



**PERUBAHAN KANDUNGAN AIR TERHADAP
NILAI PENGEMBANGAN PADA TANAH DASAR
JALAN PENAWANGAN-PURWODADI**

SKRIPSI

Disajikan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan

oleh

Titi Yuniati

5101405060

PERPUSTAKAAN
UNNES

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2010

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi dengan judul “ Perubahan Kandungan Air Terhadap Nilai Pengembangan Pada Tanah Dasar Jalan Penawangan-Purwodadi”. Telah disetujui oleh Pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi.

Dosen Pembimbing I

Drs. Lashari, M.T

NIP. 19550410 198503 1 001

Semarang, 10 Februari 2010

Dosen Pembimbing II

Alfa Narendra, S.T, M.T

NIP. 19770526 200501 1 004

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

Ir. H. Agung Sutarto, M.T

NIP. 19610408 199102 1 001

PENGESAHAN

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada hari Rabu, 17 Februari 2010

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

Sekretaris

Ir. H. Agung Sutarto, M.T
NIP. 19610408 199102 1 001

Aris Widodo, S.Pd, M.T
NIP. 19710207 199903 1 001

Pembimbing I

Penguji I

Untoro Nugroho, S.T, M.T
NIP. 19690615 199702 1 001

Penguji II / Pembimbing I

Drs. Lashari, M.T
NIP. 19550410 198503 1 001

Penguji III / Pembimbing II

Alfa Narendra, S.T, M.T
NIP. 19770526 200501 1 004

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Drs. Abdurrahman, M.Pd
NIP. 19600903 198503 1 002

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 17 Februari 2010

Penulis,

Titi Yuniati

NIM. 5101405060



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Tempat Cinta adalah Hati dan Hati adalah emas murni. Keagungan Illahilah menggosoknya dengan menatapnya, menjadikannya terang dan murni. Jejak-jejak cahaya keindahan Cinta yang tiada terperi muncul di dalam cermin keshalihan Hati. Cinta manusiawi hidup melalui Cinta Ilahi. (*Samani*).
2. Hidup memerlukan pengorbanan, pengorbanan memerlukan perjuangan, perjuangan memerlukan ketabahan, ketabahan memerlukan keyakinan, keyakinan pula menentukan kejayaan, dan kejayaan akan menentukan kebahagiaan.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak dan ibuku (Almarhumah) tercinta, saudariku mbak Abar, mbak Rina, dek atik dan semua keluarga besarku yang selalu memberikan semangat, dukungan dan do'anya dengan tulus.
2. Bapak dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu dan perhatiannya untuk membimbing hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Sahabat-sahabatku Desy R, Dwi R, Ikana W, Eka P, Mega, Titik K, Wahyu Adi, serta keluarga besar ayunda kost mbak Wulan, Nurul, Resy M dll
4. Almamaterku tercinta Pendidikan Teknik Bangunan, Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
5. Teman - teman mahasiswa PTB Angkatan '05, terimakasih semuanya.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat, karunia dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “PERUBAHAN KANDUNGAN AIR TERHADAP NILAI PENGEMBANGAN PADA TANAH DASAR JALAN PENAWANGAN-PURWODADI”.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat disusun dengan baik dengan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Drs. Lashari, M.T selaku dosen pembimbing skripsi I yang dengan penuh kesabaran mengarahkan dan memotivasi penulis dalam menyusun skripsi.
2. Alfa Narendra, S.T, M.T selaku dosen pembimbing skripsi II yang dengan penuh kesabaran mengarahkan dan memotivasi penulis dalam menyusun skripsi.
3. Untoro Nugroho, S.T, M.T selaku dosen penguji skripsi yang memberikan banyak masukan kepada penulis untuk lebih baik dalam penyusunan skripsi
4. Prof. Dr. Sudijono Sastroatmojo, M.Si. Rektor UNNES
5. Drs. Abdurrahman, M.Pd. Dekan FT UNNES.
6. Ir. H. Agung Sutarto, M.T. Ketua Jurusan Teknik Sipil
7. Aris Widodo, S.Pd, M.T. Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan
8. Drs. Sucipto, M.T selaku dosen wali yang telah memberi bimbingan selama perkuliahan
9. Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu atas bantuannya selama dilaksanakannya penelitian sampai selesainya penulisan skripsi ini.

Dalam pembuatan skripsi ini, Penulis dengan segala kerendahan hati bersedia menerima kritik dan saran demi sempurnanya skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 17 Februari 2010

Penulis.

ABSTRAK

Yuniati, Titi. 2010. Perubahan Kandungan Air Terhadap Nilai Pengembangan Pada Tanah Dasar Jalan Penawangan-Purwodadi. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I : Drs. Lashari, M.T, Pembimbing II : Alfa Narendra, S.T, M.T.

Perubahan kandungan air akan mempengaruhi perilaku mengembang ataupun menyusut dari tanah lempung. Namun tidak terdapat cara yang benar-benar mampu untuk menentukan perubahan volume ini secara numerik, hanya saja dapat diketahui hubungan kasar yang telah dijumpai dan cukup diandalkan untuk meramalkan terjadinya perubahan volume yaitu apabila tanah mempunyai $IP \geq 20$, maka akan ditemui masalah perubahan volume yang akan memerlukan beberapa tindakan pencegahan. Perubahan volume berhubungan langsung dengan batas susut, dan sebagian berkaitan juga dengan batas plastis dan batas cair, (Bowles, 1991 : 262).

Dengan kondisi tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *swelling* (kembang susut) tanah dasar (*subgrade*) yang berupa tanah lempung ekspansif dalam keadaan batas susut, batas plastis dan batas cair. Permasalahan dalam penelitian ini adalah "seberapa besar nilai pengembangan (*swelling*) pada tanah dasar (*subgrade*) yang berupa tanah lempung ekspansif dalam keadaan batas susut, batas plastis dan batas cair. Pelaksanaan penelitian mempunyai 2 variabel, yaitu tanah dan air. Pada variabel tanah terdapat 5 indikator yang akan dilakukan pengujian *swelling*. Setiap indikator diambil 2 sampel, jadi ada 10 sampel yang akan dilakukan pada penelitian uji *swelling*.

Hasil penelitian yang diperoleh adalah pada kadar air 20,93 %, (γ_d) = 1,26 gr/cm³ nilai *swelling*nya 6,55 %, kadar air 22,53 %, (γ_d) = 1,25 gr/cm³ nilai *swelling*nya 6,44 %, kadar air 23,46 %, (γ_d) = 1,24 gr/cm³ nilai *swelling*nya 6,15 %, kadar air 24,63 %, (γ_d) = 1,24 gr/cm³ nilai *swelling*nya 5,87 %, kadar air 27,83 %, (γ_d) = 1,22 gr/cm³ nilai *swelling*nya 5,65 %, kadar air 27,83 %, (γ_d) = 1,22 gr/cm³ nilai *swelling*nya 5,65 %, kadar air 28,32 %, (γ_d) = 1,22 gr/cm³ nilai *swelling*nya 4,80 % kadar air 53,16 %, (γ_d) = 1,04 gr/cm³ nilai *swelling*nya 0,41 %, kadar air 54,47 %, (γ_d) = 1,03 gr/cm³ nilai *swelling*nya 0,38 %, kadar air 76,31 %, (γ_d) = 0,86 gr/cm³ nilai *swelling*nya 0,02 % dan pada kadar air 79,33 %, (γ_d) = 0,85 gr/cm³ nilai *swelling*nya 0,01 %. Berdasarkan data penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa berat volume kering yang memiliki nilai berkisar 1 gr/cm³ mencerminkan bahwa semakin kecil kadar air waktu pemadatan menghasilkan nilai *swelling* yang besar. Sebaliknya semakin besar kadar air waktu pemadatan menghasilkan nilai *swelling* kecil. Peningkatan *swelling* terbesar terjadi pada pengurangan kadar air waktu pemadatan antara 20,93 % sampai dengan 53,16 %. Peningkatan *swelling* kecil terjadi pada pengurangan kadar air waktu pemadatan antara 53,16 % sampai dengan 79,33 %.

Kata Kunci : Kadar Air (w), Berat Volume Kering (γ_d), Nilai *Swelling*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	
ii	
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	5
1.7 Keaslian Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Tanah	8
2.2. Material Penyusun Tanah	9
2.3. Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>)	10
2.4. Sifat Fisik Tanah	11
2.5. Sifat Mekanik Tanah	21
2.6 Tanah Lempung	23
2.7 Kembang Susut Tanah	25

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Bahan Penelitian	29
3.2	Tempat Penelitian	30
3.3	Rancangan Penelitian	30
3.4	Persiapan Alat	30
3.5	Pelaksanaan Penelitian	34
3.6	Bagan Alur Pengujian	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian	46
4.1.1	Sampel Tanah	46
4.1.2	Pengujian <i>Proctor</i> (Pemadatan)	47
4.1.3	Pengujian Kadar Air, Berat Jenis dan Batas Konsistensi (<i>Atterberg</i>)	47
4.1.4	Pengujian <i>Swelling</i>	48
4.2	Pembahasan	50
4.2.1	Analisis Gradasi Butiran Tanah	50
4.2.2	Analisis Kembang Susut Tanah (<i>swelling</i>)	53
4.2.3	Analisis Kadar Air (<i>w</i>) Terhadap Nilai <i>Swelling</i>	53
4.2.4	Analisis Berat Volume Kering (γ_d) Tanah Terhadap Nilai <i>Swelling</i>	55
4.2.5	Analisis Kadar Air (<i>w</i>), Berat Volume Kering (γ_d) dan Nilai <i>Swelling</i>	57

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO	12
Tabel 2.2	Kelompok Tanah Dengan Simbol Prefiks dan Sufiks	15
Tabel 2.3	Klasifikasi Tanah Sistem <i>Unified</i>	16
Tabel 2.4	Karakteristik Kekuatan Tanah Pada Beberapa Nilai Indek Cair...	21
Tabel 2.5	Nilai-nilai Gravitasi Khusus	22
Tabel 2.6	Hubungan Potensi Pengembangan dengan Indeks Plastisitas.....	25
Tabel 2.7	Hubungan Antara Batas Atterberg dan Potensi Perubahan Volume.....	26
Tabel 2.8	Potensi Pengembangan	27
Tabel 2.9	Sifat Tanah Lempung	27
Tabel 3.1	Tahap Penelitian Pokok	30
Tabel 4.1	Karakteristik Tanah Asli	46
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Proctor Standar	47
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Swelling Berdasarkan Kadar Air Batas Atterberg	49
Tabel 4.4	Hasil nilai Swelling Berdasarkan Penambahan Kadar Air	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Nilai-nilai Batas Atteberg Untuk Sub Kelompok A-4-A-7	13
Gambar 2.2	Grafik Plastisitas Sistem <i>Unified</i>	17
Gambar 2.3	Variasi Volume dan Kadar Air Pada kedudukan Batas <i>Atteberg</i>	18
Gambar 3.1	Denah Lokasi Pengambilan Sampel.....	29
Gambar 3.2	Alur Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	45
Gambar 4.1	Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering	47
Gambar 4.2	Hasil Pengujian Batas Konsistensi (<i>Atteberg</i>)	48
Gambar 4.3	Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO.....	51
Gambar 4.4	Klasifikasi Tanah Berdasarkan <i>Unified</i>	52
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Kadar Air dan Nilai <i>Swelling</i>	54
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Berat Volume Kering dan Nilai <i>Swelling</i>	55
Gambar 4.7	Grafik Hasil Kadar Air, Berat Volume Kering dan Nilai <i>Swelling</i>	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Hasil Penelitian Batas <i>Atteberg</i>	63
Lampiran 2	Analisis Distribusi Ukuran Butir Tanah	64
Lampiran 3	Pengujian <i>Proctor</i> (Pemadatan Tanah)	65
Lampiran 4	Volume Pengembangan Tanah Batas Susut Sampel A1	66
Lampiran 5	Volume Pengembangan Tanah Batas Susut Sampel B1	67
Lampiran 6	Volume Pengembangan Tanah Antara Batas Susut dan Batas Plastis Sampel A2.....	68
Lampiran 7	Volume Pengembangan Tanah Antara Batas Susut dan Batas Plastis Sampel B2.....	69
Lampiran 8	Volume Pengembangan Tanah Batas Plastis Sampel A3.....	70
Lampiran 9	Volume Pengembangan Tanah Batas Plastis Sampel B3.....	71
Lampiran 10	Volume Pengembangan Tanah Antara Batas Plastis dan Batas Cair Sampel A4	72
Lampiran 11	Volume Pengembangan Tanah Antara Batas Plastis dan Batas Cair Sampel B4.....	73
Lampiran 12	Volume Pengembangan Tanah Batas Cair Sampel A5	74
Lampiran 13	Volume Pengembangan Tanah Batas Cair Sampel B5	75
Lampiran 14	Foto Penelitian	76
Lampiran 15	Surat Ijin Penggunaan Laboratorium Jurusan Teknik Sipil.....	78

PERPUSTAKAAN
UNNES

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Di antara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*void space*) yang berisi air, dan/atau udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat atau oksida yang bersenyawa di antara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya mineral organik. Semua jenis tanah bersifat lulus air (*permeable*), yaitu kondisi air bebas mengalir melalui ruang-ruang kosong (pori-pori) yang terdapat di antara butiran-butiran tanah. (Craig, 1991 : 1 dan 33)

Untuk kelancaran drainase permukaan jalan, lajur lalu lintas pada alinemen lurus memerlukan kemiringan melintang normal yaitu 2-3 % untuk perkerasan aspal dan beton, sedangkan 4-5 % untuk perkerasan kerikil dan kemiringan tersebut mengarah ke selokan di pinggir jalan, (Martakim, 1997 : 17). Dengan demikian, ketika hujan air akan mengalir ke saluran drainase. Selain sifat air yang mengalir ke bagian yang lebih rendah air juga mengalir melalui ruang pori-pori udara mengalir hingga lapisan dasar tanah. Bila ada air yang terserap maka kekuatan ikatan antar partikel melemah dan bisa terjadi pemuaian atau pengembangan sehingga dapat mengurangi stabilitas tanah (lapisan dasar tanah) yang baik pada sebuah konstruksi jalan.

Selain hal tersebut di atas, gaya kapilaritas juga memungkinkan gerakan air bebas melalui pori-pori dan saluran halus tanah. Jika pori-pori suatu tanah tidak penuh air dan jika air bebas tersedia, gaya kapiler akan cenderung menarik air bebas melalui tanah hingga semua rongga terisi penuh. Gerakan tersebut dapat terjadi ke sembarang arah, tetapi gerakan ke arah atas biasanya menimbulkan masalah-masalah yang serius. Terdapat bukti bahwa sejumlah besar air dapat dinaikkan dengan jarak yang cukup jauh oleh tanah dengan kapilaritas. Jika permukaan tanah terbuka dan kelembabannya menguap secepat kelembaban itu naik, tidak akan ada kerusakan yang dihasilkan. Tetapi jika penguapan lambat atau permukaan disegel oleh lantai jalan atau beberapa selimut tidak dapat tembus pada lapisan-lapisan bawah permukaan, air kapiler ini berakumulasi dan jenuh. Kejenuhan pada tanah dasar (*subgrade*) akan menurunkan daya dukung tanah. (Oglesby & Hicks, 1996 : 73).

Variasi kadar air atau perubahan kandungan air akan mempengaruhi perilaku mengembang ataupun menyusut dari tanah lempung. Namun tidak terdapat cara yang benar-benar mampu untuk menentukan perubahan volume ini secara numerik, hanya saja dapat mengetahui hubungan kasar yang telah dijumpai dan cukup diandalkan untuk meramalkan terjadinya perubahan volume yaitu apabila tanah mempunyai $IP \geq 20$, maka akan ditemui masalah perubahan volume yang akan memerlukan beberapa tindakan pencegahan. Perubahan volume berhubungan langsung dengan batas susut, dan sebagian berkaitan juga dengan batas plastis dan batas cair, (Bowles, 1991 : 262). Dengan kondisi tersebut membuat peneliti tertarik untuk mengetahui nilai pengembangan tanah dasar

(*subgrade*) yang berupa tanah lempung dalam keadaan batas susut, batas plastis, batas cair.

Dari penelitian Andy Joko Purnomo 2008 diperoleh bahwa tanah di daerah Penawangan Grobogan merupakan jenis tanah lempung *montmorillonite* disebut juga dengan *smectite*, yaitu mineral yang dibentuk oleh dua lembaran silika dan satu lembaran aluminium (*gibbise*), mineral ini mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air, sehingga tanah yang mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air ini sangat mudah mengembang. Kemudian dari penelitian Seger Meriana Putra 2008 bahwa di lokasi Penawangan Grobogan KM 11,3 dengan kedalaman 50-100 cm merupakan tanah lempung yang bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang cukup besar.

Dari uraian di atas tersebut yang mendasari penulis mengadakan penelitian dengan judul **“Perubahan Kandungan Air Terhadap Nilai Pengembangan Pada Tanah Dasar Jalan Penawangan-Purwodadi”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas permasalahan yang muncul adalah seberapa besar nilai pengembangan (*swelling*) pada tanah dasar (*subgrade*) yang berupa tanah lempung dalam keadaan batas susut, batas plastis dan batas cair.

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya ruang lingkup permasalahan dan keterbatasan waktu maupun kemampuan maka dilakukan pembatasan masalah yaitu :

- 1.3.1 Tanah yang diteliti adalah tanah yang diambil dari Desa Pulorejo, tepatnya KM 57,2 Semarang dan KM 6,8 Purwodadi.
- 1.3.2 Penelitian yang dilakukan mengenai sifat fisik tanah yaitu klasifikasi tanah dan batas *atteberg*, sifat mekanik tanah yaitu kadar air, berat volume tanah, berat jenis dan pemadatan.
- 1.3.1 Penelitian yang dilakukan mengenai seberapa besar nilai pengembangan tanah (*swelling*) akibat perubahan kandungan air pada tanah dasar (*subgrade*) yang berupa tanah lempung dalam keadaan batas susut, batas plastis dan batas cair.

1.4. Tujuan Penelitian

- 1.4.1 Mengetahui jenis tanah berdasarkan sifat fisik dan mekanik tanah dari Desa Pulorejo, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan.
- 1.4.2 Mengetahui seberapa besar nilai pengembangan (*swelling*) akibat dari perubahan kandungan air pada tanah dasar (*subgrade*) yang berupa tanah lempung di Desa Pulorejo, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan dalam keadaan batas susut, batas plastis dan batas cair.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah :

- 1.5.1 Menambah pengetahuan dalam ilmu mekanika tanah dalam uji laboratorium
- 1.5.2 Dapat memberikan pengetahuan tentang besar nilai pengembangan (*swelling*) karena adanya perubahan kadar air pada tanah dasar jalan yang

berupa tanah lempung kepada pihak-pihak yang terkait tentang pembangunan jalan.

- 1.5.3 Dapat dijadikan acuan atau bahan pertimbangan bagi pihak-pihak yang akan melakukan penelitian lebih lanjut khususnya tentang pengaruh kadar air terhadap daya dukung tanah ditinjau dari nilai *swelling*.

Sistematika Penulisan Skripsi

Bagian awal skripsi

Bagian ini meliputi : judul skripsi, persetujuan pembimbing, pengesahan, pernyataan, motto dan persembahan, prakata, abstrak, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

Bagian isi skripsi

BAB I Pedahuluan

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, sistematika penulisan skripsi, dan keaslian penelitian.

BAB II Landasan Teori

Berisi tentang pengertian tanah, material penyusun tanah, tanah dasar (*subgrade*), sifat fisik tanah, sifat mekanik tanah, pengertian tanah lempung, pengembangan tanah (*swelling*).

BAB III Metode Penelitian

Berisi tentang bahan penelitian, tempat penelitian, rancangan penelitian, persiapan alat, pelaksanaan penelitian, dan bagan alur pengujian.

BAB IV Analisis Data

Berisi tentang hasil dan pembahasan dari penelitian yang dilakukan.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan atas hasil penelitian dan saran yang berhubungan dengan penelitian

Bagian akhir

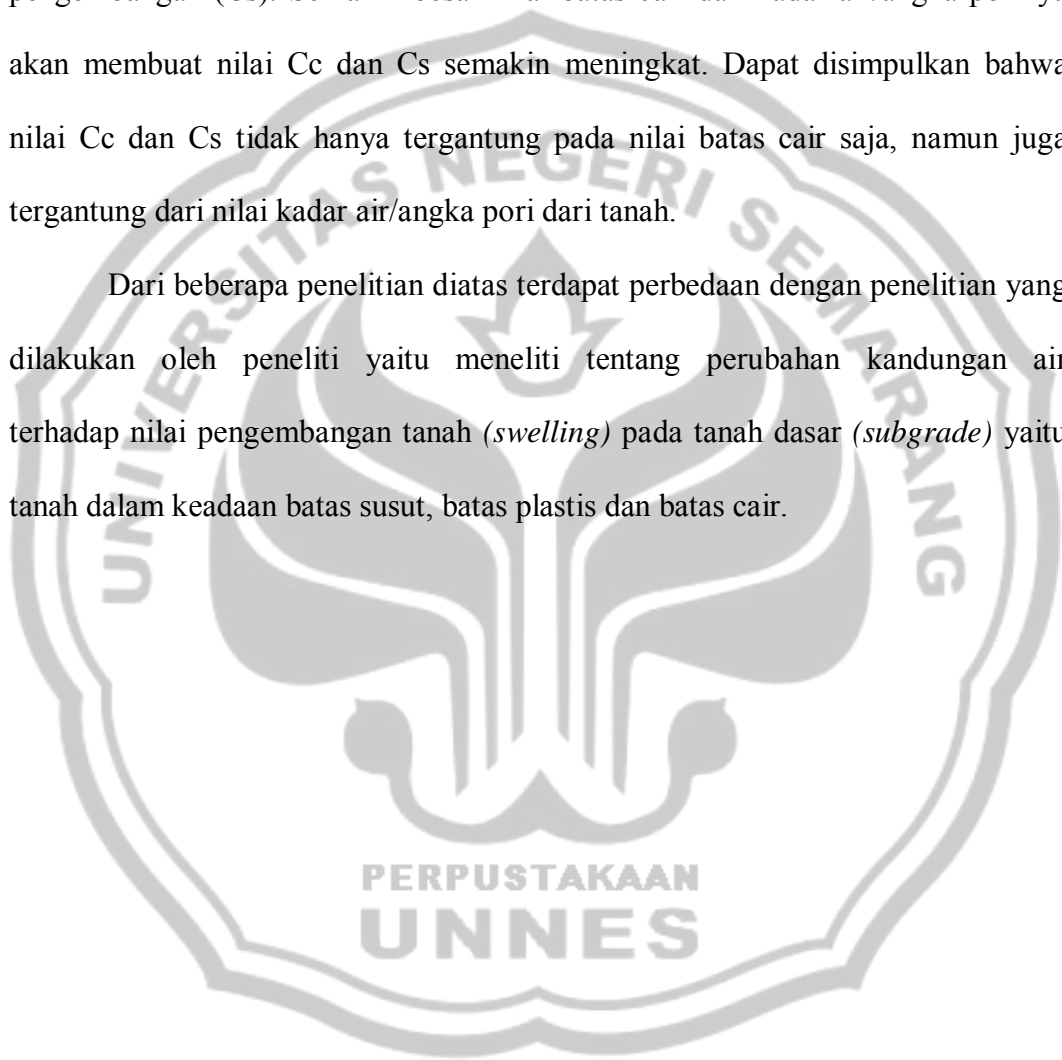
Daftar pustaka dan lampiran-lampiran

1.7 Keaslian Penelitian

Dari beberapa penelitian dapat ditunjukkan keaslian penelitian ini yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Sudarma, (2007) meneliti tentang pengaruh suhu dan tegangan air pori negatif pada perilaku mengembang tanah lempung, menyatakan bahwa faktor utama yang mempengaruhi perilaku mengembang tanah lempung adalah kandungan mineral yang terdapat didalamnya, perubahan kadar air pada tanah lempung akan mengakibatkan perubahan volume pada tanah dan perubahan tegangan efektif (a). Variasi suhu dan variasi tegangan air pori negatif ($section$) akan mempengaruhi perilaku mengembang dari tanah lempung. Dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tekanan mengembang dan besar pengembangan berkurang dengan penambahan abu sekam padi (*fly ash*), kenaikan suhu dan kenaikan kepadatan awal. Tapi sebaliknya, tegangan air pori negatif bertambah besar dan waktu untuk mencapai kesetimbangan lebih lama, sejalan dengan penambahan *fly ash*, kenaikan suhu dan kepadatan awal. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Kosasih, Agustina (2007) meneliti tentang

pengaruh kadar air, angka pori, dan batas cair tanah lempung terhadap harga indeks pemampatan konsolidasi (C_c) dan indeks pengembangan (C_s). Dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang sangat kuat antara kadar air, angka pori, dan batas cair dengan indeks pemampatan (C_c) dan indeks pengembangan (C_s). Semakin besar nilai batas cair dan kadar air/angka porinya akan membuat nilai C_c dan C_s semakin meningkat. Dapat disimpulkan bahwa nilai C_c dan C_s tidak hanya tergantung pada nilai batas cair saja, namun juga tergantung dari nilai kadar air/angka pori dari tanah.

Dari beberapa penelitian diatas terdapat perbedaan dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti yaitu meneliti tentang perubahan kandungan air terhadap nilai pengembangan tanah (*swelling*) pada tanah dasar (*subgrade*) yaitu tanah dalam keadaan batas susut, batas plastis dan batas cair.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu dengan yang lain dan dari bahan organik yang telah melapuk atau yang berpartikel padat yang disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut, (Das, 1993 : 1). Tanah juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori (*void space*) yang berisi air dan udara, (Craig, 1991 : 1).

Sedangkan menurut Hardiyatmo (1992 : 2) tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bed rock*). Kemudian menurut Soekoto (1984 : 3) tanah adalah bagian dari permukaan bumi yang tersusun dari butir-butir mineral dalam keadaan lepas satu sama lain (*close*) atau terikat oleh gaya kohesi (*choesive soil*) ataupun setengah padat oleh pengaruh gaya penyemenan (*comenting action*) dari bagian-bagian tertentu dari butir tanah tersebut.

Apabila karakteristik fisis yang selalu terdapat pada pembahasan dan pengeringan yang menyusun butiran tanah bersatu sesamanya sehingga sesuatu gaya akan diperlukan untuk memisahkannya dalam keadaan kering tersebut, maka tanah tadi disebut *kohesif*. Apabila butiran-butiran tanah terpisah-pisah sesudah

dikeringkan dan melekat hanya apabila berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air, maka tanah disebut tak-*kohesif*. Tanah *kohesif* dapat bersifat tidak plastis, plastis, atau berupa cairan kental, tergantung pada nilai kadar air pada waktu itu. Tanah tak kohesif tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tetapi dalam beberapa kondisi tertentu tanah tak-*kohesif* dengan kadar air yang cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental, (Bowles, 1991 : 38).

2.2 Material Penyusun Tanah

Berdasarkan asal mula penyusunnya, tanah dapat dibedakan ke dalam dua kelompok besar, yaitu sebagai hasil pelapukan (*weathering*) secara fisis dan kimia, dan yang berasal dari bahan organik. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka disebut tanah residual. Sedangkan apabila tanah tersebut telah berpindah tempat disebut tanah angkutan (*transported soil*) tanpa mempersoalkan pelaku angkutan tersebut.

Tanah residual yang terjadi di daerah iklim sedang atau setengah kering biasanya kaku dan stabil serta tidak meluas ke kedalaman yang besar. Akan tetapi, khususnya di iklim lembab panas yang lama penyinaran matahari demikian panjang, tanah residual mungkin meluas hingga kedalaman beberapa ratus meter. Tanah ini mungkin kuat dan stabil, tapi mungkin juga mengandung bahan yang sangat *kompresibel* disekitar bongkah-bongkah batuan yang belum begitu lapuk (pasal 29). Dalam keadaan seperti ini, tanah tersebut dapat menimbulkan kesulitan pada pondasi dan konstruksi jenis lainnya. Sebagian besar endapan tanah

angkutan bersifat lunak dan lepas hingga kedalaman beberapa ratus meter dan dapat menimbulkan berbagai masalah serius.

Tanah yang berasal dari bahan organik, terutama dibentuk di tempatnya berada (*in situ*), baik melalui pertumbuhan dan peluruhan beruntun tumbuhan-tumbuhan seperti lumut gambut, atau melalui penumpukan fragmen-fragmen rangka bahan anorganik atau kulit-kulit organisma. Ini berarti, yang dimaksud dengan tanah yang berasal dari bahan organik dapat berupa susunan unsur organik ataupun anorganik, (Terzaghi, 1993 : 4).

2.3 Tanah Dasar (*subgrade*)

Bagian Perkerasan Jalan umumnya meliputi: Tanah Dasar (*Sub Grade*), Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base coarse*), Lapis Pondasi (*Base coarse*) dan Lapis Permukaan (*Surface coarse*).

Tanah *dasar (subgrade)* adalah permukaan tanah asli, permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

Kekuatan utama sebuah konstruksi perkerasan jalan ada pada *subgrade*-nya, sehingga diperlukan membentuk *subgrade* yang kuat dan stabil. Karena material *subgrade* dari tanah, maka diperlukan perlindungan agar tahan terhadap perubahan cuaca dan air tanah. Perlindungan *subgrade* didapat dengan memadatkan tanah sehingga memperkecil rongga antar butirannya dan meningkatkan sifat tidak mudah ditembus oleh air (*impermeability*) nya, juga adanya lapisan *surface* dari bahan campuran bitumen agregat yang kedap air dan

konstruksi drainase yang baik di bahu jalan akan turut memperpanjang umur *subgrade*.

2.4 Sifat Fisik Tanah

2.4.1 Sistem Klasifikasi Tanah

Tanah dapat diklasifikasikan dalam suatu sistem pengaturan yang disebut sistem klasifikasi tanah. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang rinci. Menurut Hardiyatmo (1992 : 33), secara umum klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisa saringan dan plastisitas.

2.4.2 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Mulanya sistem klasifikasi tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) ini dikembangkan oleh U.S Bureau of Public Roads pada tahun 1920-an untuk mengklasifikasikan tanah dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8. Kelompok A-1 dianggap yang paling baik dan sesuai untuk lapisan dasar (*subgrade*) jalan raya, (Dun dkk, 1992 : 85).

Pada Tabel 2.1 memperlihatkan sistem AASHTO yang terdiri dari kelompok A-1 sampai A-7 dengan dua sub kelompok dalam A-1, empat sub kelompok A-2 dan dua sub kelompok dalam A-7 dengan jumlah 12. Sedangkan sub kelompok A-8 tidak diperlihatkan, tetapi merupakan gambut yang ditentukan

berdasarkan klasifikasi visual. Kelompok tanah berbutir kasar dibedakan dalam kelompok A-1 sampai dengan A-2.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (Bowles, 1991 : 133)

Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir(35% atau kurang lolos No.200)							Bahan-bahan lanau lempung (Lebih dari 35% lolos No.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5; A-7-6
Analisis saringan: Persen lolos: No.10 No.40 No.200	maks.50 maks.30 maks.15	maks.50 maks.25	maks.51 maks.10	maks.35	maks.35	maks.35	mak35	min.36	min.36	min.36	min. 36
Karakteristik fraksi yg lolos No.40 Batas cair : Indeks plastisitas	maks.6		N.P.	maks.40 maks.10	maks.41 maks.10	maks.40 maks.11	mak41 mak10	mak41 mak10	mak41 mak10	mak40 mak11	mak 41 mak 11
Indeks kelompok	0		0	0		maks.4		mak8	mak 12	mak16	mak. 20
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batu, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau lempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Tingkatan umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

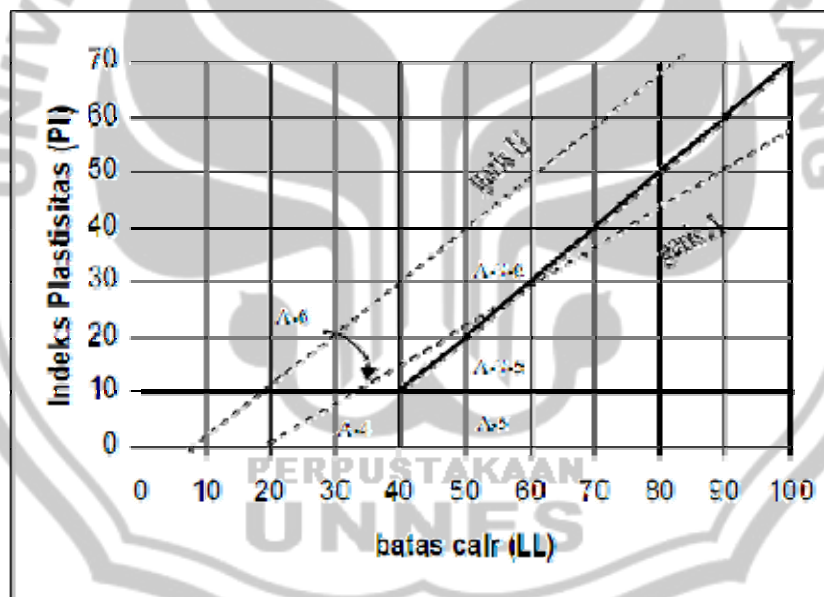
A-1, adalah kelompok tanah yang terdiri dari campuran kerikil, pasir kasar, pasir halus yang bergradasi baik mempunyai plastisitas yang sangat kecil atau tidak sama sekali. Sub kelompok A-1-a yang dapat mengandung kerikil yang cukup banyak merupakan bahan yang bergradasi lebih besar dari pada A-1-b yang terutama terdiri dari pasir kasar. Kelompok ini mempunyai sejumlah kecil plastisitas $I_p < 6$.

A-2, adalah kelompok tanah yang terdiri dari campuran kerikil dan atau pasir dengan tanah berbutir halus di bawah 35%, merupakan batas antara tanah

berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Sub kelompok A-2-4 dan A-2-5 adalah tanah yang tidak lebih dari 35%, lebih halus dari saringan No.200, mempunyai karakteristik plastisitas dari kelompok A-6 dan A-7.

A-3, adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus yang relatif seragam, dapat juga dari pasir halus bergradasi buruk dengan sebagian kecil pasir kasar dan kerikil, merupakan bahan yang tidak plastis.

Bahan lanau lempung berada pada kelompok A-4 sampai A-7 yang merupakan kelompok tanah berbutir halus yang lebih dari 35% butirannya lolos saringan No.200 yang sangat ditentukan oleh sifat plastisitas tanah, yang dapat diplotkan ke dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Nilai – nilai batas Atteberg untuk sub kelompok A-4, A-5, A-6, A-7 (Mekanika Tanah I, Hary Cristady 1992 : 48)

A-4, adalah kelompok tanah lanau dengan plastisitas rendah.

A-5, adalah kelompok tanah lanau yang mengandung tanah plastis, sehingga tanahnya lebih plastis dari pada A-4.

A-6, adalah kelompok tanah lempung yang mengandung pasir dan kerikil, yang masih mempunyai sifat perubahan volumenya besar.

A-7, adalah kelompok tanah lempung yang bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang cukup besar. Kelompok tanah A-7 dibagi atas, A-7-5 apabila $I_p < (WL-30)$ dan A-7-6 apabila $I_p > (WL-30)$.

A-8, adalah kelompok tanah gambut yang rawang (tipis, sangat berair dengan bahan organis yang cukup banyak) dan diidentifikasi lewat pemeriksaan terhadap deposit.

Tanah-tanah dalam tiap kelompok dievaluasi terhadap indeks kelompoknya dan dihitung dengan rumus empiris. Pengujian yang dilakukan hanya analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Indeks kelompok digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$GI = (F-35)[0.2+0.005(WL-40)]+0.01(F-15)(I_p-10)$$

Keterangan :

GI = Indeks kelompok

F = Material lolos saringan No.200 (%)

WL = Batas cair (%)

I_p = Indeks plastisitas (%)

(Dun, 1992)

Pada umumnya makin besar nilai indeks kelompoknya, maka tanah tersebut kurang baik untuk dipakai dalam pembuatan jalan raya maupun jalan kereta api untuk tanah-tanah di dalam sub kelompok itu, (Bowles, 1991 : 136).

2.4.3 Klasifikasi Tanah Sistem *Unified*

Sistem klasifikasi ini mengelompokkan tanah dengan menggunakan simbol prefiks untuk menunjukkan sub devisi di dalam kelompok, seperti terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kelompok Tanah dengan Simbol Prefiks dan Sufiks
(Bowles, 1991 : 125)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
Pasir	S	Gradasi buruk	P
Lanau	M	Berlanau	M
Lempung	C	Berlempung	C
Organik	O	WL < 50 persen	L
Gambut	Pt	WL > 50 persen	H

Sistem ini mengelompokkan tanah dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Tanah berbutir kasar, yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200, simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus, yaitu tanah lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan nomer 200. Simbol dari tanah ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Menurut sistem *Unified*, suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus apabila lebih dari 50% lolos ayakan No. 200. Suatu tanah berbutir kasar apabila lebih dari 50% tertahan pada saringan no. 200.

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Sistem *Unified* (Das, 1995 : 71-72)

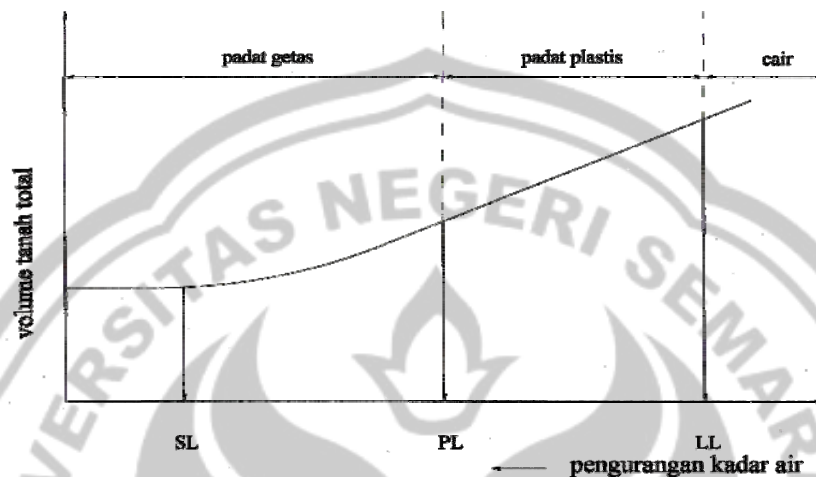
Devisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No.200	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
			GP Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
		Kerikil dengan butiran halus	GM Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lanau
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lanau
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya kerikil)	SW Pasir bergradasi baik dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP Pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.
		Pasir dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir-pasir-lanau
			SC Pasir berlempung, campuran pasir-pasir-lanau
	Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No.200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL Lempung organik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>lean clays</i>)
OL Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%		MH Lanau organik atau pasir halus diatomae atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>fat clays</i>)	
		OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
		PT Gambut (peat), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Sambungan Tabel 2.3

Kriteria klasifikasi	
$C_u = D_{60} / D_{10} \text{ lebih besar dari } 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ antara } 1 \text{ dan } 3$	
Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang di gambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda.
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
$C_u = D_{60} / D_{10} \text{ lebih besar dari } 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ antara } 1 \text{ dan } 3$	
Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang di gambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda.
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$	
<p>Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan lanala lempung kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p> <p>Batas Cair LL (%)</p> <p>Garis A: $PI = 0,73 (LL - 20)$</p>	
<p align="center">Gambar 2.2 Gragik Plastisitas Sistem <i>Unified</i></p>	
Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat dalam ASTM Designation D-2488	

2.4.4 Batas Konsistensi (*Atterberg*)

Atterberg (1911) dalam Das (1995) menggambarkan keadaan konsistensi tanah, batas-batas konsistensi tanah ini didasarkan pada kadar air, yaitu batas cair, batas plastis, dan batas susut. Berikut kedudukan konsistensi dari tanah dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Variasi Volume dan Kadar Air Pada Kedudukan Batas-batas Konsistensi. (Das, 1995 : 49)

1. Batas Cair (*liquid limit - LL*)

Kadar air dinyatakan dalam persen, dari tanah yang dibutuhkan untuk menutup goresan yang berjarak 0,5 inch (12,7 mm) sepanjang dasar contoh didalam mangkok. Sesudah 25 pukulan didefinisikan sebagai batas cair (*liquid limit*), untuk mengatur kadar air dari tanah sangat sulit maka biasanya percobaan dilakukan beberapa kali dengan kadar air yang berbeda-beda dengan jumlah pukulan berkisar antara 15 sampai 35.

2. Batas Plastis (*plastic limit - PL*)

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air, dinyatakan dalam persen dimana tanah apabila digulung sampai dengan diameter 1/8 inch (3,2 mm)

menjadi retak-retak. Batas plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah.

3. Batas Susut (*shrinkage limit - SL*)

Suatu tanah akan menyusut apabila air yang dikandungnya secara perlahan-lahan hilang dalam tubuh. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan di mana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume.

Kadar air, dinyatakan dalam persen perubahan volume suatu massa tanah berhenti didefinisikan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Uji batas susut dilakukan dilaboratorium dengan menggunakan suatu mangkok porselin yang mempunyai diameter kira-kira 1,75 inch (44,4 mm) dan tinggi kira-kira 0,5 inch (12,7 mm). volume dari contoh tanah yang telah dikeringkan ditentukan dengan cara menggunakan air raksa.

4. Indeks Plastis (*plasticity index - PI*)

Index plastisitas adalah perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah atau $IP = LL - PL$

Indeks plastisitas digunakan sebagai identifikasi sifat plastis tanah. Jika tanah mempunyai IP tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Jika IP rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering.

Pada kebanyakan tanah di alam, berada dalam kondisi plastis. Kadar air yang terkandung dalam tanah berbeda-beda pada setiap kondisi tersebut bergantung pada interaksi antara partikel mineral lempung. Bila kandungan air

berkurang maka ketebalan lapisan kation akan berkurang pula yang mengakibatkan bertambahnya gaya-gaya tarik antara partikel-partikel. Untuk suatu tanah yang berada dalam kondisi plastis, besarnya gaya-gaya antar partikel harus sedemikian rupa sehingga partikel-partikel tidak mengalami pergeseran satu dengan lainnya yang ditahan oleh kohesi dari masing-masing partikel. Perubahan kadar air disamping menyebabkan perubahan volume tanah, juga mempengaruhi kekuatan tanah sehingga berbeda-beda pada setiap kondisi tanahnya. Pada kondisi cair, tanah memiliki kekuatan yang sangat rendah dan terjadi deformasi yang sangat besar. Namun sebaliknya, kekuatan tanah menjadi sangat besar dan mengalami deformasi yang sangat kecil dalam kondisi padat.

Untuk mengukur kekuatan tanah berdasarkan batas-batas konsistensi dikenal suatu parameter yaitu indeks cair (*liquidity index*), *LI*, dirumuskan :

$$LI = \frac{W_N - PL}{PI}$$

Keterangan :

W_N = kadar air tanah asli di lapangan,

PL = batas plastis tanah,

PI = indeks plastisitas tanah.

Jadi, untuk lapisan tanah asli yang pada kedudukan plastis, nilai $LL > W_N > PL$. Nilai indeks cair akan bervariasi antara 0 dan 1. Lapisan tanah asli dengan $W_N > LL$ akan mempunyai $LI > 1$. Tabel 2.4 menyajikan uraian tentang keadaan umum kekuatan tanah berdasarkan nilai indeks cair.

Tabel 2.4 Karakteristik Kekuatan Tanah Pada Beberapa Nilai Indek Cair
(Bowles, 1991 : 41)

Nilai Indek Cair	Karakteristik Kekuatan Tanah
$LI < 0$	Kondisi tanah agak padat, memiliki kekuatan tinggi dan bersifat getas (<i>brittle</i>)
$0 < LI < 1$	Tanah berada pada kondisi plastis, memiliki kekuatan yang sedang dan mengalami deformasi seperti bahan plastis
$LI \geq 1$	Tanah berada pada kondisi cair, memiliki kekuatan yang sangat rendah dan mengalami deformasi seperti halnya bahan cair yang kental (<i>viscous fluid</i>)

2.5 Sifat Mekanik Tanah

2.5.1 Kadar Air

Kadar air (w) adalah perbandingan antara berat air yang dikandung tanah dan berat kering tanah, dinyatakan dalam persen.

Untuk mencari kadar air, digunakan rumus :

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

2.5.2 Berat Volume Tanah (γ)

Berat volume tanah adalah berat tanah per satuan volume. Dengan rumus dasar :

$$\gamma = \frac{W_w + W_s}{V}$$

Keterangan : γ = Berat volume

W_w = Berat air

W_s = Berat butiran

V = Volume total

2.5.3 *Specific Gravity* (Gravitas Khusus)

Menurut ilmu mekanika tanah berat jenis didefinisikan sebagai ratio antara berat unit zat padat dengan berat unit air, seperti dapat kita lihat dalam persamaan di bawah ini :

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \cdot \gamma_w}$$

Keterangan :

G_s = Berat Jenis

W_s = Berat butir padat (gram)

V_s = Volume butir padat (cm^3)

γ_w = Berat volume air (gram/cm^3)

Tabel 2.5 Nilai-nilai Gravitas Khusus (Hardiyatmo, 1992 : 4)

Macam Tanah	Gravitas Khusus (G_s)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organic	2,62 – 2,68
Lempung organic	2,58 – 2,65
Lempung tak organic	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

2.5.4 Pemadatan Tanah (*compaction*)

Pemadatan tanah (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara yaitu tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini. Untuk mencari hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan.

Cara mekanis yang dipakai untuk memadatkan tanah dapat bermacam-macam. Di lapangan biasanya dipakai cara menggilas sedangkan di laboratorium dipakai cara uji Proctor. Pemadatan yang digunakan adalah pemadatan standar. Alat uji Proctor terdiri dari silinder *mould* dan alat penumbuk. Tanah di dalam *mould* dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm. Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk 25 kali pukulan, percobaan ini dilakukan sebanyak 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Selanjutnya digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume kering, yang hasilnya akan memperlihatkan nilai kadar air terbaik untuk mencapai nilai berat volume kering maksimum. Kadar air pada keadaan ini disebut kadar air optimum, (Hardiyatmo, 1992 : 61).

2.6 Tanah Lempung

Tanah lempung (*clay*) adalah jenis tanah yang dalam keadaan kering terasa berlemak, mempunyai daya susut muai yang besar dan mempunyai daya ikat yang besar, baik dalam keadaan kering maupun dalam keadaan basah. Lempung merupakan partikel-partikel berukuran mikroskopis sampai submikroskopis yang berasal dari pelapukan kimia batuan. Lempung mempunyai

sifat sangat plastis pada keadaan basah dan sangat keras sekali pada keadaan kering, (Soekoto, 1984 : 3).

Tanah lempung mempunyai beberapa sifat yang membedakannya dengan tanah lain yaitu ukuran butir halus (kurang dari 0,002 m), permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, serta proses konsolidasinya bersifat lambat.

Jika tekanan dihilangkan sementara tanah tetap bersentuhan dengan air bebas, maka kadar air dan volume tanah akan bertambah. Fenomena ini dikenal sebagai pembengkakan (*swelling*), (Terzaghi dan B.Peck, 1993 : 12).

Kerr (1959) dalam Hardiyatmo (1992) menyatakan bahwa mineral lempung umumnya terdapat kira-kira 15 macam mineral. Diantaranya terdiri 3 komponen penting yaitu : *monmorillonite*, *illite*, dan *kaolinite*.

Monmorillonite disebut juga dengan *smectite*, yaitu mineral yang dibentuk oleh dua lembaran silika dan satu lembaran aluminium (*gibbsite*), dengan rumus umum : $(OH)_4Si_8Al_4O_{20} \cdot nH_2O$ dengan nH_2O adalah air yang berada diantara lapisan-lapisan (n lapis). Mineral ini mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air, sehingga tanah yang mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air ini sangat mudah mengembang. Karena sifat-sifat tersebut *Monmorillonite* sangat sering menimbulkan masalah pada bangunan, seperti dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya.

Lilite adalah bentuk mineral lempung yang terdiri dari mineral-mineral kelompok *lilite* yang mempunyai rumus : $(OH)_4Ky(Si_8yAl_y)(Al_4Mg_6Fe_6)O_{20}$ dengan bernilai antara 1 dan 1,5. *Lilite* diturunkan dari mika (*auscovite*) dan *hiotet*

(*biotite*), dan terkadang disebut lempung mika. Susunan *lilite* tidak mengembang oleh gerakan air diantara lembaran-lembarannya.

Kaolinite merupakan kelompok dari mineral *kaolin*, terdiri dari kombinasi lembaran silika dan alluminium yang keduanya terikat oleh ikatan hidrogen. Rumus *kaolinite* yang dihasilkan ialah : $(OH)_8Al_4Si_4O_{10}$. Mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk diantara lempengannya untuk menghasilkan pengembangan atau penyusutan pada satuannya.

2.7 Pengembangan Tanah (*Swelling*)

Mineral lempung, ukuran butir tanah, kadar air dan indeks plastisitas sangat berpengaruh pada potensi pengembangan tanah. Peningkatan persentase ukuran butiran berdasarkan fraksi lempung (0,002 mm) dan indeks plastisitas pada berbagai mineral lempung akan meningkatkan persentase potensi pengembangan, (Chen, 1975). Hubungan antara persentase pengembangan dengan indeks plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Hubungan Potensi Pengembangan dengan Indeks Plastistas (Chen, 1975)

Potensi Pengembangan	Indeks Plastisitas (IP)
1. Rendah	< 10
2. Sedang	10 - 35
3. Tinggi	20 - 55
4. Sangat tinggi	> 55

Taufik Usman (2008), umumnya sebagian besar wilayah Indonesia ini diliputi oleh tanah lempung dengan pengembangan yang cukup besar (plastisitas

tinggi), yaitu akan berubah volumenya (mengembang) bila bertambah (berubah) kadar airnya. Volumenya akan membesar dalam kondisi basah dan akan menyusut bila dalam kondisi kering. Pengertian plastisitas adalah sifat tanah dalam keadaan konsistensi, yaitu cair, plastis, semi padat, atau padat bergantung pada kadar airnya. Kebanyakan dari tanah lempung atau tanah berbutir halus yang ada di alam dalam keadaan plastis. Secara umum semakin besar plastisitas tanah, yaitu semakin besar rentang kadar air daerah plastis maka tanah tersebut akan semakin dalam kekuatan dan mempunyai kembang susut yang semakin besar.

Faktor utama yang mempengaruhi perilaku pengembangan (*swelling*) tanah lempung adalah kandungan mineral yang terdapat di dalam tanah lempung. Variasi perubahan kadar air yaitu peristiwa penyerapan dan pelepasan air oleh mineral lempung mengakibatkan perubahan volume pada tanah atau yang disebut dengan *swelling* (mengembang atau menyusut dari tanah lempung).

2.7.1 Hubungan Antara Batas Konsistensi dengan Perubahan Volume

Batas cair ini merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kembang-susut tanah. Batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal pula sebagai batas-batas konsistensi atau batas-batas Atterberg (yang mana diambil dari nama peneliti pertamanya yaitu A. Atterberg pada tahun 1913).

Tabel 2.7. Hubungan Batas Konsistensi dengan Perubahan Volume (Holtz dan Gibs (1956) dalam Bowles, 1991 : 262)

Potensi Perubahan Volume	Indeks Plastisitas		Batas Susut
	Daerah Kering	Daerah Lembab	
Kecil	0-15	0-30	>12
Sedang	15-30	30-50	10-12
Besar	>30	>50	<10

Kemudian pada Tabel 2.8 Potensi Pengembangan (Holzt, 1969: Gibbs, 1969: USBR, 1974) dapat diketahui potensi pengembangan suatu jenis tanah berdasarkan nilai indeks plastisitasnya (IP), untuk tanah lempung yang dikategorikan lempung *expansive* batasan nilai indeks plastisitasnya (IP) > 35 %. Sedang Tabel 2.9 menunjukkan hal yang sama, dari hasil pengalaman Chen (1988) pada era Rocky mountain.

Tabel 2.8. Potensi Pengembangan (Holzt, 1969 : Gibbs, 1969, USBR, 1974)

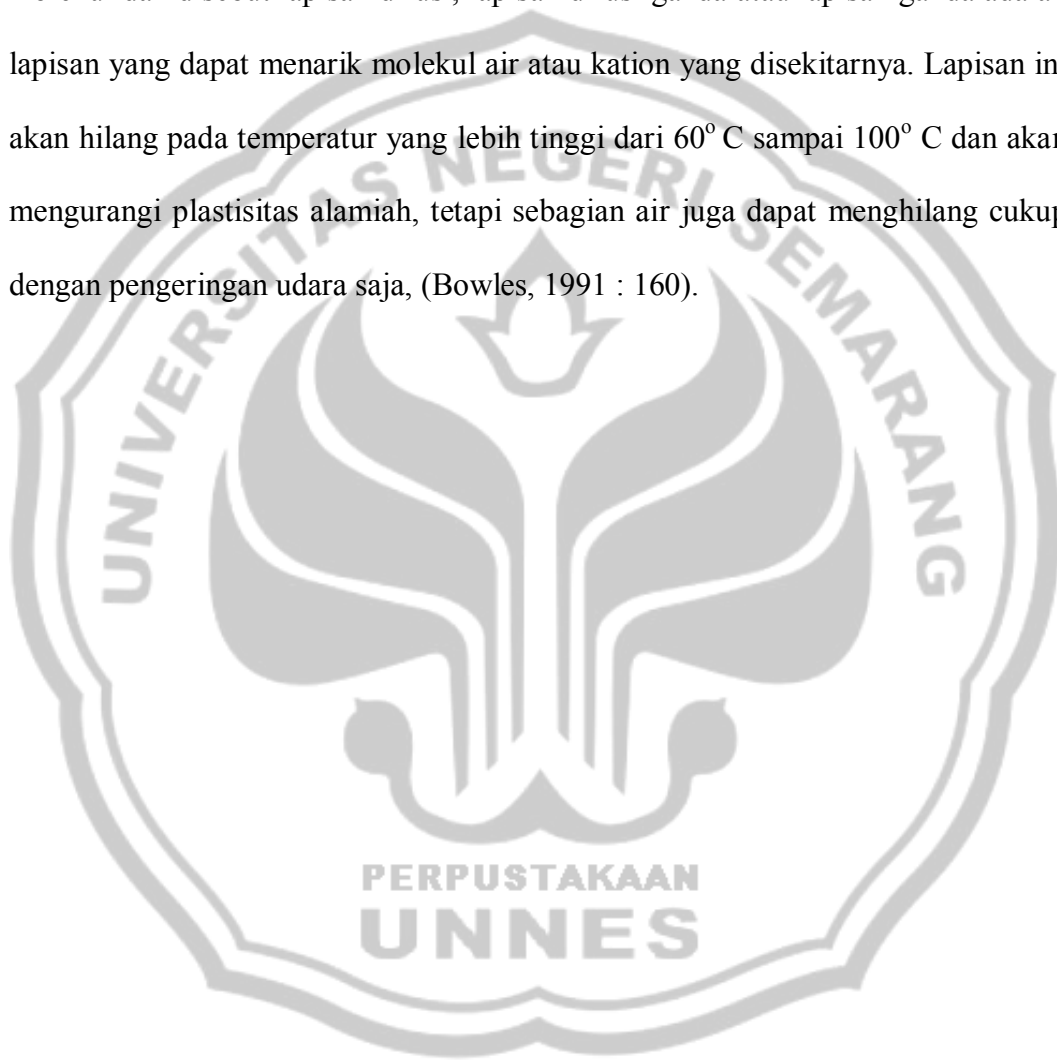
Potensi pengembangan	Pengembangan (%) (akibat tekanan 6,9 KPa)	Persen Koloid (<0,001mm) (%)	Indeks Plastisitas IP (%)	Batas Susut SL (%)	Batas Cair LL (%)
Sangat tinggi	>30	>28	>35	>11	>65
Tinggi	20-30	20-31	25-41	7-12	50-63
Sedang	10-20	13-23	15-28	10-16	39-50
Rendah	<10	<15	<18	<15	39

Tabel 2.9. Sifat Tanah Lempung (Chen, 1998)

Potensi pengembangan	Potensi lolos saringan no.200	Batas cair LL	N-SPT	Kemungkinan Ekspansi (%)	Tekanan Pengembangan (Kpa)
Sangat tinggi	>95	>60	>30	>10	>1000
Tinggi	60-65	40-60	20-30	3-10	250-1000
Sedang	30-60	30-40	10-20	1-5	150-250
Rendah	<30	<30	<10	<1	<50

2.7.2 Hubungan Antara Plastisitas dan Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari 60° C sampai 100° C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja, (Bowles, 1991 : 160).



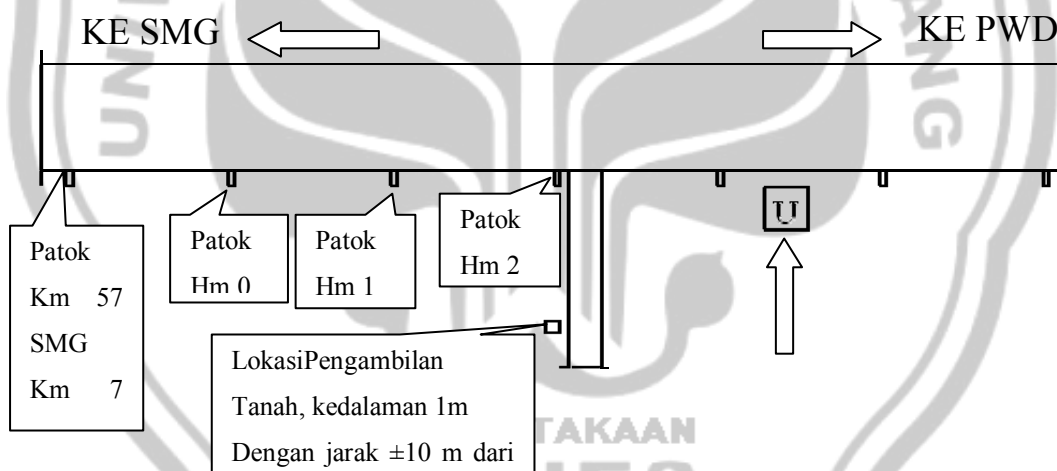
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

3.1.1 Tanah

Tanah yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah tanah yang diambil dari tanah yang berada di jalan Penawangan-Purwodadi desa Pulorejo, tepatnya berada pada KM 57,2 dari Semarang dan KM 6,8 dari Purwodadi. Sampel tanah diambil pada kedalaman 1 meter dibawah permukaan tanah dalam keadaan terusik (*disturb*). Berikut lokasi pengambilan sampel tanah :



Gambar 3.1. Denah Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

3.1.2 Air

Air yang digunakan diambil dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.

3.3 Rancangan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini mempunyai 2 variabel, yaitu tanah dan air. Pada variabel tanah terdapat 5 indikator yang akan dilakukan pengujian *swelling* (kembang susut tanah), tiap indikator diambil 2 sampel. Jadi ada 10 sampel yang akan dilakukan pada penelitian uji *swelling*.

Berikut **Tabel 3.1** Tahap Penelitian Pokok.

No.	Indikator	Sampel
1.	Batas Susut (SL) (Satu titik pengujian)	A1
		B1
2.	Batas Antara Batas Susut dan Batas Plastis (Satu titik pengujian)	A2
		B2
3.	Batas Plastis (PL) (Satu titik pengujian)	A3
		B3
4.	Batas Antara Batas Plastis dan Batas Cair (Satu titik pengujian)	A4
		B4
5.	Batas Cair (LL) (Satu titik pengujian)	A5
		B5

3.4 Persiapan Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

3.4.1 Kadar Air

1. Oven dengan suhu yang dapat diatur konstan yaitu pada suhu 110°C
2. Timbangan yang mempunyai ketelitian sekurang-kurangnya :
 - 0,01 gram untuk berat kurang dari 100 gram
 - 0,10 gram untuk berat antara 100 gram
 - 1,00 gram untuk berat lebih dari 1000 gram
3. Desikator
4. Cawan timbang tertutup dari gelas atau logam tahan karat

3.4.2 Berat Jenis Tanah (Gs)

1. *Piknometer*, yaitu botol gelas dengan leher sempit dan dengan tutup (dari gelas) yang berlubang kapiler, dengan kapasitas 50 cc atau lebih besar
2. Timbangan dengan ketelitian 0,001 gram
3. Oven dengan suhu 110°C
4. *Desikator*
5. *Termometer*
6. Cawan porselen (*mortar*) dengan penumbuk berkepala karet (*pestel*) untuk menghancurkan gumpalan tanah menjadi butir-butir tanpa merusak butir-butirnya sendiri
7. Alat vakum atau kompor

3.4.3 Batas Cair

1. Alat batas cair *Cassagrande*
2. Alat pembarut (*grooving tool*)
3. Cawan porselen (*mortar*)

4. Alat penumbuk/penggerus (*pestel*) berkepala karet atau dibungkus karet
5. Spatel
6. Saringan No. 40
7. Alat-alat pemeriksa kadar air

3.4.4 Batas Plastis

1. Cawan porselen
2. Alat penumbuk/penggerus (*pestel*) berkepala karet atau dibungkus karet
3. *Spatel*
4. Plat kaca
5. Saringan No. 40
6. Batang kawat Ø 1 mm untuk ukuran pembanding
7. Alat-alat pemeriksa kadar air

3.4.5 Batas Susut

1. Cawan porselen
2. *Spatel*
3. *Cawan* susut dari porselen berbentuk bulat dengan alas datar, berdiameter ± 4,44 cm dan tinggi 1,27 cm
4. Pisau perata (*Straight Edge*)
5. Alat pengukur volume tanah yang terdiri dari mangkok gelas, plat gelas dengan tiga paku dan air raksa
6. Gelas ukur 25 cc
7. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

3.4.6 Distribusi Ukuran Butir Tanah

1. *Hidrometer*
2. Saringan (No. 10, 20, 40, 60, 140, 200)
3. Timbangan dengan ketelitian sekurang-kurangnya 0,01 gram
4. Gelas silinder kapasitas 1000 cc, dengan diameter $2\frac{1}{2}'' = 6,35$ cm, tinggi $18'' = 45,7$ cm dengan tanda volume 1000 cc di sebelah dalam pada ketinggian ± 2 cm dari dasar
5. Cawan porselen (*mortar*) dan alat penggerus (*pestel*) berkepala karet atau diungkus karet
6. Alat pengaduk suspensi
7. Thermometer suhu 0-50° C
8. Stopwatch

3.4.7 Uji Proctor

1. Saringan No. 4
2. Silinder pemadat dengan diameter 10, 150 cm dan tinggi 11,675 cm
3. Penumbuk standar
4. Alat untuk mengeluarkan contoh tanah
5. *Sket mart*
6. Timbangan dengan ketelitian 1 gr
7. Pisau perata
8. Seperangkat alat pengujian kadar air
9. Alat pencampur tanah, sendok dan talam

3.4.8 Uji kembang susut (*swelling*)

1. CBR cetakan (*modal*)
2. Piringan pemisah
3. Palu penumbuk
4. Alat pengukur pengembangan/*dial*
5. Keping beban lubang bulat
6. Keping beban lubang alur
7. Pisau perata
8. Bak perendam
9. Alat pengeluar contoh (*extruder mold*)
10. Timbangan 20 kg
11. Kertas saring

3.5 Pelaksanaan Penelitian

Tahap-tahap pelaksanaan penelitian sebagai berikut :

3.5.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan persiapan bahan-bahan yang akan digunakan dalam pengujian, meliputi :

1. Pengambilan tanah
2. Penyaringan tanah menggunakan ayakan No.40

3.5.2 Tahap Penelitian Pendahuluan

3.5.2.1 Pemeriksaan kadar air tanah

1. Kegunaan :

Untuk memeriksa kadar air suatu tanah yaitu berat air yang terkandung di dalam tanah dengan berat tanah kering dinyatakan dalam persen.

2. Pelaksanaan :

- a. Cawan kosong ditimbang, kemudian dicatat beratnya (W_1).

- b. Contoh tanah dimasukkan ke dalam cawan timbang, kemudian bersama tutupnya ditimbang (W_2).
- c. Dalam keadaan terbuka, cawan bersama tanah dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 16-24 jam.
- d. Cawan dengan tanah kering diambil dari oven, didinginkan dalam desikator ± 2 jam.

$$\text{Kadar Air (W)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_4)} \times 100\%$$

3.5.2.2 Berat Jenis/Grafitas khusus (*specific gravity*) (G_s)

1. Kegunaan :

Untuk menentukan berat jenis suatu tanah, yaitu perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama dan pada temperatur tertentu.

2. Pelaksanaan :

- a. Piknometer dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu.
- b. Piknometer kosong ditimbang (W_1).
- c. Tanah yang sudah hancurkan kemudian dikeringkan dalam oven dan didinginkan dalam desikator.
- d. Tanah dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak 10 gram, piknometer dengan tutupnya yang telah berisi tanah ditimbang (W_2).
- e. Isikan air 10 cc ke dalam piknometer, sehingga tanah terendam seluruhnya lalu biarkan 2-10 jam.
- f. Tambahkan air destilasi hingga setengah/sepertiga penuh.

- g. Udara yang terperangkap diantara butir-butir tanah harus dikeluarkan/dihilangkan.
- h. Piknometer ditambah air destilasi sampai penuh dan ditutup. Bagian luar piknometer dikeringkan dengan kain kering, setelah itu piknometer berisi tanah dan air ditimbang (W_3).
- i. Piknometer dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi penuh dengan air destilasi bebas udara, ditutup, bagian luar piknometer dikeringkan dengan kain kering. Piknometer penuh air ditimbang (W_4).

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

Berat jenis butir-butir tanah pada temperatur $27,5^\circ$:

$$G = G(t^\circ) \frac{\text{Berat jenis air padat } ^\circ\text{C}}{\text{Berat jenis air padat } 27,5^\circ\text{C}}$$

3.5.2.3 Batas cair (LL)

1. Kegunaan :

Untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair, yaitu kadar air pada kondisi batas peralihan antara cair dan keadaan plastis.

2. Pelaksanaan :

- a. Contoh tanah lolos saringan no.40 disiapkan \pm 150-200 gram.
- b. Contoh tanah ditempatkan pada cawan porselin dan dicampurkan dengan air suling sebanyak 15-20 ml. campur dengan merata dengan bantuan spatula.

- c. Contoh tanah yang telah dicampur dengan homogen diambil dan ditaruh dalam cawan batas cair.
- d. Ratakan permukaan contoh tanah dalam cawan diratakan sehingga sejajar dengan alas.
- e. Buat alur pada contoh tanah dengan menggunakan *grooving tool*. Cara membuat alur adalah dengan memegang alat *grooving tool* tegak lurus permukaan contoh.
- f. Dengan bantuan alat pemutar, angkat dan turunkan cawan tersebut dengan kecepatan 2 putaran/detik.
- g. Hentikan aksi tersebut jika alur sudah tertutup sepanjang $\pm 1,25$ cm dan hitung berapa ketukan yang dibutuhkan.
- h. Ambil contoh tanah tersebut sebagian untuk diperiksa kadar airnya.
- i. Ulangi percobaan di atas dengan kadar air yang berbeda.

$$LL = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

3.5.2.4 Batas plastis (*PL*)

1. Kegunaan :
Untuk menentukan batas plastis suatu tanah yaitu kadar air minimum dari suatu contoh tanah, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis.
2. Pelaksanaan :
 - a. Tanah uji yang dipakai lolos saringan No. 40,
 - b. Tanah dicampur dengan air di dalam cawan porselin sampai homogen. Pemberian air dilakukan sampai tanah bersifat plastis dan

mudah dibentuk menjadi bola-bola dan tidak terlalu melekat pada jari tangan bila ditekan,

- c. Tanah dibentuk menjadi bola dengan diameter ± 13 mm sebanyak 8 buah,
- d. Tanah digelintir di atas kaca dengan jari tangan, sehingga berbentuk batang. Kecepatan menggelintir 1,5 detik tiap satu gerakan maju mundur sampai batang tanah berdiameter 3 mm,
- e. Jika diameternya belum mencapai 3 mm tapi sudah retak-retak, maka batang tanah dimasukkan kembali ke cawan porselin, ditambah air dan diaduk sampai merata, kemudian diukur kadar airnya,
- f. Jika diameternya sudah mencapai 3 mm dan masih licin, batang tanah dipotong-potong menjadi 8 bagian dan diremas-remas kemudian digelintir lagi sampai batang tanah berdiameter 3 mm dan sudah retak-retak serta tidak dapat digelintir menjadi batang-batang yang lebih kecil kemudian diukur kadar airnya.

$$PL = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

3.5.2.5 Batas susut (SL)

1. Kegunaan :

Untuk menentukan batas susut suatu contoh tanah.

2. Pelaksanaan :

- a. Tempatkan contoh dalam cawan porselin dan campurkan dengan air hingga contoh tanah jenuh dan tidak terdapat lagi gelembung udara.

Kadar air yang dihasilkan minimal sama dengan kadar air batas cair.

- b. Olesi bagian dalam cawan monel dengan minyak pelumas, kemudian tempatkan contoh tanah sampai kira-kira $\frac{1}{3}$ bagian cawan dan ketuk-ketuk perlahan-lahan sehingga seluruh cawan terisi.
- c. Isi lagi $\frac{1}{3}$ bagiannya dan ketuk-ketuk kembali. Terakhir isi cawan sampai penuh dan sampai ada yang tumpah keluar. Ratakan permukaan tanah dengan mistar sehingga permukaan benar-benar rata.
- d. Timbang cawan yang telah diisi tanah basah (W_1), keringkan di udara pada temperatur ruang hingga nampak perubahan warna dari warna gelap ke warna terang, masukkan ke oven dengan temperatur konstan yaitu 110°C selama 24 jam. Kemudian didinginkan dalam desikator, ditimbang lalu dicatat beratnya (W_3).
- e. Volume benda uji basah ditentukan dengan cara menimbang cawan monel kosong, kemudian letakkan di atas cawan *cristalizing*. Isi cawan monel dengan air raksa sampai meluap, tekan permukaan cawan monel dengan plat kaca tanpa jarum agar air raksa dapat mengisi seluruh volume cawan monel. Tentukan volume cawan monel dengan menentukan berat air raksa yang terdapat dalam cawan monel. Volume cawan monel merupakan volume benda uji basah (V_1).
- f. volume benda uji kering ditentukan dengan cara menimbang cawan *cristalizing* dalam keadaan kosong. Isi cawan monel dengan air raksa sampai meluap, tekan permukaan cawan monel dengan plat kaca tanpa jarum hingga rata. Kemudian letakkan cawan monel di atas

cawan cristalizing, masukkan tanah yang sudah dioven ke dalam cawan monel dan tekan dengan plat kaca berjarum sampai benda uji tenggelam dan nampak benda uji tertutup seluruhnya oleh air raksa. Catat berat air raksa yang melimpah pada cawan cristalizing. Berat ini menunjukkan volume benda uji kering (V_2).

$$W_s = \left\{ \frac{(W_1 - W_2)}{W_2} - \frac{(V_1 - V_2) \gamma_w}{W_2} \right\} \times 100\%$$

3.5.2.6 Distribusi butir tanah

1. Kegunaan :

Untuk menentukan distribusi butiran tanah pada tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan No. 10 (tidak ada butir yang lebih besar dari 2 mm)

2. Pelaksanaan :

- a. Untuk tanah yang tidak mengandung butir lebih dari 2 mm, tanah lembab yang diperoleh dari lapangan dapat langsung digunakan sebagai benda uji tanpa dikeringkan.
- b. Taruh contoh tanah dalam tabung gelas (*beaker* kapasitas 250 cc). tuangkan sebanyak ± 125 cc larut air + *reagent* yang telah disiapkan.
- c. Tuangkan campuran tersebut dalam alat pengaduk, jangan ada butir yang tertinggal atau hilang dengan membilas dengan air dan tuangkan air bilasan ke alat.
- d. Kemudian segera pindahkan suspense ke gelas silinder pengendap.
- e. Sediakan gelas silinder kedua yang diisi hanya dengan air destilasi dan ditambah reagent sehingga berupa larutan yang keduanya sama

seperti yang dipakai pada silinder pertama.

- f. Tutup gelas isi suspensi dengan tutup karet. Kocok suspensi dengan membolak-balik vertikal ke atas ke bawah selama 1 menit, sehingga butiran-butiran tanah melayang merata dalam air.
- g. Lakukan pembacaan hydrometer pada saat $t = 2; 5; 30; 60; 250; 1440$ menit (setelah $t = 0$)
- h. Setelah dibaca, segera ambil hydrometer pelan-pelan, pindahkan ke dalam silinder kedua. Dalam air kedua bacalah skala hydrometer.
- i. Amati dan catat temperature suspensi dengan mencelupkan thermometer.
- j. Setelah pembacaan hydrometer, tuangkan suspensi ke atas saringan No. 200 seluruhnya.
- k. Pindahkan butir-butir tanah yang tertinggal pada suatu tempat, kemudian keringkan dalam oven (dengan temperature $60^{\circ}-80^{\circ}$).
- l. Kemudian dinginkan dan timbang serta catat berat tanah kering yang diperoleh.
- m. Saring tanah tersebut dengan saringan No : 10, 20, 40, 60, 140, dan 200.
- n. Timbang dan catat berat bagian tanah yang tertinggal di atas untuk tiap saringan. Periksa bahwa seharusnya jumlah berat dari masing-masing bagian sama atau dekat dengan berat sebelum disaring.

3.5.2.7 Pemasakan (*proctor*)

1. Kegunaan :

Untuk memperoleh suatu kadar air optimum tertentu untuk mencapai nilai berat volume kering maksimum.

2. Pelaksanaan :

- a. Contoh tanah lolos ayakan No. 4
- b. Silinder dibersihkan lalu ditimbang tanpa alas dan penyambungannya.
- c. Silinder diukur diameternya dan tingginya.
- d. Plat alas diolesi minyak, contoh tanah dimasukkan dalam silinder.
- e. Pemadatan dibagi tiga lapis, ditumbuk 25 kali secara merata.
- f. Pada lapis terakhir tinggi tanah harus melewati silinder utama ± 1 cm.
- g. Sambungan dan plat alas dilepas dari silinder utama, lalu permukaan silinder diratakan dengan pisau perata, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya.
- h. Sampel tanah dikeluarkan dari silinder dengan alat pengeluar tanah, kemudian dimasukkan ke dalam cawan yang diambil dari ketiga lapis sampel itu.
- i. Cawan-cawan yang berisi tanah tersebut ditimbang dan dicatat beratnya kemudian dicari kadar airnya.
- j. Pemeriksaan ini diulang dengan kadar air yang bervariasi. Data yang diperoleh adalah berat basah, kadar air, dan berat kering. Dari data tersebut kemudian dicari kadar optimum dan berat kering maksimum.

$$\gamma = \frac{B_2 - B_1}{V}$$

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

Keterangan :

B_1 : Berat cetakan (gram)

B_2 : Berat tanah + berat cetakan (gram)

V : Volume cetakan (cm^3)

γ : Berat isi basah (gram/cm^3)

γ_d : Berat isi kering

W : Kadar air (%)

3.5.3 Tahap Penelitian Pokok

Penambahan air pada tanah dihitung berdasarkan berat air terhadap berat kering tanah. Pada penelitian pokok ini diperoleh nilai *swelling* untuk mengetahui potensi pengembangannya.

3.5.3.1 Uji *swelling*

1. Kegunaan :

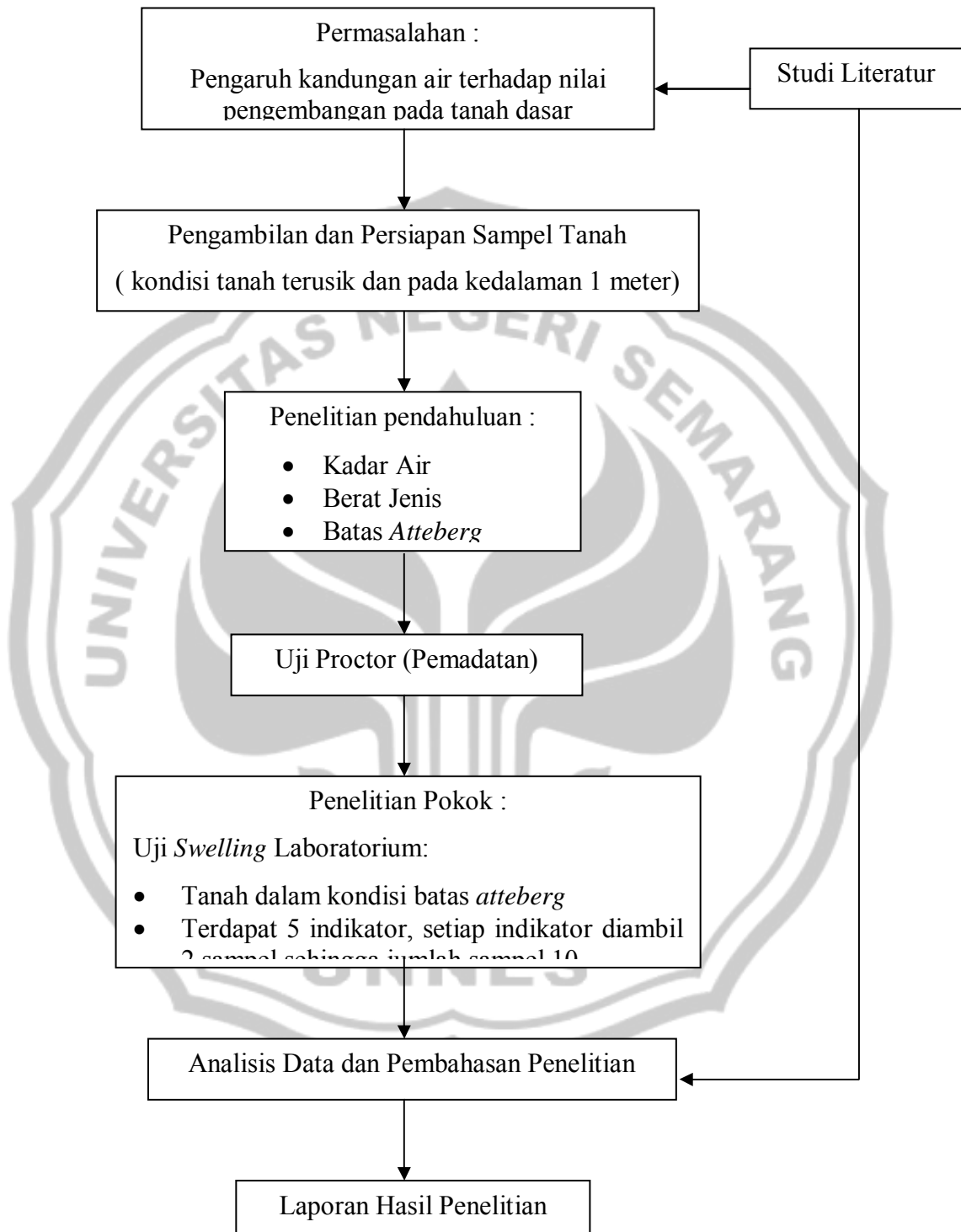
Untuk menentukan nilai pengembangan (*swelling*) tanah dalam kondisi batas susut, batas plastis dan batas cair.

2. Pelaksanaan :

- a. Contoh tanah kering udara diambil sebanyak dua contoh tanah dengan berat masing-masing (4-5 kg)
- b. Campur tanah tersebut dengan air sesuai dengan nilai kadar air yang akan diujikan, aduk hingga rata. Kemudian sebelum dipadatkan ambil sedikit contoh tanah untuk pemeriksaan kadar airnya.
- c. *Mold* dipasang pada keping alas dan timbang, kemudian dimasukkan keping pemisah lalu letakkan kertas saring di atasnya

- d. Masing-masing contoh tersebut dipadatkan di dalam CBR *mold* dengan jumlah tumbukan 56 kali dengan jumlah 3 lapisan
- e. *Colar* dilepaskan lalu permukaan contoh diratakan dengan alat perata, lubang-lubang pada permukaan ditambal karena lepasnya butir-butir kasar dengan bahan yang lebih halus
- f. Piring pemisah (*spacer disk*) dikeluarkan lalu dibalik dan *mold* yang berisi contoh dipasang kembali pada alas, lalu ditimbang
- g. Beban diletakkan di atas permukaan benda uji seberat 10 lbs sebagai beban pengganti yang akan dilimpahkan pada tanah nantinya, kemudian dipasang alat pengukur pengembangan (*swelling*)
- h. Cetakan tersebut direndam dengan air, sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah. Alat pengukur pengembangan di pasang, pembacaan pertama dicatat, kemudian pembacaan dilakukan setiap 4 x 24 jam. Permukaan air selama perendaman harus tetap (kira-kira 2,5 cm) diatas permukaan contoh. Bila contoh sudah tidak mengalami pengembangan sebelum 4 x 24 jam, proses dihentikan. Pembacaan dicatat pada akhir perendaman
- i. Cetakan diangkat dari dalam air, genangan air di atasnya dibuang dengan cara memiringkan cetakan selama 15 menit. Alat pengukur pengembangan diangkat, kemudian *mold* beserta isinya ditimbang kembali.

3.6 Bagan Alur Pengujian



Gambar 3.2. Alur Prosedur Pelaksanaan Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil penelitian

4.1.1 Sampel Tanah

Dari hasil penelitian yang dilakukan di dalam laboratorium mekanika tanah, Fakultas teknik Sipil Universitas Negeri Semarang, dengan menggunakan tanah lempung yang diambil di daerah Penawangan-Purwodadi desa Pulorejo, tepatnya berada pada KM 57,2 dari Semarang dan KM 6,8 dari Purwodadi dengan kedalaman 1 meter dari permukaan tanah diperoleh data pada Lampiran 1 sampai dengan Lampiran 3, yang dirangkum dalam tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Karakteristik Tanah Asli

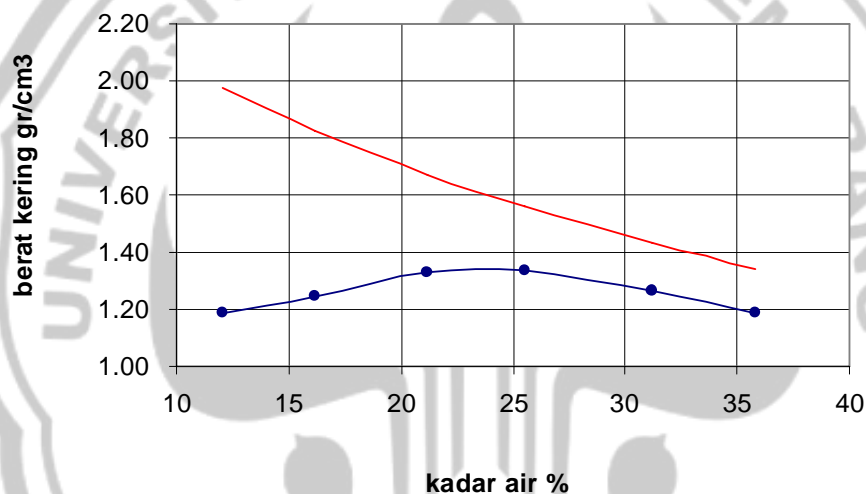
Pemeriksaan	Nilai
Kadar air tanah asli	50,48 %
Berat jenis tanah	2,59
Batas susut	21,89 %
Batas plastis	30,14 %
Batas cair	77,77 %
Indeks plastisitas	47,63 %
Batas antara cair dan plastis	53,95 %
Kandungan sand	13,56 %
Kandungan silt dan clay	94,08 %
Berat kering maksimum	1,39 gr/cm ³
Kadar air optimum	25,53 %

4.1.2 Pengujian *Proctor* (Pemadatan Tanah)

Pengujian *proctor* standar bertujuan untuk mencari nilai kepadatan maksimum dari suatu sampel tanah. Hasil pengujian *proctor* standar dapat dilihat pada Lampiran 3, Tabel 4.2 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian *Proctor* Standar

Percobaan	1	2	3	4	5	6
Kadar air rata-rata (%)	12,04	16,17	21,15	25,53	31,18	35,77
Berat volume tanah kering (gr/cm^3)	1,24	1,30	1,38	1,39	1,31	1,23



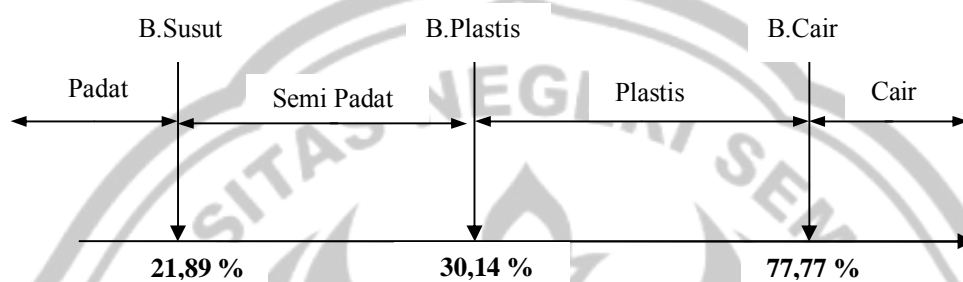
Gambar 4.1 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

Dari kurva hubungan kadar air dan berat volume tanah kering maka diperoleh data kadar air optimum sebesar 25,53 % dan berat volume kering maksimum sebesar 1,39 (kg/cm^3).

4.1.3 Pengujian Kadar Air, Berat Jenis dan Batas Konsistensi (*Atterberg*)

Hasil pemeriksaan kadar air, sampel tanah memiliki kadar air = 50,48%. Berdasarkan hasil uji *specific gravity*, diketahui berat jenis tanah sebesar 2,59. Pada pengujian *atterberg* menunjukkan bahwa sampel tanah memiliki batas cair

(*Liquid Limit*) = 77,77%, batas plastis (*Plastic Limit*) = 30,14%, dan batas susut (*shrinkage Limit*) = 21,89%. Indeks plastisitas = 47,63% diperoleh dari selisih batas cair dan batas plastis. Dengan batasan tersebut maka dapat diketahui suatu rentang kadar air yang menggambarkan suatu daerah atau keadaan tanah, yaitu daerah padat, daerah semi padat, daerah plastis dan daerah cair



Gambar 4.2 Hasil Pengujian Batas Konsistinsi (*Atterberg*)

Dari hasil pengujian batas *atterberg*, selanjutnya batas yang diketahui dipakai dalam pengujian *swelling*. Penambahan kadar air dilakukan untuk mengetahui nilai *swelling*

4.1.4 Pengujian *Swelling*

Pengujian *swelling* merupakan penelitian pokok yang dilakukan di dalam laboratorium mekanika tanah yang bertujuan untuk menentukan nilai pengembangan (*swelling*) tanah dengan penambahan kadar air berdasarkan batas *atterberg*. Hasil pengujian *swelling* dapat di lihat pada Lampiran 4 sampai dengan Lampiran 13 dan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Swelling* Berdasarkan Kadar Air Batas *Atterberg*

No.	Batas <i>Atterberg</i>	Kode	Kadar air (%)	Berat Volume Kering (gr/cm^3)	Nilai <i>Swelling</i> (%)
1.	Batas Susut 21,89 % (Daerah padat, rentang 0 % - 21,89 %)	A1	20,93	1,26	6,55
		B1	22,53	1,25	6,44
2.	Antara Batas Susut dan Batas Plastis (26,01 %) (Daerah semi padat, rentang 21,89 % - 30,14 %)	A2	23,46	1,24	6,15
		B2	24,63	1,24	5,92
3.	Batas Plastis 30,14 % (Daerah semi padat, rentang 21,89 % - 30,14 %)	A3	27,83	1,22	5,65
		B3	28,32	1,22	4,8
4.	Antara Batas Plastis dan Batas Cair 53,95 % (Daerah plastis, rentang 30,14 % - 77,77 %)	A4	53,16	1,04	0,41
		B4	54,47	1,03	0,38
5.	Batas Cair 77,77 % (Daerah Cair, lebih besar dari 77,77 %)	A5	76,31	0,86	0,02
		B5	79,33	0,85	0,01

Dari Tabel 4.3 di atas dapat diketahui bahwa nilai *swelling* tertinggi adalah 6,55 % yaitu pada variasi pencampuran kadar air 20,93 % dan berat kering $1,26 \text{ gr}/\text{cm}^3$ yang dimasukkan pada tanah kondisi batas susut (daerah padat), dan nilai *swelling* terendah adalah 0,01 % yaitu pada variasi pencampuran kadar air 79,33 % dan berat kering $0,85 \text{ gr}/\text{cm}^3$ yang dimasukkan pada tanah kondisi batas cair (daerah cair)

Pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.2 bahwa apabila kondisi tanah berada pada daerah padat menghasilkan $\gamma_d = 1,26 \text{ gr}/\text{cm}^3$ nilai *swelling*nya = 6,55 %, daerah semi padat menghasilkan $\gamma_d = 1,24 \text{ gr}/\text{cm}^3$ nilai *swelling*nya = 6,15 % dan $\gamma_d = 1,22 \text{ gr}/\text{cm}^3$ nilai *swelling*nya = 5.65 %, daerah plastis menghasilkan $\gamma_d = 1,04 \text{ gr}/\text{cm}^3$ nilai *swelling*nya = 0,41 %, sedangkan pada daerah cair menghasilkan $\gamma_d = 0,85 \text{ gr}/\text{cm}^3$ nilai *swelling*nya = 0,01 %.

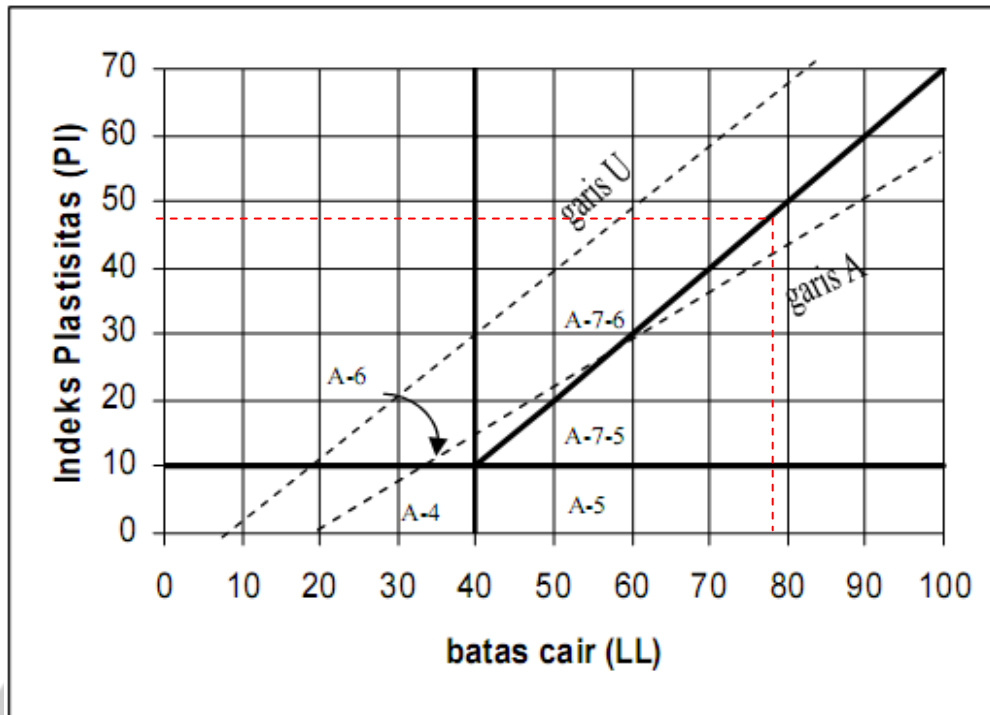
4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Gradasi Butiran Tanah

Untuk dapat mengklasifikasikan sampel tanah dari Desa Pulorejo, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan maka dibutuhkan data-data hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium mekanika tanah sehingga jenis tanah dapat diketahui. Dari sistem klasifikasi tanah yang ada, dalam penelitian ini hanya menggunakan dua sistem klasifikasi tanah yaitu Sistem klasifikasi AASTHO dan sistem klasifikasi *Unified*.

4.2.1.1 Sistem Klasifikasi AASHTO

Berdasarkan hasil uji analisa distribusi butiran pada Lampiran 2, serta hasil uji batas *Ateberg* pada Lampiran 1 diperoleh data tanah lolos ayakan nomer 200 = 94,08 %. Dari Tabel 2.1 pada halaman 12 dapat diketahui bahwa $F = 94,08$ %, karena lebih besar dari 35 % lolos saringan nomer 200 maka termasuk jenis lanau atau lempung. $LL = 77,77$ %, kemungkinan dapat dikelompokkan A-5 (41 % minimum) atau A-7 (41 % minimum). $IP = 47,63$ %, untuk A-5 IP maksimumnya 10 %. Jadi tanah dikelompokkan ke dalam kelompok A-7 yang IP minimumnya 41 %, kemungkinan A-7-5 atau A-7-6. Untuk membedakan keduanya, dihitung $LL-30 = 77,77\% - 30 = 47,77\%$ lebih besar dari $IP = 47,63\%$, maka diklasifikasikan ke dalam kelompok A-7-5. Sedangkan bila diplotkan ke dalam grafik plastisitas sistem klasifikasi AASHTO, adapun hasil dari grafik tersebut dapat dilihat dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

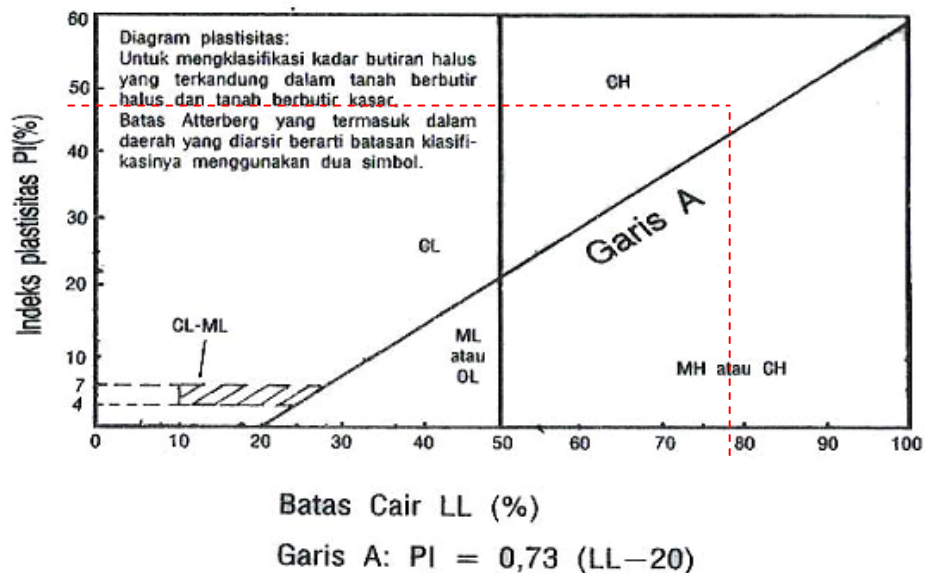
Terlihat garis merah pada Gambar 4.3 di atas termasuk kelompok A-7 yaitu tanah lempung yang bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan volume cukup besar. Kelompok tanah A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6, garis merah pada Gambar 4.3 titik temunya berada pada zone A-7-5. Nilai indeks kelompok dapat di hitung dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 GI &= (F-35) [0,2 + 0,005 (wL-40)] + 0,01 (F-15) (Ip-10) \\
 &= (94,08-35) [0,2 + 0,005 (77,77-40)] + 0,01 (94,08-15) (47,63-10) \\
 &= 52,73 \approx 53
 \end{aligned}$$

Jadi dengan melihat Tabel 2.1 halaman 12 dan Gambar 4.3, sampel tanah lempung ekspansif yang terdapat di Desa Pulorejo, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan diklasifikasikan ke dalam kelompok A-7-5 (53).

4.2.1.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

Telah diketahui bahwa persentase lolos saringan no.200 adalah 94,08 % yang berarti lebih besar dari 50 %, maka dalam Tabel 2.3 pada halaman 16 harus digunakan kolom bawah yaitu butiran halus. Karena nilai $LL = 77,77\%$ lebih besar dari 50 % maka termasuk MH, OH atau CH. Dari penelitian diperoleh nilai $IP = 47,63\%$ dan $LL = 77,77\%$, kemudian diplotkan ke dalam grafik plastisitas sistem klasifikasi *Unified* pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified*

Hasil dari grafik tersebut terlihat bahwa letak garis merah berada di atas garis A, yang menempati zone CH. Jadi dapat diketahui bahwa sampel tanah yang terdapat di Desa Pulorejo, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan adalah termasuk golongan CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*).

4.2.2 Analisis Kembang Susut Tanah (*swelling*)

Suatu jenis tanah dapat diketahui potensi pengembangannya berdasarkan nilai indeks plastisitasnya. Lempung ekspansif merupakan jenis tanah lempung yang di klasifikasikan kedalam jenis tanah yang memiliki nilai pengembangan dan nilai penyusutan yang besar. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh indeks plastisitas sebesar 47,63 %. Dengan indeks plastisitas (IP) > 35 % maka tanah tersebut dikategorikan lempung ekspansif dan bila di masukkan dalam Tabel 2.6 halaman 25, Tabel 2.8 dan Tabel 2.9 halaman 27 adalah termasuk tanah yang mempunyai potensi pengembangan (*swelling*) sangat tinggi.

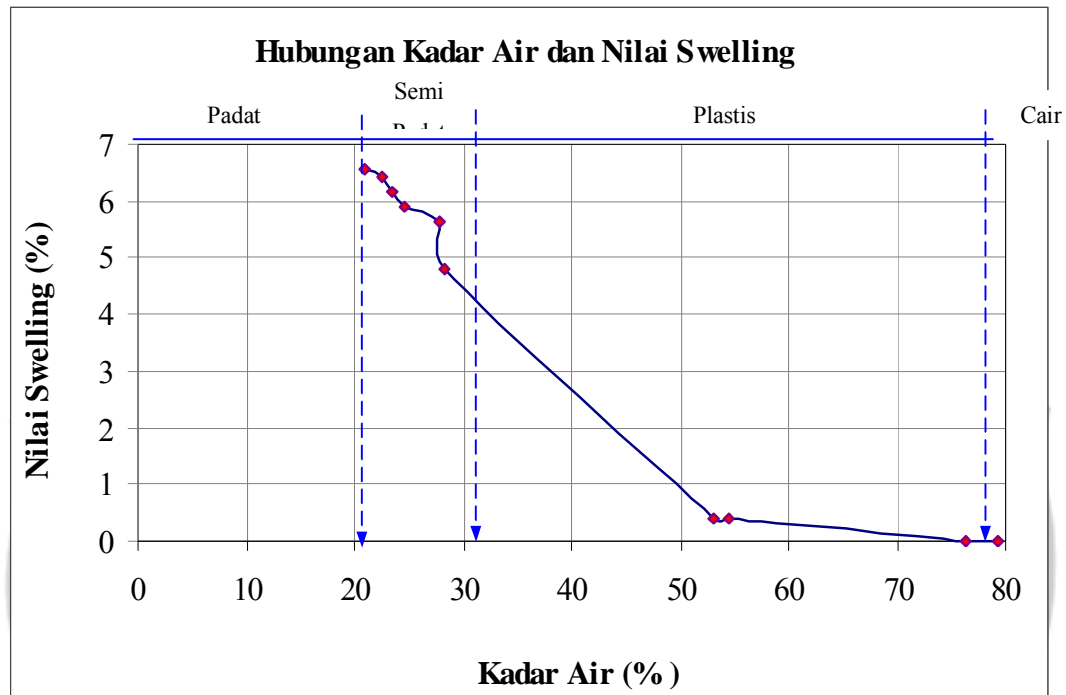
4.2.3 Analisis Kadar Air (w) Terhadap Nilai *Swelling*

Bila kadar air tidak berubah maka tidak akan terjadi perubahan volume. Tanah dengan kadar air awal yang rendah lebih berbahaya dibandingkan terhadap tanah dengan kadar air awal yang tinggi. Dengan kadar air awal yang rendah akan menyerap air lebih banyak. Grafik hubungan kadar air dan nilai pengembangan dapat di lihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5.

Tabel 4.4 Hasil nilai *Swelling* Berdasarkan Penambahan Kadar Air

No	Kondisi Tanah	Kadar Air (%)	Berat Volume Kering (gr/cm ³)	Nilai Swelling (%)
1.	Batas susut	20,93	1,26	6,55
2.	Semi Padat	22,53	1,25	6,44
3.	Semi padat	23,46	1,24	6,15
4.	Semi padat	24,63	1,24	5,92
5.	Semi Padat	27,83	1,22	5,65
6.	Semi Padat	28,32	1,22	4,80

7.	Plastis	53,16	1,04	0,41
8.	Plastis	54,47	1,03	0,38
9.	Batas Cair	76,31	0,86	0,02
10.	Cair	79,33	0,85	0,01



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kadar Air dan Nilai *Swelling*

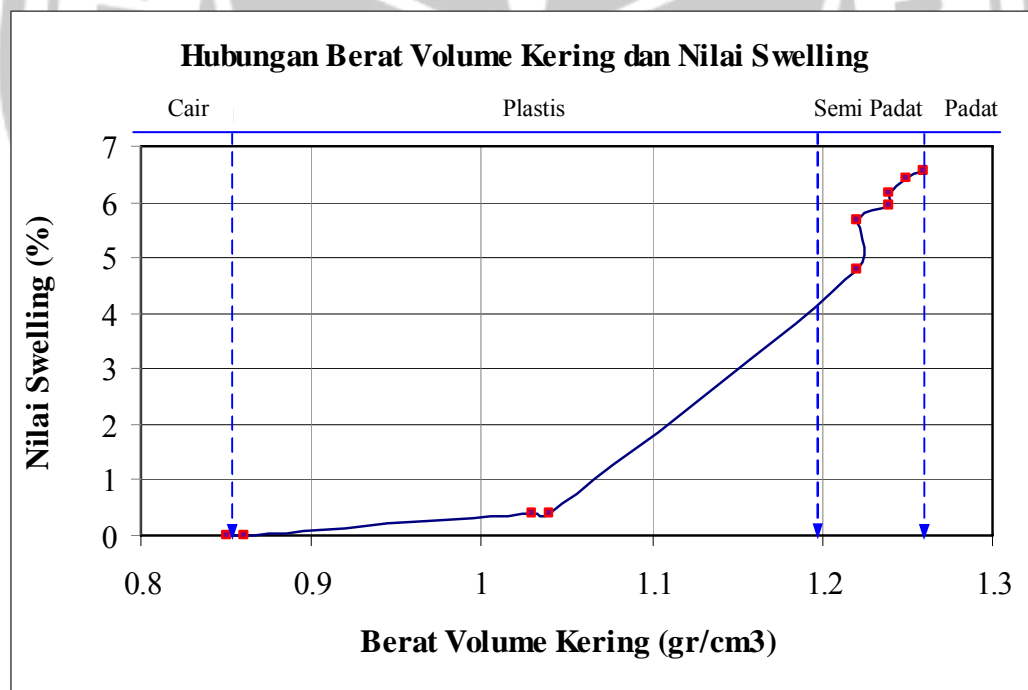
Pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 Terlihat bahwa tanah pada daerah semi padat mengalami perubahan kadar air sedikit tapi menghasilkan perbedaan nilai *swelling* yang tajam, hal ini dapat disimpulkan bahwa daerah kritis atau daerah yang mengalami perubahan volume yang akan menimbulkan kerusakan pada tanah dasar paling besar adalah tanah pada daerah semi padat. Nilai *swelling* terbesar yaitu 6,55 % pada kadar air 20,93 % (tanah dalam kondisi batas susut), dan nilai *swelling* terkecil yaitu 0,01 % pada kadar air 79,33 % (tanah dalam kondisi cair). Nilai *swelling* semakin kecil seiring dengan bertambahnya kadar air

yang diberikan pada setiap pengujian, ini disebabkan karena semakin banyak air yang terkandung dalam lempung maka tanah tersebut akan dalam kondisi jenuh, dalam kondisi ini tanah sudah tidak bisa menyerap air untuk menimbulkan pengembangan. Sedangkan *swelling* semakin besar seiring dengan berkurangnya kadar air, hal ini menunjukkan bahwa kadar air rendah akan menyerap air lebih banyak sehingga mengalami *swelling* lebih tinggi.

Kadar air (w) awal rendah menghasilkan *swell* yang besar, sedangkan w awal tinggi akan menghasilkan *swell* kecil. (Chen, 1975).

4.2.4 Analisis Berat Volume Kering (γ_d) Tanah Terhadap Nilai *Swelling*

Grafik hubungan berat volume kering dan nilai *swelling* dapat di lihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik Berat Volume Kering (γ_d) dan Nilai *Swelling*

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa tanah pada daerah padat menuju plastis mengalami penurunan nilai *swelling* lebih cepat dibandingkan antara daerah plastis menuju cair yang penurunan nilai *swelling*nya lambat. Dan di daerah semi padat mengalami perubahan berat volume kering sedikit tapi menghasilkan perbedaan nilai *swelling* yang tajam, hal ini dapat disimpulkan bahwa daerah kritis atau daerah yang mengalami perubahan volume yang akan menimbulkan kerusakan pada tanah dasar paling besar adalah tanah pada daerah semi padat.

Pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.6 nilai *swelling* terbesar adalah 6,55 % dengan berat volume kering $1,26 \text{ gr/cm}^3$, dan nilai *swelling* terkecil adalah 0,01 % dengan berat volume kering $0,85 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil berat volume kering maka semakin kecil nilai *swelling* yang dihasilkan, dikarenakan semakin besarnya pencampuran kadar air maka tanah tersebut akan semakin berkurang kerapatannya sehingga tekanan pengembangannya pun akan semakin kecil yang berarti bahwa tanah itu semakin jenuh dan mengalami pengembangan yang kecil atau malah tidak mengalami pengembangan lagi. Sedangkan semakin besar berat volume kering maka tekanan pengembangan akan semakin besar yang menyebabkan semakin besar nilai *swelling*nya.

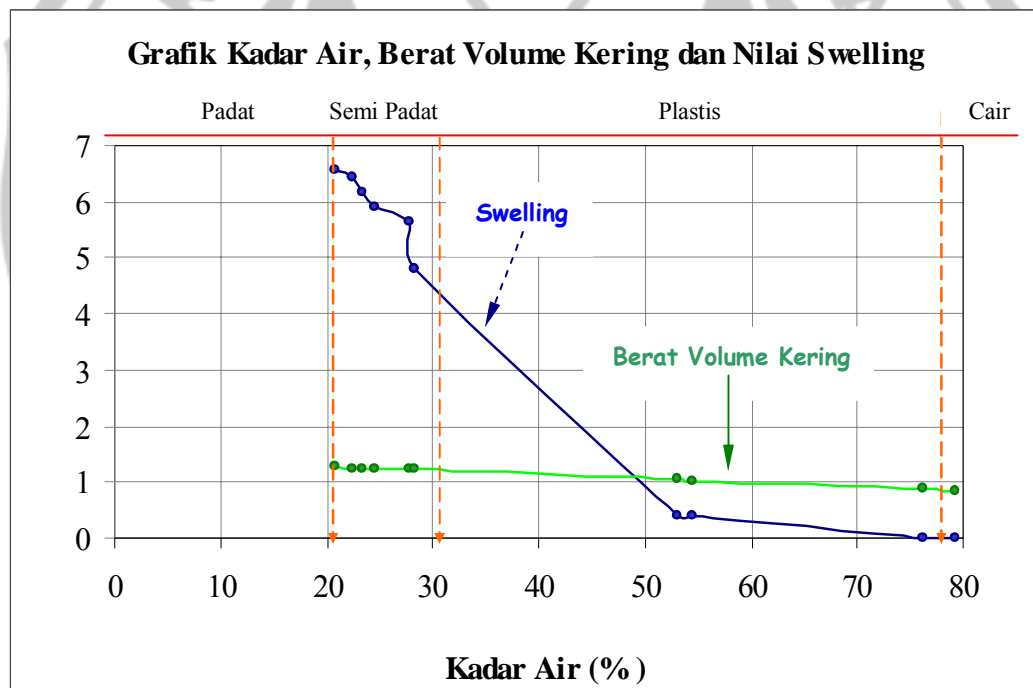
Perubahan berat volume kering pada tanah ekspansif akan mempengaruhi besar *swell* yang dapat terjadi. Semakin besar berat volume kering awal suatu tanah akan mengalami volume (*swell*) yang makin besar. Percobaan ini dilakukan pada contoh tanah dengan kadar air awal yang sama. (Chen, 1975).

Dengan w awal yang sama dan γ_d awal bertambah akan menghasilkan perubahan volume dan *swelling pressure* (tekanan pengembangan) yang

bertambah pula. (Chen, 1975). Jadi γ_d awal merupakan faktor yang berpengaruh terhadap *swelling pressure*. Bila γ_d awal semakin kecil maka *swelling pressure* akan mendekati nol, tapi γ_d awal semakin besar maka *swelling pressure* juga akan semakin besar.

4.2.5 Analisis Kadar Air (w), Berat Volume Kering (γ_d) dan Nilai *Swelling*

Hasil pengujian *swelling* dengan menggunakan pencampuran kadar air sesuai batas *atteberg* dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Grafik Kadar Air, Berat Volume Kering dan Nilai *Swelling* pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Grafik Kadar Air (w), Berat Volume Kering (γ_d) dan Nilai *Swelling*

Tanah kohesif kering merupakan bongkah-bongkah yang sukar dipadatkan, namun jika disiram air tanah akan semakin lunak dan mudah dipadatkan. Karena bertambahnya kadar air tersebut lapisan ganda terdifusi di

sekeliling partikel tanah akan mengembang, sehingga tingkat flokulasi kecil dan berat volume kering (γ_d) akan lebih besar. Dengan demikian tekanan pengembangan akan semakin besar yang menyebabkan semakin besar nilai *swelling*nya.

Bila kadar air terus ditingkatkan maka lapisan ganda terdifusi di sekeliling partikel tanah akan semakin mengembang dan gaya tolak menolak antar partikel juga akan meningkat. Jadi tanah akan semakin sulit di padatkan dan menyebabkan berat volume kering (γ_d) berkurang karena dengan penambahan air tadi akan memperkecil konsentrasi partikel-partikel padat dari tanah per satuan volume. Dengan berkurangnya berat volume kering (γ_d) maka kerapatan tanah akan semakin berkurang, sehingga tekanan pengembangannya pun akan semakin kecil yang berarti bahwa tanah itu semakin jenuh dan mengalami pengembangan yang kecil atau malah tidak mengalami pengembangan lagi.

Terbaca pada Gambar 4.7 bahwa berat volume kering yang memiliki nilai berkisar 1 gr/cm^3 mencerminkan bahwa semakin kecil kadar air waktu pemadatan menghasilkan nilai *swelling* yang besar. Sebaliknya semakin besar kadar air waktu pemadatan menghasilkan nilai *swelling* kecil. Peningkatan *swelling* terbesar terjadi pada pengurangan kadar air waktu pemadatan antara 20,93 % sampai dengan 53,16 %. Peningkatan *swelling* kecil terjadi pada pengurangan kadar air waktu pemadatan antara 53,16 % sampai dengan 79,33 %.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Dari penelitian sifat fisik tanah yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang diperoleh batas susut (SL) = 21,89 %, batas plasis (PL) = 30,14 %, batas cair (LL) = 77,77 % dan indeks plastisitas (IP) = 47,63 %. Menurut sistem klasifikasi AASTHO bahwa sampel tanah yang terdapat di Desa Pulorejo, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan termasuk tanah lempung yang bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang cukup besar, yaitu kelompok A-7-5 dan GI = 53 atau A-7-5 (53). Sedangkan menurut sistem klasifikasi *Unified* termasuk golongan CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*).
2. Dari pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang bahwa sampel tanah yang terdapat di Desa Pulorejo, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan KM 57,2 Semarang dan KM 6,8 Purwodadi dikategorikan sebagai tanah lempung ekspansif yang mempunyai potensi pengembangan (*swelling*) sangat tinggi. Nilai *swelling* tertinggi adalah 6,55 % pada kadar air 20,93 %, dan nilai *swelling* terendah adalah 0,01 % pada kadar air 79,33 %.

3. Semakin kecil kadar air waktu pemadatan menghasilkan nilai *swelling* yang besar. Sebaliknya semakin besar kadar air waktu pemadatan menghasilkan nilai *swelling* kecil. Peningkatan *swelling* terbesar terjadi pada pengurangan kadar air waktu pemadatan antara 20,93 % sampai dengan 53,16 %. Peningkatan *swelling* kecil terjadi pada pengurangan kadar air waktu pemadatan antara 53,16 % sampai dengan 79,33 %.

5.2 Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis tanah lempung yang berbeda untuk memperhitungkan pengaruh perubahan kadar air terhadap nilai *swelling*.
2. Ternyata untuk mempertahankan berat volume kering (γ_d) yang sama atau konstan dalam pengujian di laboratorium dengan kadar air berbeda sulit di capai, hanya saja dapat menghasilkan kisaran nilai γ_d yang hampir sama. Oleh karena itu perlu penelitian lebih lanjut tentang perubahan kadar air dengan γ_d yang sama terhadap nilai *swelling* tanah.
3. Untuk meminimalisir penyerapan air pada tanah dasar diperlukan tambahan bangunan drainase disisi bahu jalan yang mampu menampung debit air ketika musim penghujan tiba, selain itu tumbuh-tumbuhan juga perlu ditanam di pinggir sepanjang jalan karena tumbuhan membutuhkan banyak air. Sehingga penyerapan air dalam tanah dapat dikurangi dan pengembangan (*swelling*) pada tanah ekspansif berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Buku Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah*. Laboratorium Mekanika Tanah. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang : Semarang.
- Bowles J.E, alih bahasa oleh Hainim J.K. 1991. *Sifat – sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Chen, F.H. 1975. *Foundation on Expansive Soil*. Science Publishing Company : New York
- Craig, R.F. 1991. *Mekanika Tanah*. Jakarta : Erlangga.
- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Dunn, I.S, Anderson, LR dan Kiefer, F.W. 1992. *Dasar-dasar Analisis Geoeknik*. IKIP Semarang Press : Semarang.
- Hardiyatmo, H.C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Koasih, A. 2007. Pengaruh Kadar Air, Angka Pori dan Batas Cair Tanah Lempung Terhadap Harga Indeks Pemampatan Konsolidasi (Cc) dan Indeks Pengembangan (Cs). Copyright@2001 bay ITS Library.
- Oglesby C.H dan Hicks R.G, 1996, *Teknik Jalan Raya*. Jakarta: Erlangga.
- Purnomo, A.J. 2008. *Stabilisasi Lempung Menggunakan Limbah Padat Pabrik Kertas Terhadap Sifat Fisik dan Kepadatan Tanah*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil FT UNNES.
- Putra, S.M. 2008. *Stabilisasi Lempung Menggunakan Limbah Padat Pabrik Kertas Terhadap Uji Kuat Tekan Bebas*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil FT UNNES.
- Porwadi, H.J. 2007. *Stabilisasi Tanah Gambut Rawapening dengan Menggunakan Campuran Aspal Emulsi dan Gypsum Sintesis ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) Ditinjau dari Nilai Swelling dan CBR*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil FT UNNES.
- Setiawan, A. 2008. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi (RHA) dan Portland Cement (PC) sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening Ditinjau dari Nilai Swelling dan CBR*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil FT UNNES.

- Sudarma, I Made. 2007. *Pengaruh Suhu dan Tegangan Air Pori Negatif Pada Perilaku Mengembang Tanah Lempung*. Copyright@2001 bay ITS Library.
- Terzaghi K dan Peck R.B. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Jakarta: Erlangga.
- Usman, T. 2008. *Pengaruh Stabilisasi Tanah Berbutir Halus yang Distabilisasi Menggunakan Abu Merapi pada Batas Konsistensi dan CBR Rendaman*. Yogyakarta: Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Sipil FT UII.
- Yulianti, F. 2007. *Stabilisasi Tanah Lempung Purwodadi dengan Campuran Abu Batu Bara dan Kapur Ditinjau dari Nilai CBR dan Swelling*. Semarang: Skripsi S1, Jurusan Teknik Sipil FT UNNES.



FOTO PENELITIAN



Uji Berat Jenis Tanah (Gs)



Proses Vacum



Uji Distribusi Tanah



Saringan



Uji Batas Plastis



Sampel Dalam Desikator



Sampel Tanah



Timbangan



Penumbuk Standar



Sampel Tanah Dalam Mold



Pengujian Swelling



Pengujian Swelling