

SKRIPSI

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI, SERBUK BATU
BATA DAN PASIR SIRKON SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH
LEMPUNG**

oleh:

ENRICO PENYANG ARA

NIM. DAB 114 019



JURUSAN / PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PALANGKA RAYA

PALANGKA RAYA

2021

SKRIPSI

PERBANDINGAN PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI, SERBUK BATU BATA, DAN PASIR SIRKON SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG

oleh

ENRICO PENYANG ARA
NIM. DAB 114 019

**Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi
dan Berita Acara Ujian Skripsi**

Palangka Raya, Juli 2021

Ketua Penguji/Penguji 1



Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.
NIP. 19570706 198701 1 002

Sekretaris/Penguji 2



Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.
NIP. 19720219 199702 2 001

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya
Ketua,



Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN ABU SEKAM PADI,
SERBUK BATU BATA, DAN PASIR SIRKON SEBAGAI BAHAN
STABILISASI TANAH LEMPUNG**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Strata-1 Pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

ENRICO PENYANG ARA
NIM. DAB 114 019

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada :

Hari/Tanggal : Rabu, 30 Juni 2021
Waktu : 11.00-01.00 WIB
Tempat : Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil

Tim Penguji :

1. Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.
NIP. 195707061987011002
2. Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.
NIP. 197202191997022001
3. OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.
NIP. 197510012006041003
4. M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.
NIP. 197102251998021001

..... (Ketua Penguji/Penguji 1)
..... (Sekretaris/Penguji 2)
..... (Penguji 3)
..... (Penguji 4)

Mengetahui :

Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya



Dekan,

Ir. NUR WANTORO, M.T.
NIP. 194512191993021001

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua,

Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.
NIP. 19780608 200501 1 003

BIODATA MAHASISWA

Data Pribadi

Nama : Enrico Penyang Ara
NIM : DAB 114 019
Tempat, Tgl lahir : Palangka Raya, 11 Januari 1997
Status : Belum Menikah
Agama : Kristen Protestan
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat : Jl. Manunggal V No.54 Palangka Raya
No. Telp. Rumah : -
Email : enricopenyangara@gmail.com
No. Hp : 082153949982
No WA : 082157267800
Facebook : Enrico Penyang
Instagram : enricopenyang
Line : -
Nama Ayah : Erenfried Dagau
Pekerjaan Ayah : PNS
Alamat : Jl. Manunggal V No.54 Palangka Raya
Nama Ibu : Hawon Nyai Tara
Pekerjaan Ibu : Swasta
Alamat : Jl. Manunggal V No.54 Palangka Raya
No. Hp : 081352875959



Riwayat Pendidikan*)

- SD : SDN 9 Langkai Palangka Raya (2002-2008)
- SLTP : SMP Negeri 6 Palangka Raya (2008-2011)
- SLTA : SMA Negeri 1 Palangka Raya (2011-2014)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada jurusan/ Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangkaraya bulan Agustus 2014

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh, bahwa Skripsi/Tugas Akhir saya belum dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber yang diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabila kemudian ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya, Juli 2021



ENRICO PENYANG ARA
NIM. DAB 114 019

LEMBAR PERSEMBAHAN

*Akulah TUHAN, Allahmu yang membawa engkau keluar dari tanah Mesir, dari tempat perbudakan.
(Keluaran 20:2)*

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan kesehatan, kekuatan, dan kelancaran sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Pada kesempatan ini saya ingin mempersembahkan Skripsi yang telah saya susun ini kepada :

1. Untuk Kedua Orang Tua saya terimakasih atas segala perjuangan, dukungan dan semangat yang selalu diberikan. Makasih ya Papah dan Mamah, selalu mendoakan aku. Terima kasih untuk selalu memberikan nasihat dan kekuatan agar dapat melewati semuanya dengan baik.
2. Terimakasih banyak untuk kakak-kakak dan Pacarku, Maria Yanida, Erra Simpei Setya, dan Prilly Natashia Julia yang selalu menolong kapanpun dan dimanapun, memberikan semangat, dukungan doa dan menjadi sumber informasi dan sumber ilmu untuk saya mengerjakan Skripsi ini.
3. Untuk teman-teman ku Edo, Andika, Marlindo, Robby, Erik, Andy Hanyu, Viko, Jhoniko Ganteng, Zainul, Cokorda, Rizqan, Andrew, Preto, Adit, Reyana, Silvia, Arpina, Riza, Veven, Ilham, Reno, Ebing, Vingnes dan teman-teman Teknik Sipil 2014 yang mungkin tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih telah mewarnai cerita perkuliahan ku, tempat berbagi cerita, saling berjuang bersama dalam mengerjakan tugas, dan saling mendukung.
4. Terimakasih untuk teman-teman surveyor ku Edo Aristianto, Andika, Marlindo, Jhoniko Ganteng Melody, Reyana Claudia Valentin, Zainul Imron, Rizqan Maulana, Silvia Wiwin, Arpina, Cokorda Gede Raam Suyasa, Novenario Mandala Putra, Bagaskara Robby, Erik Strada, atas waktu yang telah diluangkan dan tenaga yang diberikan untuk peneleitian ini.
5. Terimakasih juga untuk Bude Kantin yang selalu setia dan sabar melayani kami di Kantin Teknik Sipil tercinta, Walaupun kantin tutup kami setia dan selalu nongkrong di kantin tersayang. dan Terimakasih juga untuk anggota Barbar Gaming yang selalu setia menemani saat saya jenuh mengerjakan Skripsi, dan Terimakasih juga untuk Amer yang selalu memberi inspirasi buat saya saat mengerjakan Skripsi ini.
6. Terimakasih juga kepada dosen pembimbing saya, Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M. dan Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. yang telah membimbing dan mengarahkan pada saat penulisan Skripsi ini. Serta terimakasih kepada dosen penguji Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. Bapak M. Ikhwan Yani., S.T., M.T., dan selaku moderator Bapak Ir. Desriantomy, M.T. yang telah memberikan masukan-masukan yang sangat penting kepada saya sehingga terselesaikannya Skripsi ini.

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BIODATA MAHASISWA	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Lokasi Pengambilan Sampel	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Tanah	6
2.2 Tanah Lempung	7
2.3 Klasifikasi Tanah	8
2.3.1 Klasifikasi Tanah menurut USCS	10

Halaman

2.3.2 Sistem Klasifikasi AASHTO.....	13
2.4 Sifat-sifat Fisik Tanah.....	16
2.4.1 Komponen- Komponen Tanah	16
2.4.2 Batas – Batas Atterberg	17
2.5 Tanah Lempung	20
2.5.1 Definisi Tanah Lempung	20
2.6 Sifat Tanah Lempung.....	21
2.7 Kuat Geser Tanah.....	24
2.8 Pasir.....	26
2.9 Abu Sekam Padi.....	27
2.10 Serbuk Batu Bata	28
2.11 Penelitian Terdahulu	30
 BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Persiapan	31
3.2 Pengambilan Sampel.....	31
3.2.1 Sampel Tanah Asli	31
3.2.2 Sampel Tanah Terganggu.....	32
3.3 Pengolahan Data di Laboratorium	32
3.3.1 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah	32
3.3.2 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah	34
3.4 Perencanaan Campuran.....	34
3.4.1 Persiapan Sampel.....	34
3.5 Analisis Data	38
3.5.1 Kuat Geser Langsung	38
3.5.2 Daya Dukung Tanah.....	39
3.6 Bagan Alir	41
 BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Uraian Umum.....	42

	Halaman
4.2 Hasil Penelitian	42
4.2.1 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah	42
4.2.2 Klasifikasi Tanah	43
4.2.3 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Mekanik Tanah	45
4.3 Bahan Variasi Campuran	47
4.4 Perhitungan Daya Dukung Tanah Menurut <i>Terzaghi</i> (1943)	51
4.5 Rekapitulasi Pengujian Kuat Geser.....	54
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran.....	57
 DAFTAR PUSTAKA	
 LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Batasan Berat Jenis Tanah	6
2.2 Hubungan Antara Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah.....	7
2.3 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS	11
2.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem <i>USCS</i>	12
2.5 Sistem Klasifikasi AASHTO	15
2.6 Batas – Batas Atterberg	18
2.7 Komposisi Mineral <i>Quart</i> dan <i>Fieldspar</i>	27
2.8 Unsur-Unsur yang Terkandung dalam Abu Sekam Padi.....	28
2.9 Penelitian Terdahulu	30
3.1 Sampel Pengujian untuk Tanah Asli.....	35
3.2 Sampel Pengujian Untuk Tanah Asli + Bahan Campuran	35
3.3 Kebutuhan Tanah Dan Abu Sekam Padi.....	35
3.4 Kebutuhan Tanah Dan Abu Serbuk Batu Bata	36
3.5 Kebutuhan Tanah Dan Pasir Sirkon.....	36
3.6 Evaluasi Pengujian Geser Langsung.....	37
3.7 Nilai faktor daya dukung tanah Terzaghi.....	40
4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah Pada Jenis Tanah Lempung	42
4.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO	43
4.3 Hasil Pemeriksaan Uji Kuat Geser Langsung Pada Tanah Asli	45

Halaman

4.4 Hasil Pemeriksaan Uji Geser Langsung Pada Jenis Tanah Lempung dengan Variasi Campuran.....	46
4.5 Hasil Pemeriksaan Uji Geser Langsung Pada Jenis Tanah Lempung dan Abu Sekam Padi dengan Variasi Campuran 5%, 10%, 15%	47
4.6 Hasil Pemeriksaan Uji Geser Langsung Pada Jenis Tanah Lempung dan Serbuk Batu Bata dengan Variasi Campuran 5%, 10%, 15%	49
4.7 Hasil Pemeriksaan Uji Geser Langsung Pada Jenis Tanah Lempung dan Pasir Sirkon dengan Variasi Campuran 5%, 10%, 15%	50
4.8 Nilai faktor daya dukung Tanah <i>Terzaghi</i>	53
4.9 Rekapitulasi Daya Dukung Tanah Menurut Teori Terzaghi.....	53
4.10 Rekapitulasi Pengujian Kuat Geser	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1 Lokasi Pengambilan Sampel	4
1.2 Denah Lokasi Pengambilan Sampel	5
2.1 Nilai-nilai <i>Atterberg</i> Untuk Subkelompok Tanah.....	14
2.2 Diagram fase tanah.....	16
2.3 Batasan Indeks Plastis, Sifat, Macam Tanah dan Kohesi.	19
2.4 Aktivitas Mineral Lempung.....	22
2.5 Garis keruntuhan menurut Mohr dan Hukum keruntuhan Mohr – Coulomb	25
3.1 Bagan Alir Penelitian	41
4.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi USCS	44
4.2 Grafik Uji Geser Langsung Pada Jenis Tanah Lempung	46
4.3 Grafik Hubungan Variasi Campuran Abu Sekam Padi dan Tegangan Geser (τ) kg/m ²	48
4.4 Grafik Hubungan Variasi Campuran Serbuk Batu Bata dan Tegangan Geser (τ) kg/m ²	49
4.5 Grafik Hubungan Variasi Campuran Pasir Sirkon dan Tegangan Geser (τ) kg/m ²	51
4.6 Grafik Hubungan Variasi Campuran dan Daya Dukung q_{ult}	54
4.7 Grafik Hubungan Kuat Geser dengan Variasi Campuran.....	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah dan karakteristiknya merupakan bagian yang esensial dari suatu struktur, karena hampir seluruh bangunan struktur terletak di atas tanah atau menggunakan tanah sebagai bahan materialnya. Salah satu karakteristik tanah yang akan dibahas pada penulisan skripsi ini, adalah mengenai stabilisasi pada tanah lempung dengan uji kuat geser yang disubstitusi satu-persatu dengan menggunakan campuran abu sekam padi, serbuk batu bata dan pasir sirkon. Sehingga didapatkan nilai perbandingan dari masing-masing campuran tersebut. Tanah lempung yang akan diteliti yaitu berasal dari daerah Desa Tewang Rangkang, Kecamatan Tewang Sangalang Garing, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah.

Kondisi tanah pada suatu daerah tidak akan memiliki sifat tanah yang sama dengan daerah lainnya, namun tidak semua tanah memiliki kekuatan yang mampu mendukung konstruksi. Hanya tanah yang mempunyai stabilitas baik yang mampu mendukung konstruksi yang besar. Sedangkan tanah yang kurang baik harus distabilisasi terlebih dahulu sebelum dipergunakan sebagai pondasi pendukung dengan cara mencampur bahan campuran seperti Abu Sekam Padi, Serbuk Batu Bata dan Pasir Sirkon.

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis tertentu adalah dengan metode stabilisasi tanah. Metode stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 2 klasifikasi utama yaitu berdasarkan sifat teknisnya dan berdasarkan pada tujuannya, dimana beberapa variasi

dapat digunakan. Dari sifat teknisnya, stabilisasi dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu :stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik dan.stabilisasi kimiawi. (Ingles dan Metcalf, 1972).

1.2 Rumusan Masalah

Dari permasalahan dan kondisi tanah yang telah diuraikan diatas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana sifat fisik dan mekanik Tanah Dasar di daerah Desa Tewang Rangkang, Kecamatan Tewang Sangalang Garing, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah?
2. Bagaimana pengaruh penambahan abu sekam padi, serbuk batu bata, dan pasir sirkon terhadap kuat geser dan daya dukung tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sifat fisik dan mekanik Tanah Dasar di daerah Desa Tewang Rangkang, Kecamatan Tewang Sangalang Garing, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah.
2. Mengetahui pengaruh penambahan abu sekam padi, serbuk batu bata, dan pasir sirkon terhadap kuat geser dan daya dukung tanah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh pengetahuan tentang sifat fisik dan mekanik tanah dasar.
2. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang perilaku tanah dasar yang disubstitusi abu sekam padi, serbuk batu bata,

dan pasir sirkon dengan pengujian kuat geser.

3. Sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang material.

1.5 Batasan Masalah

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

1. Pengujian dilaksanakan pada Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Sampel tanah diambil dari Desa Tewang Rangkang, Kecamatan Tewang Sangalang Garing, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah.
3. Pengujian sifat fisik tanah yang dilakukan adalah:
 - a. Uji kadar air
 - b. Uji berat jenis
 - c. Uji batas-batas atterberg
 - d. Uji berat volume
 - e. Uji analisa saringan
4. Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan meliputi :
 - a. Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

1.6 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel yang digunakan ini dari daerah Desa Tewang Rangkang, Kecamatan Tewang Sangalang Garing, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 1.2 Lokasi Pengambilan Sampel

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Tanah

Menurut *Sarief (1986)*, tanah adalah benda alami yang terdapat di permukaan bumi yang tersusun dari bahan-bahan mineral sebagai hasil pelapukan batuan dan bahan organik (pelapukan sisa tumbuhan dan hewan), yang merupakan medium pertumbuhan tanaman dengan sifat-sifat tertentu yang terjadi akibat gabungan dari faktor-faktor alami, iklim, bahan induk, jasad hidup, bentuk wilayah dan lamanya waktu pembentukan. Menurut (*Das, 1995*), tanah adalah material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai zat cair juga gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Batasan berat jenis untuk beberapa jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.1**, sedangkan untuk hubungan antara indeks plastisitas dan jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 2.2**

Tabel 2.1 Batasan Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Batas
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau Tak Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,68
Lempung Tak Organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

(*Sumber : Hardiyatmo, 1992*)

Tabel 2.2 Hubungan Antara Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Keterangan	Tingkat Plastisitas
Pasir	$IP = 0$	Tidak Plastis
Lanau	$0 < IP \leq 7$	Plastisitas Rendah
Lempung Berlanau	$7 < IP \leq 17$	Plastisitas Sedang
Lempung	$IP > 17$	Plastisitas Tinggi

(Sumber : Das 1985)

2.2 Tanah Lempung (Clay)

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, kelompok - kelompok partikel kristal berukuran koloid ($< 0,002$ mm) yang dikenal mineral lempung (*clay mineral*) (Craig, R. F 1987).

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas tanah lempung sangat rendah. (Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck, 1967).

Partikel lempung dapat berbentuk lembaran yang mempunyai permukaan khusus. Karena itu, tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Umumnya, terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok : *montmorrillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. (Hary Christady H., 1992).

2.3 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (*Das, 1995*).

Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu. 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. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (*Bowles, 1989*). Klasifikasi tanah pada dasarnya dibuat untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat – sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, system klasifikasi secara umum mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Sistem klasifikasi bukan merupakan system identifikasi untuk menentukan sifat – sifat mekanis dan geoteknis tanah. Klasifikasi tanah diperlukan antara lain bagi hal – hal sebagai berikut :

1. Perkiraan hasil eksplorasi tanah (persiapan log-bor tanah dan peta tanah, dan lain – lain).
2. Perkiraan standar kemiringan lereng dari penggalian tanah atau tebing.
3. Perkiraan pemilihan bahan (penentuan tanah yang harus disingkirkan, pemilihan tanah dasar, bahan tanah timbunan, dan lain – lain).
4. Perkiraan persentasi muat dan susut.
5. Pemilihan jenis konstruksi dan peralatan untuk konstruksi (pemilihan cara penggalian dan rancangan penggalian).
6. Perkiraan kemampuan peralatan untuk konstruksi.
7. Rencana pekerjaan/pembuatan lereng dan tembok penahan tanah dan lain – lain. (pemilihan jenis konstruksi dan perhitungan tekanan tanah.)

Untuk menentukan dan mengklasifikasi tanah, diperlukan suatu pengamatan di lapangan dan suatu percobaan lapangan yang sederhana. Tetapi jika sangat mengandalkan pengamatan di lapangan, maka kesalahan – kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan pengamatan perorangan, akan menjadi sangat besar. Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang objektif, biasanya tanah itu secara sepiantas dibagi dalam tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus berdasarkan suatu hasil analisa mekanis. Selanjutnya tahap klasifikasi tanah berbutir halus diadakan berdasarkan percobaan konsistensi. Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah adalah *Unified Soil Classification System* (USCS). Sistem ini didasarkan pada sifat – sifat indek tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indek plastisitasnya. Disamping itu, terdapat system lainnya yang juga dapat digunakan dalam identifikasi tanah seperti yang dibuat oleh

American Association of State Highway and Transportation Officials Classification (AASHTO), British Soil Classification System (BSCS) dan United State Departement of Agriculture (USDA).

2.3.1 Klasifikasi Tanah menurut USCS

Sistem klasifikasi tanah *unified* atau *Unified Soil Classification System (USCS)* diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian *American Society for Testing and Materials (ASTM)* memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah.

Dalam bentuk sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kategori utama yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200 ($F_{200} < 50$). Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil (*gravelly soil*) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir (*sandy soil*). Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat total contohnya lolos dari saringan No.200 ($F_{200} \geq 50$). Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah

dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah (*low plasticity*) dan H untuk plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Tabel 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Jenis tanah	Prefiks	Sub kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
Pasir	S	Gradasi buruk	P
		Berlanau	M
Lanau	M	Berlempung	
Lempung	C	W _L < 50%	C
Organik	O	W _L > 50%	L
Gambut	Pt		

(Sumber : Bowles, 1991)

Dimana :

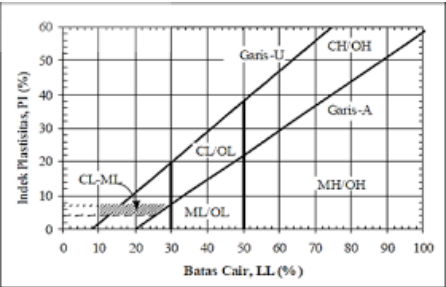
W = Well Graded (tanah dengan gradasi baik),

P = Poorly Graded (tanah dengan gradasi buruk),

L = Low Plasticity (plastisitas rendah, LL < 50),

H = High Plasticity (plastisitas tinggi, LL > 50).

Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak	
		Kerikil dengan	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar	Pasir bersih	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran	
		Pasir dengan butiran	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
			Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus ; Kuran gdari 5% lolos saringan No.200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan No.200 : GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel		<p>Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$</p> <p>Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$</p>
			<p>Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$</p> <p>Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$</p>	<p>Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol</p> <p>Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol</p>	
<p>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW</p> <p>Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW</p>		<p>$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$</p> <p>$D_{10}$</p> <p>$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$</p> <p>$D_{10}$</p>			
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	ML	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung		
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)		
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
		MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis		
	OH	CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
		Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.			
		Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

(Sumber :Hardiyatmo H.C, 1992)

2.3.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

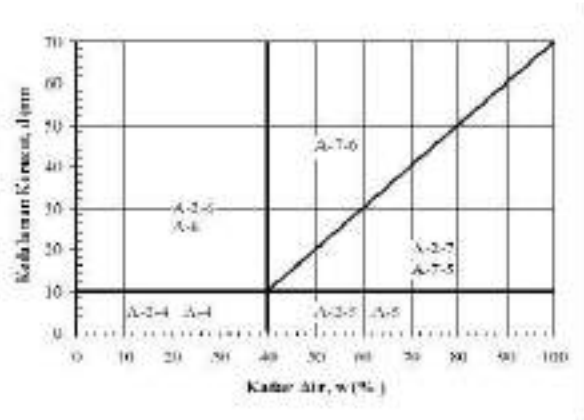
Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dikembangkan pada tahun 1929 dan mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945 dan dipergunakan hingga sekarang, yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145). Sistem klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*). Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

a. Ukuran butir

- Kerikil : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (No. 10).
- Pasir : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,0075 mm (No. 200).
- Lanau Lempung : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,0075 mm (No.200).

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (PI) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.



Gambar 2.1. Nilai-nilai Batas *Atterberg* untuk Sub kelompok Tanah

- c. Apabila ditemukan batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Sistem klasifikasi AASTHO membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah berbutir yang 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3. Tanah berbutir yang lebih dari 35 % butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Gambar 1 menunjukkan rentang dari batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) untuk tanah data kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Tabel 2.5. Sistem Klasifikasi AASHTO (Das, 1985)

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

Keterangan : ** Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$

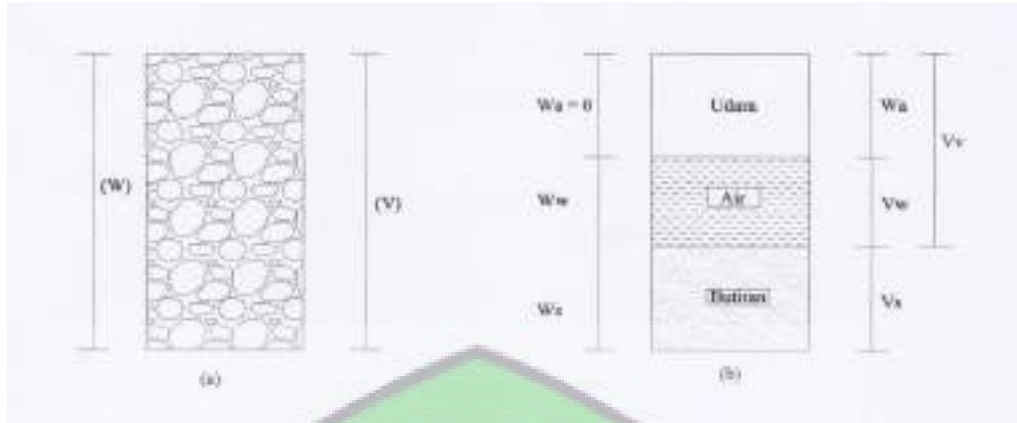
** Untuk A-7-6, $PI > LL - 30$

(Sumber : Das 1985)

2.4 Sifat-sifat Fisik Tanah

2.4.1 Komponen- Komponen Tanah

Tanah terdiri dari tiga komponen yaitu : udara, air dan padat (butiran).



Sumber : Hary Christady H., 1992

Gambar 2.2 Diagram fase tanah

Dimana :

- $V = \text{Volume/Isi (cm}^3) = V_v + V_s$
- $V_v = \text{Volume/Isi pori (cm}^3) = V_a + V_w$
- $V_a = \text{Volume/Isi udara (cm}^3)$
- $V_w = \text{Volume / Isi air (cm}^3)$
- $V_s = \text{Volume / Isi butiran (cm}^3)$
- $W = \text{Berat tanah (gr) = } W_s + W_w + W_a = W_s + W_a$
- $W_a = \text{Berat udara} = 0$
- $W_w = \text{Berat air (gr)}$
- $W_s = \text{Berat butiran (gr)}$

Dari gambar diatas menghasilkan persamaan berat dan volume sebagai berikut :

Kadar air (w) adalah perbandingan antara berat air dengan berat butiran yaitu :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.1)$$

Berat volume kering (γ_d) adalah perbandingan antar berat butiran dengan berat total yaitu :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \text{ (gr/cm}^3) \dots\dots\dots (2.2)$$

Berat volume basah (γ_b) adalah perbandingan antara butiran tanah termasuk air dan udara dengan volume total yaitu :

$$\gamma_b = \frac{W_w + W_s}{V} \text{ (gr / cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Berat volume padat (γ_s) adalah perbandingan antara berat butiran padat dengan volume butiran padat yaitu :

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Berat jenis tanah (G_s) adalah perbandingan berat volume padat dengan berat volume air yaitu :

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.5)$$

2.4.2 Batas – Batas Atterberg

Batas Atterberg dikenalkan oleh *Albert Atterberg* pada tahun 1911 dengan maksud untuk mengklasifikasikan tanah berbutir halus serta memastikan karakter indeks property tanah. Batas Atterberg mencakup batas cair, batas plastis, serta batas susut. Tanah yang berbutir halus umumnya mempunyai karakter plastis. Karakter plastis itu adalah kekuatan tanah sesuaikan pergantian bentuk tanah sesudah bercampur dengan air pada volume yang tetap. Tanah itu bakal berupa cair, plastis, semi padat atau padat bergantung jumlah air yang bercampur pada tanah itu. Batas Atterberg memperlihatkan terjadinya bentuk tanah dari benda padat sampai jadi cairan kental sesuai sama kadar airnya. Dari test batas Atterberg bakal diperoleh parameter batas cair , batas plastis, batas lengket serta batas kohesi yang disebut kondisi ketekunan tanah. Batas-batas Atterberg bisa diliat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.6 Batas – Batas Atterberg

PL (%)	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesi
<	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesi Sebagian
7 – 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesi
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesi

Sumber: Das, 1995

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) adalah kadar air tanah yang untuk nilai-nilai di atasnya, tanah akan berperilaku sebagai cairan kental (batas antara keadaan cair dan keadaan plastis), yaitu batas atas dari daerah plastis.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah kadar air yang untuk nilai-nilai dibawahnya, tanah tidak lagi berpengaruh sebagai bahan yang plastis. Tanah akan bersifat sebagai bahan yang plastis dalam kadar air yang berkisar antara LL dan PL. Kisaran ini disebut indeks plastisitas.

3. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks Plastisitas merupakan interval kadar air, yaitu tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisitas tanah. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk. Nilai indeks plastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (2.6)$$

(Hardiyatmo H. Christady, 1992)

4. Batas Susut / Shrinkage Limit (SL)

Kondisi kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu prosentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah disebut Batas Susut.

$$SL = (V_0/W_0 - 1/G_s) \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

- SL = batas susut tanah
- V_0 = volume benda uji kering
- W_0 = berat benda uji kering
- G_s = berat jenis tanah



Gambar 2.3 Batasan Indeks Plastis, Sifat, Macam Tanah dan Kohesi

2.5 Tanah Lempung

2.5.1 Definisi Tanah Lempung

Tanah lempung adalah kumpulan dari partikel-partikel mineral lempung dan bukan lempung, yang memiliki sifat-sifat yang sebagian besar, walaupun tidak secara keseluruhan, ditentukan oleh mineral-mineral lempung (*Anonim, 2011*). Beberapa pendapat para peneliti mengenai definisi dari tanah lempung, yaitu:

- a. Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada keadaan air lebih tinggi, lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (*Das, 1985*).
- b. Tanah lempung adalah tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah (*Grim, 1953*).
- c. Tanah lempung merupakan deposit yang mempunyai partikel berukuran lebih kecil atau sama dengan 0,002 mm dalam jumlah lebih dari 50%; (*Bowles, 1984*).
- d. Tanah lempung memiliki ukuran butiran halus $> 0,002$ mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan poses konsolidasi lambat; (*Hardiyatmo, 1996*).
- e. Tanah lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil ($< 0,002$ mm) dan yang memungkinkan bentuk bahan itu diubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah. (*Wesley, 1977*) menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan

kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat.

2.6 Sifat Tanah Lempung

Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Adapun sifat-sifat umum dari mineral lempung, yaitu:

a. Hidrasi

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

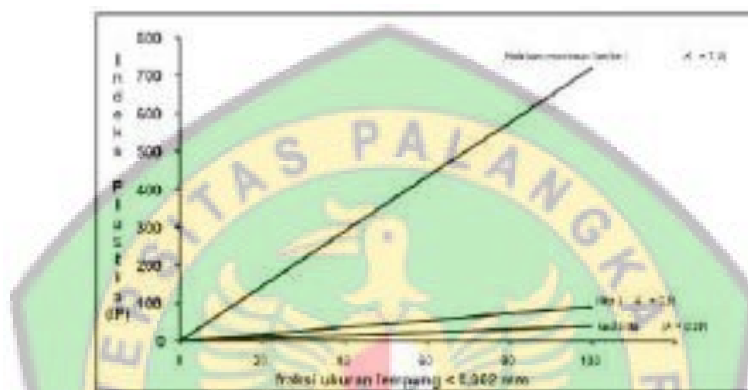
b. Aktivitas

Aktivitas tanah lempung merupakan perbandingan antara indeks plastisitas (PI) dengan prosentase butiran yang lebih kecil dari 2 µm yang dinotasikan dengan huruf *C* dan di sederhanakan dalam persamaan berikut:

$$A = \frac{C}{PI} \dots\dots\dots (2.8)$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang tanah lempung. Gambar 2.6 berikut mengklasifikasikan mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya yakni:

- 1) *Montmorillonite* dengan nilai aktivitas $(A) \geq 7,2$
- 2) *Illite* dengan nilai aktivitas $(A) \geq 0,9$ dan $< 7,2$
- 3) *Kaolinite* dengan nilai aktivitas $(A) \geq 0,38$ dan $< 0,9$ dan
- 4) *Polygorskite* dengan nilai aktivitas $(A) < 0,38$.



Gambar 2.4 Aktivitas Mineral Lempung

c. Flokulasi dan Dispersi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkrystal (*amorphus*) maka daya negatif, ion-ion H^+ di dalam air, gaya Van der Waals, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk *flok (flock)* yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan

dapat dinetralsir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion H^+), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala *thixotropic*, dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

d. Pengaruh Air

Fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. Pada pengujian di laboratorium untuk batas *Atterberg*, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Pemakaian air suling yang relatif bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi. Air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Satumolekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (*dipolar*). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida (CCl_4) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

2.7 Kuat Geser Tanah

Menurut teori Mohr (Mohr, 1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots\dots (2.9)$$

keterangan :

τ = Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (failure)

σ = Tegangan normal pada saat kondisi tersebut

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hary Cristady, 2002).

Coulomb (1776) mendefinisikan $f(\sigma)$ seperti pada persamaan sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

τ = Kuat geser tanah (kN/m^2)

c = Kohesi tanah (kN/m^2)

ϕ = Sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek internal ($^\circ$)

σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)

Garis keruntuhan (*failure envelope*) menurut Coulomb (1776) berbentuk garis lengkung seperti pada gambar 3 dimana untuk sebagian besar masalah–masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan kekuatan geser (Das,1995). Tanah, seperti halnya bahan padat, akan runtuh karena tarikan maupun geseran. Tegangan tarik dapat menyebabkan retakan pada suatu keadaan praktis yang penting. Walaupun demikian, sebagian besar masalah dalam teknik sipil dikarenakan hanya memperhatikan tahanan terhadap keruntuhan oleh geseran.



Gambar 2.5 Garis keruntuhan menurut Mohr dan Hukum keruntuhan Mohr – Coulomb (Hardiyatmo, 2002).

Jika tegangan–tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan–tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan yang terjadi mencapai titik R, bahan sudah mengalami keruntuhan.

Tegangan–tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori. Terzaghi (1925) mengubah persamaan Coulomb seperti pada persamaan 9 dan persamaan 10 dalam bentuk tegangan efektif sebagai berikut :

$$\tau = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \phi' \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\tau = c + \sigma' \operatorname{tg} \phi' \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan :

c' = kohesi tanah efektif (kN/m^2)

σ' = tegangan normal efektif (kN/m^2)

u = tekanan air pori (kN/m^2)

ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif ($^\circ$)

2.8 Pasir (*Sand*)

Pasir adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai dengan 5 mm berkisar dari kasar (3mm sampai 5mm) dan halus (<1mm). (Joseph E. Bowles, 1984). Pasir dapat dibagi lagi menjadi fraksi-fraksi kasar, medium, dan halus. Pasir dapat dideskripsikan sebagai yang bergradasi baik, bergradasi buruk, bergradasi seragam atau bergradasi timpang (*gap graded*). (Craig dan Soepandji, 1987).

Pasir merupakan jenis tanah non kohesif (*cohesionless soil*). Tanah tak kohesif tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air. Tanah tak kohesif dengan kadar air yang cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental. (Joseph E. Bowles, 1984)

Berdasarkan mineral yang terkandung di dalamnya, pasir terdiri dari sebagian besar mineral *quartz* (kwarsa) dan *feldspar*.

Tabel 2.7 Komposisi Mineral *Quart* dan *Feldspar*

Mineral	Komposisi
Quart (kuarsa)	Si O ₂ (Silikon Dioksida)
Fieldspar : Ortoklas Plagioklas	K (Al) Si ₃ O ₈ Na (Al) Si ₃ O ₈

Sumber : Bowles, 1984

2.9 Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan sisa pembakaran dari sekam padi, sehingga pada prinsipnya abu sekam padi ini merupakan limbah sisa pembakaran. Namun berdasarkan penelitian-penelitian yang telah lalu menunjukkan bahwa abu sekam padi memiliki kandungan kimia yang dapat dimanfaatkan untuk stabilisasi tanah karena sifat pozzolan dari bahan kimia tersebut. Hasil analisis lebih lanjut pada abu sekam padi menunjukkan bahwa kandungan SiO₂ mencapai 80 - 90%, yang memiliki sifat perekat, sehingga pemanfaatannya sudah banyak digunakan yakni dengan mereaksikannya dengan larutan NaOH untuk menghasilkan natrium silikat sehingga dalam industry dapat dimanfaatkan sebagai bahan filler dalam pembuatan sabun dan detergen, bahan perekat (adhesive), dan jeli silika (silica gel). (Wanadri, 1999, dalam Abdurrozak & Azzanna, 2017).

Widhiarto dkk (2015) menyatakan bahwa abu sekam padi banyak mengandung silika dan material pozzolan karena mengandung unsur kapur bebas yang dapat mengeras dengan sendirinya, disamping mengandung unsur alumunium dioksides yang keduanya merupakan unsur-unsur yang

mudah bereaksi dengan kapur. Menurut Balai Besar Institut Kimia (1982, dalam Widhiarto dkk., 2015), unsur-unsur kimia yang terkandung pada abu sekam padi disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 2.8 Unsur-Unsur yang Terkandung dalam Abu Sekam Padi

Unsur	Kandungan (%)
SiO ₂	21,6
Al ₂ O ₃	4,6
Fe ₂ O ₃	2,8
CaO	62,8
MgO	3,2
SO ₄	2,1
CaO bebas	1,2
Na ₂ O	0,41
K ₂ O	0,24

(Sumber: Balai Besar Institut Kimia, 1982, dalam Widhiarto dkk., 2015)

2.10 Serbuk Batu Bata

Batu bata merah adalah tanah liat, termasuk hidrosilikat alumina dan dalam keadaan murni mempunyai rumus Al₂O₃, 2SiO₂, 2H₂O dengan perbandingan berat dari unsur-unsurnya: 47%, 39% dan 14%.

Adapun Sifat – sifat dan Kandungan Tanah Liat:

a) Sifat liat (plastis)

Tanah liat harus dapat dibentuk dengan mudah, keberadaan zat organik, ukuran butir mineral, sisa-sisa binatang kecil, zat-zat yang telah membusuk serta bakteri yang ada dalam tanah liat tersebut akan sangat mempengaruhi sifat plastisnya.

b) Sifat porous

Tanah liat mengandung partikel halus hingga kasar. Perbandingan antara keduanya akan menentukan sifat porous tanah liat.

c) Sifat mengglas

Tanah liat juga mengandung mineral-mineral lain yang dapat bertindak sebagai bahan gelas waktu dibakar.

Serbuk Batu Bata Merah adalah hasil dari sisa pembuatan batu bata merah. Serbuk batu bata merah dihasilkan oleh proses penumbukan atau sisa pembuatan batu bata merah yang dihaluskan.



2.11 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.9 Penelitian Terdahul

No	Nama	Judul	Hasil
1.	Anita Widianti (2007)	Kekuatan Geser Campuran Tanah-Kapur-Abu Sekam Padi Dengan Inklusi Kadar Serat Karung Plastik Yang Bervariasi.	Uji yang dilakukan adalah uji geser langsung pada saat benda uji berumur 7 dan 14 hari. Secara umum dengan adanya penambahan serat karung plastik dan masa perawatan, nilai kohesi, sudut gesek dalam, dan kuat geser mengalami peningkatan dibandingkan nilai pada tanah asli dan tanah yang hanya dicampur dengan kapur-abu sekam padi saja. Campuran tanah - kapur-abu sekam padi dan 0,4 % serat untuk masa perawatan 14 hari memberikan peningkatan nilai kuat geser tertinggi, yaitu sebesar 178,63 % dari nilai kuat geser tanah asli (pada $\sigma = 12,59 \text{ kN/m}^2$).
2.	Dega Ramdan Betananda (2017)	Tinjauan Kuat Dukung Tanah Lempung Bayat Klaten dengan Bahan Stabilisasi Serbuk Bata Merah.	Pengujian hasil sifat fisis tanah lempung yang distabilisasi dengan serbuk bata merah 4%, 8%, dan 12% menunjukkan bahwa nilai kadar air, specific gravity, liquid limit, dan nilai persentase lolos saringan No. 200 mengalami penurunan, sedangkan nilai plastic limit dan shrinkage limit terjadi peningkatan. Klasifikasi tanah campuran AASHTO tergolong kelompok A-7-5 sedangkan menurut USCS tanah campuran tergolong kelompok MH, yaitu tanah lanau anorganik yang memiliki plastisitas tinggi. Tanah dengan campuran 12% memiliki berat volume kering terkecil, kadar air optimum terbesar didapat pada campuran 12% dengan nilai 1,4 gr/cm ³ dan 24%. Nilai CBR dengan rendaman terbesar pada nilai 6% dan CBR tanpa menggunakan rendaman pada nilai 28% pada tanah campuran 12%. Nilai pengembangan mengalami penurunan seiring bertambahnya presentase campuran, yaitu sebesar 0,644% pada campuran 12%.
3.	Albertus W, Iswan dan M.Jafri (2015)	Korelasi Kuat Tekan dengan Kuat Geser pada Tanah Lempung yang Didistribusi dengan Variasi Campuran Pasir.	Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa pencampuran pasir pada tanah lempung bisa dikatakan baik karena kuat tekan mengalami peningkatan dari 0,2975 kg/cm ³ menjadi 0,3500 kg/cm ³ dan kuat geser terjadi kenaikan dari 0,4754 menjadi 0,5682 pada pencampuran 10% pasir.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Persiapan

Pertama kali dalam persiapan yaitu melakukan konsultasi ke dosen pembimbing untuk mengetahui langkah-langkahnya. Selanjutnya pembuatan proposal dan seminar proposal, pengambilan data di lokasi penelitian, persiapan bahan pencampuran/tambahan untuk kuat geser tanah dan persiapan untuk pengolahan data di laboratorium. Data-data hasil pengujian laboratorium kemudian dianalisis sehingga diperoleh beberapa kesimpulan.

3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dengan mendapatkan sampel tanah dari lokasi penelitian. Sampel tanah yang diambil ada dua macam yaitu tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*) dan tanah terganggu (*disturbed soil*).

3.2.1 Sampel Tanah Asli (*undisturbed*)

Pengambilan sampel tanah asli tidak boleh mengalami perubahan sifat mekanik dari tanah tersebut. Untuk mengambil tanah asli ini supaya tidak mengalami perubahan sifat mekaniknya, mengambil tanahnya menggunakan tabung yang berbentuk silinder yang diameternya sudah ditentukan. Pertama kali tabung dimasukkan kedalam tanah jangan langsung diangkat karena tanah tersebut belum stabil dan melekat ke dinding tabung yang dimasukkan. Tabung yang sudah terisi oleh tanah diangkat dan ditutup rapat-rapat biar tidak mengurangi kadar airnya supaya tidak terjadi pengeringan.

3.2.2 Sampel Tanah Terganggu (*disturbed*)

Sampel tanah yang diambil tidak perlu ada upaya untuk melindungi sifat asli dari tanah tersebut. Tempat yang digunakan untuk tanah ini bisa menggunakan kantong plastik atau karung.

3.3 Pengolahan Data di Laboratorium

Pengolahan Data di Laboratorium akan menguji sifat-sifat tanah aslinya dan tanah dengan campuran kapur. Berikut ini adalah beberapa tahap pengujian yang akan dilakukan.

3.3.1 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah

1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah (*Water Content*)

Maksud dari pemeriksaan kadar air adalah untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah dengan perbandingan antara berat air dengan tanah kering yang dinyatakan dalam persen (%). Prosedur pelaksanaan pemeriksaan sesuai dengan acuan ASTM D 2216-71.

2. Pemeriksaan Berat Volume (*Volumetric Weight*)

Untuk mengetahui berat volume tanah (γ) keadaan tidak terganggu (*undisturbed*). Prosedur pelaksanaan pemeriksaan sesuai dengan acuan ASTM D 2216-71.

3. Pemeriksaan Berat Jenis (*Specific gravity*)

Maksud dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan No.4 dengan Piknometer. Berat jenis tanah adalah perbandingan antar berat butir tanah dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan mengikuti acuan ASTM D 854-58.

4. Batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit*)

1). Pemeriksaan Batas Cair (*Liquid Limit*)

Maksud pemeriksaan ini adalah menentukan batas cair tanah, batas cair tanah adalah kadar air tanah tersebut pada keadaan batas peralihan antara cair dan keadaan plastisitas. Tanah dalam keadaan batas cair apabila diperiksa dengan alat *Casagrande*, kedua bagian tanah dalam mangkok yang terpisah oleh alur lebar 2 mm. menutup sepanjang 12,7 mm. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan mengikuti acuan ASTM D 423-66.

2). Pemeriksaan Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Maksud dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara semi plastis dan semi padat. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan sesuai dengan acuan ASTM 424-74.

3). Pemeriksaan Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Maksud Pemeriksaan ini adalah untuk menentukan kadar air sampel tanah pada batas keadaan semi padat dan keadaan padat. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan mengikuti acuan AASHTO T-92-68.

4). Pemeriksaan Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Maksud dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui ukuran butir dan susunan butir (gradasi). Tanah yang tertahan saringan No.200. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan mengikuti acuan ASTM-D 422-63.

3.3.2 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah

Pemeriksaan sifat mekanik tanah dapat dilakukan dengan cara pemeriksaan kuat geser langsung (*direct shear*) pada tiap persentase pencampuran 5%, 10%, 15%.

1. Pemeriksaan Kuat Geser Langsung (*Direct Shear*)

Tujuan dari Pengujian Kuat Geser Langsung adalah guna mendapatkan nilai sudut geser tanah (θ) yang dinyatakan dalam derajat.

3.4 Perencanaan Campuran

Campuran direncanakan berdasarkan metode coba-coba (*trial and error*) yaitu tanah dicampur dengan kapur dengan presentase penambahan sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat tanah.

3.4.1 Persiapan Sampel

Dalam penelitian ini sampel uji terdiri dari masing-masing material asli dan campuran yang dapat dibuat berdasarkan variasi penambahan kapur sebagai bahan aditifnya yang jumlah penambahannya berdasarkan persentase perbandingan berat kapur dengan tanah. Lama waktu pemeraman ditentukan yaitu 3 hari, untuk perencanaan kebutuhan tanah dan bahan campuran kapur adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Sampel Pengujian untuk Tanah Asli

No	Pengujian	Specimen	Kebutuhan Tanah (gr)
1	Pengujian Kadar Air Tanah	2	100
2	Pengujian Berat Jenis Tanah	2	100
	Pengujian Analisa Granular:		
3	Pengujian Analisa Saringan	1	1000
	Pengujian Batas-batas Konsistensi:		
4	Pengujian Batas Cair	3	60
5	Pengujian Batas Plastis	2	20
6	Pengujian Batas Susut	2	20
7	Pengujian geser langsung (<i>Direct shear</i>)	3	150
	Jumlah Total	15	2900

Pengolahan Data

Tabel 3.2 Sampel Pengujian Untuk Tanah Asli + Bahan Campuran

Pengujian	Variasi Campuran x jumlah Specimen x waktu pemeraman	Jumlah Benda Uji
Pengujian Batas-batas Konsistensi :		
Pengujian Batas Cair	4 x 2 x 1	8
Pengujian Batas Plastis	4 x 2 x 1	8
Pengujian Batas susut	4 x 2 x 1	8
Pengujian geser langsung (<i>Direct shear</i>)	4 x 3 x 1	12
Jumlah Total		36

Pengolahan Data

Tabel 3.3 Kebutuhan Tanah Dan Abu Sekam Padi

No	Pengujian	Kebutuhan Tanah Lempung (gr)	Kebutuhan Bahan Campuran Abu Sekam Padi		
			5%	10%	15%
1	Batas-batas Atterberg				
	Batas Cair	180	9	18	27
	Batas Plastis	40	2	4	6
	Batas Susut	40	2	4	6
2	Pengujian geser langsung (<i>Direct shear</i>)	450	23	45	68
	Jumlah Total	710	36	71	107

Pengolahan Data

Tabel 3.4 Kebutuhan Tanah Dan Serbuk Batu Bata

No	Pengujian	Kebutuhan Tanah Lempung (gr)	Kebutuhan Bahan Campuran Serbuk Batu Bata		
			5%	10%	15%
1	Batas-batas Atterberg				
	Batas Cair	180	9	18	27
	Batas Plastis	40	2	4	6
	Batas Susut	40	2	4	6
2	Pengujian geser langsung (<i>Direct shear</i>)	450	23	45	68
Jumlah Total		710	36	71	107

Pengolahan Data

Tabel 3.5 Kebutuhan Tanah Dan Pasir Sirkon

No	Pengujian	Kebutuhan Tanah Lempung (gr)	Kebutuhan Bahan Campuran Pasir Sirkon		
			5%	10%	15%
1	Batas-batas Atterberg				
	Batas Cair	180	9	18	27
	Batas Plastis	40	2	4	6
	Batas Susut	40	2	4	6
2	Pengujian geser langsung (<i>Direct shear</i>)	450	23	45	68
Jumlah Total		710	36	71	107

Pengolahan Data

Maka :

1. Jumlah total tanah yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah 710 gr dikali jumlah variasi campuran Abu Sekam Padi, Serbuk Batu Bata, dan Pasir Sirkon yaitu ; $0.71 \text{ kg} \times 9 = 6,39 \text{ kg}$
2. Bahan Campuran yang di butuhkan pada penelitian ini meliputi :
 - a. Abu Sekam Padi yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah $36 + 71 + 107 = 214 \text{ gr}$ atau $0,214 \text{ kg}$.
 - b. Serbuk Batu Bata yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah $36 + 71 + 107 = 214 \text{ gr}$ atau $0,214 \text{ kg}$.

- c. Pasir Sirkon yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah $36 + 71 + 107 = 214$ gr atau 0,214 kg.

Jadi, total bahan campuran yang di perlukan dalam penelitian ini adalah 642 gr atau 0,642 kg.

Tabel 3.6 Evaluasi Pengujian Geser Langsung

Kondisi Contoh Tanah	No Contoh	Sudut Geser Dalam		Koheisi		Gama
		ϕ	ϕ Rata-rata	C	C Rata-rata	τ
	 °°	t/m ²	t/m ²	t/m ³
Tanah 5% Abu Sekam Padi, Serbuk Batu Bata, Pasir Sirkon	1					
	2					
	3					
Tanah 10% Abu Sekam Padi, Serbuk Batu Bata, Pasir Sirkon	1					
	2					
	3					
Tanah 15% Abu Sekam Padi, Serbuk Batu Bata, Pasir Sirkon	1					
	2					
	3					

Pengolahan Data

3.5 Analisis Data

3.5.1 Kuat Geser Langsung

Metode kuat geser langsung meliputi rumus Menurut teori *Mohr* (1910) dan *Coulomb* (1776) dalam persamaan berikut ini :

Menurut teori *Mohr* (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots\dots (3.9)$$

dimana :

τ = Kuat geser tanah pada saat terjadinya keruntuhan (failure)

σ = Tegangan normal pada saat kondisi tersebut

Menurut teori *Coulomb* (1776) mendefinisikan $f(\sigma)$ seperti pada persamaan sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \dots\dots\dots (3.10)$$

dengan :

τ = Kuat geser tanah (kN/m²)

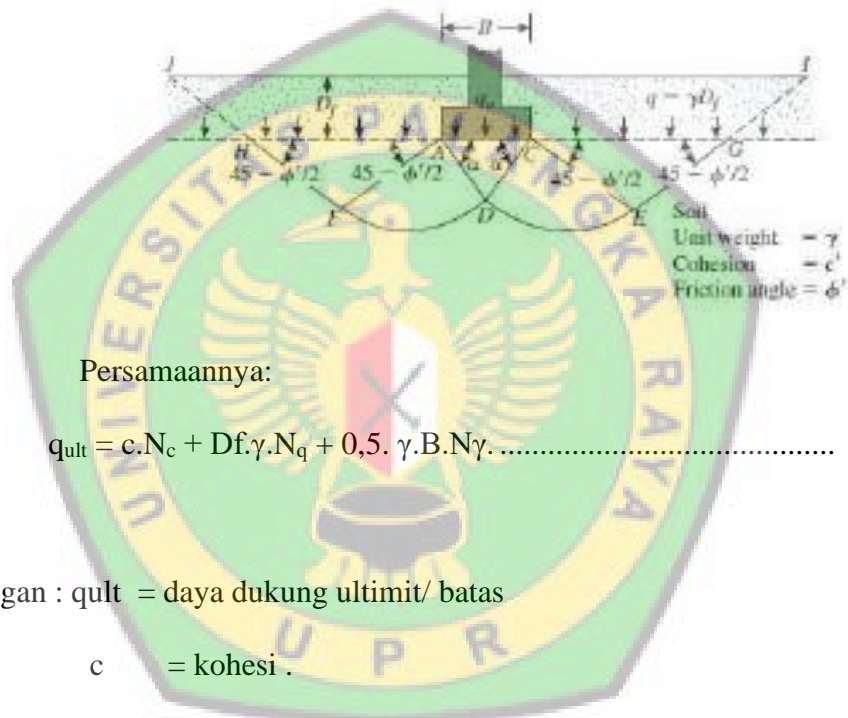
c = Kohesi tanah (kN/m²)

φ = Sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek internal (derajat)

σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

3.5.2 Daya Dukung Tanah

Ada beberapa metode untuk menghitung daya dukung tanah, metode yang paling sering digunakan adalah metode dari *Terzaghi*. Analisis daya dukung didasarkan kondisi general shear failure, yang dikemukakan *Terzaghi* (1943) dengan anggapan pondasi berbentuk memanjang tak terhingga dengan lebar B dan terletak di atas tanah homogen.



Persamaannya:

$$q_{ult} = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \dots \dots \dots (2.11)$$

dengan : q_{ult} = daya dukung ultimit/ batas

c = kohesi .

D_f = kedalaman pondasi

B = lebar pondasi

γ = berat volume tanah

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung tanah

Daya dukung tanah yang diijinkan berdasarkan nilai faktor keamanan

= 3, jadi didapat nilai q_{all} :

$$q_{all} = \left(\frac{1}{SF}\right) \times q_{ult}$$

Tabel 3.7 Nilai faktor daya dukung tanah Terzaghi

Φ	Keruntuhan Geser Umum		
	N_c	N_q	N_γ
0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5
10	9,6	2,7	1,2
15	12,9	4,4	2,5
20	17,7	7,4	5
25	25,1	12,7	9,7
30	37,2	22,5	19,7
34	52,6	36,5	35
35	57,8	41,4	42,4
40	95,7	81,3	100,4
45	172,3	173,3	297,5
48	258,3	287,9	780,1
50	347,6	415,1	1153,2

Sumber : Terzaghi (1943)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian sifat – sifat fisik tanah asli di dapat nilai, kadar air (w) = 36,31% ; berat isi (γ) = 1,27 gr/cm³ ; berat jenis (G_s) = 2,69 ; batas – batas *Atterberg* yaitu Batas cair (*Liquid Limit*) = 35,67% ; Batas Plastis (*Plastic Limit*) = 19,15% ; Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) = 16,52% ; Batas Susut (*Shrinkage Limit*) = 10,02% ; analisis saringan persentase lolos saringan No.200 = 53%. Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan tanah berlempung, dalam kelompok tanah A-6 (6), dan menurut USCS tanah diklasifikasikan ke dalam kelompok CL, yang merupakan kelompok lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, (Tanah Berbutir Halus), dan secara visual tanah berwarna kuning. Berdasarkan hasil pengujian sifat-sifat mekanik tanah asli di dapat nilai kuat geser (*Direct Shear*) (τ) = 0,181 kg/cm², (c) = 0,135 Kg/cm², (ϕ) = 20⁰, dan nilai daya dukung tanah q_{ult} = 3,65 kg/cm² dengan masa pemeraman 3 hari.
2. Dari hasil pengujian kuat geser campuran abu sekam padi mengalami peningkatan sebesar 3% dari tanah asli ke variasi campuran 15%. Pada campuran serbuk batu bata mengalami peningkatan sebesar 3,3% dari

tanah asli ke variasi campuran 15%. Kemudian pada campuran pasir sirkon hanya mengalami peningkatan sebesar 0,2 % dari tanah asli ke variasi campuran 15%. Dari hasil perbandingan nilai diatas dapat disimpulkan bahwa campuran serbuk batu bata memiliki persentasi nilai kuat geser paling tinggi diantara campuran yang lain. Dari hasil perhitungan daya dukung tanah campuran abu sekam padi mengalami peningkatan sebesar 2,4% dari tanah asli ke variasi campuran 15%. Pada campuran serbuk batu bata mengalami peningkatan sebesar 1,7% dari tanah asli ke variasi campuran 15%. Kemudian pada campuran pasir sirkon mengalami peningkatan sebesar 2,3% dari tanah asli ke variasi campuran 15%. Dari hasil perbandingan nilai diatas dapat disimpulkan bahwa campuran abu sekam padi memiliki persentasi nilai daya dukung tanah paling tinggi diantara campuran yang lain.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisis data yang dilakukan, maka disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan persentasi campuran yang lebih rinci agar didapat perbandingan yang lebih baik.
2. Untuk melihat kenaikan atau penurunan persentase kuat geser langsung, dan daya dukung tanah sebaiknya di lakukan penambahan umur pemeraman.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993. *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. AASHTO, Washington, DC.
- Abdurrozak, M.R., & Azanna, D.O., 2017, Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi terhadap Kapasitas Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut, *Jurnal Teknisia*, Volume XXII No.1, UII, Yogyakarta.
- ASTM. 1983. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia.
- Bowles, J. E. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soil*. United States of America: McGraw-Hill, Inc.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Coulomb, C.A, 1776. *Essai sur une Application des Regles de Macimis et Minimum a quelques Problems de Statique Relatifs a l'Architecture*. Mem. Acad. Roy. Des Sciences, Paris, Vol. 3, p, p. 38.
- Craig, R. F. 1987. *Soil Mechaanic 4th Edition*. Van NostroodReinhol Co. Ltd.
- Craig, R.F. (1987), *Mekanika Tanah, Edisi Keempat, Terjemahan Budi Susilo Soepandji.*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Jilid 1) Terjemahan*. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah 1*. Erlangga. Jakarta.
- Grim, R.E. 1953. *Clay mineralogy*. Mc Graw Hill Book Company Inc. New York.
- Hardiyatmo, H.C 2002, *MEKANIKA TANAH I*, Gadjah Mada University Press, Jogjakarta.
- Hardiyatmo, H.C (1992), *Mekanika Tanah Jilid 1*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, Indonesia.
- Ingles, & Metcalf. (1972). *Soil Stabilization, Principles and Practice*. USA: USA
- Mohr, 1910, *Geotechnical engineering investigation manual*, McGrawHill Book Co., 984 p.

Sarief, S.E. 1986. Ilmu Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Bandung. 196 hal.

Terzaghi, K.,1925. *Theoretical Soil Mechanics for Civil and Mining Engineers.*,Granada. London.

Terzaghi, Karl and Peck, B Ralph, “Soil Mechanics in Engineering Practice, Second Edition”, JOHN WILLEY & SONS, New York, 1967.

Wesley, L.D., 1977. Mekanika Tanah. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Widhiarto, H., Andriawan, A.H & Matulesy, A., 2015., Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Menggunakan Campuran Abu Sekam dan Kapur, Jurnal Pengabdian LPPM Untag, Surabaya.

