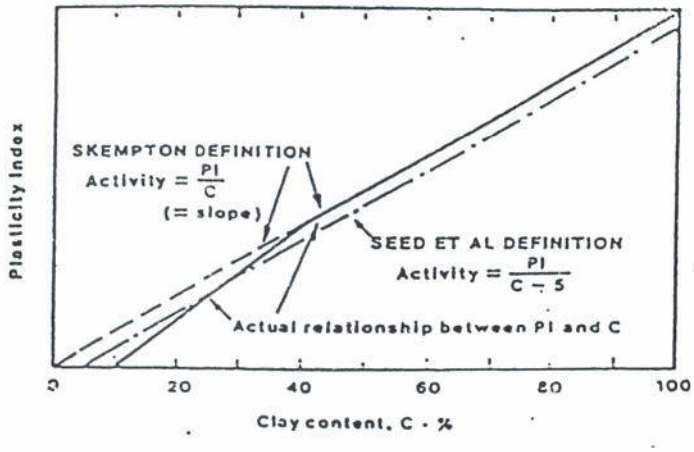
C = Persentase ukuran butir yang lebih halus dari 0,002 mm.

Karena arah dari index plastis yang berlawanan dengan kadar lempung melampaui kadar tanah asli sebesar lebih dari 40%, tetapi tidak kurang dari kadar lempung itu, seperti terlihat pada gambar 2.4.2d. Penggunaan

definisi pendekatan ini dapat menolong membenarkan untuk tanah dengan kadar lempung yang rendah.



Gambar 2.4.2c. Tabel klasifikasi untuk potensi pengembang (After Seed, Woodward & Lundgren, 1962).



Gambar 2.4.2d. Penyederhanaan hubungan antara index plastisitas dengan kadar lempung (after Seed et al, 1962).

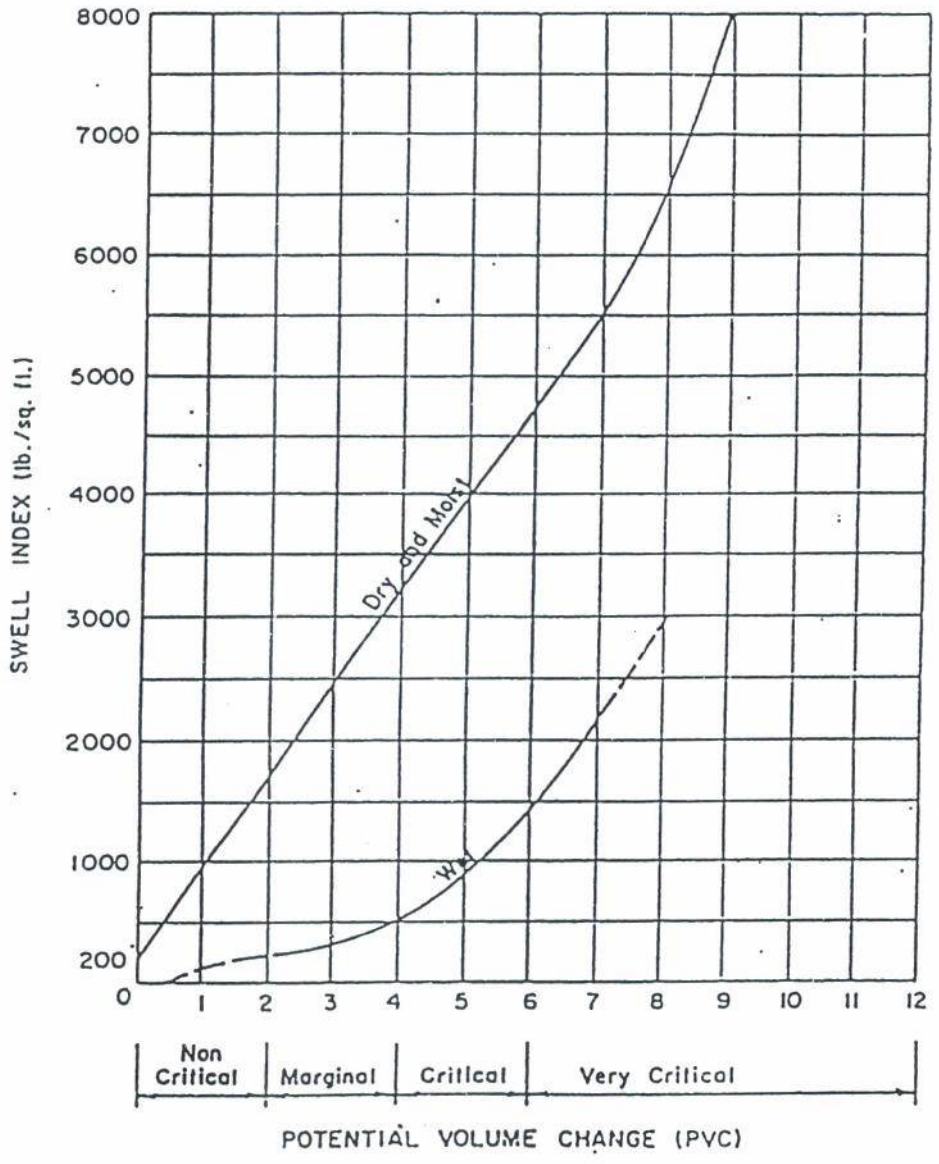
c. Metode PVC Meter

Penentuan PVC (Potensial Volume Change) dari suatu tanah ekspansif ini dikemukakan oleh T.W. Lambe (1960), dibawah pengawasan dari F.H.H.A. (Federal Housing Administration Amerika). Percobaan ini mempergunakan remoulded sample, yang mula-mula dipadatkan dalam sebuah fixed ring consolidometer dengan daya tekanan sebesar 55000 ft. lbs per cu ft (= 26,85 kg/cm^2). Kemudian suatu tekanan awal sebesar 200 psi (=14 kg/cm^2) dikenakan, dan air ditambah pada sample. Pengembangan vertikal yang terjadi ditahan oleh providing ring. Pembacaan providing ring dilakukan setiap 2 jam, yang menunjukkan besarnya pengembangan (swelling index) dari sample tanah, dan potensi perubahan volumenya.

Hubungan antara index pengembangan dan potensi perubahan volume dapat dilihat pada kurva dalam gambar 2.4.2e. Sedangkan index pengembangannya dapat dikategorikan melalui tingkat potensi perubahan volume dari suatu tanah seperti pada tabel 2.4.2b berikut ini :

Tabel 2.4.2b. Kategori tingkat potensi perubahan volume.

PVC Rating	Category
< 2	Non Critical
2 - 4	Marginal
4 - 6	Critical
> 6	Very Critical



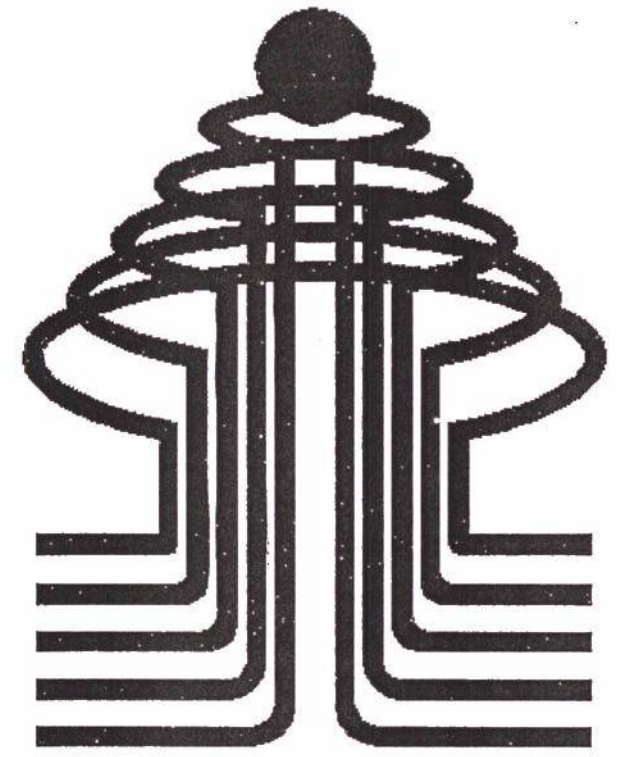
Gambar 2.4.2e. Hubungan antara index pengembangan dan potensi perubahan volume.

2.4.2. CARA LANGSUNG

Pengukuran pengembangan suatu tanah ekspansif dengan cara langsung ini dapat dilakukan dengan menggunakan consolidometer satu dimensi yang konvensional.

Sample tanah diletakkan di antara dua plat yang berlubang-lubang (berpori) dan dibatasi oleh gelang dari metal. Tebal sampel antara 1 - 1 ½ inchi (2,54 - 3,81 cm) dan sample tanah dapat dialiri air baik dari atas maupun dari bawah. Diameter ring antara 2 - 4 inchi (5,08 - 10,16 cm) tergantung dari pengukurannya. Prosentase pengembangannya dapat dilihat dari besarnya kenaikkan tinggi sample dalam ring.

Setelah tanah mencapai penambahan volume maksimum, sample dapat dibebani kembali hingga mencapai volume semula. Besarnya tekanan untuk menjadikan sample yang telah mengembang maksimum menyusut hingga mencapai volume semula disebut sebagai tekanan pengembangan tanah. Dengan demikian, percobaan cara langsung ini selain dapat menemukan potensi pengembangan suatu tanah juga dapat dipergunakan untuk menentukan besanya tekanan pengembangan (swelling pressure).



ISTN

BAB III

PROGRAM PENELITIAN DAN PROSEDUR PENGUJIAN LABORATORIUM

3.1. SKEMATIK PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian terhadap perilaku yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif,khususnya berapa besar pengembangan bebas (free swell) dan kekuatannya apabila tanah tersebut mendapat tambahan energi,maka diperlukan penelitian di laboratorium guna mendapatkan hasil yang diinginkan baik tanah asli maupun modified.Secara garis besar tahapan pekerjaan di bagi menjadi 2 (dua) yaitu :

a. Pengujian sifat-sifat tanah (indeks Properties)

   Yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang dipergunakan untuk menentukan jenis tanah.

b. Sifat mekanis tanah (engineering Properties)

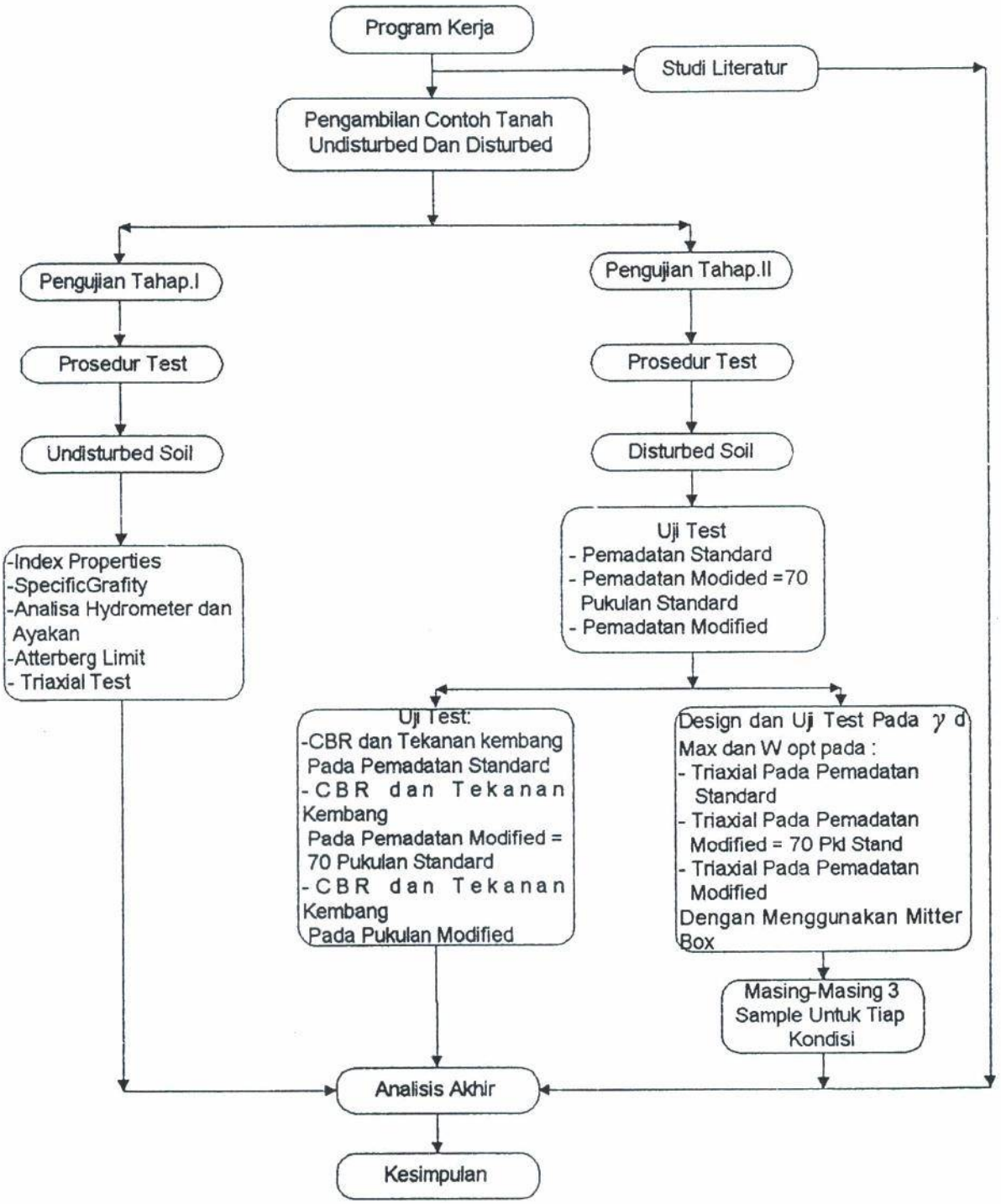
   Yaitu sifat tanah jika memperoleh pembebanan dan digunakan sebagai paramater dalam perencanaan pondasi.

Tabel 3.1. Jenis Percobaan

No	Jenis Percobaan
A	Index Properties
1	Kadar Air Tanah
2	Berat Jenis
3	Batas Atterberg
4	Analisa ayakan

No	Jenis Percobaan
B	Engineering Properties
1	Pemadatan
2	CBR
3	Triaxial

Secara skematis program kerja dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Skema Pengujian Dilaboratorium

3.2. PROSEDUR PENGUJIAN DI LABORATORIUM

Pekerjaan di laboratorium di lakukan pada laboratorium mekanika tanah ISTN Jakarta yang meliputi pengujian specific grafity,analisa ayakan dan hydrometer,batas-batas atterberg,Pemadatan Standard,triaxial.

Prosedur pengujian di laboratorium mekanika tanah sebenarnya mengikuti spesifikasi yang telah di tentukan dan mengacu pada A.S.T.M. Strandar yang lazim dipakai pada prosedur penyelidikan tanah.

Prosedur pengujian di laboratorium mekanika tanah sebenarnya mengikuti spesifikasi yang telah di tentukan dan manegacu pada A.S.T.M. standard yang lazim dipakai pada prosedur pengujian laboratorium dari penelitian ini lebih lanjut dapat dilihat pada tabel 3.2. yang mengacu pada standar pengujian dari A.ST.M.

Pengambilan contoh tanah berupa tanah terganggu dan tidak terganggu,pada satu lokakasi.Contoh tanah yang pertama kali diambil berupa tanah tidak terganggu (undisturb) dan tanah terganggu dari daerah Cikampek,dawuan,tepatnya pada lokasi pembangunan pabrik mobil timor.

Tabel 3.2.1. Standard pelaksanaan pengujian tanah

No.	JENIS PERCOBAAN	SPESIFIKASI A.S.T.M.
1.	*Pengambilan sample dengan Auger Bor*	D 1452-80
2.	*Sifat fisik tanah*	
	Kadar Air	D 2216-71
	Atterberg Limits	D 4318-84
	Sieve Analysis	C 136-46
	Hidrometer test	D 442-72
	Spesific Grafity	D 854-72
3.	*Sifat Mekanis Tanah*	
	Pemadatan Standard	D 698-70
	CBR Laboratorium	D 1883-87
	Konsolidasi test	D 2435-80
	UU Triaxial test	D 2850-87
	Unconfined Compression Test	D 2166-85

3.3.PENGUJIAN SIFAT-SIFAT FISIK TANAH

Pengujian sifat fisik ini meliputi pengujian berat isi tanah,kadar air,specific grafity,batas atterberg dan analisa ayakan serta analisa hydrometer.Pada pengujian sifat fisik ini umumnya tidak banyak dibutuhkan contoh tanah,sehingga di butuhkan ketelitian dan kecermatan dalam menimbang.

3.3.1. Pengujian Index Properties

Peralatan yang digunakan :

- Tiga buah cincin berbentuk silinder
- Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram
- Oven pengering
- Disicator
- Jangka sorong
- Wire saw/gergaji untuk memotong atau meratakan tanah pada cincin
- Ejektor.

Prosedur Pengujian

Silinder ring dibersihkan dari kotoran yang melekat,lalu di ukur diameter dan tingginya dengan jangka sorong serta ditimbang.Tanah di masukkan ke dalam ring dengan bantuan ejektor,yang mana sebelumnya ring telah diolesi dengan minyak pelumas (oli),kemudian permukaan tanah pada tanah diratakan dengan wire saw.Timbang ring dengan tanah sebanyak 3 buah sample,letakkan sample tersebut dalam cawan kemudian dioven selama ± 24 jam (suhu 105 – 110 °).Setelah ± 24 jam sample dikeluarkan dari oven,setelah itu sample di dinginkan dalam desicator selama ± 1 jam kemudian ditimbang.

Berat isi (γ) tanah adalah perbandingan antara berat total dengan volume total dalam gr/cm^3).

$$\text{Berat isi } (\gamma) = \frac{w}{V}$$

Dimana : w = Berat tanah basah

V= Volume

Kadar air (W) suatu tanah di definisikan sebagai perbandingan antara berat air dengan berat butiran tanah padat,yang dinyatakan dalam persen (%).

$$W = \frac{Ww}{Ws}$$

Dimana: W = berat air

Ws = berat butiran tanah padat.

3.3.2. Menentukan Specific Gravity.

Specific grafity atau berat jenis dari suatu tanah di definisikan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah diudara dengan berat isi dalam air.

Peralatan yang di gunakan :

- Piknometer kapasitas 50 ml
- Aquadest
- Pompa Vacum
- Kompor
- Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram
- Oven pengering
- Desicator
- Termometer
- Piring penguap
- Pipet

Prosedur Pengujian

Pada pengujian ini tanahuyang digunakan adalah tanah yang lolos No.4 (4,76 mm).Untuk memeriksa berat jenis tanah di gunakan gelas piknometer kapasitas 50 ml.Tanah yang akan di periksa dihaluskan terlebih dahulu,kemudian diambil 5 gram,dimasukkan ke dalam piknometer,ditimbang beratnya (W_2) dan berat piknometer (W_1).Lalu tanah yang ada di dalam piknometer di tambahkan air hingga mencapai setengahnyakemudian direbus ,setelah tidak ada gelembung-gelembung

udara,piknometer diambil dan ditambahkan air sampai penuh.Lalu didinginkan dan beratnyadi timbang (W_3).Tanah dan air di keluarkan dari piknometer,lalu didisi air sampai penuh,ditimbang beratnya (W_4).

Maka berat jenis tanah (specific Gravity):

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

Dimana : W1 = berat piknometer

W2 = Berat Tanah + Piknometer

W3 = Berat botol + Air + Tanah

W4 = berat botol + air

Batas nilai rat-rata atau nilai umum untuk (Gs) adalah 2,4 sampai 2,8.[1]

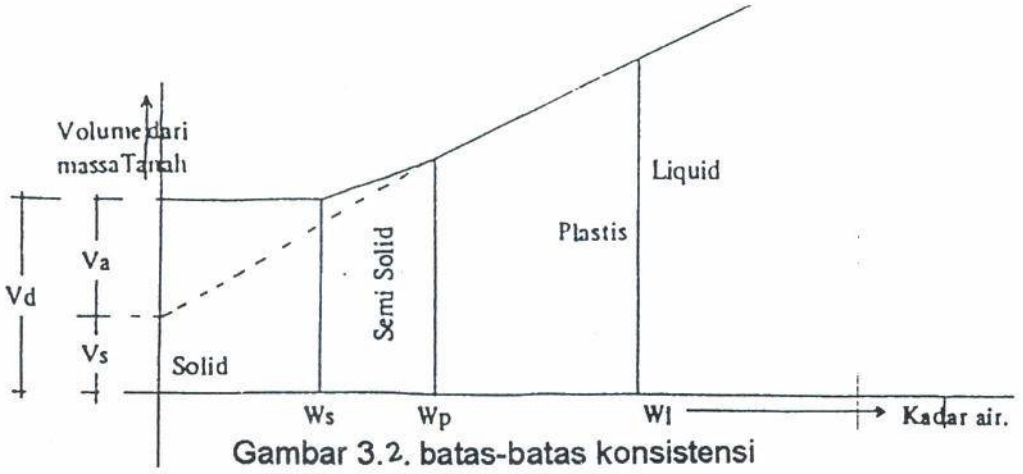
3.3.3. BATAS-BATAS ATTERBERG

Dari pengujian ini sapat di ketahui nilai dari batas cair(LL,Liquid Limit),batas plastis (PL,Plastic Limit) dan batas susut (SI,Shrinkage limit)dari kedua nilai batas cair dan batas plastis tersebut didapatkan nilai indeks plastisitas (PI, Plasticity Indeks).Tanah yang di gunakan untuk pemeriksaan ini adalah tanah yang lolos saringan No.40 (0,420 mm).

Oleh Atterberg,seorang ahli tanah swedia membagi bentuk batas konsistensi sebagai berikut.

---

[1] Wesley,L.D. Dr,Ir,"Mekanika Tanah", Badan Penerbit Pekerjaan Umum,1977



Gambar 3.2. batas-batas konsistensi

Keterangan gambar diatas.

- Batas cair (WL) ialah kadar air tanah pada batas keadaan antara keeadaan cair dan keadaan plastis
- Batas Plastis (Wp)ialah kadar air tanah pada batas antara keadaan plastis dan semi plastis.
- Batas susut (Ws) ialah kadar air tanah pada batas antara keadan plastis dan semi plastis.

3.3.3.1. Batas Cair

Peralatan Yang digunakan :

- Alat batas cair standard dengan spatula atau casagrande unit
- Grooving tools
- Neraca dengan ketelitian 0,001 gram
- Oven dengan suhu 105-110 °C
- Plat kaca ukuran 45.45.0,5 cm
- Kurs pengering tanah
- Kape
- Cawan
- Sodet 5 inci

Prosedur pengujian

Kontrol tinggi jatuh alat casagrande tepat 1 cm yang dapat di periksa dengan peganagan spetel.Letakakan tanah ± 250 gram pada plat kaca,tambahkan air sedikit demi sedikit hingga campuran menjadi kental dan homogen dengan alat kape.Bila kadar air tanah asli lebih tinggi dari batas cairnya,keringkan pada suhu kamar sampai mencapai kadar air yang di kehendaki.Ambil contoh tanah,letakkan ke dalam cawan alat batas cair,ratakanlah permukaannya dan sejajar dengan alat batas.Bagi contoh tanah menjadi dua bagian dengan grooving tool melalui garis tengah engsel.Putarlah alat dengan kecepatan 2 putaran/detik,hitung jumlah pukulan/ketukan dimana tanah telah berimpit di dasar alur sepanjang ± 1 cm.Ambil contoh tanah dengan spatula di daerah yang berhimpit untuk dicari kadar airnya plotkan kadar air yang didapat dengan jumlah ketukan yang bersangkutan pada grafik W-log n dan batas cair di tentukan dari perpotongan interpolasi garis lurus yang melalui titik-titik hasil pengujian dengan hasil pengujian dengan garis ketukan yang ke 25.

3.3.3.2. Batas Plastis

Peralatan yang di gunakan :

- Plat kaca ukuran 45.45.0,5 cm
- Kurs pengering tanah
- Timbangan dengan ukuran ,001 gram
- Oven

- Batang bulat dari kuningan sebagai pembanding dengan diameter 3 mm atau pelat kaca dengan tebal 3 mm.
- Kape.

Prosedur Pengujian

Ambil contoh tanah tanah ± 15 gram masukan kedalam cawan,ambil sedikit contoh tanah tersebut,letakkan diatas plat kaca lalu di guung-gulung hinga menjadi batang bulat,yang retak pad diameter 3 milimeter (retak yang terjadi adalah retak halus) dan sebagai pembanding di gunakan pelat kaca .Letakan tanah yang telah retak pada cawan kemudian di timbang berat cawan dan tanah.Oven ± 24 jam,setelah dingin ditimbang kembali cawan dan tanah kering,maka akan diperoleh berat air dan berat tanah kering dengan demikian dapat di hitung kadar airnya.

3.3.3.3. Batas Susut

Adalah nilai kadar air terendah di mana tanah masih dalam bisa berubah volume jika di keringkan,dibawah kadar iar ini jika terjadi pengeringan volume tanah tidak berubah lagi.

Prosedur Pengujian

Ambil contoh tanah yang telah di test dengan batas cair dan masukkan ke dalam kurs pengeringan tanah batas susut yang sebelumnya diolesi oli sedikit,dimana sebelumnya ditimbang dulu kurs pengering tanahnya>kurs pengering tanah yang berisi tanah di timbang,masukan dalam oven selama ± 24 jam.Setelah di oven dimasukan dalam desicator,timbang kurs pengering tanah dan telah berisi tanah di timbang,Letakkan cawan kaca kecil diatas cawan kaca besar dan

isi cawan kaca kecil dengan air raksa sampai meluap kepermukaan cawan kaca kecil tersebut dan ratakan dengan cara menutup cawan kaca kecil dengan plat kaca tak berjarum,sehingga tidak ada udara didalamnya.Bersihkan sebelah luar dari cawan kaca kecil itu untuk menghilangkan air raksa yang menempel, cawan kaca kecil yang telah penuh dengan air raksa diangkat keatas meja dengan hati-hati.Air raksa hasil tumpahan cawan kaca kecil pada cawan kaca besar di masukkan kembali kedalam botol,lalu pindahkan kembali cawan kecil yang berisi air raksa tadi ke cawan besar yang bersih dari air raksa.Letakkan contoh tanah kering dari desicator perlahan-lahan diatas air raksa cawan kecil dengan bantuan plat kaca tidak berjarumdan tekan dengan pelat kaca berjarum sehinga menempel pada permukaan cawan tersebut.Timbang air raksa yang dipindahkan oleh gumpalan tanah tadi pada cawan besar.

Selisih antara batas cair dan batas plastis adalah daerah dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis atau di sebut juga plasticity Index dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$I_p = W_1 - W_p$$

Dimana : W_1 = Batas Cair

W_p = Batas Plastis

3.3.4 Analisa saringan dan Hydrometer

Dari pengujian ini akan dapat diketahui ukuran butir suatu contoh tanah.Tanah yang digunakan pada pengujian ini adalah tanah yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) untuk analisa ayakan,sedangkan untuk analisa hydrometer harus lolos saringan no. 200 (0,074 mm)

1. Analisa saringan

Maksud diadakan pengujian sieve analysis adalah menentukan distribusi butiran pasir dengan bantuan serangkaian peralatan saringan :

Peralatan yang di gunakan :

- Satu set aayakan dengan ukuran No.4,8,16,30,50,100,200 dan container.
- Kuas untuk mengayak
- Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram
- Oven
- Panci

Prosedur Pengujian :

Dari pengujian analisa hydrometer kita sudah mendapatkan butiran pasir yang tertahan ayakan No.200,masukkan tanah yang tertahan tersebut kedalam panci dan langsung dioven selama ± 24 ja.Timbang butiran tanah kering yang telah di oven dan kemudian lakukan analisa ayakan yang disusun dari atas ke bawah sebagai beriut: 4,8,16,30,50,100,200 dan yang terakhir adalah container,hasil-hasil dari analisa ayakan biasanya dinyatakan dalam prosentase dari berat total.

2. Analisa Hydrometer

Analisa hydrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) untuk butir-butir tanah dalam air.Bila suatu contoh tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda tergantung pada bentuk ukuran dan beratnya.Dari kedua analisa tersebut akan kita dapatkan besarnya butir tanah,jenis dan klasifikasinyayang digambarkan pada grafik lengkung gradasi atau grafik lengkung pembagian butir

Peralatan yang di gunakan :

- Hydrometer
- Mixer
- Tabung gelas kapasitas 1000 mm
- Oven pengering
- Stop Watch
- Timbangan
- Thermometer
- Cawan pengaduk
- Larutan Na2Sio3
- Panci
- Aquadest
- Jangka sorong
- Kompor
- Kuas

Prosedur Pengujian :

Ambil tanah dari tabung sebanyak 500 gram,masukan kedalam oven ± 24 jam.Setelah di oven ,tanah di timbang dan di catat hasilnya,kemudian di campur dengan air,lalu disaring dengan ayakan No. 200 dengan jalan mencampur dan menambahkan air terus menerus dibantu di bantu dengan kuas sehingga air lewat dari saringan tetap kelihatan jernih.

Tanah yang tertinggal dalam saringan No. 200 kemudian di masukkan kedalam cawan kemudian di oven (dipakai untuk analisa ayakan).Air yang lewat ayakan No.200 dan masih mengandung tanah di tampung lalu diendapkan pada ember,kemudian dimbil kira-kira 2/3 panci kecil (± 1000 cc).Uapkan diatas kompor sampai kental,lalu dimasukkan ke dalam oven selama ± 24 jam.Tanah kering oven diambil sebanyak 50 gram,kemudian dibuat pasta dengan menambah aquaest,lalu diaduk sampai terjadi gumpalan tanah.Tuangkan pasta kedalam mixer sabil menambah aquadest sebanyak 500 cc dan larutan Na2Sio3 sebanyak ± ½ sendok makan dan tunggu di mixer selama 10 menit.

Hasil tersebut di tuangkan ke dalam gelas polos dengan menambah aquadest hingga larutan menjadi 1000 cc.Kocok larutan ini dengan membalikan tabungnya sampai tidak ada tanah yang melekat pada tabung tabung tersebut di tutup.Pengocokan selama 30 detik,kemudian masukkan hydrometer perlahan-lahan sambil menghidupkan stop watch dengan mencatat hydrometer.Pembacaan di

lakukan pada interval 0,25,0,50,1 dan 2 menit,lalu lakukan pengocokan tersebut sampai tiga kali.Kemudian pembacaan di lakukan pada Interval 5,10:20,40,60 menit sampai dengan 24 jam setelah pembacaan terakhir,tuangkan dalam panci (panci dalam keadaan kering dan sudah di timbang).

Uapkan campuran diatas kompor sampai kental, kemudian masukkan kedalam oven.Tanah kering oven di masukkan kedalam desicator kemudian ditimbang.Dan terakhir lakukan pembacaan hydrometer dan termometer di dalam tabung yang hanya berisi aquadest saja.

Perhitungan analisa Hydrometer dapat di hitung dengan memakai rumus sebagai berikut :

1. Diameter efektif

$$D = \sqrt{\frac{18\,M}{\gamma s - \gamma w}} \sqrt{\frac{Hr}{t}}$$

Dimana :

M..... dalam Millipoises

1 millipoises = 1.10^3 Poises

1 Poises = $\frac{1}{980,7} \quad \frac{Gr.Sec}{Cm^2}$

γs = berat volume dari butir tanah

γw = berat volume air pada temperatur percobaan

Hr = jarak dari permukaan campuran sampai titik berat, hydrometer dibaca pada kalibrasi curve

t = Waktu

2. persentase lebih halus, N dapat di hitung dari :

$$N = \frac{G}{G-1} \cdot \frac{V}{Ws} \gamma w\,(r-rw) \times 100\ \%$$

Dimana :

G = Berat Jenis butir tanah

V = Volume campuran

Ws = Berat kering contoh sesudah percobaan

r = Pembacaan hydrometer di dalam campuran

rw = Pembacaan hydrometer di dalam aquadest

γw = Berat volume dari air pada temperatur calibrasi hydrometer

3. $Hr = H_1 + 0{,}5\ \left(h - \frac{Vh}{Ar} \right)$

4. $$N^1 = \frac{\text{Berat tanah yang lolos ayakan No.200}}{\text{Berat total tanah}}$$

Dimana :

Hs = jarak dari pembacaan keleher hydrometer (dalam Cm)

Vh = Volume kepala hydrometer (dalam Cm)

h = tinggi kepala dari leher sampai dasar kepala hydrometer (Cm)

Ar = Luas penampang dari mulut gelas.

3.4. PENGUJIAN SIFAT-SIFAT MEKANIS

Pengujian sifat-sifat mekanis ini antara lain meliputi pengujian Pemadatan,California Bearing Ratio (CBR) soaked dan Unsoaked sertaTriaxial.Pengujian pemadatan di gunakan untuk mencari kadar air optimum (W%) dan berat isi kering maksimum (γ_d max) yang berbeda-beda yang akan digunakan untuk perencanaan design tanah sehingga dengan didapatnya kadar air optimum (w%) dan berat isi kering maksimum ($\gamma_d$max) maka dapat dilakukan pelaksanaan percobaan CBR soaked dan Unsoaked untuk mendapatkan nilai CBR dalam prosen (%) dan nilai swelling (kembang bebas),bersamaan dengan percobaan CBR dilakukan perkerjaan Triaxial design yang di dapat dari percobaan pemadatan.

3.4.1 PENGUJIAN PEMADATAN

Pengujian ini hanya pada tanah asli yang dimaksudkan untuk mendapatkan berat isi tanah kering dan kadar air optimum.

Peralatan Yang digunakan :

- Tabung kompaksi/cetakan dengan diameter 152,0 mm dan tinggi 152,70 mm
- Tabung penyambung tinggi 2,5 "
- Palu pemadat diamater 2" dengan berat 2,5 Kg & 4,54 Kg
- Semprotan air
- Ayakan N0.4
- Palu berujung karet

- Sendok semen
- Mistar perata/pisau
- Loyang besar
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Oven
- Desicator
- Cawan Pengering

Cara-cara pengujian pemadatan dilaboratorium dilakukan dengan dengan 3 cara yaitu :

1. **Cara Standar Proctor :**

A.S.T.M (American Society For Testing Materials) menggunakan standar ini sebagai salah satu cara untuk mengerjakan pemadatan tanah di laboratorium.Pengujian ini dilaksanakan untuk mendapatkan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah, sehingga dapat di ketahui kepadatan (berat isi kering) maximum dan kadar air optimum dengan cara memadatkan di dalam cetakan silinder.

Dalam pengujian ini di gunakan pemadatan yang standard di mana peralatan yang di gunakan adalah cetakan silinder diameter 152,0 mm dan tinggi 157,2 mm dengan alat penumbuk seberat 2,49 Kg,diameter 5,1 Cm setinggi 30,48 Cm diatas lapisan tanah yang di hamparkan merata,tanah yang di gunakan adalah tanah yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm)

Tanah uji yang kering udara diambil sebanyak 25 – 30 Kg untuk dibagi dalam 5- 6 kantong plastik,masing-masing kantong plastik berisi 5

Kg. Tanah yang masing-masing beratnya 5 Kg ini kemudian di campur dengan prosentase air masing-masing yaitu 3%,6%,9%,12%,15% dan 18 %.Pencampuran ini dilakukan dengan menuangkan air disertai dengan percikan air.Setelah air dan tanah tercampur merata,masukkan ke dalam kantong plastik kembali,disimpan selama 1 hari agar kelembabannya merata.

Keesokan harinya tanah di masukkan kedalam silinder dengan di lakukan tiga tahap yaitu pertama masukkan tanah sebanyak ± 1/3 nya dari bagian tabung dan sambungannya,padatkan tanah dengan alat pemadat sebanyak 56 kali kali tumbukan.Tambahkan lagi tanah untuk lapisan 2 dan 3,padatkan lagi,setelah lapisan ke 3 selesai di padatkan sambungan tabung kita buka dan ratakan permukaan tanah.Tabung beserta tanah kemudian di timbang,keluarkan tanah dengan bantuan dongkrak.Ambil tanah bagian atas,tengah dan bawah sebanyak 100 gram,tanah ini kemudian dimasukkan kedalam cawan kemudian dimasukkan kedalam oven selama 24 jam,setelah 24 jam tanah kering ditimbang untuk didapatkan air kadarnya.

2. Cara Modified Dengan 70 Pukulan Standard

Cara ini sama dengan cara standard proctor tapi tidak dengan 56 pukulan,digunakan sebanyak 70 pukulan untuk mendapatkan perbedaan kurva hubungan antara kadar air dengan berat kering maksimum dengan memakai peralatan yang standar,dan dengan 5 lapisan tanah sehingga dengan cara tersebut dapat merubah kurva hubungan antara kadar air dan berat kering maksimum.

3. Cara Modified A.A.S.TH.O

Pada prinsipnya pemeriksaan dengan cara ini sama dengan standard proctor,tetapi menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.Tenaga yang dihasilkan juga dengan penumbukan.Berat pemukul 4,54 Kg di jatuhkan setinggi 45,72 Cm sebanyak 56 kali pada setiap lapisan tanah.Tanah ditempatkan dalam silinder berdiameter 122,0 mm dengan tinggi 127,2 mm dalam 5 lapisan.Perlakuan pemadatan dilakukan sama dengan cara standard.

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

Bila berat isi kering (kerapatan) butiran tanah adalah γ dan kadar air adalah W,maka kerapatan kering adalah :

$$\gamma d = \frac{\gamma}{1+W}$$

3.4.2. PENGUJIAN CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

CBR Laboratorium adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standard dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Peralatan Yang Digunakan :

- Mesin Penetrasi (loading machine) berkapasitas sekurang-kurangnya 4,95 ton (1000 lb) dengan kecepatan penetraasi sebesar 1,27 mm/menit
- Cetakan Logam berbentuk silinder diameter 152,4 mm dan tinggi 177,8 mm
- Keping alas yang berlubang-lubang dengan tebal 9,53 mm dan diameter lubang 1,59 mm
- Piringan pemisah dari logam (spacer disk) dengan diameter 1508 mm dan tebal 61,4 mm
- Palu pemadat diamater 2" dengan berat 2,5 Kg & 4,54 Kg
- Alat pengukur pengembang (swell) yang terdiri dari keping pengembang yang berlubang-lubang dengan batang pengatur,tripod logam dan arloji penunjuk.
- Keping beban dengan berat 2,27 Kg diameter 194,2 mm dengan lubang tengah diameter 54,0 mm
- Torak penetrasi dari logam berdiamater 44,5 mm luas 1935 mm^2 dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm
- Satu buah arloji beban dan satu buah arloji pengukur penetrasi
- Alat timbangan dengan ketelitian 0.1 gram dan 0,01 gram

Prosedur Pengujian :

Sebelum dilakukan pemeriksaan CBR,benda uji dipadatkan dahulu dalam mold (cetakan berdiameter 152,4 mm dan tinggi 177,8

mm,menggunakan alat penumbuk 2,5 Kg dengan tinggi jatuh 300 mm dan piringan pemisah (spacer disk) diameter 150,8 mm tebal 61,4 mm untuk CBR pukulan standard dan 70 Pukulan standard.Sedangkan untuk CBR modified digunakan alat penumbuk seberat 4,54 Kg dengan tinggi jatuh 457,2 mm.

Benda uji di persiapkan pada kadar air optimum dari masing-masing variasi pemadatan,kemudian dipadatkan dalam 3 lapisan untuk CBR standard sedangkan untuk CBR 70 standard dan CBR modified masing-masing di padatkan dalam 5 lapis.

Benda uji dibuat dalam 2 keadaan yaitu kering (Unsoaked) dan rendam (soaked).Untuk CBR rendam,masa pemeraman adalah 4 hari (96jam) .Selama perendaman benda uji diberi keping pemberat yang sama dengan keping pemberat untuk pengujian CBR yaitu 4,5 Kg dan tripod pengukur pengembangan (swelling).

Pengukuran nilai CBR menggunkan alat penetrometer.Luas piston penetrasi 1935 mm^2 dengan kecepatan penetrasi adlah 1,27 mm permenit.

Pembacaan dilakukan pada penetrasi 0,0125 in,0,025 in, 0,05 in,0,075 in,0,10 in,0,15 in,0,30 in,0,40 in,0,50 in.

Nilai beban dihitung dengan cara mengalihkan nilai pembacaan arloji dengan harga kalibrasi penetrometer.Harga kalibrasi penetrometer yang digunakan adalah 2,82.

Nilai CBR dihitung pada penetrasi 0,1' (2,54 mm) dan 0,2' (5,08mm),umumnya diambil pada penetrasi 0,1'.harga beban yang

didapat pada penetrasi tersebut dibagi dengan beban standard sebesar 3000 pon (1360,8 Kg) untuk penetrasi 0,1' dan 4500 pon (2041,2 Kg) untuk penetrasi 0,2'.

Setelah didapatkan nilai CBR tiap macam jumlah pukulan benda uji maka nilai CBR disain dapat diketahui dengan menggunakan grafik penentuan nilai kepadatan dan CBR,nilai CBR diambil pada nilai kepadatan 100 %,95 %,90%.

3.4.3 PENGUJIAN TRIAXIAL

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan Parameter kekuatan tanah C (kohesi) dan ∅ (sudut geser dalam) pada kondisi pembebanan triaxial.

Peralatan yang digunakan:

- Motor penggerak piston untuk pembebanan
- Tabung cell silinder transparan (cylinder cell)
- Alat ukur beban (proving ring) dan dial ukur
- Panel pengatur tegangan dan beban (tabung tekan)
- Panel water reservoir untuk cell prresure.
- Manometer pengukur tegangan.
- Pengatur tegangan air pori .
- Selimut karet contoh.
- Alat cetak sample uji.
- Wire saw
- Jangka sorong
- Cawan pengering

- Timbangan ketelitian 0,01 gram dan cawan pengering.

Pengujian ini menggunakan 2 cara yaitu :

- *Pengujian tanah asli*

Prosedur jalananya pengujian berikut adalah triaxial pada kondisi Unconsolidated Undrained (UU test)

1. Persiapan sample

a) Sample uji diambil dari tabung (undisterb sample),diambil dan kemudian dicatat :

- Nomor tabung
- Titik Boring
- Kedalaman sample

b) Dengan alat bantu ekstruder,sample tanah di keluarkan dari dalam tabung dengan hati-hati.Dilakukan pengeluaran sample kearah kedalaman yang lebih kecil (dangkal).Cetak sample bahan sebanyak yang diperlukan kemudian catat kedudukan kedalaman sesuai dengan kondisi pengujian.

c) Sample tanah yang telah dibentuk dengan ukuran tinggi sample 2x diameter sample,kemudian ditimbang dengan ketelitian 0,01 gram.

- diameter
- tinggi
- berat

2. Jalannya Pengujian:

a) Semua komponen peralatan triaxial aparatus dibersihkan dan dikontrol,serta dalam keadaan bekerja dengan baik.Instalasi cell

pressure distel pada nilai 0,3;0,6;0,9 Kg/cm^2 dan pore presure pada kondisi 0.

b) Sample disiapkan dan ditempatkan pada sel dengan memberi batu pori serta membran karet tipis.tutup sel ditutup dan dikencangkan ikatan bautnya agar tidak terjadi kebocoran.

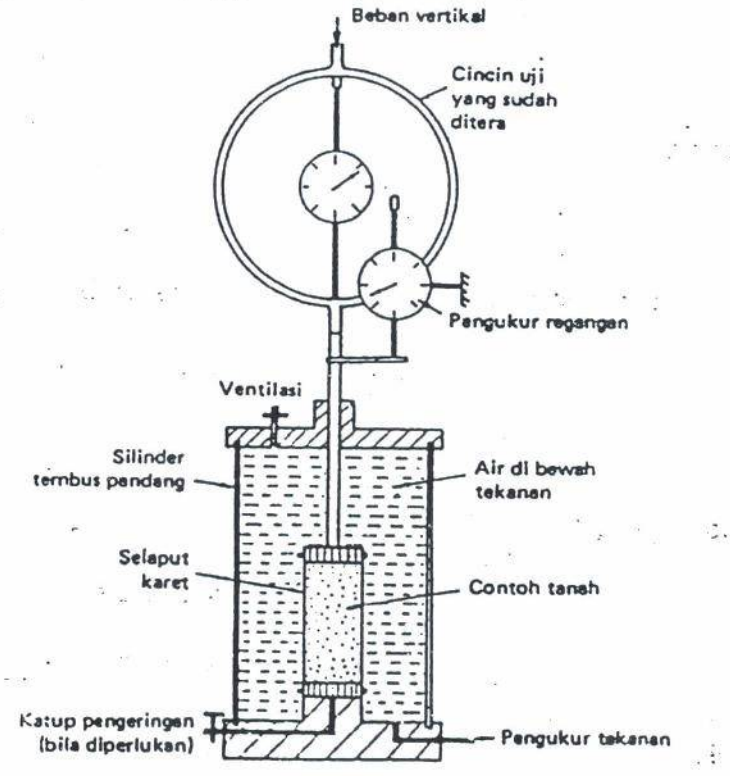
c) Alirkan air dri reservoir ke dalam sel hingga seluruh sel terisi oleh air.Hilangkan gelembung-gelembung udara yang mungkin masih ada,baik didalam sel maupun pada selang distribusi dengan cara membuka katup bagian atas sel.

d) Penjenuhan sample dilakukan dengan mengalirkan air dari buret silinder kedalam contoh hanya dengan kekuatan tekanan hidrostatis.Proses penjenuhan ini dihentikan apabila permukaan air pada buret silinder sudah tidak turun lagi (konstan).Pada cara ini sulit dikontrol tingkat penjenuhan sample.Penjenuhan yang sempurna dilakukan dengan memberikann tekanan sel yang dicatat perubahan tekanan air porinya,kemudian diberikan tekanan back pressure yang lebih kecil dari tekanan selnya.Dlam keadaan sempurna,contoh dijenuhkan selama 24 ja.

e) Pengujian pembebanan dilakukan sebagai berikut:

   - Catat perubahan nilai strain,axial load,pore presure pada interval waktu tertentu.
   - Pencatatan dilakukan hingga tanah mencapai saat runtuh (failure) atau telah mencapai 20 % pembacaan strain (maksimum)

f) Pengujian dinyatakan selesai apabila sudah mengalami keruntuhan kemudian dicatat keruntuhan dari sample uji.Dan yang terakhir ialah sample ditimbang kembali setelah dioven 24 jam.



Gambar 3.4 Alat tekan triaxial

- *Pengujian Design.*

Pada test pengujian ini prosedure pengujian dilaksanakan dengan tanah terggangu (disturb Soil),Jalannya percobaan sebagai berikut :

1. Ukur diameter dan tinggi ring dengan jangka sorong .
2. Untuk mengetahui berapa gram tanah yang akan dimasukkan atau dicetak kedalam ring,dapat diketahui setelah volume ringnya dihitung,dan berat tanahnya didapat dari perhitungan:

$$\gamma = \frac{B}{V}$$

Dimana :

γ = Berat isi tanah

B = berat tanah

V = Volume Tanah

Untuk masing-masing density berat sample berbeda,didapat dari perhitungan :

$$\gamma d = \frac{\gamma}{1+W}$$

Dimana :

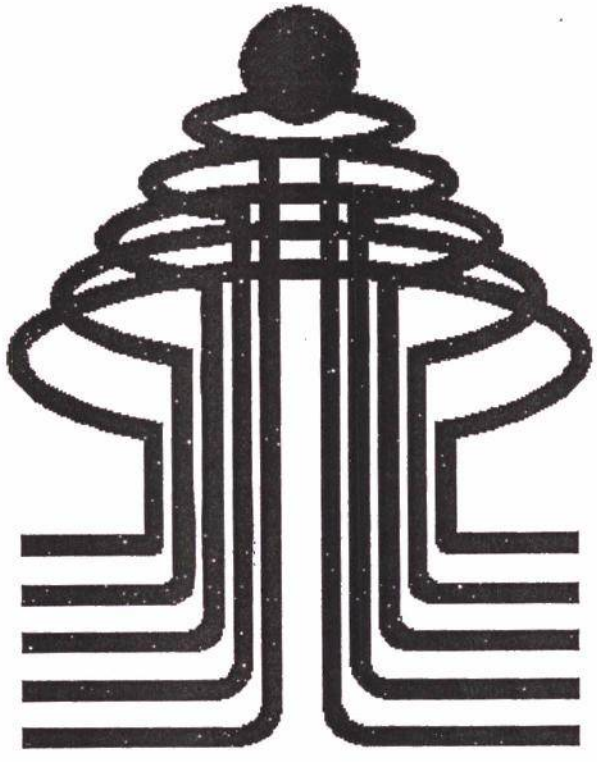
γd = Berat isi kering

W = Kadar air

3. Setelah di ketahui berapa banyak tanah yang akan di butuhkan,kemudian tanah ini di buat kadar air optimumnya.Untuk melihat kadar air optimumnya diambil dari hasil-hasil pemadatan yang bervariasi.Setelah itu baru dicampurkan dengan air,diaduk

sampai merata kemudian tanah diinapkan selama 1 hari agar kelembabannya dapat lebih merata.

4. Tanah yang kadar airnya telah optimum ini,diambil kemudian ditimbang sebanyak yang diperlukan.
5. Kemudian sample tanah tanah tersebut dicetak,dengan cara memasukkan sedikit demi sedikit kedalam ring dan ratakan permukaannya.Setelah itu sample dikeluarkan dari ring dengan bantuan ejektor,sample kemudian diukur tinggi dan diameter serta beratnya ditimbang.
6. Kemudian lakukan pengujian triaxial sesuai dengan pengujian tanah asli.



ISTN

BAB IV

HASIL PENGUJIAN DAN INTERPRETASI DATA

4.1 PENGUJIAN LABORATORIUM TANAH EKSPANSIF (TANAH ASLI)

Pengujian laboratorium dari tanah ekspansif meliputi pengujian sifat fisik dan mekanik yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah ISTN

Pengujian sifat fisik dan mekanik dari tanah ekspansif meliputi pengujian-pengujian kadar air,berat jenis,batas-batas atterberg,analisa ayakan dan hydrometer,serta triaxial.Serta hasil-hasil pengujian tanah yang telah di modifikasi.Dari hasil pengujian yang telah diperoleh ini dilakukan analisa data yang meliputi tanah asli dan tanah yang di modifikasi.Hasil penelitian ini di berikan dalam bentuk tabel dan grafik-grafik hubungan.

4.1.1. Hasil Pengujian Untuk Tanah Asli

Data-data hasil pengujian tanah asli dilaboratorium adalah sebagai berikut:

4.1.2. Pengujian Index Properties dan Specific Grafity

Data-data hasil pengujian tanah asli di laboratorium yang meliputi karakteristik tanah asli adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1.2.Hasil-hasil pengujian parameter indeks properties dan specific grafity.

Pengujian	Hasil Pengujian
Kadar Air (W)	69,47%
Angka Pori (e)	1,704
Porositas (n)	0,628
Derajat Kejenuhan (Sr)	93,65%
Berat Isi Kering (γd)	0,942 (Gr/Cm^2)
Berat Isi Butir (γs)	1,596(Gr/Cm^2)
Specific Grafity	2,53395

Pada pengujian diatas kita dapat kita simpulkan bahwa tanah tersebut mepunyai sifat-sifat yang sensitif yaitu mudah menyerap air terlihat pada kadar air (W %) yang tinggi, sedangkan berat isi keringnya (γ_d) cukup tinggi atau mudah melepaskan air sehingga ciri tanah ini dapat disebut tanah yang ekspansif.

4.1.3.Pengujian Atterberg Limits

Data-data yang diperoleh dari hasil pengujian Atterberg Limits adalah sebagai berikut:

- Batas Susut (SI) = 18,54 %
- Batas Plastis (PI) = 58,34 %
- Batas Cair (LI) = 90,82 %
- Indeks Plastisitas (Ip) = 32,48 %

Pada pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut memiliki indeks plastisitas yang tinggi dimana hal ini merupakan indikasi dari tanah yang mempunyai sifat ekspansif.

4.1.4.Pengujian Analisa Hydrometer dan Analisa Ayakan

Data-data yang di peroleh dari hasil analisa hidrometer dan analisa ayakan adalah sebagai berikut :

- Prosentase Gravel = 0 %
- Prosentase sand = 2, 93 %
- prosentase silt = 35,59 %
- Prosentase Clay = 61,48 %

Pada pengujian analisa hydrometer dan analisa ayakan prosentase yang terbanyak adalah lempung,yang merupakan material yang paling banyak menyerap air,maka semakin besar prosentase lempung maka semakin tinggi air yang di-adsorbsi.

4.1.5.Pengujian Triaxial

Parameter-parameter yang diperoleh dari pengujian triaxial ini adalah sebagai berikut:

- Kohesi Tanah (C) = 0,318 Kg/cm^2
- Sudut geser dalam (∅) = 4°48'00"

Pada pengujian triaxial tanah asli ini menunjukan bahwa tanah tersebut sangat lunak ini dapat dilihat pada parameter kohesi (C) yang kecil dan sudut geser dalam (∅) dan ini menunjukan kelekatan atau pelesatan antar butir yangkecil.

4.1.6. Pengujian CBR (soaked & Unsoaked) Dan Swelling

Parameter-parameter yang di peroleh dari hasil pengujian CBR (soaked & Unsoaked) adalah sebagai berikut :

- CBR Soaked = 1,936 %

- CBR Unsoaked = 2,742 %

- Swelling (Kembang) = 6,99 %

Pada pengujian hasil CBR diatas menunjukan bahwa tanah asli mempunyai daya dukung tanah yang kecil sedangkan Swelling (Kembang) besar ini menunjukan bahwa tanah tersebut mempunyai ciri-ciri sebagai tanah ekspansif.

4.2. ANALISA HASIL PENGUJIAN UNTUK TANAH ASLI

Dari data-data hasil pengujian di laboratorium seperti ditunjukan diatas maka dapat dianalisa klasifikasi tanah ekspansif yang diuji sesuai dengan klasifikasinya.

Dari hasil pengujian tanah asli dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut memiliki indeks plastisitas yang tinggi dimana hal ini merupakan suatu indikasi dari tanah yang mempunyai sifat ekspansif (Expansive Soil)

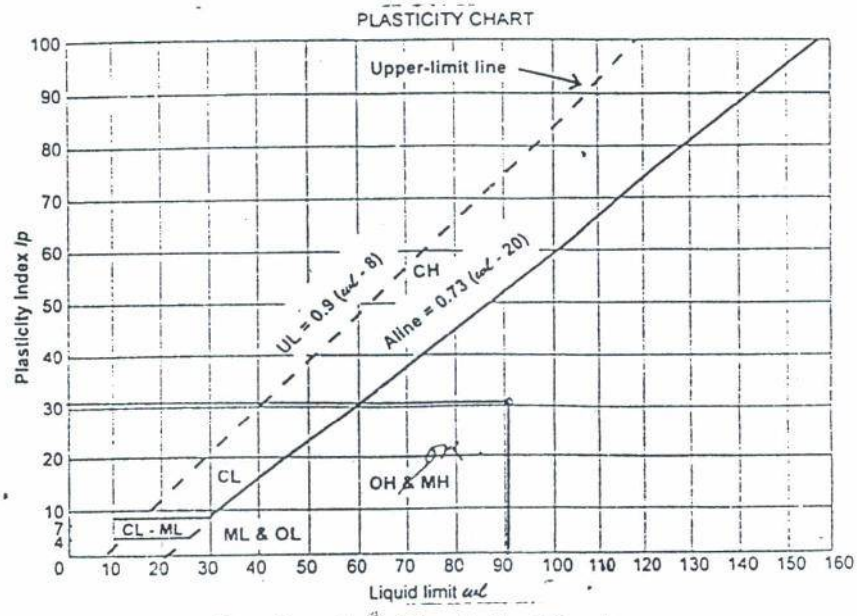
Sesuai dengan pembahasan bab terdahulu maka penulis mengunakan klafikasi tanah yang digunakan adalah *Unified Soil Classifiacation System* dan *AASHTO Soil Classification System* .

*Unified Soil Classification System

Berdasarkan hasil percobaan Atterbrg Limits tanah asli dan Plasticity Chart Pada gambar 4.1,tanah uji di klasifikasikan kedalam kelompok OH or MH (*organic Soil of high compressibility atau inargonic silt of high compressibility*)

*AASTHO Soil Classification System

Berdasarkan Hasil Pengujian analisa ayakan dan analisa hydrometer serta pengujian atterberg limits,maka menurut sistim klasifikasi tanah AASTHO tanah uji di golongkan sebagai kelompok A-7-5 (clayey soil).



Gambar 4.2 Plasticity Chart

4.3.PENGARUH ENERGI PENUMBUKAN DAN KADAR AIR TERHADAP PROPERTIS TANAH

Pengaruh energi penumbukan dan kadar air terhadap propertis tanah dapat kita tentukan dengan melakukan percobaan pemadatan dengan variasi pukulan yang berbeda sehingga energi yang didapat berbeda pula dan mengakibatkan terjadinya perbedaan antara propertis tanah tersebut .

Tujuan Pemadatan :

- Meningkatkan Shear strength
- Memperkecil swell potensial

- Meningkatkan kepadatan tanah

- Memperkecil compressibility

Hasil Pemeriksaan dari perbedaan tumbukan Pada tanah ini adalah seperti tertera dibawah ini :

Tabel 4.3a. tabel hasil pengujian Pemadatan

Variasi Pukulan	$W_{optimum}$ (%)	γ_d Max (gr/Cm^3)
1. Pukulan Standard	25,408	1,195
2.Pukulan70Standard	25,078	1,479
3. Pukulan Modified	25,313	1,421

Sedangkan propertis tanah yang ada akibat adanya perbedaan atau variasi pukulan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3b. Propertis tanah dengan Tumbukan

Properties Tanah	Pemadatan Standard	Pemadatan 70 Standard	Pemadatan Modified
Berat Isi Tanah(γs)	1,44 (Gr/Cm^3)	1,674(Gr/Cm^3)	1,85(Gr/Cm^3)
Kadar Air (W)	25,41%	25,31%	25,08%
Angka Pori (e)	1,120	0,897	0,713
Derajat Kejenuhan (Sr)	1,542%	1,544%	1,549%
Berat Isi Kering (γd)	1,195(Gr/Cm^3)	1,421(Gr/Cm^3)	1,479(Gr/Cm^3)

Dari tabel diatas kita dapat ambil kesimpulan bahwa semakin banyak pukulan atau semakin besar energi yang kita berikan akan mempengaruhi angka Properties tanah tersebut , ini terlihat pada angka pori (e) yang menunjukan makin lama-makin kecil, yang mengakibatkan

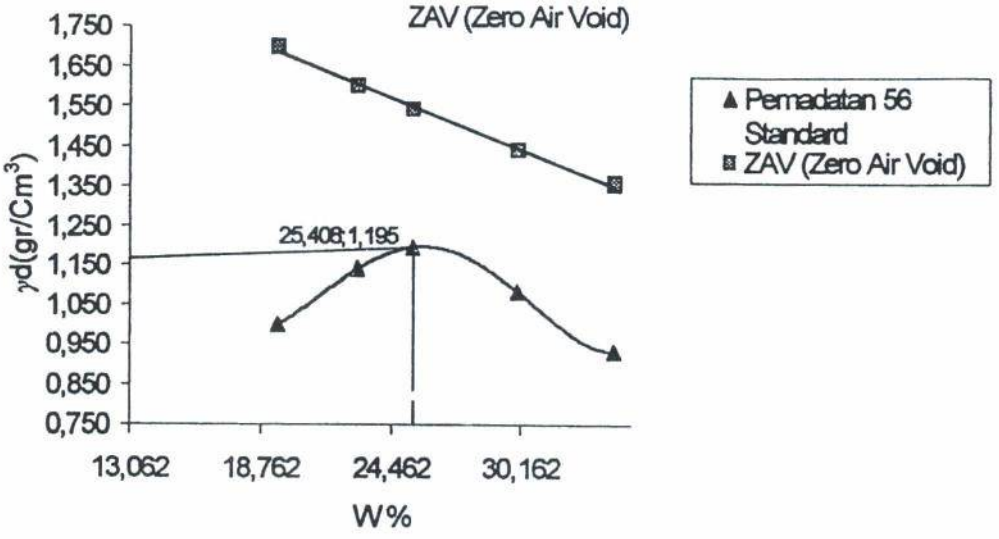
kerapatan pada tanah makin besar atau ruang pori nya semakin kecil sehingga mengakibatkan pengikatan antar butir (interlocking) semakin kuat.

4.3.1. Kerapatan Kering Maksimum berbanding Dengan Kadar Air Optimum untuk Pemadatan Standard.

Pada pemadatan energi yang dihasilkan untuk memadatkan tanah didapat dengan menggunakan rumus :

$$E = \frac{\text{Tinggi Jatuh Hammer X Berat Hammer X Jumlah Jatuh}}{\text{1/3 Volume}} \ (Kg/Cm^2)$$

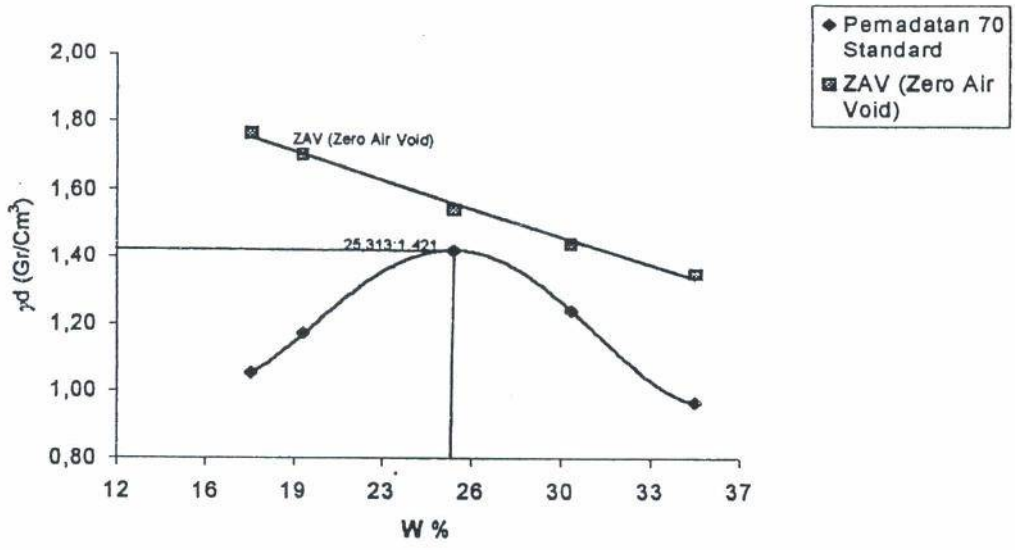
Hasil yang didapat pada tanah yang di padatkan adalah γ_d Max dan $W_{Optimum}$ yang di hitung adalah sesuai dengan hasil dari percobaan di laboratorium sehingga merupakan suatu standard untuk dilakukan di lapangan. Pada gambar 4.3.1. dibawah ini terlihat pemadatan standard ini menunjukan kadar air optimum yang ada menghasilkan kepadatan kering maximum.Pada kadar air lainnya,baik didaerah kering maupun didaerah basah terhadap optimumnya akan diperoleh kepadatan yang lebih kecil dari pada kepadatan maximumnya.Makin jauh dari kadar air optimumnya,kepadatan yang didapatkan makin berkurang.



Gambar 4.3.1 Pemadatan standard

4.3.2. Kerapatan Kering Maksimum berbanding Dengan Kadar Air Optimum untuk Pemadatan Pukulan 70 Standard

Pada pemadatan pukulan 70 standard tanah ekspansif ini sifat-sifat yang ada pada waktu pemadatan ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.2 yang merupakan suatu perlakuan khusus karena pada waktu pemadatan standard kadar air optimum masih tinggi sehingga digunakan pemadatan 70 standard untuk dapat mengurangi kadar air optimum pada waktu pemadatan standard,sehingga pemadatan 70 standard ini mempunyai kerapatan kering yang lebih tinggi dan angka pori yang lebih rendah sehingga pemadatan 70 standard ini dapat sesuai dengan tanah ekspansif. Hal ini dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



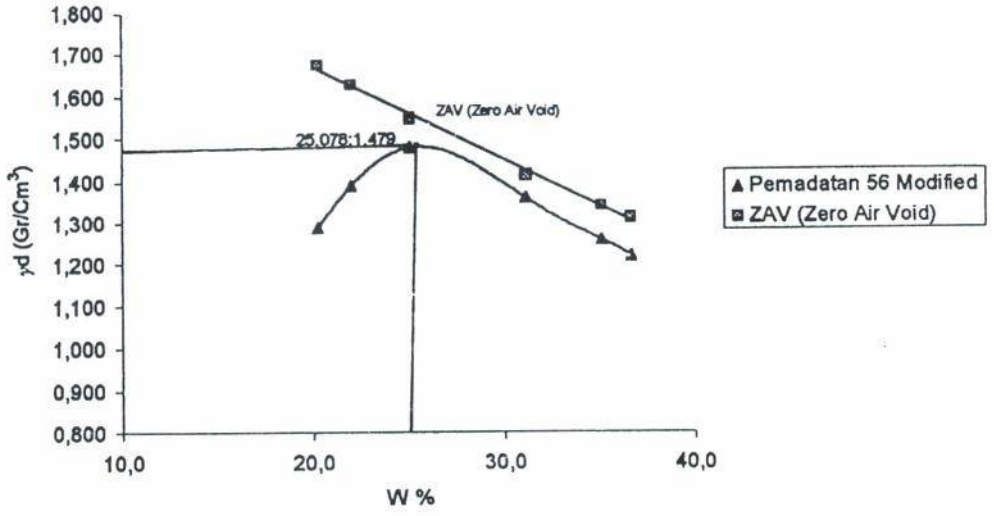
Gambar4.3.2. Pemadatan 70 Standard

Pada Gambar terlihat bahwa kadar air optimum yang ada lebih rendah dari pada pemadatan standard dan kerapatan kering lebih tinggi hal ini diakibatkan energi yang diterima oleh tanah lebih tinggi.

4.3.3. Kerapatan Kering Maksimum berbanding Dengan Kadar Air Optimum untuk Pemadatan Modified.

Pemadatan Modified dilakukan apabila di lokasi tersebut tanah tidak memungkinkan dilakukan Pemadatan standard yang disebabkan kondisi yang buruk serta tanah yang tidak mendukung di sebabkan kondisi alam tersebut seperti tanah ekspansif yang mempunyai karakteristik yang unik yaitu sifat kembang susutnya besar sehingga apabila hanya dilakukan pemadatan standard maka tanah ekspansif tersebut masih mempunyai daya kembang (swelling) yang besar,sehingga untuk mengantispasi hal tersebut maka dilakukan Pemadatan Modofied yang bertujuan untuk mengurangi sifat kembang

susut (swelling) dari tanah tersebut.Ini dapat dilihat pada kadar air optimum yang ada pada Gambar 4.2.3. di bawah ini mempunyai kadar air yang lebih rendah dari pada pemadatan standard dan ruang pori tanah yang lebih kecil.

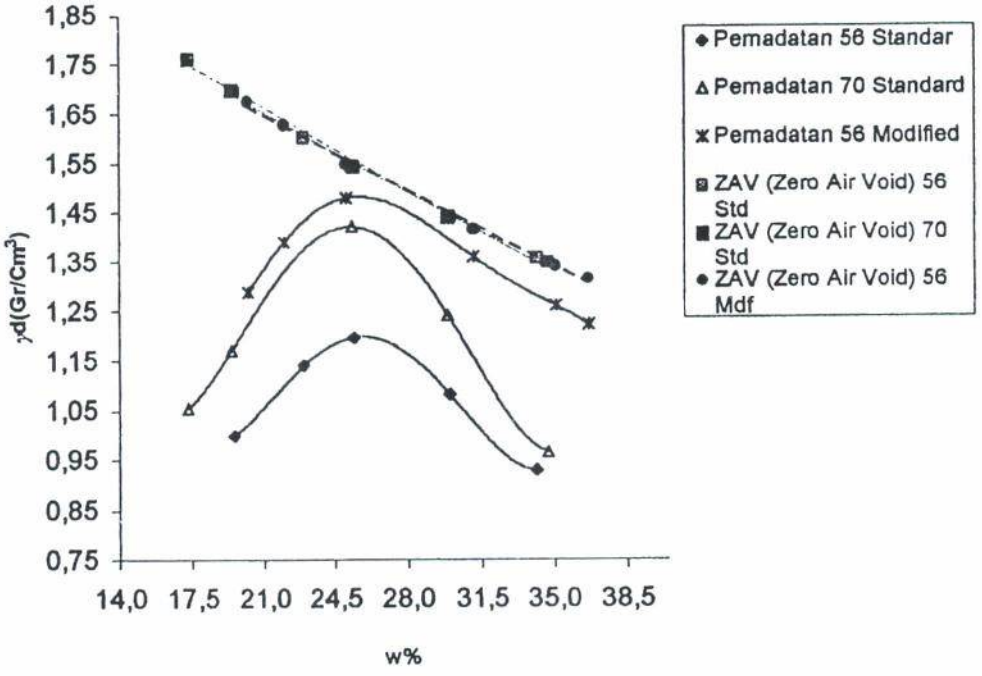


Gambar.4.3.3. Pemadatan Modified

Pada Gambar diatas terlihat bahwa Kadar air optimum pemadatan modified lebih rendah dari pada pemadatan standard sedangkan kerapatan kering maksimum lebih tinggi, dari sini kita dapat mengetahui bahwa pemadatan modified tanah ekspansif lebih baik dari pada pemadatan standard dan daya dukung tanah nya lebih tinggi dari pada pemadatan standard yang di ukur dengan mesin CBR,mengenai CBR dapat kita bahas lebih lanjut.

4.3.4. Kesimpulan Analisa Dari ketiga Jenis Pemadatan

Dari ketiga jenis pemadatan diatas kami mendapatkan suatu kesimpulan bahwa makin banyaknya pukulan yang diterima oleh tanah maka makin kecil kadar air optimumnya dan kerapatan keringnya makin besar, sehingga cara yang tepat untuk mengurangi kembang susut (swelling) yang besar pada pada tanah ekspansif adalah dengan menambah jumlah energi yang diberikan pada tanah ekspansif



Gambar 4.3.4.Grafik Pemadatan Standard dan modifikasi

Pada Gambar diatas terlihat bahwa semakin banyak pukulan maka se-Makin kecil kadar air optimum yang dikandung sehingga juga mempengaruhi kerapatan kering maksimum pada tanah ekspansif tersebut diantara jenis pukulan diatas pemadatan modified adalah yang

terbesar berat isi tanah keringnya, ini menyatakan bahwa semakin padat tanah maka semakin mengikat antara butir tanah yang mengakibatkan tanah semakin kaku dan daya dukung tanahnya menjadi lebih besar.

4.4. ANALISA CBR DAN KEMBANG SUSUT (SWELLING) PADA TANAH EKSPANSIF

Daya dukung dari tanah dasar memegang peranan penting,karena tanah dasar adalah tempat berkumpulnya tumpuan lapisan perkerasan,lapisan perkerasan ini ditentukan ketebalannya dengan mengetahui nilai CBR tanah dasar sebagai patokan,dalam perhitungan tebal perkerasan.Nilai CBR tanah dasar dapat dilakukan dengan analisa Laboratorium.

Penentuan dari Analisa nilai CBR dan nilai swelling tanah ekspansif pada penelitian ini ditinjau pada daerah optimum.

Pertama dilakukan pengujian pemadatan dari 3 macam pukulan guna mengetahui kadar air optimumnya,setelah itu dicoba melakukan percobaan CBR dengan kadar air optimum.

Penentuan kadar air untuk CBR berdasarkan nilai kadar air optimum dari ketiga variasi pukulan yaitu :

- Pemadatan 56 standard = 25,408 %
- Pemadatan 70 Standard= 25,313 %
- Pemadatan 56 Modified = 25,048 %

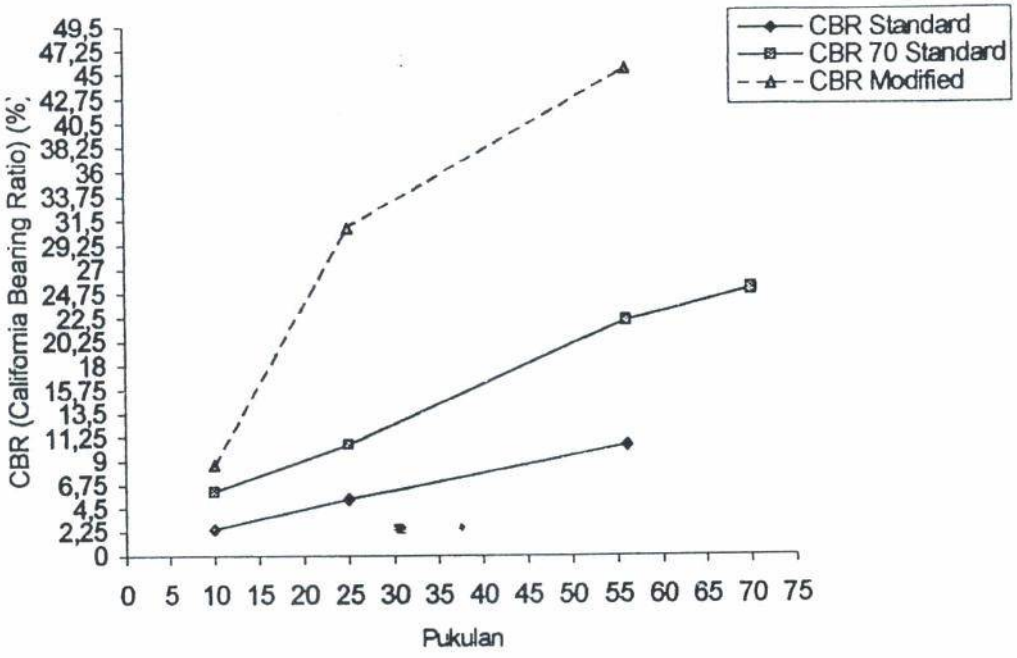
Dalam percobaan pemadatan menunjukan hubungan antara nilai kepadatan yang di wakili oeh berat isi kering dan energi pemadatan yang diberikan.

Dalam percobaan pemadatan menunjukan hubungan antara nilai kepadatan yang di wakili oeh berat isi kering dan energi pemadatan yang diberikan.

Pada percobaan ini terlihat bahwa nilai kepadatan sesuai dengan tenaga yang diberikan sampai mencapai nilai maksimumnya,dan semakin menurun hingga mencapai kadar air melebihi dari kadar air optimum,percobaan massa tanah akan menambah nilai kepadatan,sedangkan setelah mencapai nilai maksimum penurunan nilai kepadatan disebabkan oleh perubahan void ratio dalam massa tanah.

Setelah itu dari masing-masing jenis tanah direndam selama 4 hari (96 jam) sebelum pengujian CBR dilakukan.

Selama direndam tanah juga mengalami swelling sehingga untuk mengetahui tingkat Swelling dari tanah ekspansif maka tanah diukur dengan alat pengukur yaitu dial ring,maka untuk mengetahui tingkat kembang susut tanah tersebut maka perlu pengamatan selama 4 hari (96 jam) yaitu pertama 24 jam(hari pertama) sesudah direndam,kemudian 48 jam (hari kedua) pengamatan ketiga 72 jam (hari ketiga) sedangkan hari keempat (96 jam) setelah diamati perubahan kembang susutnya maka dilakukan test CBR (soaked).Hasil Percobaan ini digambarkan seperti pada grafik berikut.:



Gambar 4.4a. Hubungan CBR dengan jumlah pukulan (unsoaked)

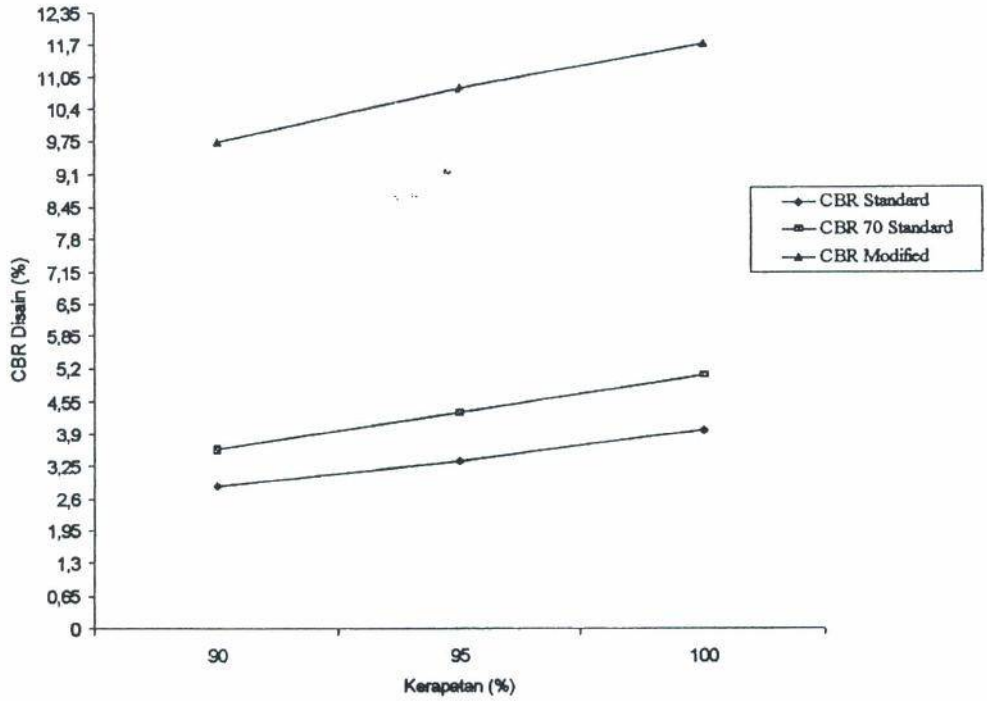
Pada Gambar diatas terlihat bahwa semakin besar energi atau semakin banyak pukulan yang diberikan pada tanah maka semakin besar nilai CBR yang dihasilkan.

Itu berarti makin semakin besar pula daya dukung tanah yang di pikul oleh tanah tersebut dan akan mengakibatkan terjadinya kenaikan kekuatan tanah tersebut.

Sedangkan pengaruh hubungan antara CBR disain dengan kepadatan dapat dilihat pada tabel 4.4a. dibawah ini.Agar lebih jelasnya dapat juga dilihat pada gambar 4.4b. dibawah ini.

Tabel 4.4a. CBR Disain terhadap Prosen kepadatan (soaked)

γd (%)	CBR Pemadatan Standard (%)	CBR Pemadatan 70 Standard (%)	CBR Pemadatan Modified (%)
100	1,867	2,379	5,937
95	1,582	1,982	7,06
90	1,303	1,631	8,188



Gambar 4.4b.CBR Disain Terhadap Prosen Kepadatan (soaked)

Pada Gambar diatas terlihat bahwa semakin Kecil kerapatan yang diberikan maka semakin besar pula Nilai CBR disainnya,ini terlihat pada CBR disain modified.CBR disain modified ini mempunyai energi yang lebih besar dari pada CBR disain standard sehingga energi yang dihasilkan dapat lebih merapatkan butir-butir tanah satu dengan yang lainnya sehingga memperkecil pori-pori tanah yang akan meningkatkan sifat-sifat kekuatan tanah.

Pengaruh Kekuatan CBR dengan Kembang susut (Swelling) dapat dilihat pada tabel 4.4a. dibawah ini. Kembang susut (swelling) yang terjadi pada tanah ekspansif ini di dapat dari merendam (soaked) yang diukur dengan menggunakan dial ring,kembang susut (swelling) dapat dianalisa tingginya dengan menggunakan rumus :

$$\text{Swelling} = \frac{\Delta H}{H} \times 0{,}001 \times 100\ \%$$

Tabel 4.4b. Kembang bebas(Swelling) Pada tanah ekspansif (soaked)

Jumlah pukulan	10	25	56	70
Swelling Pemadatan Standard(%)	7,12	6,862	6,44	
Swelling Pemadatan 70 standard (%)	7,36	7,043	6,842	6,609
Swelling Pemadatan Modified (%)	7,892	7,325	6,99	

Disini terlihat bahwa semakin besar tumbukan atau energi yang diberikan maka semakin besar swelling yang dihasilkan ini disebabkan karena pada waktu terjadinya pemadatan pori-pori tanah menjadi lebih rapat dan tingginya swelling selalu berbanding lurus dengan berat tanah atau volume tanah,sehingga jika diberikan atau direndam dengan air, tanah akan mengembang karena sifat tanah ini adalah menyerap air dan mengakibatkan terjadinya swelling yang tinggi.

4.5. PENGARUH TUMBUKAN PADA TANAH EKSPANSIF DISAIN TERHADAP KUAT GESER

Kekuatan tanah ialah tahanan yang terbentuk dari suatu kombinasi partikel yang bergulir,pelesetan dan meremuk oleh setiap

tekanan pori berlebih yang terjadi selama pergerakan partikel. Pengaruh pemadatan tanah ekspansif pada pengujian triaxial desain ini didapat dari hasil pengujian pemadatan.Hasil pengujian pemadatan ini dipakai untuk mendisain triaxial.

Penentuan disain pada triaxial ini berdasakan nilai berat kering maksimum (γd max) dan kadar air optimum (W%) dari ketiga variasi pukulan yaitu :

Untuk berat kering maksimum (γd Max)

- Pemadatan 56 standard = 1,195 Gr/Cm^3
- Pemadatan 70 Standard = 1,421 Gr/Cm^3
- Pemadatan Modified = 1,479 Gr/Cm^3

Sedangkan untuk kadar air optimum ($W_{optimum}$)

- Pemadatan 56 standard = 25,408 %
- Pemadatan 70 Standard = 25,313 %
- Pemadatan Modified = 25,078 %

Kedua parameter diatas digunakan untuk atau membentuk sample sehingga sample tersebut dapat dites untuk dicari kohesinya (C) dan sudut geser (∅) dalamnya.

4.5.1Terhadap Nilai Kohesi (C)

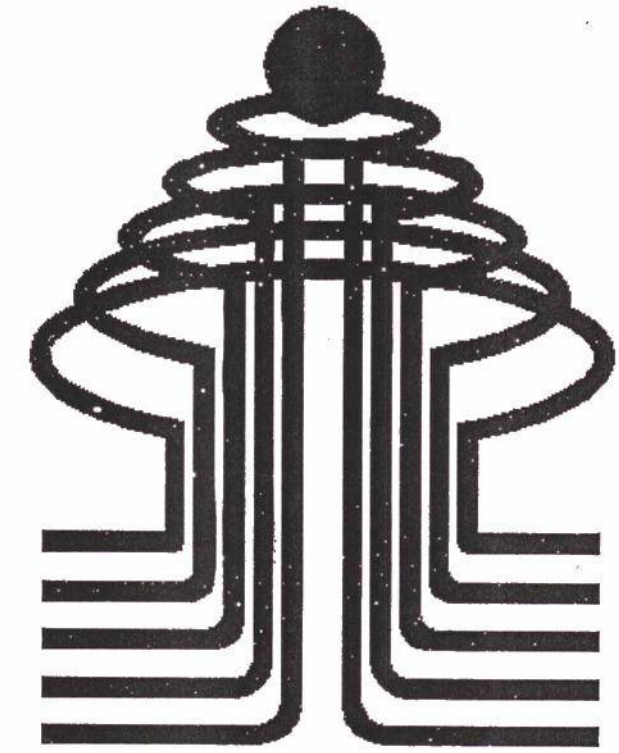
Dari tabel 4.5.1 dapat dilihat bahwa semakin besar γd max (berat kering max) maka semakin tinggi nilai kohesi(C) dan sudut geser dalam (∅) yang dihasilkan ini di sebabkan oleh semakin rapatnya tanah maka akan mengakibatkan semakin tingginya nilai kohesi dan sudut geser dalamnya lebih besar,karena sudut geser makin besar maka tanah

semakin kaku atau semakin kuat ini dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini :

Tabel 4.5.1 Pengaruh tumbukan terhadap kuat geser

Uraian	**Kohesi (C) (Kg/Cm)**	**Sudut geser Dalam (∅) (o)**
Tanah Asli	0,318	4°48'00"
*Pemadatan Standard (γd_{max} = 1,195 Gr/Cm^3)	0,451	21°28'12"
*Pemadatan70 Standard (γd_{max}=1,421 Gr/Cm^3)	0,505	37°49'48"
*Pemadatan Modified (γd_{max}= 1,479 Gr/Cm^3)	0,617	40°54'00"

*Ket : Nilai hasil pada tabel diatas sudah merupakan nilai rata-rata



ISTN

BAB.V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap tanah ekspansif (tanah Cikampek,dawuan),dapat ditarik kesimpulan :

1. Pada tanah asli ciri-siri sifat tanah ekspansif dapat terlihat pada Index plastisitas yang tinggi yaitu: 32,48 % dan prosentase lempung yang tinggi yaitu : 61,48 %.
2. Energi pemadatan yang baik digunakan pada sub-grade adalah energi pemadatan ***modified*** sebab dilihat dari hasil percobaan terhadap tanah ekspansif energi pemadatan modified lebih cocok.Karena mempunyai berat kering maksimum (γd max) yang terbesar yaitu : 1,479 Gr/Cm^3
3. Pada variasi kepadatan penggolongan tanah ekspansif untuk suatu cbr desaign terhadap prosen kepadatan adalah sebagai berikut (soaked) :

   Pada kepadatan standard,cbr desain yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

   - γd 100 % = 3,973 %
   - γd 95 % = 3,365 %
   - γd 90 % = 2,850 %

   Pada Kepadatan 70 standard,cbr desain yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

   - γd 100 % = 5,071 %
   - γd 95 % = 4,339 %
   - γd 90 % = 3,587 %

Pada Kepadatan Modified ,cbr desain yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

- γd 100 % = 11,697 %
- γd 95 % = 10,809 %
- γd 90 % = 9,370 %

Untuk perencanaan atau pembuatan perkerasan bawah (sub-grade) CBR disain yang tepat digunakan adalah cbr disain ***modified*** sebab prosentase kepadatan pada cbr dasign tersebut diatas dapat digolongkan sedang, dan cocok untuk perkerasan bawah (sub-grade)

4. Nilai kembang bebas (Swelling) yang terbesar terjadi pada pemadatan modified yaitu :
   - Untuk pukulan 10 = 7,892 %
   - Untuk pukulan 25 = 7,325 %
   - Untuk pukulan 56 = 6,990 %

5. Tanah yang memiliki sifat mengembang (ekspansif soil),tidak akan mengembang jika tidak mendapat penambahan air.
6. Kapasitas pertukaran kation menentukan tingginya derajat pengembangan,makin besar kemampuan mineral-mineral suatu tanah lempung melakukan pertukaran kation,akan makin tinggi pula potensi pengembangan tanahnya.
6. Tingkat kepadatan tanah yang berbeda-beda akibat pemadatan yang berbeda untuk tanah ekspansif juga mempengaruhi nilai parameter kuat geser tanah,dimana semakin besar tingkat kepadatan tanah maka semakin besar pula nilai Kohesi (C) dan sudut geser dalamnya (Ø).

5.2 SARAN-SARAN

Melihat Hasil-hasil yang didapat dari penelitian yang terbatas ini,maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

- Percobaan di laboratorium yang dilakukan penulis hanya di khususkan pada untuk tanah ekspansif saja sedangkan untuk tanah lainnya perlu diadakan penelitian lebih lanjut.
- Untuk menjaga agar tidak terjadi pengembangan yang besar terhadapa tanah ekspansif maka perlu dilakukan :
  1. Mencegah terjadinya pengembangan-penyusutan yang besar dari tanah itu sendiri dengan moisture control.
  2. Memperbaiki/menstabilkan sifat-sifat tanah dasar
  3. Memodifikasi striktur bangunan atau memberikan beban yang cukup besar hingga dapat melawan tekanan mengembang dari tanah.
- Untuk lebih tingginya tingkat ketelitian dalam penelitian ini,maka harus di perhatikan kualitas dan ketepatan alat yang dipergunakan dalam penelitian tersebut.

ISTN

DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles,Joseph.E, "Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah ",Erlangga,Jakarta,1986
2. Braja M.Das,"Mekanika Tanah" (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik),Jilid 1,1988.
3. Craig R.F, "Mekanika Tanah" terjemahan oleh Dr,Ir,Budi Susilo s,edisi keempat,Erlangga,Jakarta,1989.
4. Laporan Praktikum Mekanika Tanah Mahasiswa-Mahasiswi ISTN,Jakarta.
5. Wesley,LD,Dr,Ir,"Mekanika Tanah",Badan Penerbit Pekerjaan Umum,1977
6. F.H. Chen "Foundations on Expansive Soils",Elsiver Scientific Publishing Co,Amstrdam-Oxford-New York,1975
7. Ezau Edward,Ir, "Pengaruh Kepadatan Pada Tanah Expansive terhadap Swelling Pressure",Skripsi S1 ISTN ,1996 Jakarta (Unpblished)
8. Michael Carter and Stephen P.Bentley,"Corelations of Soil Properties",Pentech press,publishing London.