

TUGAS AKHIR

**STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN
CAMPURAN SEMEN DAN ABU BATOK KELAPA**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Ladin Takulani

Nim : 30201800101

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN SEMEN DAN ABU BATOK KELAPA

FOTO
LAKI-LAKI
BERWARNA
LATAR **BIRU**
ukuran 3 x 4
mengenakan Jas
Almamater

Ladin Takulani
NIM : 30201800101

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 1 Agustus 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si**

NIDN: 0620065301

2. **Selvia Agustina, S.T., M.Eng**

NIDN: 0609099001

3. **Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng**

NIDN: 0631128901

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 12/A.2/SA-T/III/2022

Pada hari ini tanggal 4 Agustus 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Ir. Soedarsono, M.Si
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Selvia Agustina, S.T., M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Ladin Takulani
NIM : 30201800101

Judul :
STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN
SEMEN DAN ABU BATOK KELAPA

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	09/03/2022	
2	Seminar Proposal	09/12/2022	ACC
3	Pengumpulan data	11/10/2022	
4	Analisis data		
5	Penyusunan laporan	11/10/2022	
6	Selesai laporan	18/07/2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dr. Ir. Soedarsono, M.Si

Dosen Pembimbing Pendamping

Selvia Agustina, S.T., M.Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik."

(QS. Ali 'Imran 3: Ayat 110)

"Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat"

(Q.S. Al-Mujadalah ayat 11)

"Dan Dia bersama kamu di mana saja kamu berada. Dan Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan."

(Q.S Al-Hadid: 4)

"Tanpa tindakan, pengetahuan tidak ada gunanya dan pengetahuan tanpa tindakan itu sia-sia"

(Abu Bakar Ash-Shiddiq)

"Aku tidak menganggapmu berhasil dalam suatu pencapaian tertentu hingga Allah mengujimu dengan cobaan terakhirnya"

(Utsman bin Affan) جامعنا في الإسلام

"Anda selalu bisa bermimpi, dan impian Anda bisa menjadi kenyataan. Tetapi Anda harus membuatnya menjadi kenyataan"

(Michael Jackson)

"Lakukan yang terbaik, sehingga aku tak akan menyalahkan diriku sendiri atas segalanya"

(Magdalena Neuner)

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan pemilik jiwa dan alam semesta yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarganya, sahabatnya dan juga para pengikutnya. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya, Bapak saya Hasruddin dan Ibu saya Ernawati, atas semua dukungan moral maupun material, kasih sayang, kesabaran dan do'a.
2. Saudara dan keluarga besar saya yang telah memberikan dukungan dan do'asehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Bapak Dr.Ir. Soedarsono, M.Si dan Ibu Selvia Agustina, S.T., M.Eng yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Semua dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA, terimakasih atas semua ilmunya yang sangat bermanfaat.
5. Himpunan Mahasiswa Islam yang telah menjadi wadah tempat berpikir, bekerja, berjuang dan juga belajar, terima kasih atas kesempatannya.
6. Koordinator Komisariat Sultan Agung yang telah menjadi rumah kedua saya, terima kasih atas waktu dan proses yang telah diberikan.
7. Semua teman-teman Fakultas Teknik Sipil UNISSULA angkatan 2018, terimakasih atas semua bantuan, perhatian dan semangatnya.

Ladin Takulani

NIM: 30201800101

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya laporan Tugas Akhir ini dapat terselasaikan dengan baik tentang “Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Semen Dan Abu Batok Kelapa”. Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak M. Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Ir. Soedarsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
4. Ibu Selvia Agustina, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan bimbingan pada kami agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
6. Kedua orang tua saya yang telah memberikan do'a dan motivasi.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya, semoga tugas akhir ini bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembacanya.

Semarang, Agustus 2023

DAFTAR ISI

STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN SEMEN DAN ABU BATOK KELAPA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	v
PENYATAAN KEASLIAN	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tanah.....	5
2.1.1. Pengertian tanah	5
2.1.2 Klasifikasi Tanah	9
2.1.3 Stabilisasi Tanah	13
2.1.4 Tanah Lempung Ekspansif.....	17
2.1.5 Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif.....	20

2.1.6 Pembentukan Tanah Lempung Ekspansif	24
2.2 Semen.....	25
2.2.1 Definisi Semen	25
2.2.2 Jenis-Jenis	28
2.3 Abu Batok Kelapa.....	36
2.3.1 Pengertian Abu Batok Kelapa.....	36
2.3.2 Proses Pembuatan Batok Kelapa.....	37
2.4 Penelitian Terdahulu	39
BAB III.....	51
METODOLOGI PENELITIAN.....	51
3.1 Lokasi Penelitian.....	51
3.2 Metode Pengambilan Sampel	51
3.3 Penelitian Laboratorium.....	51
3.4 Perbandingan.....	54
3.5 Metode Analisis data.....	54
3.6 Bagan Alir.....	59
3.7 Jadwal Pelaksanaan.....	61
BAB IV	62
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	62
4.1 Pendahuluan.....	62
4.2 Klasifikasi Tanah	62
4.3 Pengujian Sampel.....	63
4.3.1 BERAT JENIS (Gs)	63
4.3.2 Proktor Standar	67
4.3.3 CBR (<i>CALIFORNIA BEARING RATIO</i>)	70
4.3.4 ATTERBERG LIMIT	77
4.4 Pengaruh kuat tekan bebas pada tanah penelitian (<i>UNCONFINED COMMPRSSIVE STRENGHT</i>).....	81
4.5 Pengaruh tanah penelitian dan campuran yang melalui pemeraman 7,14, dan 21 hari.....	84
BAB V.....	85
KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1 Kesimpulan	85

5.1 Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN.....	88



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi <i>Unified</i>	11
Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified Soil Classification System</i> (Bowles,1991).....	12
Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi AASHTO	12
Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi AASTHO	13
Tabel 2.5 Derajat Pengembangan Tanah Ekspansif Berdasarkan Indeks Plastisitas (Seed et al., 1962)	18
Tabel 2.6 Hubungan Indeks Plastisitas Terhadap Potensial Pengembangan (Chen, 1975).....	23
Tabel 2.7 Hubungan Presentase Pengembangan Terhadap Tingkat Pengembangan (Chen, 1975)	23
Tabel 2.8 Fungsi Material Semen	27
Tabel 2.9 Range Persentase Material Semen	28
Tabel 2.10 Kandungan Oksidasi Pada Semen Portland	33
Tabel 2.11 Komposisi Senyawa Semen Portland	33
Tabel 2.12 Karakteristik Dasar Senyawa Penyusun Semen.....	34
Tabel 2.13 Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150.....	34
Tabel 2.14 Susunan Unsur Semen Biasa.....	35
Tabel 2.15 Kandungan Batok Kelapa	37
Tabel 2.16 Kandungan Abu Batok Kelapa	38
Tabel 2.17 Penelitian Terdahulu	39
Tabel 3.1 Sampel Penelitian.....	54
Tabel 4. 1 Hubungan Indeks Plastisitas Terhadap Potensial Pengembangan (Chen, 1975)	62
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian sifat fisik tanah.....	62
Tabel 4. 3 Data Hasil Percobaan Pcnometer.....	64
Tabel 4. 4 Harga air piknometer	65
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Gravity Spesific	65
Tabel 4. 6 Data Tanah Asli Proktor	69
Tabel 4. 7 Hasil pengujian proktor tanah asli dengan semen dan abu batok kelapa	70
Tabel 4. 8 Data tanah pengujian CBR.....	72
Tabel 4. 9 Hasil pengujian CBR tanah asli dengan semen dan abu batok kelapa	76
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Liquid Limits.....	77
Tabel 4. 11 Hasil perhitungan plastic limits.....	79
Tabel 4. 12 Nilai qu tanah terhadap lama pemeraman.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tiga Fase Elemen Tanah.....	6
Gambar 2.2 Tanah Lempung Ekspansif.....	17
Gambar 2.3 Perbedaan Fasis antar Mineral	28
Gambar 2.4 Portland Cement.....	30
Gambar 2.5 Abu Tempurung Kelapa.....	36
Gambar 3.1 Bagan Alir.....	60
Gambar 4.1 Sifat mekanis tanah	63
Gambar 4.2 Alat piknometer.....	66
Gambar 4.3 proses pengujian piknometer.....	66
Gambar 4.4 Alat proktor	67
Gambar 4.5 Proses pengerjaan proktor.....	68
Gambar 4.6 Alat kuat tekan CBR.....	71
Gambar 4.7 Proses pengerjaan CBR.....	71
Gambar 4.8 Grafik CBR tanah asli	75
Gambar 4.9 Desain Grafik CBR	75
Gambar 4.10 Alat Cassagrande.....	80
Gambar 4.11 proses pengerjaan ATL	81
Gambar 4.12 Grafik Unconfined Commpressive Test	83

STABILISASITANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN SEMEN DAN ABU BATOK KELAPA

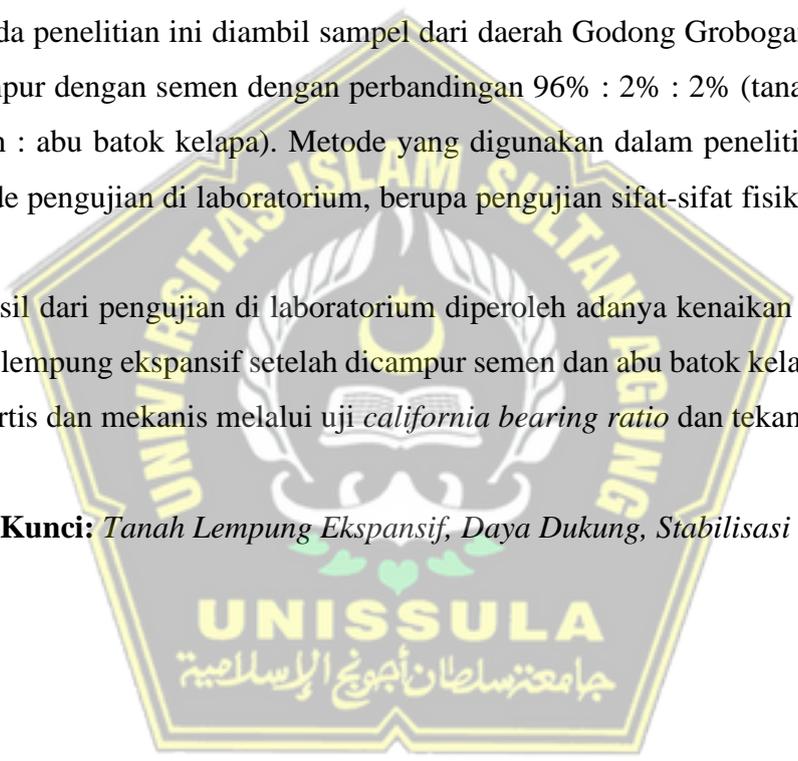
ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang banyak menimbulkan masalah dalam konstruksi sipil, karena memiliki daya dukung rendah, plastisitas tinggi, dan kembang susut yang tinggi pada saat tanah tersebut mengandung air. oleh karena itu, kelemahan-kelemahan tanah tersebut haruslah dikurangi dengan cara menstabilisasinya.

Pada penelitian ini diambil sampel dari daerah Godong Grobogan, tanah akan dicampur dengan semen dengan perbandingan 96% : 2% : 2% (tanah ekspansif : semen : abu batok kelapa). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian di laboratorium, berupa pengujian sifat-sifat fisik dan mekanis tanah.

Hasil dari pengujian di laboratorium diperoleh adanya kenaikan daya dukung tanah lempung ekspansif setelah dicampur semen dan abu batok kelapa setelah uji propertis dan mekanis melalui uji *california bearing ratio* dan tekan bebasnya.

Kata Kunci: Tanah Lempung Ekspansif, Daya Dukung, Stabilisasi



ABSTRACT

Expansive clay soil is a soil that causes many problems in civil construction, because it has low bearing capacity, high plasticity, and high swelling and shrinkage when the soil contains water. Therefore, the weaknesses of the soil must be reduced by stabilizing it.

In this study samples were taken from the Godong Grobogan area, the soil will be mixed with cement with a ratio of 96% : 2% : 2% (expansive soil : cement : coconut shell ash). The method used in this study is the observation method, in the form of testing the physical and mechanical properties of the soil in the laboratory.

The results obtained after testing showed an increase in the bearing capacity of expansive clay through the California bearing ratio test as well as through the free compression test.

Keywords : Expansive Clay, Carrying Capacity, Stabilization



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Pada umumnya tanah dapat disebut sebagai kerikil, pasir, lanau atau lempung, tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan. Tanah bangunan sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Karena itu penting bagi seorang ahli teknik sipil untuk memperoleh pengetahuan yang memadai dan memahami kondisi alam serta sifat tanah yang digunakan untuk bangunan.

Tanah merupakan bagian penting dalam suatu konstruksi yang mempunyai fungsi menyangga konstruksi di atasnya. Bahan penyusun tanah berupa himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar (*Bedrock*). Berdasarkan letak geografis suatu tempat, jenis tanah, karakteristik dan sifat tanah, tidak semua jenis tanah itu sama sehingga belum tentu tanah tersebut baik digunakan untuk pendukung kekuatan struktur. Tidak mengherankan apabila kita sering melihat naik turunnya tanah pada pondasi bangunan maupun jalan raya yang diakibatkan penurunan tanah.

Kerusakan-kerusakan pada konstruksi jalan sering juga ditemukan di daerah yang mempunyai tanah dasar dengan kemampuan kembang susut yang cukup tinggi atau yang sering disebut dengan tanah ekspansif. Tanah ekspansif ini mempunyai sifat-sifat yang sangat berbeda dengan jenis tanah lainnya. Istilah ekspansif digunakan pada tanah yang mempunyai sifat mudah mengembang jika mengalami kenaikan kadar air. Sifat mudah mengembang ini disebabkan karena tanah ekspansif mengandung jenis mineral-mineral

tertentu yang mengakibatkan tanah ekspansif mempunyai luas permukaan cukup besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah besar. Apabila suatu konstruksi dibangun diatas tanah ekspansif maka kerusakan-kerusakan dapat terjadi antara lain: retakan (*cracking*), pada perkerasaan jalan dan jembatan, terangkatnya struktur plat dan kerusakan jaringan pipa.

Untuk mengatasi kerusakan konstruksi yang disebabkan oleh tanah ekspansif dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain adalah compaction, pra pembebanan, perbaikan drainase, pemadatan, stabilisasi kimia, stabilisasi mekanik, dan lain-lain. Dalam penelitian ini sampel tanah lempung ekspansif berasal dari Jl. Godong-Purwodadi Km \pm 49 Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah, metode stabilisasi kimiawi digunakan sebagai cara untuk memperbaiki kondisi tanah dasar, yaitu dengan mencampur tanah asli dengan stabilizing agent berupa campuran semen dan abu batok kelapa dengan campuran masing-masing 2% untuk bahan campuran dan 96% untuk tanah lempung ekspansif dengan alasan untuk mengetahui kondisi tanah lempung ekspansif apabila dicampur bahan dengan persentase rendah, karena pada penelitian-penelitian sebelumnya pencampuran bahan melebihi persentase atau diatas 2% persen bahan campuran. Dari latar belakang ini maka saya merumuskan masalah dengan judul: Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Semen Dan Abu Batok Kelapa, sebagai berikut.

1.2 Rumusan Masalah

Berkaitan dengan konteks yang telah dipaparkan, permasalahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini dapat dirumuskan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

1. Apakah tanah setelah dilakukan uji laboratorium berpotensi ekspansif?
2. Bagaimana pengaruh stabilisasi tanah lempung ekspansif yang dicampur dengan semen abu batok kelapa?
3. Bagaimana pengaruh stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan semen dan abu batok kelapa dengan yang melalui pengeraman selama 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk tujuan penelitian tugas akhir ini bisa disimpulkan sebagai berikut:

1. Mengetahui klasifikasi tanah lempung melalui sifat potensi ekspansifnya
2. Mengetahui pengaruh stabilisasi tanah lempung terhadap daya dukung tanah yang dicampur dengan semen dan abu batok kelapa
3. Mengetahui pengaruh tanah lempung ekspansif yang dicampur semen dan abu batok kelapa yang melalui pemeraman 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel tanah ini berlokasi di Jl. Godong– Purwodadi Km ± 49 Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah.
2. Pengujian tanah lempung ekspansif dilakukan pengujian sifat fisiknya.
3. Material pencampur berupa semen dan abu batok kelapa.
4. waktu yang digunakan dalam pemeraman 7 hari, 14 hari, dan 21 hari.
5. Pengujian dilakukan dengan *Unconfined Compression test*
6. Pembuatan sample dalam kondisi *undisturbed*.

1.5 Manfaat Penelitian

Setelah tujuan diatas, menghasilkan beberapa manfaat antra lain:

1. Menambah pengetahuan, ilmu yang bermanfaat dan untuk pembandingan jika ada pekerjaan yang serupa.
2. Memberikan wawasan dan pengalaman di bidang analisis Geoteknik.
3. Sebagai sumbangan pemikiran dalam bidang perbaikan tanah
4. Sebagai acuan dan contoh bagi mahasiswa yang membaca dan melakukan penelitian dengan mengambil studi kasus yang sama.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini membahas perihal pengertian tanah, tanah lempung ekspansif, semen, juga abu batok kelapa sebagai parameter analisis dalam pengujian penelitian dengan landasan teori lain yang berkaitan dengan pengujian kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif dengan campuran semen dan abu batok kelapa.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi gambaran secara umum analisa pengujian, tahapan penelitian, metode persiapan, metode perumusan juga metode analisis.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini berisi tentang gambaran analisa pengujian kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif dengan campuran semen dan abu batok kelapa.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran.

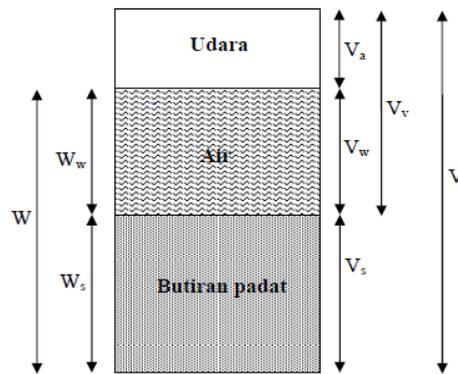
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1. Pengertian tanah

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauizek dkk (2018), Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan. Menurut Das (1995), dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Maka diperlukan tanah dengan kondisi kuat menahan beban di atasnya dan menyebarkannya merata. Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu: butiran padat (solid), air dan udara. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tiga Fase Elemen Tanah

Hubungan volume-berat :

$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a \quad (2.1)$$

Dimana : V_s = volume butiran padat

V_v = volume pori

V_w = volume air di dalam pori

V_a = volume udara di dalam pori

Apabila udara dianggap tidak mempunyai berat, maka berat total dari contoh tanah dapat dinyatakan dengan :

$$W = W_s + W_w \quad (2.2)$$

Dimana : W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

Hubungan volume yang umum dipakai untuk suatu elemen tanah adalah angka pori (*void ratio*), porositas (*porosity*), dan derajat kejenuhan (*degree of saturation*).

1. Angka Pori

Angka pori atau void ratio (e) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume butiran padat, atau :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (2.3)$$

2. Porositas

Porositas atau porosity (n) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori dan volume tanah total, atau :

$$n = \frac{V_v}{V} \quad (2.4)$$

3. Derajat Kejenuhan

Derajat kejenuhan atau degree of saturation (S) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori, atau :

$$S = \frac{V_w}{V_v} \quad (2.5)$$

Hubungan antara angka pori dan porositas dapat diturunkan dari persamaan, dengan hasil sebagai berikut :

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{1-n} \quad (2.6)$$
$$n = \frac{e}{1+e}$$

4. Kadar Air

Kadar air atau water content (w) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki, yaitu :

$$W = \frac{W_w}{W_s} \quad (2.7)$$

5. Berat Volume

Berat volume (γ) didefinisikan sebagai berat tanah per satuan volume.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (2.8)$$

6. Berat spesifik

Berat spesifik atau Specific gravity (G_s) didefinisikan sebagai perbandingan antara berat satuan butir dengan berat satuan volume.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2.9)$$

Menurut Hardiyatmo (1992) Dalam pengertian teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran

yang relatif lemah dapat disebabkan oleh zat organik,



karbonat, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi udara, air, ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Bentuk terjadinya tanah dari bebatuan induknya, dapat berupa proses kimia maupun proses fisik. Proses terbentuknya tanah secara fisik yang mengubah bebatuan menjadi partikel-partikel kecil, akibat terjadinya pengaruh dari air, angin, erosi, es, manusia, atau hancurnya partikel-partikel tanah akibat dari perubahan suhu maupun cuaca. Partikel-partikel tanah mungkin berbentuk bergerigi, bulat, ataupun bentuk-bentuk lain-lain diantaranya. Secara umum, terjadinya pelapukan akibat proses kimia yang dapat terjadi oleh pengaruh karbondioksida, oksigen, air (mengandung alkali maupun asam) dan proses-proses kimia yang lainnya. Jika hasil dari pelapukan telah berpindah dari tempatnya disebut sebagai tanah terangkut (*transported soil*) dan apabila tanah masih berada pada tempat asalnya disebut sebagai tanah residual (*residual soil*).

Menurut Bowles (1989) dalam Fauizek dkk (2018), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada

tanah yang kohesif. f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Menurut (Terzaghi, 1987) Tanah adalah kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air.

Menurut (Craig, 1987) Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai/lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan

Menurut (Wesley, 1997). Secara umum tanah terdiri dari tiga bahan, yaitu butir tanahnya sendiri serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antar butir-butir tersebut.

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakaiannya (Das, 1995). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989 dalam Adha 2014). Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi.

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

1. Sistem Klasifikasi *Unified* (USCS)

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

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk Pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan

No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik.

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



UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION AND SYMBOL CHART

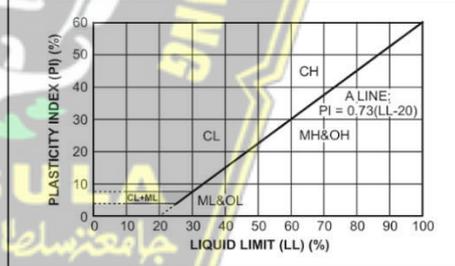
COARSE-GRAINED SOILS (more than 50% of material is larger than No. 200 sieve size.)	
Clean Gravels (Less than 5% fines)	
GRAVELS More than 50% of coarse fraction larger than No. 4 sieve size	GW Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines
	GP Poorly-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines
Gravels with fines (More than 12% fines)	
	GM Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures
	GC Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures
Clean Sands (Less than 5% fines)	
SANDS 50% or more of coarse fraction smaller than No. 4 sieve size	SW Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines
	SP Poorly-graded sands, gravelly sands, little or no fines
Sands with fines (More than 12% fines)	
	SM Silty sands, sand-silt mixtures
	SC Clayey sands, sand-clay mixtures
FINE-GRAINED SOILS (50% or more of material is smaller than No. 200 sieve size.)	
SILTS AND CLAYS Liquid limit less than 50%	ML Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty of clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity
	CL Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
	OL Organic silts and organic silty clays of low plasticity
SILTS AND CLAYS Liquid limit 50% or greater	MH Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts
	CH Inorganic clays of high plasticity, fat clays
	OH Organic clays of medium to high plasticity, organic silts
HIGHLY ORGANIC SOILS	PT Peat and other highly organic soils

LABORATORY CLASSIFICATION CRITERIA

GW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 4; $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3
GP	Not meeting all gradation requirements for GW
GM	Atterberg limits below "A" line or P.I. less than 4
GC	Atterberg limits above "A" line with P.I. greater than 7
SW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 4; $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3
SP	Not meeting all gradation requirements for GW
SM	Atterberg limits below "A" line or P.I. less than 4
SC	Atterberg limits above "A" line with P.I. greater than 7

Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. Depending on percentage of fines (fraction smaller than No. 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows:
 Less than 5 percent GW, GP, SW, SP
 More than 12 percent GM, GC, SM, SC
 5 to 12 percent Borderline cases requiring dual symbols

PLASTICITY CHART



Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi *Unified*

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System*
(Bowles,1991)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
		Gradasi Baik	W
Kerikil	G	Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	wL < 50%	L
Organik	O	wL > 50%	H
Gambut	Pt		

2. Klasifikasi AASHTO membagi tanah kedalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya 12 dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihi tung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan hanya analisi saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat dalam Tabel 2.3

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

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

Tabel 2.4 Sistem Klasifikasi AASTHO

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau-Lempung (lebih dari 35% dari seluruh tanah lolos ayakan no. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6'
Analisa ayakan no. 200 (%lolos)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan no. 40				
Batas cair (LL)	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastis (PI)	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlanau	
Penilaian sebagai tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Keterangan :

* untuk A-7-5, $PI < LL-30$ ' untuk A-7-6, $PI > LL-30$

2.1.3 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi Tanah Sebagai salah satu hal penting dalam mendukung sebuah konstruksi tetap aman, tanah sebagai penahan beban haruslah memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban dari konstruksi.

Stabilisasi tanah adalah proses memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan atau memodifikasi struktur lapisan tanah agar dapat menaikkan daya dukung tanah, mempertahankan kekuatan geser dan mengurangi terjadinya deformasi tanah.

Menurut Kreb dan Walker (1971), dalam arti luas, tujuan stabilisasi tanah meliputi perlakuan tanah dimana dibuat lebih stabil.

Menurut Hardiyatmo (2010), dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah.

Menurut Bowles (1989), stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan mekanis dan bahan pencampur (*additiver*).

Menurut Bowles (1991) dalam Jatmiko (2014), beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilkan tanah adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang terjadi.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
5. Mengganti tanah yang buruk.

Kesimpulan yang dapat diambil adalah stabilisasi tanah merupakan suatu cara yang digunakan untuk memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut kemampuannya menjadi lebih baik baik secara mekanis maupun dengan cara menggunakan bahan tambah. Hal tersebut dimaksudkan untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi apapun yang akan dibangun di atasnya. Prinsip usaha stabilitas tanah adalah menambah kekuatan lapisan tanah sehingga bahaya keruntuhan dapat diperkecil atau membuat tanah menjadi lebih stabil dalam menerima beban yang dapat dikaji terjadinya tegangan dan regangan tanah.

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu kombinasi dari pekerjaan berikut (Ingel dan Metcalf, 1977):

- a. Stabilisasi Mekanik
 - b. Stabilisasi Fisik
 - c. Stabilisasi Kimiawi
- Stabilisasi Mekanis

Stabilisasi Mekanis dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat kekuatan tertentu. Pencampuran tanah ini

dapat dilakukan di lokasi proyek, di pabrik atau di tempat pengambilan bahan timbunan (*borrow area*). Material yang telah dicampur ini,



kemudian dihamparkan dan dipadatkan di lokasi proyek. Stabilisasi mekanis juga dapat dilakukan dengan cara menggali tanah buruk di tempat

dan menggantinya dengan material granuler dari tempat lain.

- Stabilisasi Kimiawi

Bahan tambah (additives) merupakan bahan hasil olahan pabrik yang bila ditambahkan kedalam tanah dengan perbandingan yang tepat akan memperbaiki sifat-sifat mekanis tanah seperti: indeks plastisitas dan kuat geser tanah. Contoh bahan tambah adalah: kapur, semen portland, abu terbang, aspal dan lain-lain.

Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik tanah dengan cara mencampur tanah dengan menggunakan bahan tambah dengan perbandingan tertentu. Perbandingan campuran bergantung pada kualitas campuran yang diinginkan. Jika pencampuran hanya dimaksudkan untuk merubah gradasi, plastisitas tanah dan workability, maka hanya memerlukan bahan tambah yang sedikit. Namun bila stabilisasi dimaksudkan untuk merubah tanah agar mempunyai kekuatan yang tinggi, maka diperlukan bahan tambah yang lebih banyak. Material yang telah dicampur dengan bahan tambah ini harus dihamparkan dan dipadatkan dengan baik.

Berdasarkan sistem klasifikasi dapat dibedakan adanya jenis tanah berbutir halus yang disebut lempung. Lempung ini diklasifikasikan dengan tanah yang semua butirannya mempunyai ukuran 2 mikron. Tanah lempung tersebut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis tergantung pada komposisi serta mineral pembentuk butirannya. Ditinjau dari mineral pembentuk butirannya lempung dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu lempung non ekspansif dan lempung ekspansif. Lempung non ekspansif yaitu lempung yang butirannya terbentuk dari mineral non ekspansif.

Sedangkan lempung ekspansif adalah lempung yang butirannya. terbentuk oleh mineral ekspansif. Untuk tanah yang termasuk ke dalam jenis tanah ekspansif beberapa cara stabilisasi yang dapat dipergunakan antara lain adalah:



1. *Removal dan Replacetienf*

Metode ini dilakukan dengan cara mencampur tanah ekspansif dengan tanah non ekspansif, diharapkan dengan mencampur kedua jenis tanah ini dapat memperbaiki sifat dari tanah ekspansif. Tinggi dari timbunan tanah non ekspansif harus tepat agar didapat kekuatan yang diinginkan. Tidak ada petunjuk yang tepat berapa tinggi timbunan tanah tersebut tetapi Chen (1988) merekomendasikan antara 1 m sampai dengan 1,3 m.

- **Keuntungan dari metode ini adalah :**

Tanah non ekspansif yang dicampurkan mempunyai sifat *density* yang lebih besar dan daya dukung besar sehingga dapat memperbaiki tanah ekspansif yang mempunyai nilai *density* yang rendah. Biaya dari metode ini lebih ekonomis dari metode stabilisasi tanah ekspansif lainnya, karena metode ini tidak membutuhkan peralatan konstruksi yang mahal.

- **Kerugian dari metode ini adalah :**

Ketebalan dari tanah ekspansif yang telah dicampur dengan tanah non ekspansif akan menjadi lebih tebal sehingga memungkinkan tidak sesuai dengan ketebalan yang telah ditentukan.

2. *Remolding dan Compaction*

Swelling potential dari tanah ekspansif dapat diperbaiki dengan cara merubah nilai *density* tanah tersebut (Holtz, 1959). Metode ini menunjukkan bahwa pemadatan pada nilai *density* yang rendah dan pada kadar air dibawah kadar optimum yang terlihat pada *test Standart Proctor* dapat mengakibatkan lebih sedikit *swelling potential* dari pada pemadatan pada nilai *density*, yang tinggi dan kadar air yang lebih rendah.

3. *Chemical Admixtures*

Stabilisasi tanah dengan semen Hasil yang didapat dengan stabilisasi tanah dengan semen hampir sama dengan stabilisasi tanah dengan kapur. Menurut Chen (1988) dengan menambahkan semen pada tanah akan dapat

meningkatkan *shrinkage limit* dan *shear strength*.



2.1.4 Tanah Lempung Ekspansif

Tanah lempung ekspansif secara umum didefinisikan sebagai tanah yang menyusut dan mengembang pada kondisi kelembaban yang berubah-ubah. Bila kadar airnya bertambah maka tanah tersebut akan mengembang (swell) dan bila sebaliknya maka tanah tersebut cenderung untuk menyusut (shrink). Tanah ekspansif merupakan tanah yang memiliki ciri-ciri kembang susut yang besar akibat peristiwa kapiler atau perubahan kadar airnya (Muntohar, 2014). Besarnya pengembangan atau penyusutan tidak merata dari suatu titik ke titik lainnya sehingga menimbulkan perbedaan penurunan pada permukaan tanah. Seed et al. (1962) menyebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya pengembangan tanah ekspansif antara lain jenis dan jumlah lempung, struktur tanah, kepadatan, perubahan kadar air, metode pemadatan, konsentrasi elektrolit dalam air dan tekanan di permukaan tanah (*surchage pressure*). Contoh tanah lempung ekspansif dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Tanah Lempung Ekspansif

Hasil pengujian sifat-sifat indeks tanah dapat dijadikan dasar dalam mengidentifikasi karakteristik ekspansif tanah. Beberapa peneliti seperti van der Werve (1964), Dakshanamurthy dan Raman (1973), Sridharan ((2000) memanfaatkan grafik plastisitas tanah untuk menentukan derajat pengembangan suatu tanah lempung. Indeks plastisitas

dan perubahan volume tanah berhubungan erat dengan jumlah partikel yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Menurut Seed et al. (1962),



indeks plastisitas tanah dapat digunakan sebagai indikator awal untuk mengetahui potensi pengembangan tanah lempung seperti disa jika pada Tabel 2.3.

Tabel 2.5 Derajat Pengembangan Tanah Ekspansif Berdasarkan Indeks Plastisitas (Seed et al., 1962)

Derajat Pengembangan	Indeks Plastisitas
Sangat tinggi (Very high)	> 55
Tinggi (High)	20-55
Sedang (Medium)	10-35
Rendah (Low)	0-5

Penelitian yang dilakukan oleh Basma et al. (1995) berdasarkan eksperimental di laboratorium dan pengamatan di lapangan, pengembangan tanah ekspansif juga sangat dipengaruhi oleh kadar air awal (initial water content), kepadatan (dry density) dan jenis tanah. Perubahan kadar air hanya 1% atau 2% cukup untuk menyebabkan pengembangan yang mengakibatkan kerusakan. El-Sohby dan Rabba

(1981) menyebutkan bahwa kadar air awal tanah juga sangat mempengaruhi persentase pengembangan untuk tanah yang dipadatkan kembali (remoulded). Kadar air tanah secara langsung akan mempengaruhi kepadatan tanah yang dinyatakan dengan berat volume kering tanah.

Sehingga derajat pengembangan tanah ekspansif dapat pula dinyatakan

sebagai fungsi dari berat volume kering. Chen (1983) menyebutkan bahwa tanah lempung yang memiliki berat volume kering lebih besar dari 17,3 kN/m³ pada umumnya menunjukkan potensi pengembangan yang tinggi. Bila dijumpai di lapangan, tanah lempung yang berada dalam kondisi

kering, dan cenderung keras seperti batuan, maka diperkirakan akan memiliki potensi pengembangan yang tinggi.

Beberapa peneliti mengkaji pengembangan dan sifat-sifat mekanis tanah ekspansif yang dipadatkan. Tanah lempung yang dipadatkan cenderung meningkat tekanan pengembangannya seiring dengan bertambahnya nilai berat volume kering tanah. Pemilihan kadar air untuk menghasilkan kepadatan rencana dan metode pemadatan sangat mempengaruhi besaran dan kecepatan pengembangan akibat proses pembasahan (Seed et al., 1954; Holtz dan Gibbs, 1956; Daniel dan Benson, 1990; Attom, 1997).

Pengetahuan mengenai mineral tanah sangat diperlukan untuk memahami perilaku tanah tersebut. Menurut Mitchell (1976), mineralogi merupakan faktor utama untuk mengontrol ukuran, bentuk, sifat-sifat fisik, dan kimia dari partikel tanah. Dalam klasifikasi tanah secara umum partikel tanah lempung mempunyai diameter $2\mu\text{m}$ atau sekitar $0,002\text{mm}$.

Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari $0,002\text{mm}$ (MIT, U.S.D.A, AASTHO, UCS). Namun demikian, di beberapa kasus, partikel berukuran antara $0,002\text{ mm}$ sampai $0,005\text{ mm}$ juga masih digolongkan sebagai partikel lempung (ASTM-D-653). Disini tanah diklasifikasikan sebagai lempung (hanya berdasarkan pada ukurannya saja). Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung. Dari segi mineral (bukan dari

ukuran) yang disebut tanah lempung dan mineral lempung adalah yang mempunyai partikel-partikel mineral tertentu yang "menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampurkan dengan air" (Grim, 1953) sebagai dikutip Das. Braja M (1985). Jadi dari segi mineral tanah dapat juga



disebut tanah bukan lempung (non clay soil) meskipun terd iri dari partikel-partikel yang sangat kecil (partikel-partikel quartz, feldspar, mika dapat berukuran sub mikroskopis, tetapi umumnya. tidak bersifat plastis). Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid; merupakan gugusan kristal berukuran mikro yaitu $<1\mu\text{m}$ merupakan hasil proses pelapukan mineral batuan induknya, sedangkan ukuran $2\mu\text{m}$ merupakan batas atasnya. Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks. Mineral ini terdiri dari dua lempung kristal pernbentuk kristal dasar yaitu silikat tetrahedral dan aluminium octahedral. Setiap unit tetrahedal (berisi empat) terd iri dari empat atom oksigen mengelilingi atom silikon, sebagaimana dikutip Das, Braja M., (1985). Terdapat ratusan mineral lempung yang telah terident ifikasi namun yang sering dibahas dalam persoalan geoteknik hanya sebagian kecil (Lambdan Whitman, 1969). Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan kadar air.

2.1.5 Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif

Tanah ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang tinggi apabila terjadi perubahan sistem kadar air tanah. Tanah ini apabila terjadi peningkatan kadar air tanah akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan. Apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Kembang susut terjadi sebagai akibat adanya perubahan system tanah-air yang mengakibatkan terganggunya keseimbangan gaya-gaya dalam.

erapa mineral yang biasa terdapat pada tanah ekspansif adalah
Beb

kaolinite, illite dan montmorillonite. Ketiganya merupakan bentuk kristal



Hidro Aluminium Silikat, namun ketiganya mempunyai sifat-sifat dan struktur dalam yang berbeda satu dengan yang lainnya. Perbedaan komposisi kimia dan struktur kristal pada mineral memberikan beberapa kelemahan untuk mengembang. Pengembangan terjadi ketika air meresap diantara partikel lempung, sehingga menyebabkan terpisah partikel.

Lempung ekspansif merupakan lempung yang memiliki sifat khas yakni kandungan mineral ekspansif yang mempunyai kapasitas pertukaran ion tinggi, sehingga lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut tinggi, apabila terjadi perubahan kadar air. Pada peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori.

Karakteristik tanah ekspansif dipengaruhi oleh dua hal, yaitu faktor mikroskopik dan faktor makroskopik. Yang dimaksud dengan faktor mikroskopik mineralogi tanah dan perilaku kimiawi tanah. Sedangkan yang dimaksud dengan faktor makroskopik adalah properti tanah secara fisik, antara lain plastisitas dan berat volume tanah. Faktor makroskopik tanah ekspansif dipengaruhi oleh perilaku mikroskopiknya.

Ada beberapa hal yang termasuk faktor mikroskopik tanah ekspansif yang menyebabkan tanah ekspansif mengalami kembang susut, antara lain mineralogi tanahnya, perilaku kimiawi tanah, dan jumlah exchangeable cation (cation exchange capacity) serta besarnya specific surface dari partikel tanah (Chen, 1985).

Karakteristik makro tanah ekspansif adalah yang biasanya menunjukkan perilaku kembang susut tanah. Batas Atterberg merupakan salah satu parameter termasuk karakteristik makro tanah yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui potensi kembang susut

tanah.

Dilihat dari skala makronya, karakteristik tanah ekaspansif yang berpotensi besar untuk mengalami kembang susut, secara umum mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :



- a. Mempunyai harga batas cair dan indeks plastisitas tinggi.
- b. Mempunyai harga batas swelling index (Cs) yang besar.
- c. Mempunyai kandungan karbon organik, clay, montmorillonite yang benar.
- d. Arah atau deformasi volume biasanya bersifat isotropic.

Tanah ekspansif memiliki karakteristik yang berbeda dengan jenis tanah pada umumnya yaitu:

- a. Mineral Lempung, Mineral lempung yang menyebabkan perubahan volume umumnya mengandung montmorillonite atau vermiculite, sedangkan illite dan kaolinite dapat bersifat ekspansif bila ukuran partikelnya sangat halus.
- b. Kimia Tanah, Meningkatnya konsentrasi kation dan bertambahnya tinggi valensi kation dapat menghambat pengembangan tanah.
- c. Plastisitas, Tanah dengan indeks plastisitas dan batas cair yang tinggi mempunyai potensi untuk mengembang yang lebih besar.
- d. Struktur Tanah, Tanah lempung yang berflokulasi cenderung bersifat lebih ekspansif dibandingkan dengan yang terdispersi.
- e. Berat Isi Kering, Tanah yang mempunyai berat isi kering yang tinggi menunjukkan jarak antar partikel yang kecil, hal ini berarti gaya tolak yang besar dan potensi pengembangan yang tinggi.

Mineralogi tanah dapat dibagi berdasarkan struktur mineralnya. Untuk tanah lempung ada 3 kelompok struktur mineral tanah, yaitu:

- a. Kelompok kaolinite, yang umumnya tidak mempunyai sifat ekspansif.
- b. Kelompok *Mica-lite*, termasuk *Illite dan vermiculite*, yang sedikit dapat bersifat ekspansif.
- c. Kelompok *Smectite*, termasuk *Montmorillonite* inilah yang disebut tanah yang ekspansif.

Ada beberapa cara untuk mengetahui apakah tanah tersebut termasuk kategori tanah ekspansif dan seberapa besar potensial pengembangan, di antaranya (Chen, 1975):

1. Identifikasi Mineralogi dengan cara difraksi sinar-X ; analisis termal ; analisa kimia dan Mikroskop Elektron.
2. Cara Tidak Langsung: Tanah ekspansif dapat diidentifikasi berdasarkan nilai indeks plastisitas seperti terlihat pada Tabel 2.6 (Chen, 1975) berikut ini.

Tabel 2.6 Hubungan Indeks Plastisitas Terhadap Potensial Pengembangan (Chen, 1975)

Indeks Plastisitas (%)	Potensial Pengembangan
0-15	Rendah
15-35	Sedang
20-55	Tinggi
>55	Sangat Tinggi

3. Cara Langsung: Pengukuran pengembangan tanah ekspansif dengan cara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan alat konsolidasi satu dimensi. untuk mengetahui angka persentase pengembangan. Untuk mengetahui tingkat pengembangan suatu tanah ekspansif dapat dilihat pada Tabel 2.7 (Chen, 1975).

Tabel 2.7 Hubungan Presentase Pengembangan Terhadap Tingkat Pengembangan (Chen, 1975)

Persentase Pengembangan (%)	Tingkat Pengembangan
-----------------------------	----------------------

100	Kritis
50-100	Batas
>50	Aman



Sifat yang menonjol dari tanah ekspansif adalah daya dukungnya yang sangat rendah, kekakuannya menurun drastis pada kondisi basah dan kembang susutnya sangat tinggi bila mengalami perubahan kadar air sehingga akan retak-retak pada kondisi kering dan mengembang pada kondisi basah. Hal ini disebabkan tanah ekspansif banyak mengandung mineral montmorillonite bermuatan negatif yang besar, menyerap air yang banyak dengan mengisi rongga pori sehingga tanahnya mengembang dan akibat selanjutnya adalah kekuatannya menurun drastis. Oleh karena itu salah satu cara untuk mengatasi perilaku tanah ekspansif yang kurang menguntungkan tersebut perlu dilakukan stabilisasi.

2.1.6 Pembentukan Tanah Lempung Ekspansif

Batuan induk dari tanah ekspansif adalah basalt, batuan intrusi yang bersifat mafik/intermediate, mudstone, shale, dan alluvium yang berasal dari lapukan batuan sebelumnya. Tanah ekspansif umumnya terjadi pada slope bagian bawah suatu dataran alluvial. Letak ini kemungkinan berkaitan dengan "teras gravel" yang berumur Tersier. Kandungan lempung tanah ekspansif berada pada nilai 30-90% dan pada umumnya didominasi oleh smektit dan montmorilonit. Kandungan illite akan meningkat di daerah yang lebih kering. Munculnya kaolin menunjukkan bahwa batuan induknya berasal dari batuan sedimen.

Kapasitas pengembangan tergantung pada presentase lempung dan mineralogi dari lempung itu sendiri. Sementara itu, munculnya Fe dan Ni secara umum tidak menyebabkan terjadinya pengembangan (expand). Tanah ekspansif sering terlihat seperti permukaan yang bergelombang dan ini bisa dilihat dari photo udara sebagai total-total. Kemiringan joint (kekar) yang besar menyebabkan lempung menjadi blok prismatic. joint ini asalnya dari tensile (pengekerutan) kemudian terjadi bukaan (shearing).

Pembentukan Tanah Ekspansif Batuan asal pembentuk tanah

ekspansif menurut Donaldson (1969) dapat diklasifikasikan dalam dua kelas, yaitu:



- a. Batuan beku Pada tanah ekspansif yang berasal dari batuan beku ini adalah mineral feldspar dan pyroxene, kemudian terurai secara kimia ke dalam bentuk mineral montmorillonit dan mineral sekunder lainnya dalam bentuk tanah ekspansif.
- b. Batuan sedimen Batuan sedimen ini telah mengandung mineral montmorillonit sejak awalnya, kemudian terurai secara fisik membentuk tanah ekspansif. Secara umum mineral lempung terbentuk melalui proses pelapukan yang kompleks dari material asal seperti feldspar, mika atau batukapur (limestone). Proses pelapukan ini termasuk diantaranya proses desintegrasi, oksidasi, hidrasi dan leaching. Khusus untuk pembentukan montmorillonit sering diasosiasikan dengan proses desintegrasi yang ekstrim, hidrasi yang kuat serta sedikit atau tanpa leaching. Dengan demikian mineral montmorillonit dapat terbentuk dalam kondisi leaching terbatas, artinya sistem daerah pembentukan tidak terdrainase dengan baik, sehingga kation magnesium, calcium, sodium dan besi dapat terakumulasi dalam sistem.

2.2 Semen

2.2.1 Definisi Semen

Semen berasal dari bahasa latin caementum yang berarti bahan perekat. Secara sederhana, definisi semen adalah bahan perekat atau lem, yang bisa merekatkan bahan – bahan material lain seperti batu bata dan batu koral hingga bisa membentuk sebuah bangunan. Sedangkan dalam pengertian secara umum semen diartikan sebagai bahan perekat yang memiliki sifat mampu mengikat bahan – bahan padat menjadi satu kesatuan yang kompak dan kuat (Bonardo Pangaribuan, 2013).

Semen dalam pengertian umum adalah bahan yang mempunyai sifat adhesive dan cohesive, digunakan sebagai bahan pengikat (bonding material), yang dipakai bersama-sama dengan batu kerikil dan pasir. Semen dapat dibagi atas dua kelompok, yaitu:



a. Semen non hidraulis adalah semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air. Contoh semen non hidraulis (hydraulic binder) adalah lime dimana lime ini merupakan perekat klasik dalam bangunan yang dibuat dengan memanaskan limestone pada suhu 850°C. CaCO_3 dari limestone akan melepaskan CO_2 dan menghasilkan quick lime atau CaO . $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2$ Produk ini bereaksi cepat dengan air menghasilkan Ca(OH)_2 dalam butiran yang halus dan Ca(OH)_2 ini tidak dapat mengeras dalam air tetapi dapat mengeras bila bereaksi dengan CO_2 dari udara membentuk CaCO_3 kembali.

b. Semen hidraulis adalah semen yang dapat mengeras dalam air menghasilkan padatan yang stabil dalam air. Oleh karena mempunyai sifat hidraulis, maka semen tersebut bersifat:

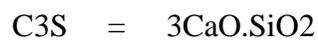
1. Dapat mengeras bila dicampur air Tidak larut dalam air
2. Dapat mengeras walau didalam air
3. Contoh semen hidraulis adalah semen Portland, semen campur, semen khusus dan sebagainya.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 15-2049-2004, semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak (clinker) portland terutama yang terdiri dari kalsium silikat ($\text{xCaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat hidrolis dan digiling bersama – sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}$) dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain. Hidrolis berarti sangat senang bereaksi dengan air, senyawa yang bersifat hidrolis akan bereaksi dengan air secara cepat. Semen

portland bersifat hid^{rolis} karena di dalamnya terkandung kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) dan kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) yang bersifat hidrolis dan sangat cepat bereaksi dengan air. Reaksi semen dengan air berlangsung secara irreversible, artinya hanya dapat terjadi satu kali dan tidak bisa kembali lagi ke kondisi semula.



Komposisi kimia semen adalah kalsium silikat ($x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4\cdot x\text{H}_2\text{O}$) dan bahan tambahan lain (Mineral in component) yang akan berperan sebagai cement filler. Dimana mineral kalsium silikat ($x\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) bersifat sangat hidrolis, di dalam industri semen mineral – mineral penyusun semen diistilahkan sebagai C3S, C2S, C3A dan C4AF yang berarti :



Inilah yang membuat industri semen berbeda dengan industri kimia pada umumnya, dimana pada industri kimia lain C dipakai untuk Carbon, S untuk Sulfur, dan F untuk Fluoro sedangkan pada industri semen dipakai hanya untuk kemudahan dalam pelafalan.

Setiap mineral penyusun semen tersebut, memiliki peran dan fungsi masing–masing terhadap sifat semen. Berikut fungsi dari masing – masing material, dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Fungsi Material Semen

Mineral	Empirical Formula	Function
C3S = [Alite]	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	<i>Early Strength</i>
C2S = [Belite]	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	<i>Late Strength</i>
C3A = [Aluminate]	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	<i>Very Early Strength</i> <i>Lower heat of hydration</i> <i>Impairs resistance towards sulfate attack</i>
C4AF = [Ferrite]	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	<i>Effect on colours</i>

Tentu saja persentase untuk tiap material tersebut akan berbeda

tergantung dari jenis semen yang di produksi dan kondisi operasi tiap –



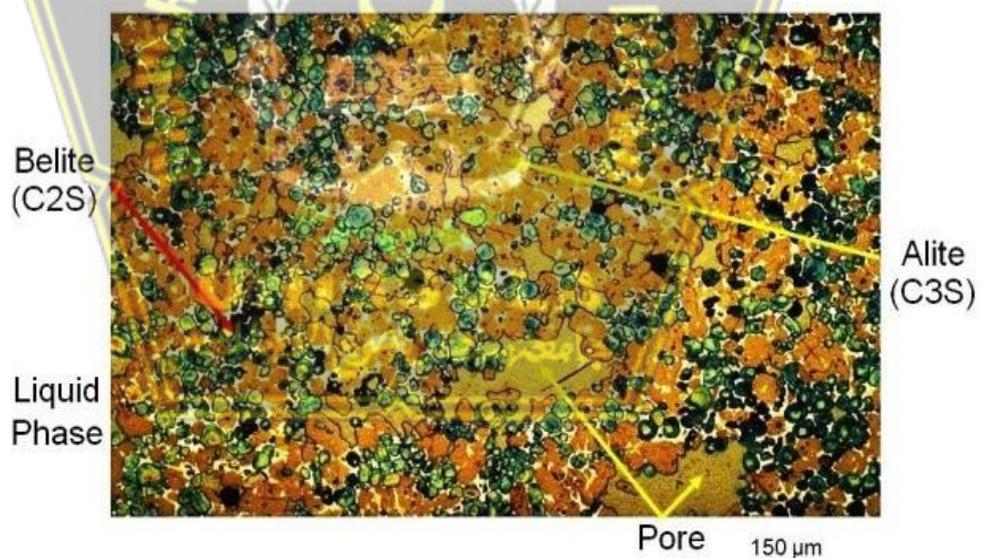
tiap pabrik semen yang berbeda – beda, tetapi secara umum *range*

persentase untuk tiap material dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Range Persentase Material Semen

<i>Minerale</i>	<i>Empirical Formula</i>	Persentase (%)
<i>Tricalcium silicate</i>	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	50-70
<i>Dicalcium Silicate</i>	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	15-30
<i>Dicalcium aluminate</i>	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	5-10
<i>Tetracalcium aluminofluorite</i>	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	5-15

Sedangkan bila kita amati dengan menggunakan mikroskop, maka perbedaan fisis antar mineral pada semen akan terlihat seperti pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Perbedaan Fasis antar Mineral

2.2.2 Jenis-Jenis

Beberapa jenis semen menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)

antara lain :

a. *Portland Cement*

Adalah jenis yang paling umum dari semen dalam penggunaan umum

di seluruh dunia karena merupakan bahan dasar beton, dan plesteran



sem^{en}. Menurut SK-SNI T-15-1990-03 semen *portland/Ordinary*

Portland Cement (OPC) dibedakan menjadi :

1. *Portland Cement Type I (Ordinary Portland Cement)*

Semen portland tipe I merupakan jenis semen yang paling banyak dibutuhkan oleh masyarakat luas dan dapat digunakan untuk seluruh aplikasi yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Contohnya, ketika pemilik rumah atau tukang batu yang sedang mengerjakan proyek atau merenovasi rumah tinggal akan membeli semen di toko bangunan, mereka hanya menyebut semen, tanpa menyebut jenis semen apa yang seharusnya digunakan atau cocok dengan lingkungan pemukiman mereka berada, antara lain : bangunan, perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu dan jalan raya.

2. *Portland Cement Type II (Moderate sulfate resistance)*

Semen portland tipe II merupakan semen dengan panas hidrasi sedang atau di bawah semen portland tipe I serta tahan terhadap sulfat. Semen ini cocok digunakan untuk daerah yang memiliki cuaca dengan suhu yang cukup tinggi serta pada struktur drainase. Semen portland tipe II ini disarankan untuk dipakai pada bangunan seperti bendungan, dermaga dan landasan berat yang ditandai adanya kolom-kolom dan dimana proses hidrasi rendah juga merupakan pertimbangan utama.

3. *Portland Cement Type III (High Early Strength Portland Cement)*

Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas. Selain itu juga

dapat dipergunakan pada daerah yang memiliki tempera tur rendah, terutama pada daerah yang mempunyai musim dingin. Kegunaan pembuatan jalan beton, landasan lapangan udara, bangunan tingkat tinggi, bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap sulfat.



4. *Portland Cement Type IV (Low Heat Of Hydration)*

Tipe semen dengan panas hidrasi rendah. Semen tipe ini digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk struktur beton masif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis. Cocok digunakan untuk daerah yang bersuhu panas.

5. *Portland Cement Type V (Sulfat Resistance Cement)*

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat. Cocok digunakan untuk pembuatan beton pada daerah yang tanah dan airnya mempunyai kandungan garam sulfat tinggi. Sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

Contoh gambar *portland cement* dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Portland Cement

b. *Super Masonry Cement*

Semen ini lebih tepat digunakan untuk konstruksi rumah, bangunan gedung,

dan lain-lain.

jalan dan irigasi yang struktur betonnya maksimal K225. Dapat juga digunakan untuk bahan baku pembuatan genteng beton, *hollow brick*,



paving block, tegel dan bahan bangunan lainnya.

c. *Oil Well Cement*

Merupakan semen khusus yang lebih tepat digunakan untuk pembuatan sumur minyak bumi dan gas alam dengan konstruksi sumur minyak bawah permukaan laut dan bumi. Untuk saat ini jenis OWC yang telah diproduksi adalah class G, HSR (*High Sulfat Resistance*) disebut juga sebagai "*BASIC OWC*". Bahan *additive* / tambahan dapat ditambahkan/dicampurkan hingga menghasilkan kombinasi produk OWC untuk pemakaian pada berbagai kedalaman dan temperatur.

d. *Portland Pozzolan Cement*

Adalah semen hidrolis yang dibuat dengan menggiling *clinker*, *gypsum* dan bahan *pozzolan*. Produk ini lebih tepat digunakan untuk bangunan umum dan bangunan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, seperti: jembatan, jalan raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, bangunan irigasi dan fondasi pelat penuh.

e. Semen Putih

Digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*), sebagai filler atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) limestone murni.

f. *Portland Composite Cement*

Digunakan untuk bangunan-bangunan pada umumnya, sama dengan penggunaan OPC dengan kuat tekan yang sama. PCC mempunyai panas hidrasi yang lebih rendah selama proses pendinginan dibandingkan dengan OPC, sehingga pengerjaannya akan lebih mudah

dan menghasilkan permukaan beton/plester yang lebih rapat dan lebih halus.



Jenis semen lainnya diatur dalam SNI 15-7064-2004 mengenai semen portland komposit (*PCC = Portland Composite Cement*) yakni semen yang dibuat dari hasil penggilingan terak semen portland dan gips dengan bahan anorganik. Bahan anorganik yang dicampur dapat lebih dari satu macam misalnya terak tanur tinggi, pozolan, senyawa silikat, batu kapur dan sebagainya. Terdapat pula semen masonry yang diatur dalam SNI 15-3758-2004. Semen masonry didefinisikan sebagai campuran dari semen portland atau campuran semen hidrolis dengan bahan yang bersifat menambah keplastisan (seperti batu kapur, kapur yang terhidrasi atau kapur hidrolis) bersamaan dengan bahan lain yang digunakan untuk meningkatkan satu atau lebih sifat seperti waktu pengikatan (*setting time*), kemampuan kerja (*workability*), daya simpan air (*water retention*), dan ketahanan (*durability*).

Semen berdasarkan SNI nomor 15-2049-2004 adalah bubuk halus yang memiliki sifat adhesi maupun kohesi, yaitu bahan pengikat. Arti dari bahan pengikat adalah suatu reaksi semen mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara diantara butir-butir agregat.

Definisi semen portland (*portland cement*) merupakan bahan perekat hidrolis yang sangat penting dalam konstruksi beton. Bahan perekat hidrolis yaitu dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan pembantu untuk membentuk pasta semen atau grout bila bersenyawa dengan air dapat mengeras dan jika bereaksi dengan agregat halus biasa disebut dengan mortar (Tjokrodimuljo, 2007).

Selain itu juga semen portland mempunyai sifat-sifat kimia yang mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen portland. Perbandingan susunan oksida dan senyawa semen portland (portland cement) akan ditunjukkan pada Tabel 2.10 dan Tabel 2.11.



Tabel 2.10 Kandungan Oksidasi Pada Semen Portland

Oksida	Kandungan %
Kapur (CaO)	60 – 70
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alimunia (Al ₂ O ₃)	3,0 – 8,0
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6,0
Magnesia (MgO)	0,1 – 5,5
Sulfur (SO ₃)	1,0 – 3,0
Soda/potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1,3

Sumber: Tjokrodinuljo (2007)

Unsur-unsur oksida pada Tabel 3.1 bila direaksikan akan menghasilkan senyawa-senyawa utama yang terdapat di dalam semen portland antara lain: C₃S (tricalcium silicate – 3CaO.SiO₂), C₂S (dicalcium silicate – 2CaO.SiO₂), C₃A (tricalcium aluminate – 2CaO.SiO₂), dan C₄AF (tetracalcium aluminoferrite – 4CaO.Al₂O₃. Fe₂O₃). Komposisi senyawa-senyawa ini dapat dilihat pada Tabel 2.11 di bawah ini:

Tabel 2.11 Komposisi Senyawa Semen Portland

Senyawa	Kandungan %
C ₃ S	45 – 65
C ₂ S	10 – 25
C ₃ A	7 – 12
C ₄ AF	5 – 11

Sumber: P. T. Tiga Roda Indocement

Ketika dicampur dengan air, senyawa-senyawa kimia di atas tersebut akan mengalami reaksi hidrasi. Demikian untuk membent uk produk hidrasi dan kecepatan bere aksi dengan air dari setiap komponen tent unya

berbeda-beda, oleh karena itu sifat-sifat hidrasi masing-masing komponen perlu dipelajari. Berikut ini adalah beberapa karakteristik dasar senyawa-senyawa penyusun semen yang akan ditunjukkan pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Karakteristik Dasar Senyawa Penyusun Semen

Senyawa	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Kecepatan reaksi dengan air	Sedang	Lambat	Cepat	Sedang
Kontribusi terhadap kekuatan awal	Baik	Buruk	Baik	Baik
Kontribusi terhadap kekuatan akhir	Baik	Sangat baik	Sedang	Sedang

Penggolongan komposisi kimia (manufacturing) semen dilakukan dengan cara mengubah presentase 4 komponen utama semen agar menghasilkan 5 semen tipe umum (PUBI, 1982). Dimana penggolongan ini dimaksudkan agar penggunaan semen sesuai dengan tujuan pemakaian dan spesifik, penggolongan ini mengacu pada ASTM C.150 (*American Society for Testing and Materi al*) yang ditunjukkan pada Tabel2.13.

Tabel 2.13 Jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Panas Hidrasi 7 Hari (J/g)
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	
I	Normal	50	24	11	8	330
II	Modifikasi Kekuatan Awal Tinggi	42	33	5	13	250
II	Kekuatan Awal Taiggi	60	13	9	8	500
IV	Panas Hidrasi Rendah	26	50	5	12	210
V	Tahan Sulfat	40	40	9	9	250

Sumber: P.T. Tiga Roda Indocement

Semen Portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang sebagian besar terdiri dari silika-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. (PUBI-1982).

Semen Portland tersusun dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi. Untuk lebih dilihat

pada tabel 2.1

lengkapnya dapat



Tabel 2.14 Susunan Unsur Semen Biasa

Oksida	Persen
Kapur, CaO	60-65
Silika, Si O ₂	17-25
Alumina, Al ₂ O ₃	3-8
Besi, Fe ₂ O ₃	0.5-6
Magnesia, MgO	0.5-4
Sulfur, SO ₃	1-2
Soda/potash, Na ₂ O + K ₂ O	0.5-1

Sumber : Teknologi Beton, Kardiyono ,1996

Semen tersusun atas 4 unsur yang paling penting. Keempat unsur itu ialah:

- Trikalsium silikat (C3S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$
- Dikalsium silikat (C2S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$
- Trikalsium aluminat (C3A) atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$
- Tetrakalsium aluminoforit (C4AF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

Unsur Trikalsium silikat (C3S) dan Dikalsium silikat (C2S) biasanya merupakan 70 sampai 80 persen dari semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Jika C3S mempunyai persentase yang lebih tinggi akan menghasilkan proses pengerasan yang cepat dengan tingkat panas hidrasi yang tinggi.

Sebaliknya, persentase C2S yang lebih tinggi menghasilkan proses pengerasan yang lambat, panas hidrasi yang sedikit, dan ketahanan terhadap serangan kimia yang lebih baik.

Proses hidrasi terjadi bila semen bersentuhan dengan air, hidrasi semen ini terjadi dalam arah ke luar dan ke dalam, yaitu hasil hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam secara bertahap terhidrasi sehingga volumenya mengecil. Reaksi tersebut berlangsung lambat, antara 2 - 5 jam (yang disebut periode induksi atau tak aktif) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah.

Proses hidrasi pada semen Portland sangat kompleks, tidak semua reaksi dapat diketahui secara rinci. Rumus proses kimia (perkiraan) untuk reaksi hidrasi dari unsur C₂S dan C₃S dapat ditulis sebagai berikut.



Kedua reaksi di atas menghasilkan C₃S₂H₃ yang biasa disebut “tobermorite” yang berbentuk gel dan panas. Proses dapat berlangsung sampai 50 tahun. Penelitian terhadap sili nêr beton menunjukkan bahwa beton masih meningkat terus kekuatannya paling tidak untuk jangka waktu 50 tahun (Tjokrodimulyo, K. 1996).

2.3 Abu Batok Kelapa

2.3.1 Pengertian Abu Batok Kelapa

Tempurung kelapa adalah limbah dari pabrik kopra dan pasar tradisional, yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari peroses pengolahan kelapa. Tempurung kelapa adalah jenis limbah padat yang pada umumnya hanya dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar untuk keperluan memasak, khususnya bagi rumah tangga yang masih menggunakan tungku dapur tradisional. Bahkan tak jarang limbah tempurung kelapa yang melimpah tersebut dibiarkan begitu saja sehingga hancur kembali ke alam tanpa memberi manfaat ekonomis.



Gambar 2.5 Abu Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa yang di gunakan dalam penelitian ini adalah berasal dari limbah pasar modern pasir pengaraian. Tempurung kelapa yang di pandang sebelah mata oleh masyarakat di harapkan mampu meningkatkan kuat tekan paving block, sehingga masyarakat tidak lagi membuang sampah tempurung kelapa di sembarang tempat yang dapat menimbulkan polusi lingkungan. Contoh abu tempurung kelapa dapat dilihat pada gambar 2.5, dan kandungannya dapat dilihat pada tabel 2.15

Tabel 2.15 Kandungan Batok Kelapa

KOMPONEN	PERSENTASE
Selulosa	26,6 %
Hemiselulosa	27,7%
Liginin	29,4%
Abu	0,6%
Komponen Ekstraktif	4,2%
Uronat anhidrat	3,5%
Nitrogen	0,1%
Air	8,0%

2.3.2 Proses Pembuatan batok kelapa

Tempurung kelapa dibakar sampai semua bagian berubah menjadi arang, kemudian di tumbuk menjadi butiran halus berwarna hitam pekat. Dan dilakukan pengayakan untuk mendapatkan abu yang lolos saringan no 200 agar abu tempurung kelapa dapat mengisi ruang-ruang kosong antar butiran sebagai bahan pengikat dan diharapkan mampu meningkatkan kuat tekan paving block. Berikut ini adalah kandungan arang kelapa:

Tabel 2.16 Kandungan Abu Batok Kelapa

KOMPONEN	PERSENTASE
Volatile	10,60 %
Karbon	76,32 %
Abu	13,08 %



2.4 Penelitian yang Terdahulu

Tabel 2.17 Penelitian Terdahulu

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
1	John Tri Hatmoko	UCS Tanah Lempung Ekspansif Yang Distabilisasi Dengan Abu Ampas Tebu Dan Kapur	<ul style="list-style-type: none"> • Pengujian Minerologi • Kimia Tanah • Pengujian Analisis Sarengan • Indeks Properties • Pengujian Kepadatan • Tekan Bebas 	<ul style="list-style-type: none"> • Mineralogi dan Kimia Tanah: <ul style="list-style-type: none"> ▪ silikat (SiO_2) ▪ aluminat (Al_2O_3) ▪ ferrit (Fe_2O_3) ▪ hilang pijar • Defraksi Sinar X: <ul style="list-style-type: none"> ▪ defraksi sinar X berturut-turut 14,190; 11,570, dan 16,770. Jika diambil rerata dari tiga puncak tersebut menghasilkan sudut defraksi sebesar 14.180. ▪ Puncak alpha kuarsa jika diambil reratanya adalah sebesar 3,34. ▪ kadar montmorollinite sebesar 74,15%, • Kimia Abu Ampas Tebu: <ul style="list-style-type: none"> ▪ silikat (SiO_2), dengan kadar kapur aktif, atau quick lime, (CaO) cukup rendah. • Kimia Kapur :

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<p>Dari hasil pengujian kimia kapur terlihat bahwa k</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kadar Ca(OH)_2 sebesar 80,89%, prosentase lolos saringan #200 sebesar 98,36%. <p>• Indeks Properties Tanah Asli:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pengujian analisis saringan dan indeks properties tanah asli : LL = 90%, PL = 45% dan PI = 45%. ▪ potensi pengembangan rendah ($0 < \text{PI} < 15$), sedang ($16 < \text{PI} < 35$), tinggi ($36 < \text{PI} < 55$), dan sangat tinggi jika ($\text{PI} > 55$). ▪ fraksi halus (lolos saringan #200) sebesar 82,8%. <p>• Potensi dan Tekanan Pengembangan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kapur yang ditambahkan pada tanah asli adalah : 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% ▪ Potensi pengembangan turun dari 12% pada tanah asli menjadi 1,12% pada tanah dengan kadar kapur 10%. ▪ Tekanan pengembangan turun dari 340 kPa pada tanah asli menjadi 105 kPa pada tanah dengan kadar kapur 10%

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<ul style="list-style-type: none"> • Pemadatan Tanah + Kapur : <ul style="list-style-type: none"> ▪ masa pemeraman 0, 4, 7, dan 14 hari. ▪ pada usia 7 hari terjadi reaksi posolanic yaitu terbentuknya kalsium silikat hidrat : $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (dikalsium silikat hidrat), atau $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ (trikalsium silikat hidrat). • Pemadatan Tanah + Kapur + Abu: <ul style="list-style-type: none"> ▪ abu ampas tebu dengan berbagai variasi : 0; 2,5 ; 5 ; 7,5; 10; 12,5; dan 15%. ▪ kepadatan maksimum tidak meningkat ada kemungkinan sedikit menurun atau konstan. ▪ menunjukkan bahwa reaksi posolanic sudah terjadi pada masa pemeraman 4 hari atau paling lama 7 hari. • Tekan bebas Tanah + Kapur : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pengujian tekan bebas tanah + kapur dilakukan untuk kadar kapur sama dengan pengujian pemadatan yaitu: 2,4.6,8 dan 10%. ▪ Pada kadar kapur 6% dan 8% tidak terlihat adanya

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<p>perbedaan yang signifikan</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pada kadar kaur 6% kenaikan kuat tekan bebas reratanya sebesar 131,5% ▪ pada kadar kapur 8% kenaikan kuat tekannya adalah 137,5. <ul style="list-style-type: none"> • Tekan Bebas Tanah + Kapur + Abu: <ul style="list-style-type: none"> ▪ kuat tekan bebas naik sampai dengan kadar abu 10% dengan prosentase kenaikan 43,84% ▪ kemudian menurun pada kadar abu yang lebih tinggi 12,5% (31,54%) dan 15% (27,49%).
2	I Nyoman Aribudiman	Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Yang Ditambahkan Semen Dan Abu Sekam Padi Sebagai Subgrade Jalan	<ul style="list-style-type: none"> • Kadar air • Gradasi Ukuran Butir • Berat Jenis (Gs) • Batas Cair (LL) • Batas Plastis (PL) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kadar Air <ul style="list-style-type: none"> ▪ Persentase kadar air tiap sampel adalah 40,87%, 41,98%, 40,99% • Gradasi Butiran <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lempung (Clay)= 49,12% (berat diameter <0,002 mm) ▪ Lanau (Silt) = 47,86% (berat diameter 0,002-0,075mm)

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
			<ul style="list-style-type: none"> • - Batas Susut (SL) • Indeks Plastis (IP) • Aktivitas (Ak) • Potensi Pengembangan (S') • Pemadatan • Kuat Tekan Bebas (UCT) • CBR • Konsolidasi 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pasir (Sand) = 3,02% (berat diameter >0,075) • Berat Jenis (Gs) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Persentase setiap berat jenis (Gs) ialah 2,606=0%, 2,587=4%, 2,556=8%, 2,528=12%, 2,508=16%, 2,473=20%. • Batas-batas Atterberg <ul style="list-style-type: none"> ▪ Penurunan nilai indeks plastisitas disebabkan pori-pori pada tanah telah diisi oleh abu sekam padi. ▪ Penurunan indeks plastisitas yang terjadi hingga 28,33%. • Aktivitas Tanah dan Potensi Pengembangan <ul style="list-style-type: none"> ▪ nilai aktivitasnya 1,2943 > 1,25. ▪ penurunan nilai aktivitas menjadi golongan tanah tidak aktif 0,7242 < 0,75. • Pemadatan <ul style="list-style-type: none"> ▪ Penurunan kepadatan maksimum ini disebabkan berat volume kering abu sekam padi yang sangat kecil dibandingkan semen dan tanah lempung itu sendiri. ▪ Peningkatan kuat tekan bebas ini disebabkan karena

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<p>adanya sifat sementasi yang diberikan oleh semen kepada butiran-butiran tanah.</p> <ul style="list-style-type: none"> • CBR dan Swelling <ul style="list-style-type: none"> ▪ Peningkatan nilai CBR ini sangat dipengaruhi oleh sifat semen yang memberikan daya dukung yang kuat terhadap tanah ▪ Nilai swelling tanah lempung mengalami penurunan yang disebabkan oleh peranan besar semen dalam proses sementasi yang mengikat partikel-partikel tanah. ▪ penurunan karena kemampuan tanah untuk menyerap air ditahan oleh ikatan semen dan tanah. • Konsolidasi <ul style="list-style-type: none"> ▪ Koefisien Konsolidasi (Cv) Nilai Cv untuk undisturbed sample diperoleh sebesar 0,002485 cm²/dt ▪ Waktu Konsolidasi (t) Waktu konsolidasi untuk tanah lempung tidak terganggu (undisturbed) diperoleh sebesar 2,706 tahun ▪ Koefisien Permeabilitas (k)

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<p>tanah lempung tidak terganggu (undisturbed) sebesar $1,04 \times 10^{-4}$ cm/dt.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Angka Pori (e) Untuk nilai angka pori tanah lempung tidak terganggu diperoleh sebesar 1,1537. ▪ Tekanan Prakonsolidasi (P'_c) Untuk nilai tekanan prakonsolidasi (P'_c) tanah tidak terganggu diperoleh sebesar 2,50 kgf/cm². ▪ Indeks Pemampatan (Cc) Nilai indeks pemampatan (Cc) pada tanah lempung tidak terganggu (undisturbed) diperoleh sebesar 1,0834.
3	Pretty Prescilia Takaendengan	Pengaruh Stabilisasi Semen Terhadap Swelling Lempung Ekspansif	<ul style="list-style-type: none"> • Uji Tekan Bebas (UCT) • Daya Dukung Tanah • Modulus Elastisitas 	<ul style="list-style-type: none"> • Karakteristik Tanah Lempung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tanah termasuk lempung anorganik dengan plastisitas tinggi dan dari tabel 2.1 jika $LL \geq 50$ maka tersebut digolongkan ke dalam grup CH. Untuk grup CH dengan bagian tertahan saringan no. 200 = 8.09 % (<15). • Pemadatan Tanah <ul style="list-style-type: none"> ▪ semakin besar prosentase semen, berat isi kering maksimum tanah semakin bertambah dan kadar air

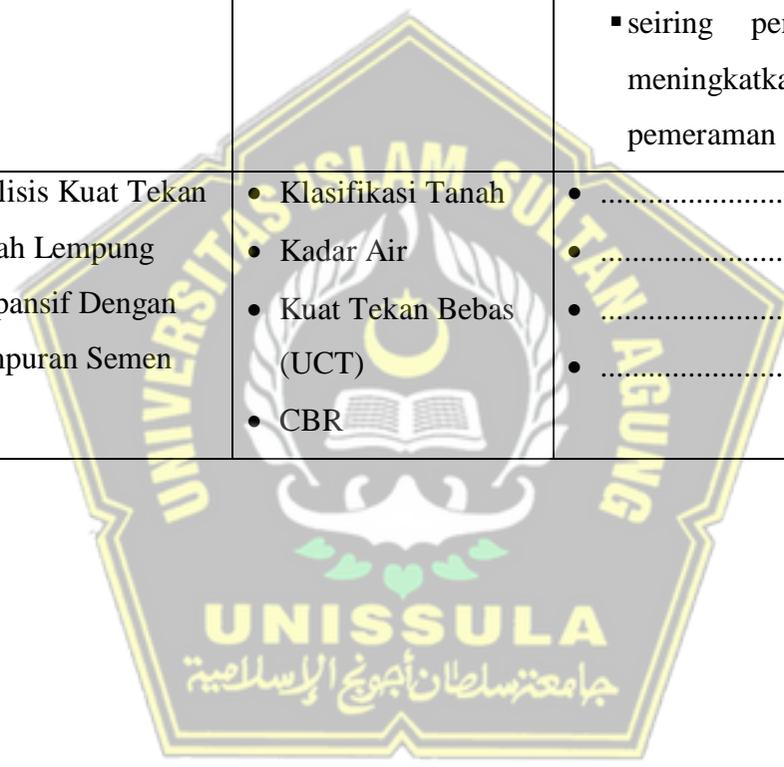
NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<p>optimum tanah semakin berkurang.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hubungan Antara Variasi Campuran Semen Dan Nilai Indeks Plastis <ul style="list-style-type: none"> ▪ semakin besar prosentase semen, nilai indeks plastisitas tanah semakin menurun dan dengan demikian swelling lempung ekspansif semakin berkurang. • Hubungan Nilai Indeks Plastisitas dengan Nilai Berat Isi Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum <ul style="list-style-type: none"> ▪ dengan meningkatnya indeks plastisitas, nilai berat isi kering maksimum tanah semakin berkurang dan kadar air optimum tanah semakin bertambah. • Tegangan, Regangan (ϵ) Dan Modulus Elastisitas (E) <ul style="list-style-type: none"> ▪ dengan bertambahnya kadar semen, nilai modulus elastisitas dan nilai kuat tekan bebas semakin meningkat.
4	Bretyndah Kezia Lumikis	Korelasi Antara Tegangan Geser Dan Nilai CBR Pada	<ul style="list-style-type: none"> • Pemeriksaan Sifat tanah • Pembuatan benda 	<ul style="list-style-type: none"> • Uji Karakteristik Tanah <ul style="list-style-type: none"> ▪ Berdasarkan nilai persentase lolos saringan no.200 tanah lempung, didapat hasil >50% lolos.

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
		Tanah Lempung Ekspansif Dengan Bahan Campuran Semen	uji <ul style="list-style-type: none"> • Pemadatan • Uji CBR • Uji Triaksial kondisi UU 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ sistem klasifikasi USCS untuk data batas cair dan indeks plastisitas diplot pada diagram plastis sehingga didapat identifikasi tanah yang lebih spesifik. • Pemadatan Tanah <ul style="list-style-type: none"> ▪ dapat dilihat bahwa pengaruh bahan campuran semen pada perilaku kepadatan tanah adalah: semakin besar persentase semen semakin meningkat berat isi kering tanah serta semakin menurun kadar air optimum tanah. • CBR Tanpa Rendaman <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dilihat bahwa pengaruh bahan campuran semen meningkat-kan nilai CBR tanah yang awalnya sebesar 0,390% menjadi 1,115% pada campuran 10% semen. • Triaksial Kondisi UU <ul style="list-style-type: none"> ▪ bahwa pencampuran semen akan menghasilkan Peningkatan pada nilai sudut geser dalam tanah. ▪ bahwa pencampuran semen akan meningkatkan nilai kohesi tanah. ▪ pencampuran semen akan meningkatkan tegangan geser

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<p>dalam tanah yang awalnya 9,889% menjadi 15,875% pada penambahan campuran 10% semen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ dengan penambahan persentase semen pada tanah lempung ekspansif akan meningkatkan nilai CBR dan tegangan geser tanah. ▪ Pada persentase semen 8% di dapat pertemuan titik kenaikan antara nilai CBR dan tegangan geser.
5	Iqbal Rokhman	Uji Eksperimental Variasi Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Semen	<ul style="list-style-type: none"> • Tanah • Semen • Uji Laboratorium • Analisa Data 	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil Pengujian Sifat Fisik Dan Mekanik Tanah Asli <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistem klasifikasi AASHTO Menurut sistem klasifikasi AASHTO termasuk dalam jenis kelompok tanah A-7-6 yaitu tipe material yang dominan adalah tanah berlempung sedang sampai buruk. ▪ Sistem klasifikasi USCS • Hasil Uji Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Lempung dan Semen <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hasil uji sifat fisik dan mekaniik campuran tanah lempung dengan semen untuk kadar campuran 5%, 10%, 15% dan 20%.

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<ul style="list-style-type: none"> • Perbandingan Sifat Fisik Dan Mekanik Tanah Lempung Dengan Campuran Semen • Hasil Uji Berat Jenis <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hasil pengujian berat jenis tanah tanah ditambah dengan campuran semen dengan persentase 5%, 10%, 15% dan 20% terjadi peningkatan nilai berat jenis tanah dibandingkan dengan berat jenis tanah asli yaitu 2,58 gram/cm³ • Hasil Uji Atterberg <ul style="list-style-type: none"> ▪ dapat dilihat dari hasil pengujian atterberg limit setelah penambahan semen, terlihat bahwa semakin tinggi kadar semen maka batas plastis (PL) meningkat sedangkan batas cair (LL) menurun, sehingga indeks plastisitas (IP) tanah menurun. Selain itu unsur kimia dari semen disinyalir

NO	NAMA	JUDUL	METODOLOGI	HASIL
				<ul style="list-style-type: none"> • Hasil Uji CBR <ul style="list-style-type: none"> ▪ seiring penambahan kadar variasi semen telah meningkatkan nilai CBR tanah lempung pada pemeraman 7 hari secara signifikan.
6	Ladin Takulani	Analisis Kuat Tekan Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Semen	<ul style="list-style-type: none"> • Klasifikasi Tanah • Kadar Air • Kuat Tekan Bebas (UCT) • CBR 	<ul style="list-style-type: none"> • • • •



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini pengambilan sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Jl. Godong– Purwodadi Km ± 49 Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Lokasi ini di pilih karena memiliki jenis tanah lempung, sehingga mempunyai potensi kembang susut yang tinggi sehingga dapat menyebabkan kerusakan bahkan keruntuhan konstruksi.

3.2 Metode Pengambilan Sampel

Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah metode acak (*random*) mengingat daerah Munggu yang cukup luas. Diambil sampel terganggu (*disturbed*) dan tidak terganggu (*undisturbed*) untuk selanjutnya diteliti di laboratorium.

3.3 Penelitian Laboratorium

a. Kadar air

$$w = (w_w/w_s \times 100\% \quad (3.1)$$

dimana : w = kadar air

w_w = berat air

w_s = berat tanah kering

Satuan = % / gr

b. Gradasi Ukuran Butir

Dilakukan pengujian ayakan dan hidrometer

c. Berat Jenis (Gs)

$$G_s = (w_2 - w_1) / (w_4 - w_1) - (w_3 - w_2) \quad (3.2)$$

Dimana : w_1 = berat pikno,

$w_2 = \text{berat pik}^{\text{no}} + \text{tanah},$

$w_3 = \text{berat pikno} + \text{tanah} + \text{air},$

$w_4 = \text{berat pikno} + \text{air}$

Satuan = gr

d. Batas Cair (LL)

$$LL = w_c (N/25)^{0,121} \quad (3.3)$$

Dimana : $w_c = \text{kadar air},$

$N = \text{jumlah pukulan}$

Satuan = gr

e. Batas Plastis (PL)

$$W = \frac{b-c}{c-a} \times 100 \quad (3.4)$$

Satuan = gr

f. Batas Susut (SL)

$$SL = w - ((v_1 - v_2) / W) \quad (3.5)$$

Dimana : $W = \text{kadar air tanah basah}$

$v_1 = \text{volume tanah basah}$

$v_2 = \text{volume tanah kering}$

$w = \text{berat tanah kering}$

satuan = gr

g. Indeks Plastis (IP)

$$IP = LL - PP \quad (3.6)$$

Satuan = gr

h. Aktivitas (Ak)

$$Ak = IP / (\% \text{ berat fraksi berukuran lempung}) \quad (3.7)$$

i. Potensi Pengembangan (S')

$$S' = 3,6 \times 10^{-5} \cdot Ak^{2,44} \cdot CF^{3,44} \quad (3.8)$$

Dimana : $CF = \text{persen fraksi lempung dalam tanah}$

j. Pemadatan

$$\gamma_b = W/v \quad (3.9)$$

dimana : γ_b = berat volume tanah basah

W = berat tanah yang dipadatkan

v = volume cetakan

$$\gamma_d = \gamma_b / (1+w)$$

dimana : γ_d = berat volume tanah kering

w = kadar air

$$\gamma_{zav} = \gamma_w / (w + (1/G_s))$$

dimana : γ_{zav} = berat volume pada kondisi ZAV

γ_w = berat volume air

w = kadar air

G_s = berat jenis

satuan = Kg

k. Kuat Tekan Bebas (UCT)

$$\sigma = q_u = P/A \text{ Kg} \quad (3.10)$$

dimana : σ = tekanan aksial

q_u = kuat tekan bebas

P = gaya

A = luas rata-rata benda uji

$$\phi\phi = (\alpha - 45^\circ) \times 2$$

Dimana : $\phi\phi$ = sudut geser tanah

α = sudut runtuh tanah

c_u = $q_u/2$

dimana : c_u = kohesi

q_u = kuat tekan bebas

l. CBR

$$\text{CBR pada penetrasi } 0,1'' = A/6,9 \times 100\% \quad (3.11)$$

$$\text{CBR pada penetrasi } 0,2'' = B/10,3 \times 100\% \quad (3.12)$$

3.4 Perbandingan

Dalam penelitian ini dilakukan campuran semen dan tanah lempung ekspansif. Sampel yang dipakai seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sampel Penelitian

Tanah Lempung Ekspansif	<i>Portland Cement</i>	Abu Batok Kelapa
96 %	2 %	2%

Jumlah sampel dalam pengujian ini berjumlah 20 sampel yang dilakukan selama 3 minggu masa pemeraman, kemudian di uji pada tanah asli dan campuran tiap 7 hari, 14 hari, dan 21 hari setelah masa pemeraman untuk mengetahui pengaruh di tiap kuartal waktu.

3.5 Metode Analisis data

Analisis data dilakukan terhadap data yang telah di kumpulkan dari hasil penyelidikan tanah dan hasil pemantauan di lapangan berupa pengujian yang telah dilakukan di laboratorium. Analisis data meliputi :

a. Klasifikasi tanah ekspansif

Pengujian di laboratorium meliputi uji kadar air tanah (w), berat volume tanah, *specific gravity* (GS), analisis ayakan, batas plastis (PL), batas cair (LL), indeks plastisitas (IP) dan mineral tanah. Sampel tanah tidak terganggu digunakan untuk menguji kadar air tanah, berat volume tanah, *specific gravity*, analisis ayakan, batas plastis, batas cair, indeks plastisitas.

Sedangkan sampel tanah terganggu yang diambil langsung dengan sekop tanpa perlindungan bungkus sampel digunakan untuk melakukan uji mineral tanah. AASHTO T258-81, SNI 03-1966, SNI 03-1967.

b. Berat Jenis (Gs)

Prosedur Percobaan dan tata cara dalam percobaan ini :

1. Mencari harga air piknometer:

a. Piknometer kosong ditimbang, misal : a gram

b. Piknometer diisi aquadest hingga penuh, kemudian ditimbang, misal : b gram. Dan diukur temperaturnya, misal : T1 ° C.

2. Harga air piknometer : $(b - a) t_1$, dimana t_1 : koreksi T1. (Tabel)

3. Mencari GS

4. Sampel secukupnya diambil, kemudian masukkan dalam piknometer

diatas yang sudah bersih dan kering, kemudian ditimbang, misal : c gram (20 – 25 gr)

5. Piknometer dan sampel tersebut diisi aquadest sampai dibawah leher piknometer, kemudian dikocok-kocok / diketuk-ketuk sampai gelembung udara hilang, lalu di diamkan

6. Setelah di diamkan, piknometer tersebut ditambah aquadest lagi sampai penuh dan ditimbang, misal : d gram

7. Kemudian diukur temperaturnya dengan thermometer, misal : T2 ° C.

8. Koreksi temperaturnya ada pada ketentuan, misal : t2

c. *Atterberg Limit*

Prosedur Percobaan

1) Ambil sampel tanah secukupnya, kemudian dioven selama ± 24 jam.

Setelah itu ditumbuk dan diayak dengan saringan no.40 (0,425 mm).

2) Sampel tanah diambil sebagian dan diletakkan di mangkok, diberi aquadest dan dicampur sampai homogen.

3) Setelah homogen, sampel tersebut dimasukkan dalam mangkok cassagrande dan diratakan, kemudian bagian tengahnya digaris dengan colet sehingga membent uk celah.

4) Engkol pemutar diputar, sehingga mangkok mengalami ketukan dengan

tinggi jatuh ± 1 cm dengan kecepatan kira-kira 2 putaran per detik.

5) Pemutaran berhenti setelah tanah menutup sepanjang kira-kira 2 cm



6) Percobaan ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan kadar air yang berbeda dan diperkirakan tanah menutup sepanjang 2 cm dibawah 25 kali ketukan sebanyak 2 kali dan diatas 25 kali sebanyak 2 kali. Pada tiap percobaan, diambil sampel untuk dicari kadar airnya.

d. Proktor

Prosedur Percobaan :

1. Mengeringkan tanah lempung ekspansif dari lapangan secukupnya sampai mencapai kering udara.
2. Membagi tanah tersebut menjadi 5 bagian masing – masing berat 2 kg, sebelumnya tanah tersebut disaring dengan saringan no. 4 (\emptyset 4,76 mm)
3. Berat bagian bawah dan berat landasan silinder ditimbang. Volume silinder ditentukan dengan jalan mengukur tinggi dan diameter alat.
4. Berat penumbuk dicari dan tinggi jatuhnya diukur.
5. Ambil sampel secukupnya dan diaduk dengan air sebanyak yang telah ditentukan sampai homogen. Campuran dibagi menjadi 5 bagian.
6. Tanah yang sudah homogen merata tiap bagian. Jadi ada 5 bagian tanah dan tiap bagian ditumbuk 25 kali secara merata.
7. Cincin atas dilepas perlahan-lahan lalu diratakan, setelah itu ditimbang.
8. Kadar air diperiksa masing – masing 2 sampel (tiap sampel diambil bagian atas dan bawahnya).
9. Percobaan diulang lagi untuk contoh tanah lainnya dengan cara yang sama dan penambahan air yang berbeda.
10. Gs didapat dari percobaan soil test
11. Grafik digambar dengan w (kadar air) sebagai absis dan γ sebagai ordinatnya.
12. Perhitungan w, γ_b , γ_k , n, e, ZAV
13. Gambar di grafik dengan absis kadar air dan ordinatnya (γ_b , γ_k , ZAV)

Data percobaan : Proktor (standard / modified)

e. *California Bearing Ratio* (CBR)

Prosedur Percobaan :

1. Ambil contoh tanah kering udara seperti i yang dipakai pada percobaan pemadatan sebanyak 3 contoh masing-masing 4 kg.
2. Tanah tersebut disemprotkan dengan air sehingga mendekati kadar air optimum, hal ini dapat dilakukan sebagai berikut :
 - Pada waktu percobaan pemadatan, setiap sample tanah disimpan dalam plastik kemudian dimasukkan ke dalam karung tertutup sehingga kadar airnya tidak berubah. Masing-masing karung diberi tanda nomer percobaan dan kadar airnya.
 - Sesudah kadar air optimum diketahui, ambil plastik yang berisi contoh tanah dengan kadar air yang paling mendekati kadar air optimum.
 - Contoh tanah yang akan dipakai pada percobaan CBR disemprot air sehingga warnanya hampir mendekati warna tanah dalam plastik tadi.
3. Biarkan selama 7,14,21 hari (*curing time*) agar kadar airnya merata lalu tutup rapat rapat agar tidak terjadi penguapan.
4. Timbang CBR mold beserta alasnya kemudian masukkan keping pemisah (*spacer disc*) lalu letakkan kertas saring diatasnya.
5. Pasang collar diatas mold.
6. Masukkan tanah yang telah dipersiapkan kedalam mold tersebut sedemikian rupa sehingga setelah dipadatkan akan mengisi 1/3 tinggi mold.
7. Pemadatan masing-masing lapisan tanah tersebut sehingga mengisi seluruh tinggi mold. Lakukan hal ini 3 kali dengan jumlah tumbukan yang berbeda yaitu :
 - Contoh 1 : 3 lapis, ditumbuk 10 kali tiap lapis
 - Contoh 2 : 3 lapis, ditumbuk 25 kali tiap lapis
 - Contoh 3 : 3 lapis ditumbuk 35 kali tiap lapis
8. Lepaskan collar lalu retakan tanah dibagian atas mold dengan alat perata.

9. Balikan mold tersebut dan piringan pemisah serta kertas saring dikeluarkan lalu ditimbang.



10. Pasang kertas sarin^g dikedua permukaan tanah dalam mold lalu pasang kembali alasnya dengan posisi mold terbalik.
11. Letakkan alat pengukur pengembang lalu letakkan keping beban diatasnya seberat 10 lbs (maksudnya sebagai beban pengganti yang akan dilimpahkan pada tanah nantinya).
12. Dengan beban yang masih terpasang, letakkan mold diatas piringan penekan pada alat penetrasi CBR.
13. Atur posisi dial beban dan dial penetrasi pada posisi nol kemudian lakukan penekanan dengan kecepatan 0,05"/menit.
14. Lakukan pembacaan dial beban pada penetrasi 0.0125" , 0.025" , 0.050" , 0.075" dan seterusnya.

f. *Unconfined Compressive Strength (UCT)*

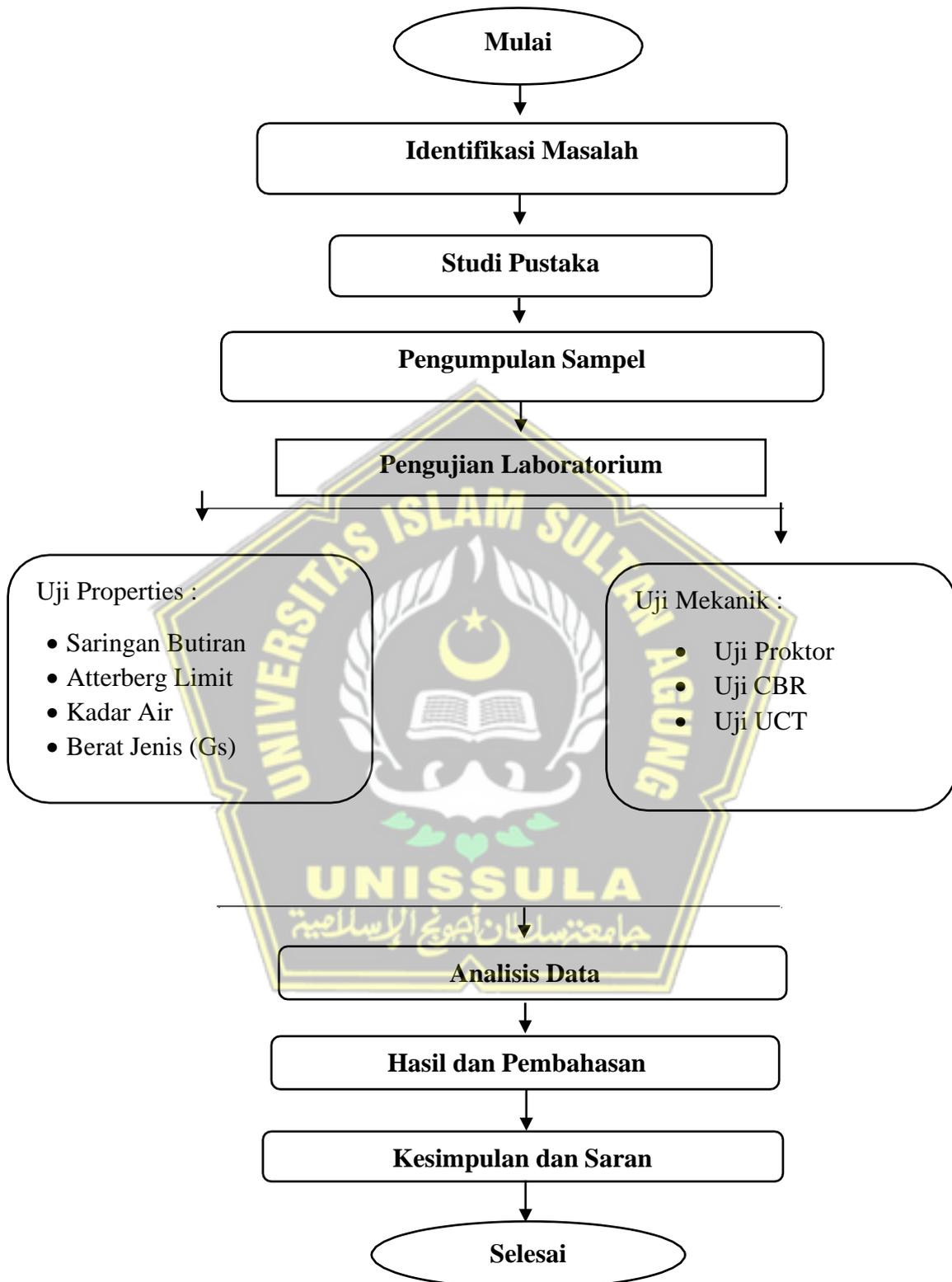
Prosedur Percobaan :

1. Pemeriksaan kuat tekan bebas dengan cara mengontrol regangan
2. Timbang benda uji dengan ketelitian 0,1 gram. Letakkan benda uji pada mesin tekan bebas secara centris. Atau mesin diatur sehingga plat atas menyentuh permukaan benda uji
3. Atur jarum arloji tegangan pada angka nol. Atur kedudukan arloji regangan dan atur arloji pada angka nol
4. Pembacaan beban dilakukan pada regangan-regangan 0,5%, 1%, 2%, dan seterusnya dengan kecepatan regangan sebesar 1/2 – 2% per menit, biasanya di ambil 1% per menit
5. Percobaan ini dilakukan terus menerus sampai benda uji mengalami keruntuhan, keruntuhan ini dapat dilihat dari makin kecilnya beban walaupun regangan semakin besar
6. Jika regangan telah mencapai 20% tetapi benda uji belum runtuh, maka pekerjaan dihentikan.

3.6 Bagan Alir

Bagan alir disusun agar kegiatan penelitian berjalan dengan yang diinginkan sesuai urutan tahap kegiatan penelitian. Dalam bagan alir penelitian seperti pada Gambar 3.1 dibawah ini, penelitian dimulai dengan identifikasi masalah dan studi pustaka, tahap pengujian data, tahap pengolahan, analisis data dan yang terakhir tahap penyusunan laporan.





Gambar 3.1 Bagan Alir

3.7 Jadwal Pelaksanaan

Jadwal pelaksanaan pembuatan Tugas Akhir dimulai pada September 2022 yang dimana pada masa proses pembuatan laporan proposal yang berakhir pada Desember 2022, dan masa penelitian di laboratorium dimulai pada Maret 2023 juga proses pengumpulan data berlangsung selama 1 bulan, dan proses pembuatan laporan hasil penelitian dimulai pada Mei 2023 dan berakhir pada Juli 2023.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung, yang dimana penelitian dilakukan selama hampir sebulan untuk menentukan perbandingan tanah asli dengan campuran atau tanah penelitian. Sampel tanah sendiri diambil di Jl. Godong-Purwodadi Km ± 49 Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah.

4.2 Klasifikasi Tanah

Menurut Chen (1975) tanah lempung ekspansif dilihat dari potensial pengembangannya yang dibagi menjadi beberapa kelas. Hubungan indeks plastisitas terbagi sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Hubungan Indeks Plastisitas Terhadap Potensial Pengembangan (Chen, 1975)

Indeks Plastisitas (%)	Potensial Pengembangan
0-15	Rendah
15-35	Sedang
20-55	Tinggi
>55	Sangat Tinggi

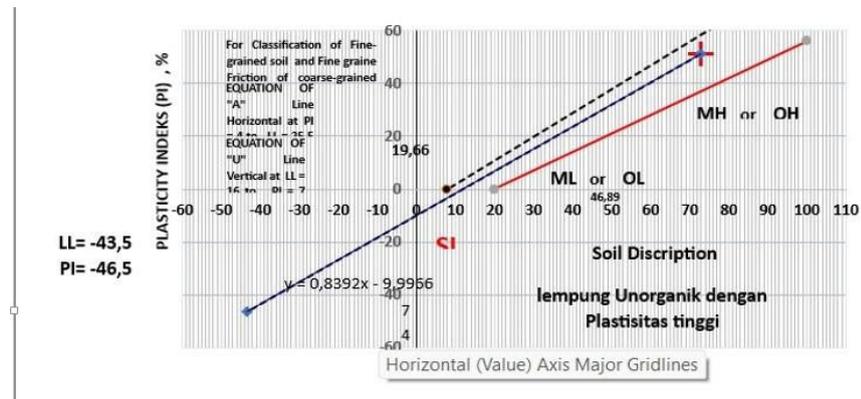
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah :

Jenis Pemeriksaan	Nilai
Batas-batas Atterberg :	
LL %	72,79
PL %	21,70
PI %	51,09
SL %	11,91
Kadar Air (W) %	22,32

Berat Jenis (Gs)	2,331
------------------	-------



Hasil pengujian sifat mekanis :



Gambar 4.1 Sifat Mekanis Tanah

Dari hasil pengujian sifat fisik maupun mekanis menunjukkan jenis tanah lempung berada pada lempung unorganik dengan plastisitas tinggi menurut USCS dan berada pada kategori (*high*), dengan persentase potensial pengembangannya 51,09% (Chen,1975).

4.3 Pengujian Sampel

Pada pengujian sampel inilah yang menentukan kuat tekan tanah ekspansif yang dicampur dengan semen juga abu batok kelapa dapat diketahui. Adapun tahapan penelitian sampel dilaboratorium ini meliputi antara lain pengujian proktor standar, CBR, UCT, Berat Jenis (Gs) dan juga Atterberg Limits (ATL).

4.3.1 BERAT JENIS (Gs)

Berat jenis butir (*Specific Grafity*) adalah perbandingan antara berat butiran tanah dengan berat air suling pada volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan harga berat jenis butir (Gs) sampel tanah.

Adapaun hasil dari pengujian yang dilakukan pada tanah asli juga campuran adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 3 Data Hasil Percobaan Picnometer

No. Picnometer	Sample	Picnometer				Suhu		Koreksi	
		Berat Pick (gr)	Berat Pick + Aquadest (gr)	Berat Pick + sample (gr)	Brat Pick + sample + Aquadest (gr)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	t ₁	t ₂
1	Tanah asli	27,44	77,70	51,56	91,54	28	30	1,00374	1,00428
2	Tanah campuran 7 hari	29,22	79,34	51,59	92,82	31	32	1,00456	1,00485
3	Tanah campuran 14 hari	29,22	79,35	51,72	91,65	31	32	1,00456	1,00485
4	Tanah campuran 21 hari	29,02	79,03	51,39	92,1	29	31	1,00400	1,00456

1. Harga Air Piknometer tanah asli

$$\begin{aligned}
 H_p &= (\text{Berat Pickno} + \text{Aquadest (b)} - \text{Berat Pickno (a)}) \cdot (t_1) \\
 &= (27,44 + 39,98) \cdot 1,00374 \\
 &= 50,45
 \end{aligned}$$

Harga Air Piknometer tanah campuran 7 hari

$$\begin{aligned}
 H_p &= (\text{Berat Pickno} + \text{Aquadest (b)} - \text{Berat Pickno (a)}) \cdot (t_1) \\
 &= (29,22 - 36,17) \cdot 1,00456 \\
 &= 50,35
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 4 Harga air piknometer

No. Picnometer	Harga Air Piknometer
1	50,45
2	50,35
3	50,36
4	50,21

2. Mencari G_s Ft:

$$G_s = \frac{\text{Berat Pikno+ sample (c)} - \text{Berat Pickno (a)}}{H_p - (\text{berat pikno+sampel+aquadet}) - (\text{berat pikno+sampel})}$$

$$= \frac{51,56 - 27,44}{50,45 - 91,54 - 51,56}$$

$$= 2,342$$

Mencari G_s tanah campuran:

$$G_s = \frac{\text{Berat Pikno+ sample (c)} - \text{Berat Pickno (a)}}{H_p - (\text{berat pikno+sampel+aquadet}) - (\text{berat pikno+sampel})}$$

$$= \frac{51,72 - 29,22}{50,35 - 92,82 - 51,59}$$

$$= 2,508$$

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Gravity Spesi fic

Sampel	Berat Picno (gr)	Berat Picno + sample (gr)	Berat Picno+sample +Aquadest (gr)	KS (t ₂)	HP	G _s	G _s Rata2
Tanah Asli	27,44	51,56	91,54	1,00428	50,45	2,342	2,362
Tanah campuran 7	29,22	51,59	92,82	1,00485	50,35	2,508	
Tanah campuran 14	29,22	51,72	91,65	1,00485	50,36	2,198	
Tanah campuran 21	29,02	51,39	92,1	1,00456	50,21	2,402	



Gambar 4.2 Alat Piknometer 1



Gambar 4.3 Proses Pengujian Pycnometer

4.3.2 Proktor Standar

Pada Percobaan Proktor ini dilaksanakan untuk menentukan hubungan antara kadar air optimum dan berat tanah kering maksimum yang menghasilkan kepadatan maksimum dari tanah tersebut. Percobaan ini bertujuan untuk diantaranya:

- 1) Menentukan kadar air yang diperlukan untuk pemadatan tanah
- 2) Menentukan berat volume basah tanah optimum
- 3) Menentukan berat volume kering tanah optimum
- 4) Menentukan prosentase pori / *porosity*.



Gambar 4.4 Alat Proktor



Gambar 4.5 Proses Pengerjaan Proktor

Hasil Pengujian Proktor yang dilakukan pada penelitian tanah asli juga campuran yang terdiri dari 7 hari, 14 hari, 21 hari masa pemeraman mendapat hasil sebagai berikut :

Digambarkan sebuah grafik hubungan antara kadar air (w) dan berat volume kering serta kurva rongga udara nol pada setiap pengujian tanah campuran dibawah tabel data tanah penelitian. Kurva rongga nol tidak pernah berpotongan dengan kurva hasil pemadatan, kurva ini menunjukkan posisi tingkat kepadatan tanah maksimal teoritis yang dapat dicapai jika tanah tersebut sangat padat dan tanpa rongga udara.

Tabel 4. 6 Data Tanah Asli Proktor

PERCOBAAN PEMADATAN

(SK SNI M-8-1991-03)

*Specific Grafity (GS):***2,342***Modyfide*

PENGUJIAN		I	II	III	IV	V
Berat Sampel gr		5000	5000	5000	5000	5000
Penambahan air cc		0	150	250	350	450
KEPADATAN PROKTOR:						
Berat sam pel + cetakan gr		4958,80	5086,00	5147,00	5268,20	5200,00
Berat Cetakan (gr)		3657,29	3657,29	3657,29	3657,29	3657,29
Berat samp el Basah (gr)		1301,51	1428,71	1489,71	1610,91	1542,71
Volume cetakan (Ø= 10.08, T=11.6cm) cm ³		925,23	925,23	925,23	925,23	925,23
Berat isi sampel basah (yb) gr/cm ³		1,41	1,54	1,61	1,74	1,67
Berat isi sampel Kering (yd) gr/cmt		1,25	1,32	1,30	1,36	1,28
Z A V gr/cmt		1,81	1,67	1,50	1,42	1,38
Kadar Air : PROKTOR						
Brt sampel Basah + Cawan (gr)		33,00	49,20	52,60	43,60	67,60
Brt sampel kering + cwn (gr)		29,80	42,60	43,20	35,00	53,00
Berat Air (gr)		3,20	6,60	9,40	8,60	14,60
Berat Cawan (gr)		4,40	4,20	4,20	4,20	4,00
Berat sampel Kering (gr)		25,40	38,40	39,00	30,80	49,00
Kadar Air (W)	(%)	12,60	17,19	24,10	27,92	29,80

Tabel 4.7 Hasil pengujian proktor tanah asli dengan semen dan abu batok kelapa

Hasil Pengujian	Tanah Asli	Campuran 96% + 2% + 2%, 7 Hari	Campuran 96% + 2% + 2%, 14 Hari	Campuran 96% + 2% + 2%, 21 Hari
Berat kering maks (γ_{dmaks})	1,380	1,350	1.300	1.410
Kadar air (W maks)	22,00	29,10	25,00	18,00

Dalam pengujian pemadatan atau proktor menunjukkan persentase penurunan kadar air optimum yang signifikan 22,00% untuk tanah asli, 29,10% campuran 7 hari, 25,00% campuran 14 hari, dan 18,00% untuk 21 hari. Dan dapat dilihat pada gambar grafik 4.8 desain grafik CBR.

4.3.3 CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah dan campuran di laboratorium pada kadar air tertentu.



Gambar 4.6 Alat kuat tekan CBR



Gambar 4.7 Proses pengerjaan CBR

Adapun hasil dari pengujian CBR yang dilakukan selama 21 hari dalam 3 kali pengujian yang dibandingkan dengan sampel tanah asli sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Volume alat} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (15,2)^2 \cdot 17,8 \\
 &= 2183,65 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Berat tanah basah} &= (\text{berat cetakan} + \text{sampel}) - \text{berat cetakan} \\
 &= 9062 - 5957,6 \\
 &= 3104,4 \text{ gram} \\
 &= 3,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Berat volume tanah basah } (\gamma_b) &= \frac{\text{berat tanah basah}}{\text{volume tanah basah}} \\
 &= \frac{3104,4}{3228,3} \\
 &= 1,42166 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ Berat jenis tanah kering } (\gamma_k) \\
 \text{Dari kadar air/100} &= 21,37 \% \\
 \gamma_k \text{ rata-rata} &= \frac{\gamma_b}{1+w} \\
 &= \frac{0,0962}{1+17,84\%} \\
 &= 1,17136 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

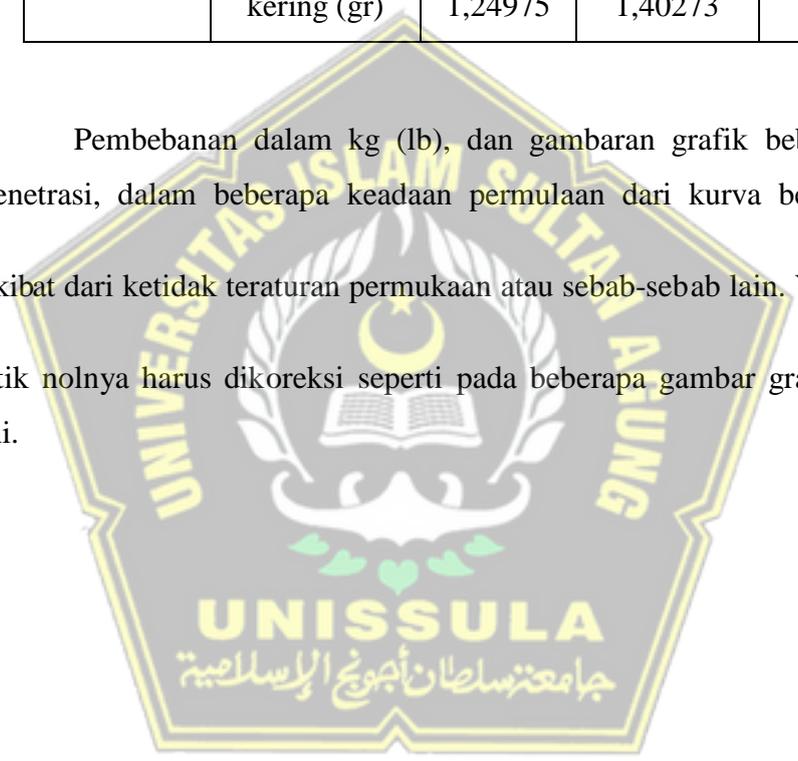
Tabel 4. 8 Data tanah pengujian CBR

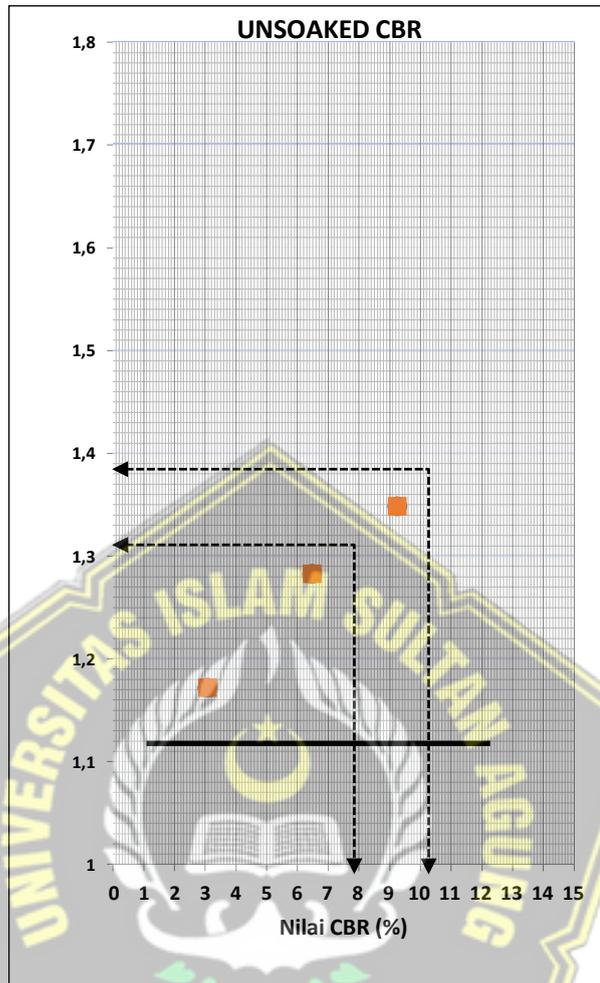
Jenis tanah	Berat isi	Jumlah tumbukan		
		10	25	35
Tanah asli	Berat tanah + cetakan (gr)	906,2	9325	9520
	Berat cetakan (gr)	595,76	5957,6	5957,6
	Berat tanah basah (gr)	310,44	3367,4	3562,4

	Isi cetakan (gr)	2183,65	2183,65	2183,65
	Berat isi basah (gr)	1,42166	1,5421	1,6314
	Berat isi kering (gr)	1,17136	1,28193	1,34793
Tanah Campuran 7 Hari	Berat tanah + cetakan (gr)	11589	12054	12050
	Berat cetakan (gr)	8081	8081	8081
	Berat tanah basah (gr)	3508	3973	3969
	Isi cetakan (gr)	2271,28	2271,28	2271,28
	Berat isi basah (gr)	1,5445	1,74923	1,74747
	Berat isi kering (gr)	1,18925	1,35024	1,35261
	Tanah Campuran 14 Hari	Berat tanah + cetakan (gr)	11486	11800
Berat cetakan (gr)		8083	8083	8083
Berat tanah basah (gr)		3403	3717	3757
Isi cetakan (gr)		2271,28	2271,28	2271,28
Berat isi basah (gr)		1,49827	1,63652	1,65413
Berat isi kering (gr)		1,19357	1,30591	1,32146
Tanah Campuran		Berat tanah + cetakan (gr)	9102	9520

21 Hari	Berat cetakan (gr)	5751	5751	5751
	Berat tanah basah (gr)	3351	3769	3853
	Isi cetakan (gr)	2271,28	2271,28	2271,28
	Berat isi basah (gr)	1,47538	1,65942	1,6964
	Berat isi kering (gr)	1,24975	1,40273	1,42956

Pembebanan dalam kg (lb), dan gambaran grafik beban terhadap penetrasi, dalam beberapa keadaan permulaan dari kurva beban cekung akibat dari ketidak teraturan permukaan atau sebab-sebab lain. Yang dimana titik nolnya harus dikoreksi seperti pada beberapa gambar grafik dibawah ini.





Gambar 4.8 Grafik CBR tanah asli

Campuran dari semen dan abu batok kelapa pada penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang signifikan terhadap perubahan nilai CBR apabila dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli. Hal ini dipengaruhi oleh reaksi kimia yang terjadi antara tanah asli dengan campuran semen dan abu batok kelapa. Persentase campuran dan waktu pemeraman menunjukkan pengaruh yang besar terhadap nilai daya dukung tanah. Semakin tinggi persentase campuran semen dan abu batok kelapa dan semakin lama waktu pemeraman maka dapat meningkatkan daya dukung tanah yang cukup signifikan apabila dibandingkan dengan tanah asli. Hasil pengujian CBR campuran ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan disajikan dalam

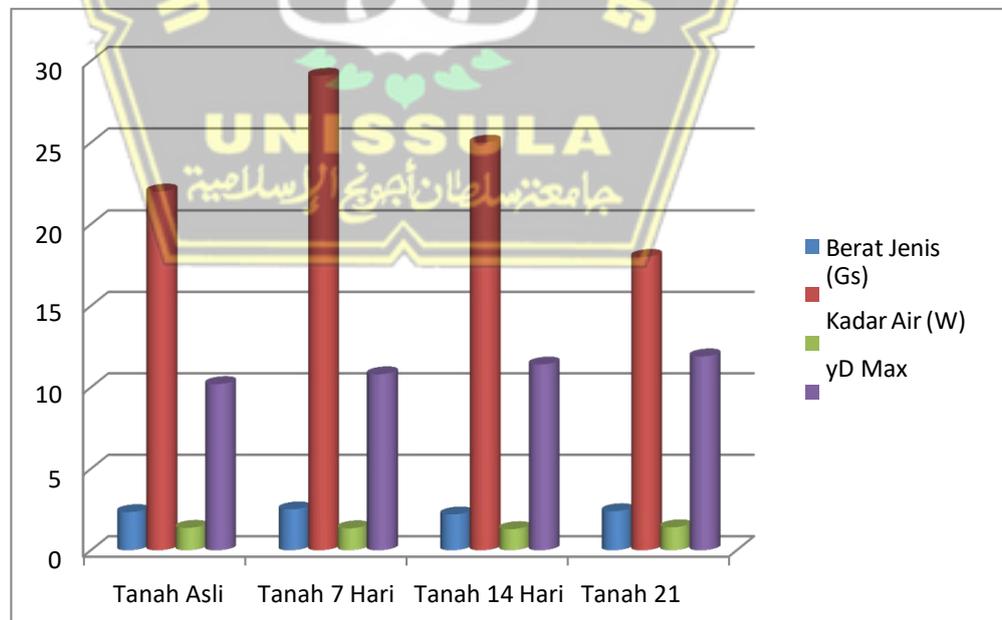
bentuk perhitungan penetrasin yang didapat setelah uji CBR.

Kepadatan / γ_D (gr/cm³)



Tabel 4. 9 Hasil pengujian CBR tanah asli dengan semen dan abu batok kelapa

Hasil pengujian	Tanah Asli	Campuran 96% + 2% + 2%, 7 Hari	Campuran 96% + 2% + 2%, 14 Hari	Campuran 96% + 2% + 2%, 21 Hari
CBR pukulan 10X				
0,1''(%)	3.09	5.86	6.48	6.88
0,2''(%)	3.91	4.73	5.14	5.80
CBR pukulan 25X				
0,1''(%)	6.48	8.95	9.57	9.88
0,2''(%)	4.79	8.23	8.64	8.85
CBR pukulan 35X				
0,1''(%)	9.26	11.73	13.27	12.96
0,2''(%)	8.85	10.29	11.23	11.32



Gambar 4.2 Desain Grafik CBR

4.3.4 ATTERBERG LIMIT

Percobaan ini ditujukan untuk menentukan batas cair dari sampel tanah asli maupun juga campuran, yang dimana dimaksudkan untuk mengidentifikasi kembali nilai indeks plastisitas (PI) tanah setelah mengalami masa pemeraman.

Adapun hasil yang didapatkan ialah sebagai berikut:

- **Liquid Limits**

$$W = \frac{b-c}{c-a} \times 100$$

Dimana :

W = kadar air(%)

a = berat cawan kosong (gr)

b = berat cawan+tanah basah (gr)

c = berat cawan+ tanah kering (gr)

maka :

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{38,05-24,01}{24,01-6,24} \times 100 \\ &= 79,01 \% \end{aligned}$$

Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Liquid Limits

Sampel	Jumlah ketukan	Nomor Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan + Tanah Basah(gr)	Berat Cawan + Tanah Kering(gr)	W (%)
Tanah Asli	39	1	6,24	38,05	24,01	79,01
	26	2	4,63	32,67	20,59	75,69
	16	3	4,48	32,27	20,73	71,02
	7	4	5,61	30,23	20,34	67,14
		5	6,42	15,56	13,93	21,70
Tanah 7	49	1	4,07	42,69	29,24	53,44

Hari	44	2	4,07	31,60	20,92	63,38
	15	3	4,15	31,67	20,26	70,83
	23	4	4,11	33,81	21,87	67,23
		5	4,07	13,45	11,27	30,28
Tanah 14 Hari	47	1	4,09	40,46	29,07	44,44
	24	2	4,07	35,01	23,73	57,38
	23	3	4,1	42,23	27,75	61,23
	29	4	4,25	49,69	34,32	51,11
		5	4,07	33,1	24,24	43,93
Tanah 21 Hari	22	1	4,09	33,48	21,98	64,28
	19	2	4,15	34,28	21,82	70,51
	17	3	4,13	28,43	17,84	77,24
	21	4	4,27	31,89	20,79	67,19
		5	4,06	32,78	21,72	62,63

Jadi, kesimpulan dari hasil perhitungan *liquid limits* adalah:

Kadar air (w) rata-rata :

- Tanah Asli = 72,79%
- Tanah 7 Hari = 72,79%
- Tanah 14 Hari = 72,79%
- Tanah 21 Hari = 72,79 %

- **Plastic Limits**

$$W = \frac{b-c}{c-a} \times 100$$

Dimana :

W = kadar air(%)

a = berat cawan kosong (gr)

b = berat cawan+tanah basah (gr)

c = berat cawan+ tanah kering (gr)

❖ maka :

$$W_1 = \frac{15,56-13,93}{13,93-6,42} \times 100$$
$$= 21,70 \%$$

Tabel 4. 11 Hasil perhitungan plastic limits

Sampel	No Cawan	Berat Cawan (gr)	Berat Cawan+ Tanah Basah (gr)	Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	Berat Air (gr)	W (%)
Tanah Asli	5	6,42	15,56	13,93	1,63	21,70
Tanah 7 Hari	5	4,07	13,45	11,27	2,18	30,28
Tanah 14 Hari	5	4,07	33,1	24,24	8,86	43,93
Tanah 21 Hari	5	4,06	32,78	21,72	11,06	62,63

Jadi, kesimpulan dari hasil *plastic limits* adalah:

Kadar air (w) rata-rata:

- Tanah Asli = 21,70
- Tanah 7 Hari = 30,28
- Tanah 14 Hari = 43,93
- Tanah 21 Hari = 62,63

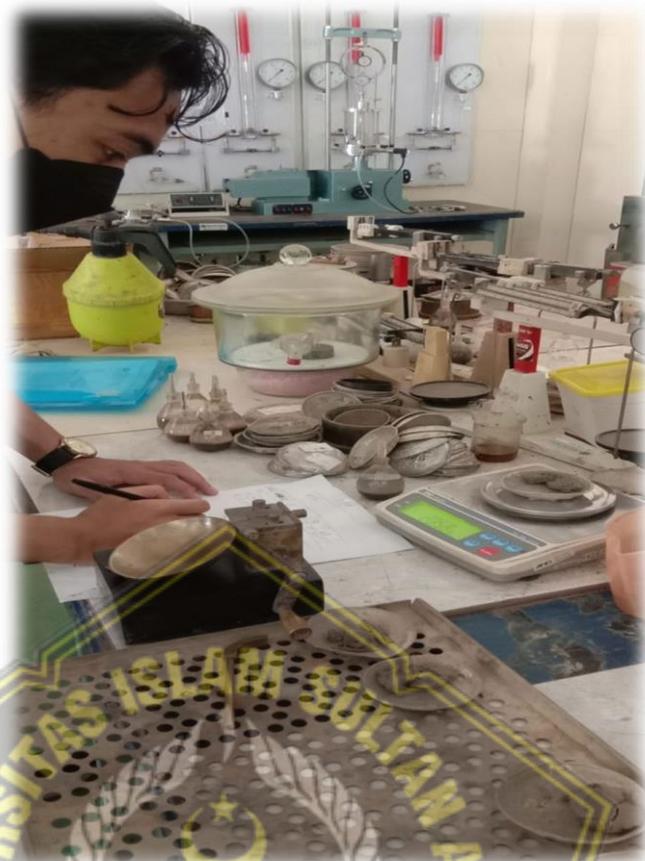
• **Kesimpulan**

$PL = 21,70 \%$ $LL = 72,79\%$ $PI = LL - PL$ $= 73,215 \% - 21,70 \%$ $= 51,09 \%$

Dalam perhitungan liquid limits dan plastic limits yang bertujuan mencari indeks plastisitas membuktikan terjadi penurunan yang signifikan terhadap tanah campuran yang dimana tanah asli lempung ekspansif memiliki indeks plastisitas 51,09% setelah dicampur dan melalui pemeraman selama 21 hari juga dilakukan pengujian atterberg limit mampu menekan indeks plastisitas menjadi 10,16%.



Gambar 4.10 Alat Cassagrande



Gambar 4.11 proses pengerjaan ATL

4.4 Pengaruh kuat tekan bebas pada tanah penelitian (*UNCONFINED COMMPRSSIVE STRENGHT*)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menent ukan besarnya kekuatan tekan bebas contoh tanah dan batuan yang bersifat kohesif dalam keadaan asli maupun buatan (remoulded). Cara melakukan percobaan adalah sama dengan triaxial, tetapi tidak ada tegangan sel (yaitu= 0). Yang dimaksud dengan kekuatan tekan bebas ialah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat renggangan aksialnya mencapai 20%.

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Volume tanah} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (3,8)^2 \cdot 7,6 \\
 &= 86,15 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Luas tanah} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (3,8)^2 \\
 &= 11,3354 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \gamma_{\text{basah}} (\gamma_b) &= \frac{\text{berat tanah basah}}{\text{volume tanah basah}} \\
 &= \frac{159,03}{86,15} \\
 &= 2,0072191
 \end{aligned}$$

$$4. \text{ Kalibrasi unconfined} = 0,436$$

$$5. \text{ luas koreksi} = \text{angka koreksi} \times \text{luas tanah}$$

6.

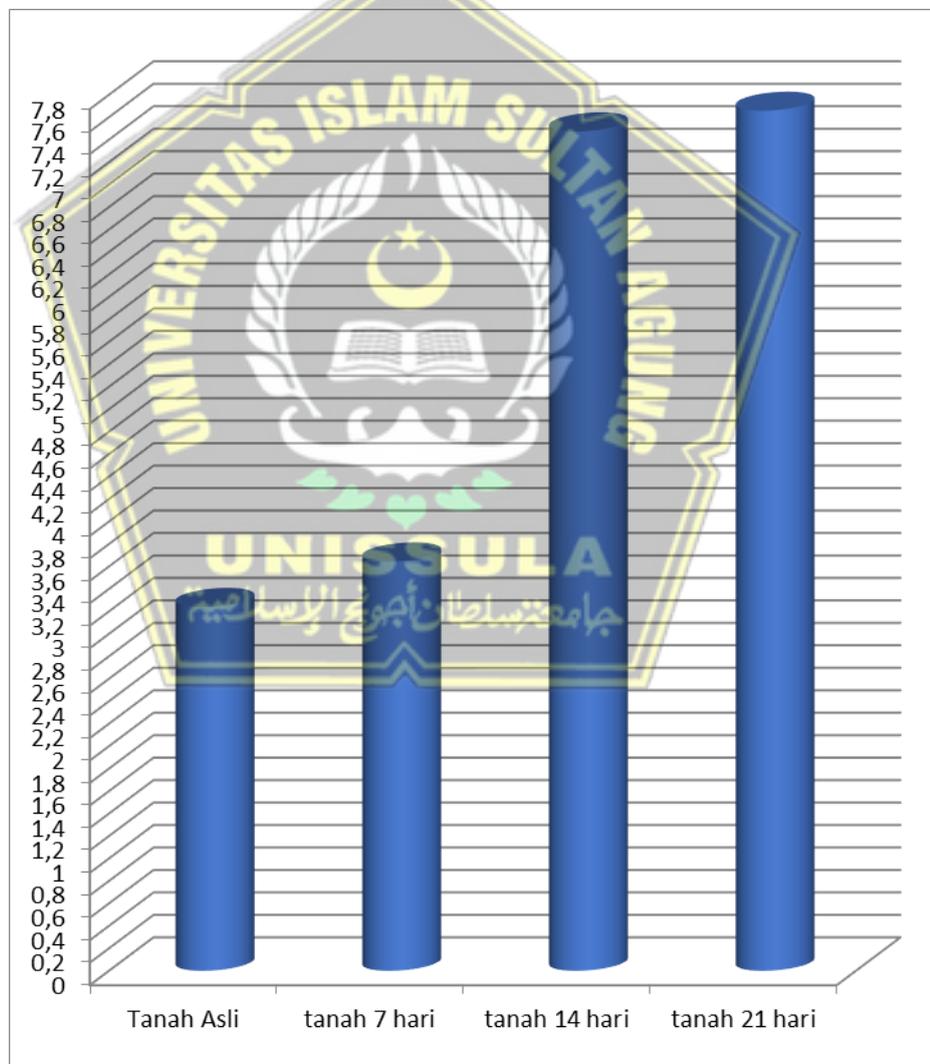
$$\text{tegangannya} = \frac{\text{beban (kg)}}{\text{luas koreksi (cm}^2\text{)}}$$

Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dalam melakukan pengujian kuat tekan bebas tanah kohesif, Gaya kohesif adalah gaya tarik menarik antara partikel tanah yang satu dengan partikel tanah yang lain.

Tabel 4. 12 Nilai q_u tanah terhadap lama pemeraman

Waktu pemeraman	q_u (kg/cm ²)
0 Hari	3,24005
7 Hari	3,6450563
14 Hari	7,4742063
21 Hari	7,6583001

Dari semua data hasil pengujian presentase nilai qu diatas dapat disimpulkan bahwa baik waktu pemeraman yang diberikan pada material pengujian akan mempengaruhi presentase nilai qu. Pengaruh tersebut adalah berupa peningkatan nilai qu yang dapat diperoleh dengan penambahan waktu pemeraman dan penambahan presentase lumpur secara bertahap pada material pengujian seperti terlihat pada tabel 4.16 terbukti dengan lamanya pemeraman 21 hari dan banyaknya bahan campuran sebesar 2% semen dan 2% abu batok kelapa mampu menghasilkan nilai qu yaitu sebesar 7,6583001 kg/cm² yang dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 4.12 Grafik *Unconfined Compressive Strength*

4.5 Pengaruh tanah penelitian dan campuran yang melalui pemeraman 7,14, dan 21 hari

Dari hasil analisa faktual pengaruh tanah asli ke campuran semen dan abu batok kelapa yang di dapatkan berdasarkan sifatnya terjadi perubahan yang begitu signifikan baik kuat tekan bebas yang didapat maupun pengaruh warna

tanah penelitian juga hasil-hasil lainnya:

1. Kadar air pemadatan mempengaruhi nilai CBR
2. Nilai pengembangan (*swelling*) tanah terjadi penurunan seiring dengan lamanya waktu pemeraman karena proses bertambahnya kadar air lapangan yang mengalami pengembangan pada proses perawatan sehingga bertambahnya kadar mengurangi potensi pengembangan.
3. Berat jenis pada penambahan campuran sebesar 2% semen dan 2% abu batok menyebabkan isi berat tanah lempung ekspansif mengalami kenaikan dari 2,342 menjadi 2,402.
4. Batas-batas Atterberg menunjukkan bahwa penambahan campuran sebesar 2% semen juga 2% abu batok kelapa menyebabkan nilai LL=72,79 menjadi 72,79, PL= 21,70 menjadi 62,63 PI= 51,09 menjadi 10,16 memiliki tingkat pengembangan sangat tinggi.
5. Pengujian kuat tekan bebas mendapatkan nilai kuat tekan bebas pada puncak pengujian 21 hari nilai $q_u = 7,6583001 \text{ kg/cm}^2$.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan bebas pada tanah lempung ekspansif dengan campuran semen dan abu batok kelapa dapat disimpulkan:

1. Jenis tanah lempung ekspansif pada penelitian ini berada pada batas indeks plastisitas 51%, dan masuk dalam kategori (*High*) menurut Chen 1975.
2. Pengaruh tanah lempung ekspansif dengan campuran semen dan abu batok kelapa dengan perbandingan 96% tanah lempung ekspansif, 2% semen, dan abu batok kelapa 2%, mampu memberikan kekuatan tanah mengalami kenaikan drastis dengan mencapai kuat tekan 7,6583001 kg/cm² pada pengujian sampel tiap 7,14, dan 21 hari.
3. Nilai pengaruh dari tanah lempung ekspansif dengan bahan campuran tiap minggunya mengalami penguatan dari tanah asli dengan indeks plastisitas 51%, tanah campuran 7 hari 42%, tanah campuran 14 hari 28%, dan tanah campuran 21 hari sebesar 10%, juga kuat tekan bebas 7 hari 3,645 kg/cm², 14 hari 7,474 kg/cm², dan 21 hari mencapai 7,658 kg/cm².

5.1 Saran

Saran yang saya dapat saya sampaikan:

1. Dalam penelitian ini masih banyak keterbatasan yang dialami oleh penulis, seperti i kurang efekt ifnya waktu peng~~erj~~aan laporan dan juga penelitian yang berjarak hingga beberapa bulan lamanya, sehingga menyebabkan lamanya penyusunan laporan ini selesai. Dalam proses

pen^{gerjan} laporan penelitian, sepatutnyalah harus mampu mengefisienkan

waktu agar penyusunan bisa lebih optimal.

2. Harus lebih teliti didalam pengumpulan data laboratorium pada saat uji sampel.



3. Harus lebih teliti pada saat perhitungan hasil dengan data yang telah dikumpulkan dilaboratorium.
4. Oleh karena itu, analisis ini membutuhkan pengalaman dan keterampilan untuk memperoleh hasil yang sesuai dan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Andreas Gunarso, Rizqi Nuprayogi, Windu Partono, & Bambang Pardoyo, 2017, *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Larutan NaOH 7,5 %*, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang
- Atina Rezki, & Roesyanto, 2014, *Kajian Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Abu Ampas Tebu Dan Semen*, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Bretyndah Kezia Lumikis, S. Monintja, S. Balamba, & A. N. Sarajar, 2013, *Korelasi Antara Tegangan Geser Dan Nilai CBR Pada Tanah Lempung Ekspansif Dengan Bahan Campuran Semen*, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulagi, Manado
- Elsy E. Hange, Rosmiyati A. Bella, & Martha C. Ullu, 2021, *Pemanfaatan Fly Ash Untuk Stabilisasi Tanah Dasar Lempung Ekspansif*, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 10, No. 1, FST Undana, Kupang
- Gibril Maulana & Indra Noer Hamdhan, 2016, *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Campuran Renolith dan Kapur*, Bandung, Reka Racana
- I Gusti Agung Ayu Istri Lestari, 2014, *Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif*, Fakultas Teknik Universitas Islam Al-Azhar, Mataram
- I Nyoman Aribudiman, Tjok. Gde Suwarsa Putra, & I Wayan Ariyana Basoka, 2014, *Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Yang Ditambahkan Semen Dan Abu Sekam Padi Sebagai Subgrade Jalan*, Universitas Udayana, Denpasar
- Iqbal & Rokhman, 2018, *Uji Eksperimental Variasi Kadar Semen Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Semen*, Universitas Muhammadiyah Sorong, Sorong
- John Tri Hatmoko, & Yohanes Lulie, 2007, *UCS Tanah Lempung Ekspansif Yang Distabilisasi Dengan Abu Ampas Tebu Dan Kapur*, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta
- Joice Elfrida Waani & Lintong Elisabeth, 2017, *Substitusi Material Pozolan Terhadap Semen pada Kinerja Campuran Semen*, Bandung, Jurnal Teknik Sipil ITB
- Nikodemus Budi Prayitno, Daniel Hartanto, & Djoko Suwarno, 2018, *Pengaruh Kuat Geser Matos dan Semen Terhadap Tanah Ekspansif*, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang
- Pretty Prescilia Takaendengan, S. Monintja, J. H. Ticoh, & J. R. Sumampouw, 2013, *Pengaruh Stabilisasi Semen Terhadap Swelling Lempung Ekspansif*, Fakultas Tek
Manado

nik Universitas Sam Ratulangi ,

Selvia Agustina, 2022, Pengaruh Bahan Abu Tempurung Kelapa Dengan Limbah Gypsum Terhadap Tanah Lempung, Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur, Universitas Islam Sultan Agung, S

Syahril & Desy Kumalasari, 2021, *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Menggunakan Vermikulit Dan Lumpur Bledug Kuwu*

Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas, Bandung, Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil

