

**ANALISA KOHESI DAN SUDUT GESER TANAH
LEMPUNG DENGAN CAMPURAN ZEOLIT**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Universitas Medan Area**

OLEH:

SUCI RAMADANI

14.811.0060



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2020

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 2/11/20

Access From (repository.uma.ac.id)2/11/20

**ANALISA KOHESI DAN SUDUT GESER TANAH
LEMPUNG DENGAN CAMPURAN ZEOLIT**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi syarat – syarat mendapatkan Sarjana Teknik Universitas
Medan Area*

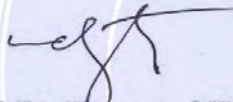
Oleh :

SUCI RAMADANI

14.811.0060

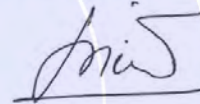
Disetujui Oleh :

Pembimbing I



(Ir. H. Edy Hermanto, MT)

Pembimbing II



(Ir. Nuril Mahda Rkt, MT)

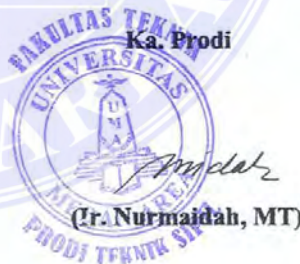
Mengetahui :

Dekan



(Dr. Grace Yuswita Harahap, ST. MT)

Ka. Prodi



(Ir. Nurmaidah, MT)

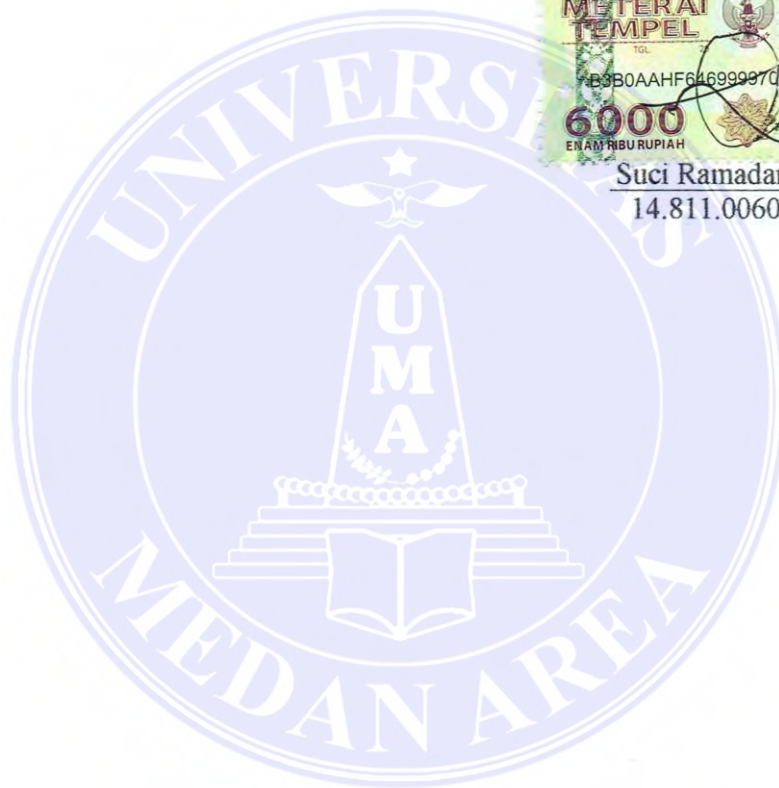
SURAT PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar – benar hasil karya sendiri bukan jiplakan dari karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan metode ilmiah.

Medan, 18 Mei 2020

METERAI
TEMPEL
TGL
B0B0AAHF646999970
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Suci Ramadani
14.811.0060



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : SUCI RAMADANI
NPM : 14.811.0060
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya saya yang berjudul **Analisa Kohesi dan Sudut Geser Tanah Lempung Dengan Campuran Zeolit**.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database) merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 18 Mei 2020

Yang menyatakan



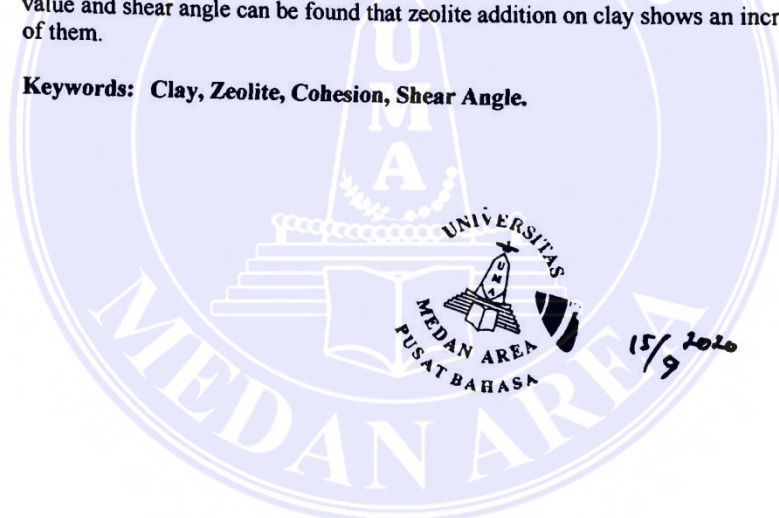
(SUCI RAMADANI)

ABSTRACT

Suci Ramadani. 148110060. "The Analysis of Cohesion and Shear Angle of Clay with Zeolite Mixture". Supervised by Ir. Edi Hermanto, M.T. and Ir. Nuril Mahda Rangkuti, M.T.

Clay is an aggregate of microscopic and submicroscopic originating from the decay of rock-forming chemical elements, and plastic characteristics in moderate to wide moisture content intervals. The magnitude of clay's plasticity and permeability had can cause a reduction of soil carrying capacity strength. The soil carrying capacity, for sure, can be increased by maintaining and/or increasing the shear angle strength. The study intends to analyze the cohesion value and shear angle on the soil by adding the additive material of zeolite as the mixture material, which can strengthen the soil carrying capacity. Moreover, the study aims to find out how much influence zeolite addition as the additive on clay towards the strong soil shear value. Then, the research conducted in 4 (four) variations, i.e. 0%, 20%, 30%, and 40%. As for the results of the research obtained are as follows: soil cohesion value of zeolite addition by 0%, 20%, 30%, 40% are 0.673 kg/cm²; 0.679 kg/cm²; 0.694 kg/cm²; 0.713 kg/cm². Furthermore, the results of the research obtained of soil cohesion value of zeolite addition by 0%, 20%, 30%, 40% are 43.025°; 41.987°; 37.235°; 33.024°. Thus, from the results of cohesion value and shear angle can be found that zeolite addition on clay shows an increase of them.

Keywords: Clay, Zeolite, Cohesion, Shear Angle.



ANALISA KOHESI DAN SUDUT GESER TANAH LEMPUNG DENGAN CAMPURAN ZEOLIT

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi syarat – syarat mendapatkan Sarjana Teknik Universitas
Medan Area*

Oleh :

SUCI RAMADANI

14.811.0060

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II

(Ir. H. Edy Hermanto, MT)

(Ir. Nuril Mahda Rkt, MT)

Mengetahui :

Dekan

Ka. Prodi

(Dr. Grace Yuswita Harahap, ST. MT)

(Ir. Nurmaidah, MT)

ABSTRAK

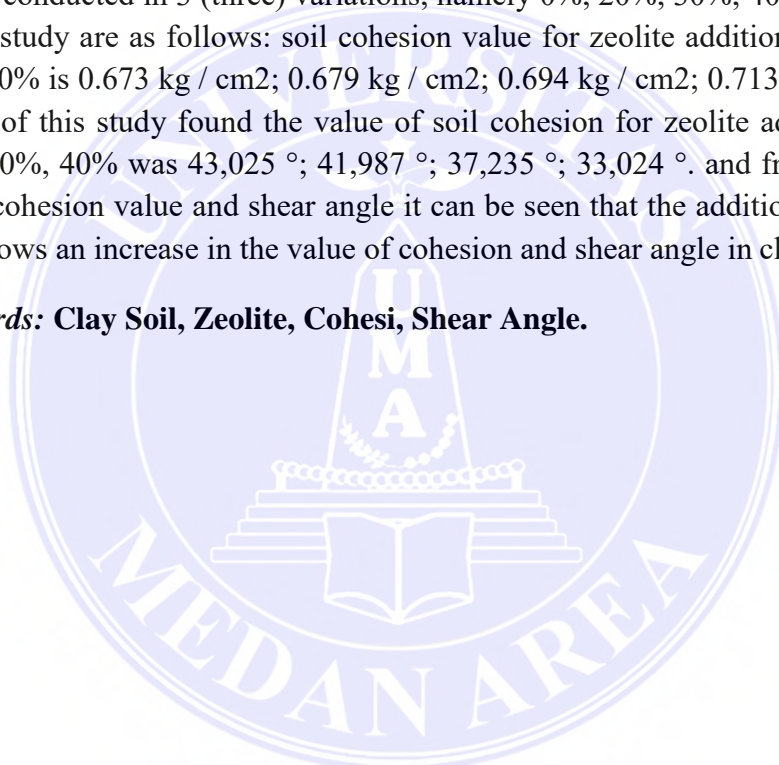
Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan sub- mikroskopik yang berasal dari pembusukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Besarnya sifat plastisitas dan permeabilitas yang dimiliki oleh tanah lempung, dapat mengakibatkan berkurangnya kekuatan daya dukung tanah. Daya dukung tanah tentu saja dapat ditingkatkan dengan mempertahankan dan atau menaikkan kekuatan geser tanah. Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisa nilai kohesi dan sudut geser pada tanah dengan penambahan bahan additive berupa zeolite sebagai bahan campuran, yang mampu untuk menguatkan daya dukung tanah. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan zeolite sebagai zat additive pada tanah lempung terhadap nilai kuat geser tanah. Adapun penelitian ini akan dilakukan dalam 4 (empat) variasi, yaitu 0%, 20%, 30%, 40%. Adapun hasil dari penelitian ini adalah sebagai berikut: nilai kohesi tanah untuk penambahan zeolite sebesar 0%, 20%, 30%, 40% adalah 0.673 kg/cm^2 ; 0.679 kg/cm^2 ; 0.694 kg/cm^2 ; 0.713 kg/cm^2 . Adapun hasil dari penelitian ini didapatkan nilai kohesi tanah untuk penambahan zeolite sebesar 0%, 20%, 30%, 40% adalah 43.025° ; 41.987° ; 37.235° ; 33.024° . dan dari hasil nilai kohesi dan sudut geser dapat terlihat bahwa penambahan zeolite pada tanah lempung menunjukkan peningkatan nilai kohesi dan sudut geser pada tanah lempung.

Kata kunci : Tanah Lempung, Zeolit, Kohesi, Sudut Geser.

ABSTRACT

Clay soil is an aggregate of microscopic and sub-microscopic particles originating from the decay of rock-forming chemical elements, and is plastic in moderate to wide water content intervals. The magnitude of the plasticity and permeability properties of clay soils, can result in reduced strength of soil carrying capacity. The carrying capacity of the soil can of course be increased by maintaining and or increasing the shear strength of the soil. The purpose of this study is to analyze the value of cohesion and shear angle in the soil by adding additives in the form of zeolite as a mixture, which is able to strengthen the carrying capacity of the soil. The purpose of this study was to determine how much influence the addition of zeolite as an additive on clay soil to the shear strength of the soil. The research will be conducted in 3 (three) variations, namely 0%, 20%, 30%, 40%. The results of this study are as follows: soil cohesion value for zeolite addition of 0%, 20%, 30%, 40% is 0.673 kg / cm²; 0.679 kg / cm²; 0.694 kg / cm²; 0.713 kg / cm². The results of this study found the value of soil cohesion for zeolite addition of 0%, 20%, 30%, 40% was 43,025 °; 41,987 °; 37,235 °; 33,024 °. and from the results of the cohesion value and shear angle it can be seen that the addition of zeolite in clay shows an increase in the value of cohesion and shear angle in clay.

Keywords: Clay Soil, Zeolite, Cohesi, Shear Angle.



KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis sampaikan Kehadirat ALLAH SWT atas Rahmat-Nya memberikan kesempatan pada penulis, sehingga mampu menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini berjudul “Analisa Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Lempung Dengan Zeolite ” merupakan tugas akhir yang wajib diselesaikan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program Strata I (S1) jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Dalam proses penulisan skripsi ini, penulis banyak menemukan kesulitan ,namun berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak yang berkaitan dengan penulis skripsi ini, sehingga dapat di selesaikan. Penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan sokongan dan do'a yang tiada henti serta dukungan moril dan material kepada saya.
2. Bapak **Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc** selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Ibu **Dr. Grace Yuswita Harahap, ST. MT** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ibu **Ir. Nurmaidah, MT** selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
5. Bapak **Ir. H. Edy Hermanto, MT**, selaku Dosen Pembimbing Skripsi I.
6. Ibu **Ir. Nuril Mahda, MT**, selaku Dosen Pembimbing Skripsi II.

7. Seluruh Dosen Dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area.
8. Seluruh teman – teman Program study teknik sipil angkatan tahun 2014 yang telah memberikan dukungannya.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa isi maupun teknik penulisannya masih jauh dari kesempurnaan, maka untuk itu penulis mengharapkan kritik maupun saran dari para pembaca yang bersifat positif dan membangun demi menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan umumnya para pembaca sekalian.

Medan, 18 Mei 2020

Hormat Saya

Suci Ramadani

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACK	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DARTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Pembatasan Masalah.....	4
1.5 Metode Pengambilan Data.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Umum.....	6
2.2 Sistem klasifikasi tanah	7
2.2.1 Unified Soil Clasification Sistem (USCS).....	7
2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO	11
2.3 Kohesi.....	17
2.3.1 Struktur Tanah Berkohesi.....	17
2.3.2 Struktur Tanah Tak Berkohesi.....	22
2.4 Zeolit.....	24

2.4.1	Kegunaan Zeolit	26
2.4.2	Sifat-Sifat Zeolit	27
2.5	Kuat Geser Tanah (Direct Shear)	28
2.5.1	Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)	30
BAB III	METODE PENELITIAN	38
3.1	Lokasi Penelitian	38
3.2	Metode Penelitian.....	38
3.2.1	Persiapan Alat dan bahan	38
3.2.2	Pengujian Karakteristik Bahan	39
3.2.3	Benda Uji.....	39
3.2.4	Tahapan Penelitian	39
3.2.4.a	Pengujian Kadar Air	40
3.2.4.b	Pengujian Berat Volume.....	40
3.2.4.c	Pengujian Berat Jenis.....	41
3.2.4.d	Pengujian Batas Atterberg.....	44
3.2.4.e	Pengujian Analisa Saringan	48
3.2.4.f	Pengujian Hidrometer	52
3.2.4.g	Penambahan Bahan Additive.....	56
3.2.4.h	Pengujian Pemadatan.....	56
3.2.4.i	Pengujian Kuat Geser Langsung	59
3.2.5	Analisa Data Hasil Penelitian	61
3.3	Desain Penelitian.....	62
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	64

4.1 Analisa.....	64
4.2 Hasil Analisa Pengujian Sifat Fisik.....	64
4.2.1 Analisa Saringan.....	64
4.2.2 Analisa Atterberg.....	65
4.2.3 Analisa Berat Jenis Tanah	76
4.2.4 Analisa Berat Volume	79
4.2.5 Analisa Hidrometer.....	80
4.2.6 Analisa Kadar Air.....	82
4.3 Pengklasifikasian Tanah.....	96
4.4 Perhitungan Kuat Geser Langsung dan Kohesi Tanah.....	97
4.5 Perhitungan Nilai Kohesi Dan Sudut Geser Tanah	
Menggunakan Cara Matematis.....	107
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	113
5.1 Kesimpulan.....	113
5.2 Saran.....	114
DAFTAR PUSTAKA.....	115

Lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1: Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS	9
Tabel 2.2: Sistem Klasifikasi AASHTO	11
Tabel 2.3: Komposisi kimia mineral zeolite	26
Tabel 2.4: Harga-harga yang umum dari sudut geser internal kondisi drained untuk pasir lanau	32
Tabel 4.1: Data hasil pengujian Analisa Saringan	65
Tabel 4.2a: Data Hasil Pengujian Atterbeg Limit (0% Zeolite).....	66
Tabel 4.2b: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (0% Zeolite).....	67
Tabel 4.2c: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (0% Zeolite).....	68
Tabel 4.3a: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (20% Zeolite).....	68
Tabel 4.3b: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (20% Zeolite).....	70
Tabel 4.3c: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (20% Zeolite).....	70
Tabel 4.4a: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (30% Zeolite).....	71
Tabel 4.4b: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (30% Zeolite).....	72
Tabel 4.4c: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (30% Zeolite).....	73
Tabel 4.5a: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (40% Zeolite).....	73
Tabel 4.5b: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (40% Zeolite).....	75
Tabel 4.5c: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (40% Zeolite).....	75
Tabel 4.6: Data hasil pengujian Atterbeg Limit (0% - 40%)	76
Tabel 4.7: Data hasil pengujian Berat Jenis Tanah (0% Zeolite).....	77
Tabel 4.8: Data hasil pengujian Berat Jenis Tanah (20% Zeolite).....	77
Tabel 4.9: Data hasil pengujian Berat Jenis Tanah (30% Zeolite).....	78

Tabel 4.10: Data hasil pengujian Berat Jenis Tanah (40% Zeolite).....	78
Tabel 4.11: Data hasil pengujian Berat Volume	79
Tabel 4.12: Data hasil pengujian Hidrometer	81
Tabel 4.13: Data hasil pengujian Kadar Air (0% Zeolite)	83
Tabel 4.14: Data hasil pengujian Kadar Air (20% Zeolite)	83
Tabel 4.15: Data hasil pengujian Kadar Air (30% Zeolite)	83
Tabel 4.16: Data hasil pengujian Kadar Air (40% Zeolite)	84
Tabel 4.17: Data pengujian Kepadatan Standart (0% Zeolite).....	87
Tabel 4.18: Data hasil pengujian Kepadatan Standart (0% Zeolite)- Berat Isi	87
Tabel 4.19: Data hasil pengujian Kepadatan Standart (0% Zeolite)- Kadar Air.....	87
Tabel 4.20: Hubungan Antara Berat Isi Kering Dengan Kadar Air (0% Zeolite)...	88
Tabel 4.21: Data pengujian Kepadatan Standart (20% Zeolite).....	89
Tabel 4.22: Data hasil pengujian Kepadatan Standart (20% Zeolite)- Berat Isi	89
Tabel 4.23: Data hasil pengujian Kepadatan Standart (20% Zeolite)- Kadar Air...	89
Tabel 4.24: Hubungan Antara Berat Isi Kering Dengan Kadar Air (20% Zeolite)	90
Tabel 4.25: Data pengujian Kepadatan Standart (30% Zeolite).....	91
Tabel 4.26: Data hasil pengujian Kepadatan Standart (30% Zeolite)- Berat Isi	91
Tabel 4.27: Data hasil pengujian Kepadatan Standart (30% Zeolite)- Kadar Air...	91
Tabel 4.28: Hubungan Antara Berat Isi Kering Dengan Kadar Air (30% Zeolite)	92
Tabel 4.29: Data pengujian Kepadatan Standart (40% Zeolite).....	93
Tabel 4.30: Data hasil pengujian Kepadatan Standart (40% Zeolite)- Berat Isi	93
Tabel 4.31: Data hasil pengujian Kepadatan Standart (40% Zeolite)- Kadar Air...	93
Tabel 4.32: Hubungan Antara Berat Isi Kering Dengan Kadar Air (40% Zeolite)	94

Tabel 4.33: Perbandingan Kadar Air Optimum Dan Berat Isi	
Kering Optimum Pada Tiap Sampel	95
Tabel 4.34: Data hasil pengujian Direct Shear Test (0% Zeolite).....	97
Tabel 4.35: Data pengujian Direct Shear Test (0% Zeolite).....	98
Tabel 4.36: Data hasil pengujian Direct Shear Test (20% Zeolite).....	99
Tabel 4.37: Data pengujian Direct Shear Test (20% Zeolite).....	100
Tabel 4.38: Data hasil pengujian Direct Shear Test (30% Zeolite).....	101
Tabel 4.39: Data pengujian Direct Shear Test (30% Zeolite).....	102
Tabel 4.40: Data hasil pengujian Direct Shear Test (40% Zeolite).....	103
Tabel 4.41: Data pengujian Direct Shear Test (40% Zeolite).....	103
Tabel 4.42: Data Perbandingan Nilai Kuat Geser Langsung- P = 500 gram	104
Tabel 4.43: Data Perbandingan Nilai Kuat Geser Langsung- P = 1000 gram	105
Tabel 4.44: Data Perbandingan Nilai Kuat Geser Langsung- P = 1500 gram	105
Tabel 4.45: Perbandingan Nilai Kohesi dan Sudut Geser Tanah	111

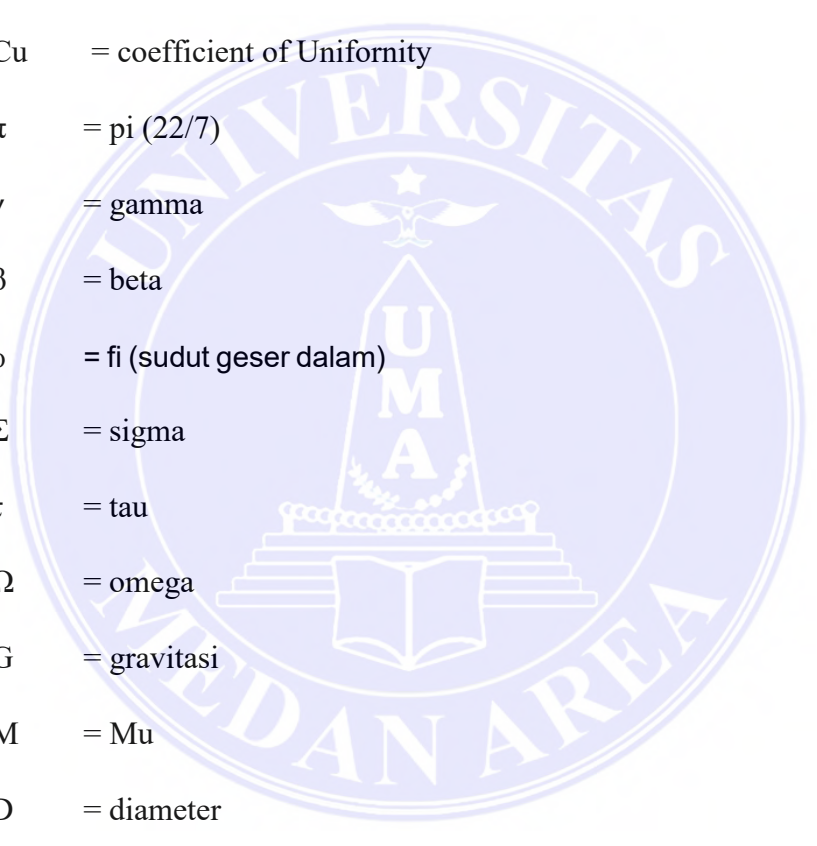
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Hubungan LL dan PI.....	10
Gambar 2.2: Struktur sarang lebah.....	18
Gambar 2.3: Struktur endapan (sedimen)	21
Gambar 2.4: Struktur tanah	22
Gambar 2.5: Struktur butir-tunggal	23
Gambar 2.6: Model dari susunan butiran yang bulat dan berukuran sama (tampak atas).....	24
Gambar 2.7a:Garis Keruntuhan	29
Gambar 2.7b:Garis Keruntuhan	30
Gambar 2.8 : Diagram susunan alat uji geser langsung	32
Gambar 2.9: Alat uji geser langsung.....	34
Gambar 2.10: Diagram tegangan geser versus perubahan tinggi benda uji	36
Gambar 2.11: Penentuan parameter kekuatan geser untuk tanah pasir sebagai hasil uji geser langsung	37
Gambar 3.1 : Vaccum Pump (pompa hampa udara)	44
Gambar 3.2 : Saringan (Sieve).....	50
Gambar 3.3 : Saringan elektrik (Sieve Shaker).....	51
Gambar 3.4 : Pengujian Pemadatan (Compaction)	58
Gambar 3.5 : Ektruder Vertikal untuk mengeluarkan sampel dari tabung.....	61
Gambar 3.6 : Bagan Alir Proses Penelitian.....	63
Gambar 4.1 : Grafik Liquid Limit - 0% Zeolite.....	67
Gambar 4.2 : Grafik Liquid Limit - 20% Zeolite.....	69

Gambar 4.3: Grafik Liquid Limit -30% Zeolite.....	72
Gambar 4.4: Grafik Liquid Limit - 40% Zeolite.....	74
Gambar 4.5: Grafik Perbandingan Pengujian Atterbeg Limit.....	76
Gambar 4.6: Grafik Perbandingan Pengujian Berat Jenis.....	79
Gambar 4.7: Grafik Perbandingan Pengujian Berat Jenis.....	84
Gambar 4.8: Grafik Compaction Hubungan Kadar Air Dengan Berat Isi Kering – 0% Zeolite.....	88
Gambar 4.9: Grafik Compaction Hubungan Kadar Air Dengan Berat Isi Kering – 20% Zeolite.....	90
Gambar 4.10: Grafik Compaction Hubungan Kadar Air Dengan Berat Isi Kering – 30% Zeolite	92
Gambar 4.11: Grafik Compaction Hubungan Kadar Air Dengan Berat Isi Kering – 40% Zeolite	94
Gambar 4.12: Grafik Perbandingan Kadar Air Optimum.....	95
Gambar 4.13: Grafik Perbandingan Berat Isi Kering Optimum	96
Gambar 4.14: Grafik Pengujian Direct Shear 0%.....	99
Gambar 4.15: Grafik Pengujian Direct Shear 20%.....	101
Gambar 4.16: Grafik Pengujian Direct Shear 30%.....	102
Gambar 4.17: Grafik Pengujian Direct Shear 40%.....	104
Gambar 4.18: Grafik Perbandingan Pengujian Direct Shear Test	106
Gambar 4.19: Grafik Perbandingan Nilai Kohesi Tanah	112
Gambar 4.20: Grafik Perbandingan Nilai Sudut Geser Tanah.....	112

DAFTAR NOTASI

- ...° = Derajat
- % = Persen
- C = kohesi
- Cu = coefficient of Uniformity
- π = pi (22/7)
- γ = gamma
- β = beta
- ϕ = fi (sudut geser dalam)
- Σ = sigma
- τ = tau
- Ω = omega
- G = gravitasi
- M = Mu
- D = diameter



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam pekerjaan teknik sipil, tanah dasar merupakan komponen pendukung bangunan yang mempunyai peranan penting. Tanah yang baik adalah tanah yang mempunyai daya dukung yang tinggi dan sifat tanah yang baik, akan tetapi tidak semua tanah memiliki kondisi tanah yang baik.

Dalam dunia teknik sipil, tanah didefinisikan sebagai agregat tak ter sedimentasi dan terdiri dari mineral granula dan materi organik (partikel solid) dengan zat cair, gas pada ruang kosong diantara partikel solid (Das, 1970). Dalam ilmu mekanika tanah yang disebut “tanah” ialah semua endapan alam yang berhubungan dengan Teknik sipil, kecuali batuan tetap. Batuan tetap menjadi ilmu tersendiri yaitu mekanika batuan (rock mechanics) (Sosdarsono dan Nakazawa, 2000). Endapan alam tersebut mencakup semua bahan, dari tanah lempung (clay) sampai berangkal (boulder). Rekayasa tanah, mekanika tanah atau geoteknik merupakan salah satu ilmu termuda perkembangannya dalam teknik sipil (soedarmo, 1993). Salah satu tanah yang biasa ditemukan di Indonesia adalah tanah lempung. Lempung di Asia Tenggara terdiri dari lapisan lempung lunak (Kobayashi, 1990).

Tanah lempung merupakan tanah yang mempunyai sifat kurang baik. Kuat dukung yang rendah, sifat kembang susut yang besar, kohesif, dan deformasi yang terjadi sangat besar akibat kompresibilitas yang besar.

Menurut Kerr (Hardiyatmo, 1999) tanah lempung mengandung mineral yang disebut mineral lempung yaitu: montmorillo-nite, illite, kaolinite, polygorskite, chlorite, vermiculite, dan halloysite. Lempung yang banyak mengandung montmorillonitenya bersifat ekspansif, mudah mengembang sehingga dapat merusak konstruksi, seperti konstruksi jalan raya, dan bangunan lain yang dibangun diatas tanah lempung tersebut.

Banyaknya kekurangan yang dimiliki oleh tanah lempung, serta kasus-kasus keruntuhan atau penurunan tanah, dan lain-lain pada konstruksi yang diperoleh akibat tanah lempung, membuat para ahli Teknik sipil menciptakan suatu metode-metode untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut (metode stabilisasi tanah). Metode perbaikan tanah/stabilisasi tanah merupakan usaha yang dilakukan agar tanah memiliki sifat teknik yang baik, misalnya lebih kuat, permeabilitas yang kecil, maupun perubahan volume mengecil. Perbaikan dengan cara stabilisasi mekanis dapat berupa pemadatan, penggantian tanah, maupun pencampuran dengan bahan lain/ soil mixing. Perbaikan tanah/stabilisasi tanah dapat dilakukan secara khemis yaitu, mencampur tanah dengan semen, abu terbang (fly ash), dan grouting (Suryolelono, 2005).

Indonesia sebagai salah satu negara kepulauan terbesar dan memiliki sumber daya alam yang melimpah salah satunya dibidang pertambangan. Salah satu mineral yang melimpah di Indonesia yang masih belum dimanfaatkan secara intensif adalah zeolite alam (Oktavianita Yetty, 2013). Zeolite alam adalah bahan yang terbentuk dari hasil hidrasi alkali, dimana strukturnya merupakan struktur dengan jaringan rangka terbuka yang mempunyai kemampuan menyerap dan melepaskan air, serta pertukaran ion terhadap lingkungannya (Sjafei Amri, 2005).

Dalam penelitian ini metode stabilisasi tanah dilakukan dengan bahan campuran zeolit. Kemampuan zeolite untuk menahan air di dalam pori-porinya dan melepaskannya secara terkontrol akan sangat bermanfaat pada proses penstabilan tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kohesi dan kuat geser pada tanah lempung yang dicampur dengan bahan additive berupa zeolit. Dari penelitian tersebut, maka akan dapat diketahui sampai sejauh mana pengaruh zeolit sebagai bahan additive dalam meningkatkan kuat geser tanah dengan menggunakan tes uji geser langsung (Direct Shear Test). Tes uji geser langsung merupakan pengujian yang akan menghasilkan salah satu parameter yang disebut dengan kuat geser tanah. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Holtz dan Gibbs, 1956). Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat fisik dan mekanik tanah lempung dengan dengan campuran zeolit, menggunakan bahan stabilisasi zeolit karena zeolit memiliki sifat seperti kapur, dan selama ini zeolit hanya banyak dipakai pada bidang pertanian, dan juga sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang teknologi material yang akan digunakan untuk menahan struktur bagian atas.

1.2 Maksud dan Tujuan

Ada pun maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kohesi dan sudut geser pada tanah lempung yang dicampur bahan *additive* berupa zeolite.

Ada pun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil tinjauan nilai kohesi dan kuat geser tanah lempung dengan bahan tambah zeolit dengan persentase factor penambahan zat *additive* yang sudah direncanakan.

1.3 Rumusan Masalah

Dengan ini maka penulis merumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Berapa besar pengaruh Zeolit sebagai bahan *additive* meningkatkan stabilisasi tanah lempung (Cu)?
- b. Berapa besar pengaruh Zeolit sebagai bahan *additive* untuk meningkatkan stabilisasi tanah lempung terhadap nilai kohesi (c) ?
- c. Bagaimana hubungan kuat geser tanah dan kohesi terhadap kadar lempung yang telah di stabilisasi dengan Zeolit?
- d. Komposisi persentasi penambahan zat *additive* yang digunakan adalah 0%, 20%, 30%, 40%.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini di batasi oleh :

1. Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah jenis lempung yang diambil di jl. Galang-Medan-Deli Serdang, Sumatera Utara.
2. Bahan *additive* yang digunakan untuk stabilisasi tanah adalah Zeolit yang dapat dibeli ditoko.
3. Nilai presentase zeolite yang diambil ialah 0%; 20%; 30%; 40% .

4. Dilakukan pengujian sifat fisik tanah seperti pengujian kadar air, pengujian berat volume, pengujian analisa saringan, pengujian berat jenis, pengujian batas *atterberg*, pengujian hydrometer.
5. Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah pengujian kuat geser langsung dengan alat uji *Direct Shear*.

1.5 Metode Pengambilan Data

Untuk mendapatkan hasil penelitian yang sesuai dengan yang diharapkan dan dapat memperkecil kendala-kendala dalam pelaksanaannya, maka diperlukan metode penelitian pengambilan data. Pengambilan data yang dilakukan berupa, survey untuk mengumpulkan data lapangan, penyediaan bahan/material penelitian, pengujian sifat fisik dan mekanis, analisis data penelitian. Disamping itu untuk mendukung terlaksananya penulisan hasil penelitian ini juga diperlukan beberapa literatur dari Jurnal, buku-buku serta *e-book* yang berdasarkan dari internet yang berkaitan dengan penelitian yang dilaksanakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995), tanah memiliki beberapa jenis yang di golongkan berdasarkan karakteristik tanah dan kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis tanahnya.. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Salah satu jenis tanah yang akan ditinjau melalui pengujian laboratorium mekanika tanah yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis `adalah tanah lempung. Tanah lempung (clays) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (clay minerals), dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya. Pada umumnya, tanah lempung berukuran

lebih kecil dari 0,002 mm (2 micron). Namun, tanah yang berukuran lebih dari 2 micron belum tentu lempung. Hal ini disebabkan dari segi mineral yang terkandung dalam tanah tersebut belum tentu dapat “menghasilkan sifat-sifat plastis tanah apabila dicampur dengan air“ (Grim, 1953).

Tanah lempung biasanya memiliki nilai daya dukung serta kuat geser tanah yang kecil, sehingga tanah lempung sebelum digunakan harus distabilisasi terlebih dahulu. Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Menurut *Bowles*, 1991 beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), dan mengganti tanah yang buruk.

2.2 Sistem Klasifikasi Tanah

2.2.1 Unified Soil Classification System (USCS)

Metode klasifikasi tanah dengan menggunakan USCS (*Unified Soil Classification System*) merupakan metode klasifikasi tanah yang cukup banyak digunakan dalam bidang geoteknik. Klasifikasi ini diusulkan oleh A. Cassagrande pada tahun 1942 dan direvisi pada tahun 1952 oleh *The Corps of Engineers and The US Bureau of Reclamation*.

Pada prinsipnya menurut metode ini, ada 2 pembagian jenis tanah yaitu tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) dan tanah berbutir halus (lanau dan lempung). Tanah digolongkan dalam butiran kasar jika lebih dari 50% tertahan di atas saringan no. 200. Sementara itu tanah digolongkan berbutir halus jika lebih dari 50% lolos dari saringan no. 200. Selanjutnya klasifikasi yang lebih detail lagi dapat menggunakan table USCS berikut ini. Beberapa symbol berikut ini sering digunakan dalam klasifikasi metode USCS.

A. Jenis Tanah:

G : gravel (kerikil)

S : sand (pasir)

M : silt (lanau)

C : clay (lempung)

B. Jenis Gradasi:

W : well graded (bergradasi baik)

P : poorly graded (bergradasi buruk)

C. Konsistensi Plasititas:

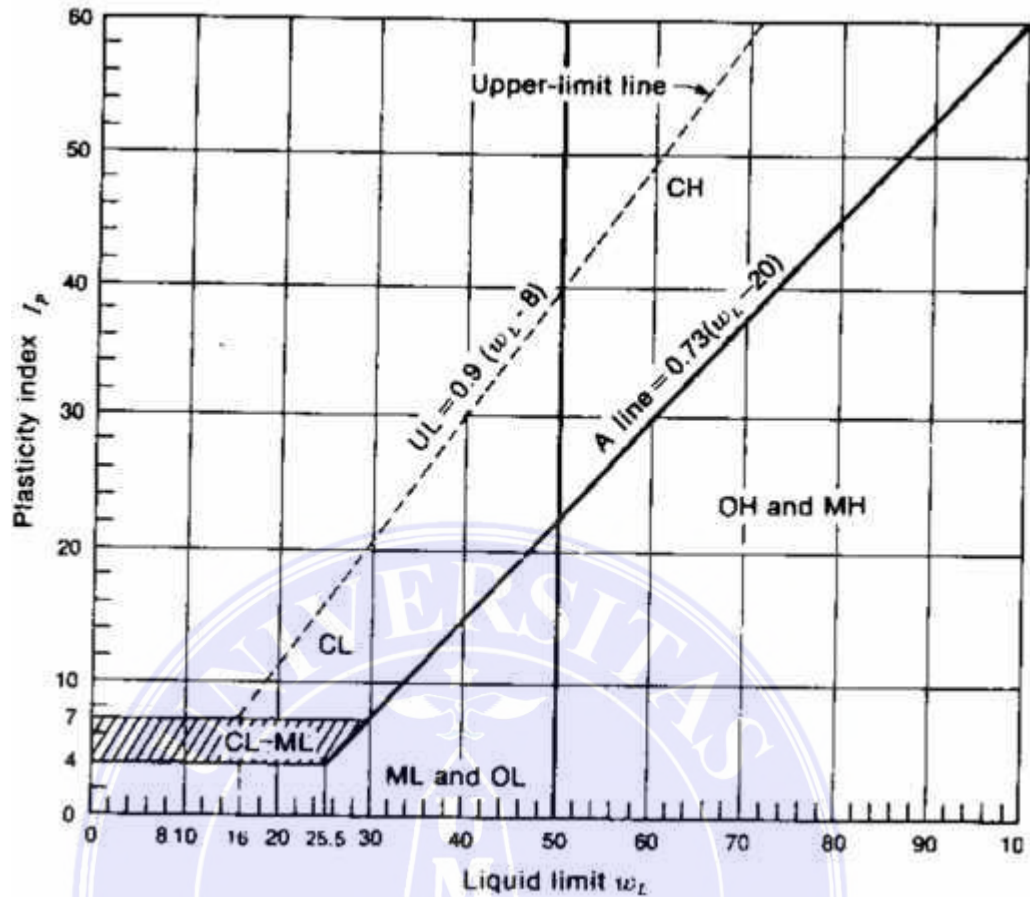
H : high plasticity (plastisitas tinggi)

L : low plasticity (plastisitas rendah)

Tabel 2.1: Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Major divisions		Group symbol	Typical names	Classification criteria for coarse-grained soils		
Coarse-grained soils (more than half of material is larger than No. 200)	Gravels (more than half of coarse fraction is larger than No. 4 sieve size)	GW	Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	$C_U \geq 4$ $1 \leq C_C \leq 3$		
		GP	Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for GW ($C_U < 4$ or $1 > C_C > 3$)		
		GM	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures	Atterberg limits below A line or $I_p < 4$	Above A line with $4 < I_p < 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols	
		GC				Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures
	Sands (more than half of coarse fraction is smaller than No. 4 sieve size)	Clean sands (little or no fines)	SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines	$C_U \geq 6$ $1 \leq C_C \leq 3$	
			SP	Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines	Not meeting all gradation requirements for SW ($C_U < 6$ or $1 > C_C > 3$)	
		SM	Silty sands, sand-silt mixtures	Atterberg limits below A line or $I_p < 4$	Limits plotting in hatched zone with $4 \leq I_p \leq 7$ are borderline cases requiring use of dual symbols	
		SC				Clayey sands, sand-clay mixtures
Fine-grained soils (more than half of material is smaller than No. 200)	Sils and clays (liquid limit < 50)	ML	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands, or clayey silts with slight plasticity	1. Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. 2. Depending on percentages of fines (fraction smaller than 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows: Less than 5%—GW, GP, SW, SP More than 12%—GM, GC, SM, SC 5 to 12%—Borderline cases requiring dual symbols		
		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			
	Sils and clays (liquid limit > 50)	MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts	$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ $C_C = \frac{D_{30}^2}{D_{10} D_{60}}$		
		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			

sumber: Bowles, 1989



Gambar 2.1: Hubungan LL dan PI

(Sumber: Bowles)

Berikut ini contoh klasifikasi tanah berdasarkan metode USCS (sumber: Braja M. Das: Advanced Soil Mechanics).

Diketahui Tanah lolos dari beberapa nomor saringan berikut ini:

- a. Lolos saringan no. 4 : 92%
- b. Lolos saringan no. 10 : 81%
- c. Lolos saringan no. 40 : 78%
- d. Lolos saringan no. 200 : 65%

Konsistensi tanah adalah sebagai berikut:

- a. Batas cair (Liquid Limit) : 48%
- b. Index plastisitas (Plasticity Index) : 32%

Klasifikasi tanah berdasarkan metode USCS:

- a. Lolos saringan no. 200 > 50% → termasuk tanah berbutir halus

Beberapa jenis tanah berbutir halus adalah: ML; CL; OL; MH; CH; OH; Pt (Table 2.1).

Berdasarkan nilai LL dan PI yang diberikan, selanjutnya angka – angka tersebut dimasukkan ke dalam grafik hubungan antara LL vs PI untuk menentukan jenis tanahnya. Tanah menurut klasifikasi ini termasuk CL (Clay of Low plasticity).

2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Dari pengklasifikasian suatu material maka dapat dibuat tabel yang menggambarkan sistem AASHTO secara terperinci. Tabel tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2: Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos saringan No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisa saringan persen lolos							
No 10	Maks. 50						
No 40	Maks. 50	Maks. 50	Min. 51				
No 200	Maks. 50	Maks. 50	Maks. 10	Maks. 11	Maks. 35	Maks. 35	Maks. 35

karakteristik fraksi yang lolos saringan No.40						
Batas cair			Maks. 40	Min. 41	Maks. 40	Min. 41
Indeks plastisitas	Maks. 6	NP	Maks. 10	Maks. 10	Min. 11	Min. 10
Indeks kelompok	0	0		0		Maks. 4
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerkil dan pasir berlanau atau berlempung		
Tingkat umum sebagai tanah	Sangat baik sampai baik					

Klasifikasi umum	Bahan-bahan lanau-lempung (lebih dari 35% lolos saringan No.200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7
				A-7-5' . A-7-5"

Analisa saringan persen lolos No.10				
No.40				
No.200	Min. 36	Min. 36	Min. 36	Min. 36
Karakteristik fraksi yang lolos saringan No.40				
Batas cair	Maks. 41	Min. 41	Maks. 40	Min. 41
Indeks plastisitas	Maks. 10	Maks. 10	Min. 11	Min. 12

Indeks kelompok Jenis-jenis bahan pendukung utama Tingkat umum sebagai tanah	Maks. 8	Maks. 12	Maks. 16	Maks. 20
	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
	Sedang sampai buruk			

Sumber: Bowles 1993:133

* untuk A-7-5. $PI < LL - 30$

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

Dari tabel di atas, kelompok tanah yang terletak paling kiri adalah kelompok tanah yang paling baik dalam hal menahan beban roda, berarti yang paling baik sebagai bahan untuk tanah dasar. Semakin ke kanan letak kelompok tanah dalam tabel dari sistem AASHTO semakin berkurang kualitas tanah tersebut sebagai tanah dasar.

Kelompok tanah berbutir kasar, A-1, A-2 dan A-3, didefinisikan sebagai berikut :

- A -1 Adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat-sifat plastis.
- A -3 Adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali mengandung butir-butir halus yang lolos saringan No. 200 dan bersifat tidak plastis.
- A -2 Sebagai kelompok batas antara kelompok tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Kelompok A-2 ini terdiri dari campuran

kerikil/pasir kasar dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak (< 35%).

Kelompok tanah berbutir halus, A-4, A-5, A-6 dan A-7, didefinisikan sebagai berikut :

- A -4 Adalah kelompok tanah lanau berplastisitas rendah.
- A -5 Adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak partikel-partikel halus yang bersifat plastis. Sifat plastis tanah lebih besar dari kelompok A-4.
- A -6 Adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volume cukup besar.
- A -7 Adalah kelompok tanah lempung yang lebih bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan volume besar.

Dari tabel diatas, didapatkan cara pengklasifikasian menurut sistem AASHTO. Adapun langkah-langkah pengklasifikasian material adalah sebagai berikut :

1. Dalam klasifikasi AASHTO, pertama harus menentukan terlebih dahulu termasuk Granular materials atau Silt-Clay materials, dengan menggunakan penyaring yang berukuran 200 mesh.

- Jika $\leq 35\%$ material lolos dari saringan, maka termasuk kelompok Granular Materials,
- Jika $\geq 35\%$ material lolos dari saringan, maka termasuk kelompok Silt-Clay Materials.

2. Apabila termasuk dalam kelompok Granular Material, maka kita harus melihat kelompok granular saja dengan mengabaikan kelompok silt-clay. Setelah itu, klasifikasikan material menggunakan sieve analisis, sehingga dapat menentukan apakah material tersebut termasuk dalam kelompok A-1 atau A-2 atau A-3 dengan menggunakan saringan yang mempunyai ukuran 10mesh, 40mesh, dan 200mesh. Bahan yang disaring adalah jumlah bahan yang berhasil lolos setelah saringan pertama. Pembagiannya sebagai berikut:

a) A-1

- A-1-a, jika persentase kelolosan dengan 10 mesh max 50%, 40 mesh maksimal 30%, 200 mesh maksimal 15%, dari total keseluruhan yang lolos pada tahap pertama.
- A-1-b, jika persentase kelolosan dengan 10 mesh 0%, 40mesh maksimal 50%, 200 mesh maksimal 25%.

b) A-2

Dibagi menjadi A-2-4, A-2-5, A-2-6, dan A-2-7, dimana masing-masing grup memiliki sieve analisis yang sama, yaitu pada persentase kelolosan, 10 mesh 0%, 40 mesh 0% dan 200 mesh maksimum 35%.

c) A-3

Pada grup ini, tidak ada klasifikasi lanjutan, dengan kata lain, hanya ada satu grup, yaitu A-3, dengan persentase kelolosan sieve analisis 200 mesh maksimal 10% dan 40 mesh minimal 51%.

3. Apabila termasuk dalam kelompok Silty-Clay Material, maka abaikan kelompok granular material. Kelompok ini terbagi lagi menjadi 4 grup,

yaitu A-4, A-5, A-6, A-7 dengan semua menggunakan sieve analisis 200 mesh dengan persentase kelolosan 36%.

4. Tahapan selanjutnya adalah dengan melihat Batas Cair (LL) serta Plasticity Index (PI) dari masing-masing material tadi.

- Untuk A -1, Batas Cair (LL) tidak ada dan Plasticity indeksnya maksimal 6 serta merupakan type material stone fragments, gravel dan sand.
- Untuk A -2 (type material silty atau clayey gravel dan sand)
 - A-2-4, Batas cair (LL) maksimal 40 dan Indeks plastisitasnya maksimal 10.
 - A-2-5, Batas cair (LL) minimal 41 dan indeks plastisitasnya maksimal 10.
 - A-2-6, Batas cair (LL) maksimal 40 dan indeks plastisitasnya minimal 11.
 - A-2-7, Batas cair (LL) minimal 41 dan indeks plastisitasnya minimal 11.
- Untuk A -3, Batas cair (LL) tidak ada dan indeks plastisitasnya tidak ditemukan serta merupakan type material fine sand.
- Untuk A -4, Batas cair (LL) maksimal 40 dan Indeks plastisitasnya maksimal 10 serta merupakan type material silty soils.
- Untuk A -5, Batas cair (LL) minimal 41 dan indeks plastisitasnya maksimal 10 serta merupakan type material silty soils.
- Untuk A -6, Batas cair (LL) maksimal 40 dan indeks plastisitasnya minimal 11 serta merupakan type material clayey soils.

□ Untuk A -7, Batas cair (LL) minimal 41 dan indeks plastisitasnya minimal 11 serta merupakan type material clayey soils.

5. Terakhir memberi nama pada sampel yang diukur, lalu menentukan general subgrade rating pada sample tersebut.

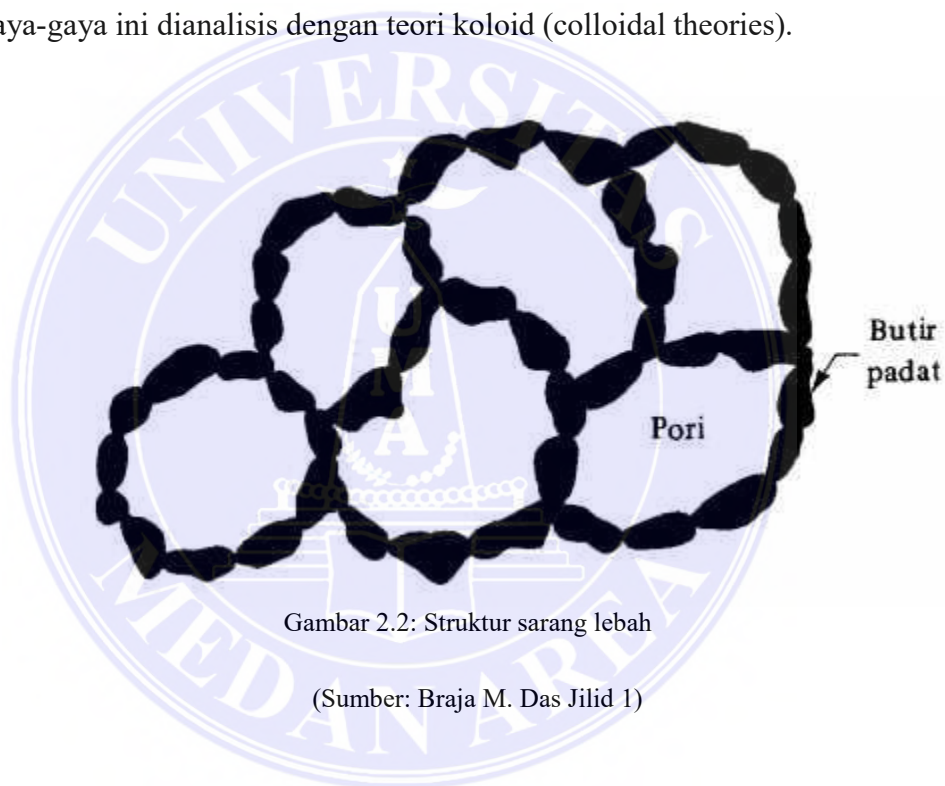
2.3 Kohesi

..... Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam batuan, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi batuan akan semakin besar jika kekuatan gesernya makin besar. Nilai kohesi (c) diperoleh dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung (direct shear strength test) dan pengujian triaxial (triaxial test). Pada dasarnya sifat kohesif pada tanah dapat ditinjau dari suatu struktur tanah. Struktur tanah didefinisikan sebagai susunan geometrik butiran tanah. Diantara factor-faktor yang mempengaruhi struktur tanah adalah bentuk, ukuran, dan komposisi mineral dari butiran tanah serta sifat dan komposisi dari air tanah. Secara umum, tanah dapat dimasukkan kedalam dua kelompok yaitu: tanah tak berkohesi (cohesionless soil) dan tanah kohesif (cohesive soil).

2.3.1 Struktur Tanah Kohesi

Untuk dapat mengerti dasar dari struktur tanah kohesif, perlu diketahui tipe dari gaya-gaya yang bekerja antara butir-butir tanah lempung yang terlarut dalam air. Bila mana dua butiran lempung dalam larutan terletak berdekatan satu terhadap yang lain, lapisan ganda terdifusi dari kedua butiran

tersebut akan menyebabkan gaya Tolak-menolak. Pada waktu yang sama, timbul juga gaya Tarik-menarik antar butiran lempung yang disebabkan oleh gaya Van Der Waal yang tidak tergantung pada sifat air. Kedua gaya tolak-menolak dan Tarik-menarik ini akan bertambah dengan berkurangnya jarak antara partikel-partikel lempung, tetapi kecepatan penambahan untuk kedua gaya tersebut tidak sama. Bilamana jarak antara partikel-partikel sangat kecil, gaya Tarik-menarik adalah lebih besar daripada gaya tolak-menolak. Gaya-gaya ini dianalisis dengan teori koloid (colloidal theories).



Gambar 2.2: Struktur sarang lebah

(Sumber: Braja M. Das Jilid 1)

Pada kenyataannya, konsentrasi muatan positif terjadi pada bagian-bagian tepi dari butiran lempung. Maka dari itu, apabila butiran lempung saling berdekatan satu dengan yang lainnya, bagian tepi yang bermuatan positif ini akan ditarik ke permukaan butiran yang bermuatan negative.

Sekarang kita mempelajari sifat dari tanah lempung yang merupakan endapan dari suatu larutan. Bilamana lempung terdispersi (dispersed)

didalam air, partikel-partikel tanah akan berjauhan satu dengan yang lain. Hal ini disebabkan karena dengan bertambahnya jarak antara partikel-partikel, gaya tolak-menolak antar partikel adalah lebih besar daripada gaya tarik-menarik (van der waal). Gaya tarik bumi yang bekerja pada tiap-tiap partikel diabaikan. Jadi, tiap-tiap partikel akan turun secara perlahan atau tinggal dalam larutan, mengalami gerakan brown (gerakan zig-zag yang acak dari butiran koloid didalam larutan). Endapan yang terbentuk oleh butir-butir tanah yang mengendap mempunyai struktur terdispersi, dan semua partikel akan berorientasi kira-kira sejajar satu sama lain (gambar 2.3a)

Apabila butiran lempung yang mulanya terdispersi didalam air kemudian posisinya berubah menjadi berdekatan satu sama lain dikarenakan adanya gerakan acak didalam larutan, butiran-butiran akan cenderung untuk mengumpul kedalam gumpalan yang besar dengan butir-butirnya mempunyai hubungan tepi permukaan (edge-to-face-contact). Dalam keadaan ini, partikel-partikel secara keseluruhan diikat Bersama-sama oleh gaya Tarik elektrostatik dari muatan positif tepi butiran ke muatan negative permukaan butiran. Keadaan ini dikenal sebagai flokulasi (flocculation). Bilamana gumpalan ini menjadi besar, mereka akan mengendap kebawah diakibatkan oleh gaya beratnya sendiri. Endapan yang terbentuk dengan cara ini akan mempunyai struktur terflokulasi (gambar 2.3b).

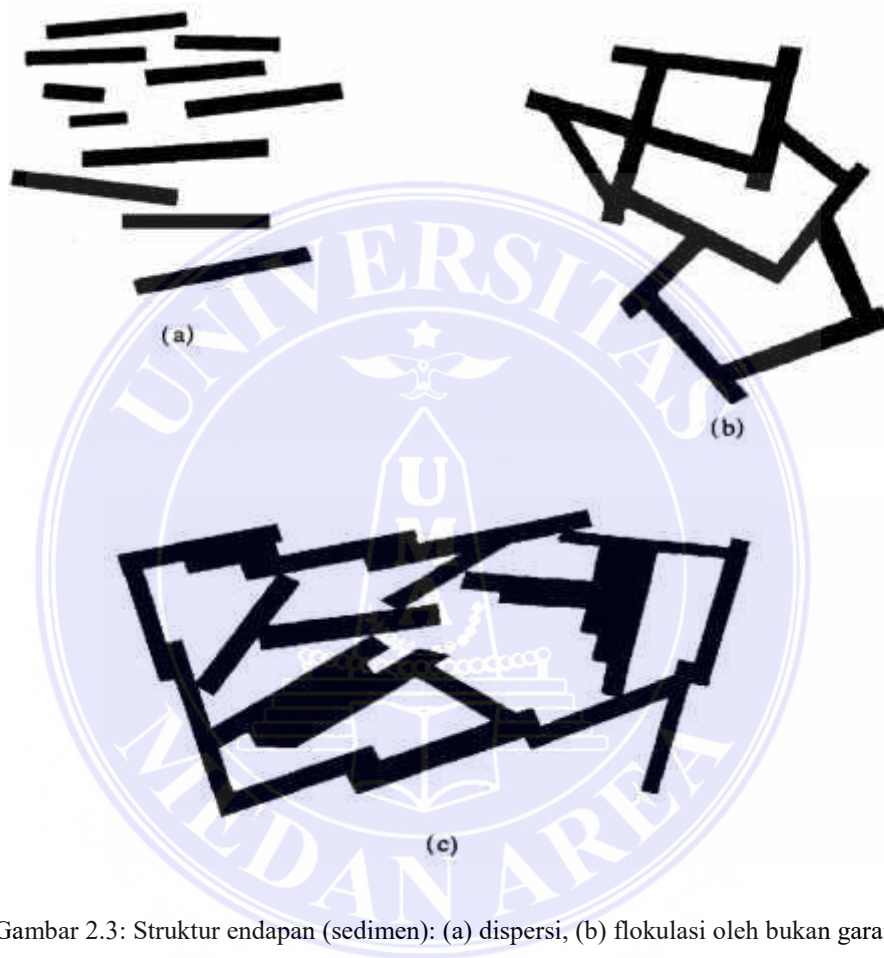
Apabila garam ditambahkan kedalam larutan lempung air yang asalnya sudah terdispersi, ion-ion cenderung untuk menekan lapisan ganda disekeliling partikel. Keadaan ini menurangi gaya tolak -menolak antar partikel-partikel sehingga partikel lempung akan Tarik-menarik satu dengan

yang lainnya untuk membentuk gumpala-gumpalan dan kemudian mengendap kebawah. Struktur terflokulasi dari endapan dapat dilihat dalam gambar 2.3c. untuk sedimen di air asin yang mempunyai struktur terflokulasi , partikel-partikelnya mempunyai orientasi yang sejajar satu sama lain. Hal ini disebabkan karena adanya gaya Van Der Waal.

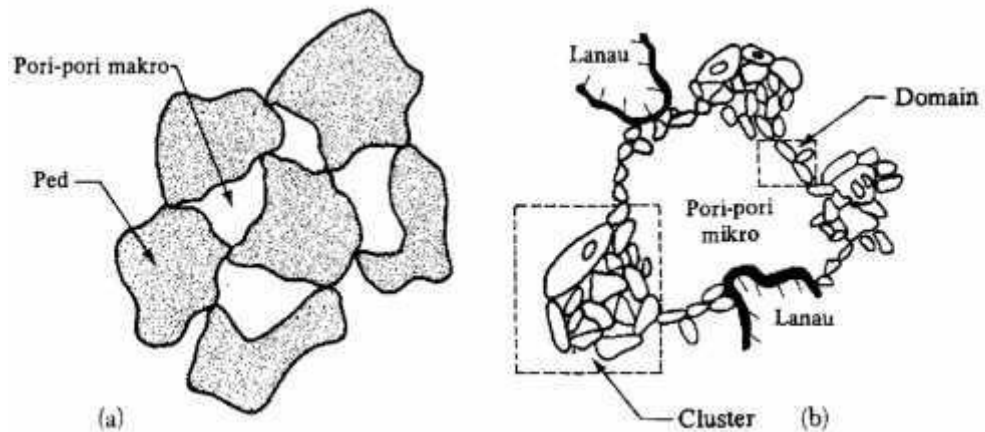
Lempung yang mempunyai struktur terflokulasi mempunyai berat yang ringan dan angka pori yang sangat besar. Struktur lapisan tanah lempung yang terbentuk didalam laut sangat terflokulasi, sedangkan sedimen yang terbentuk di air tawar sebagian besar mempunyai struktur antara terdispersi dan terflokulasi.

Dalam kenyataannya, suatu deposit tanah yang terdiri atas mineral lempung saja ternyata jarang ditemui. Maka dari itu, bilamana suatu tanah mengandung 50% atau lebih partikel dengan ukuran 0,002 mm atau kurang, biasanya tanah tersebut dinamakan lempung. Strudi yang paling baru dengan alat scanning electron microscopes (Collins dan McGown, 1974; Pusch,1978; Yong dan Sheeran, 1973) menunjukkan bahwa tiap-tiap partikel lempung cenderung untuk menggumpal dalam ukuran-ukuran yang kecil. Gumpalan-gumpalan kecil tersebut dinamakan domain. Beberapa domain kemudian Bersama-sama membentuk kelompok, yang dinamakan cluster. Cluster dapat dilihat dengan alat mikroskop biasa. Beberapa cluster mengelompok Bersama-sama untuk membentuk ped; pengelompokan cluster-cluster disebabkan karena adanya gaya antar partikel. Ped dapat dilihat tanpa mikroskop. Kelompok dari ped merupakan struktur makro yang lengkap dengan sambungan dan retakan.

Gambar 2.4a menunjukkan susunan beberapa ped dengan pori-pori makro.



Gambar 2.3: Struktur endapan (sedimen): (a) dispersi, (b) flokulasi oleh bukan garam, (c) flokulasi oleh garam



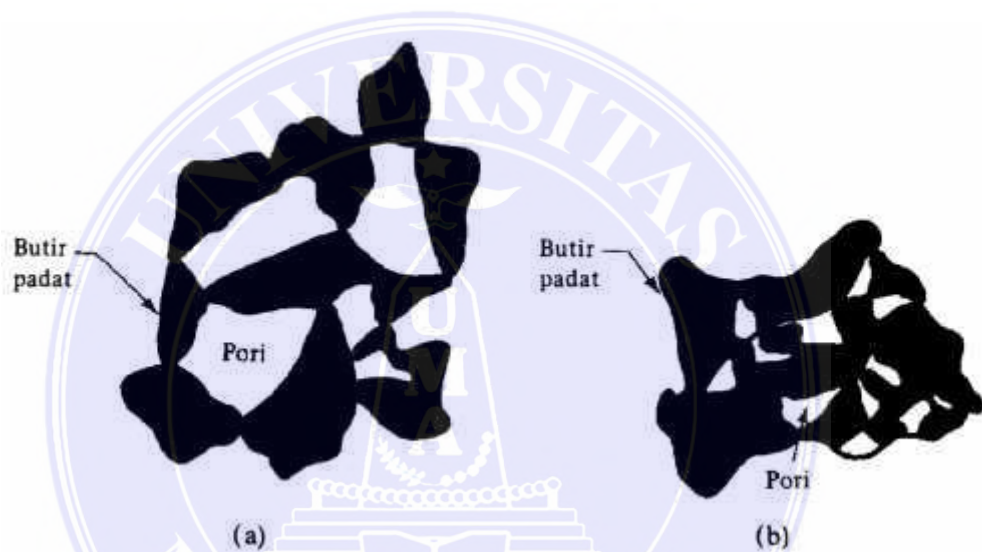
Gambar 2.4: Struktur tanah: (a) susunan ped-ped dan ruang pori makro, (b) susunan domain-domain dan cluster-cluster dengan butiran berukuran lanau

(Sumber: Braja M. Das Jilid 1)

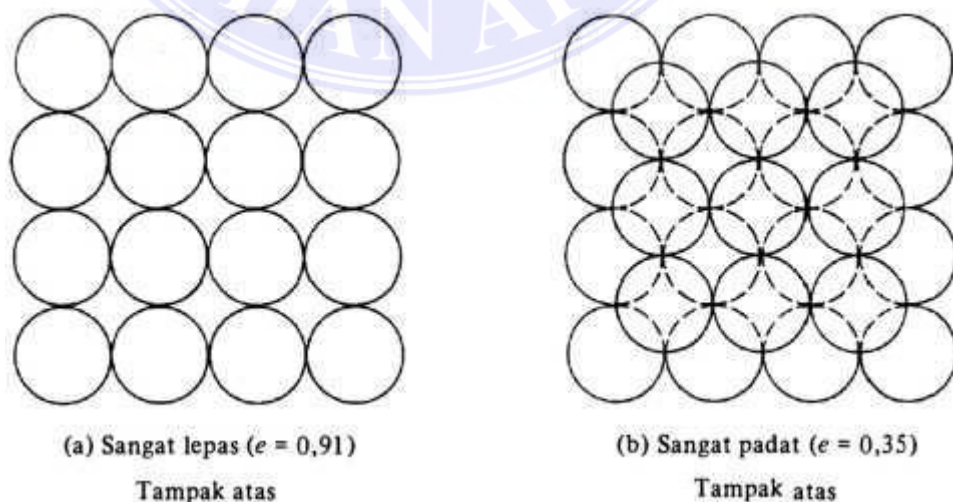
2.3.2 Struktur Tanah Tak Berkohesi

Struktur tanah tak berkohesi pada umumnya dapat dibagi dalam dua kategori pokok: struktur butir-tunggal (single-grained) dan struktur sarang-lebah (honeycombed). Pada struktur butir tunggal, butiran tanah berada dalam posisi stabil dan tiap-tiap butir bersentuhan satu terhadap yang lain. Bentuk dan pembagian ukuran butiran tanah serta kedudukannya mempengaruhi sifat kepadatan tanah (Gambar 2.5). Untuk mendapatkan gambaran yang lebih jelas tentang variasi angka pori yang disebabkan oleh kedudukan butiran, perhatikan suatu susunan yang terdiri dari butiran yang bulat dan berukuran sama seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.6. Untuk suatu susunan dalam keadaan yang sangat lepas, angka pori adalah 0,91. Tetapi, angka pori berkurang menjadi 0,35 bilamana butiran bulat dengan ukuran sama tersebut diatur sedemikian rupa hingga susunan menjadi sangat padat. Keadaan tanah asli berbeda dengan model diatas karena butiran tanah asli tidak mempunyai bentuk dan ukuran yang sama. Pada tanah asli, butiran

dengan ukuran terkecil menempati rongga di antara butiran besar. Keadaan ini menunjukkan kecenderungan terhadap pengurangan angka pori tanah. Tetapi, ketidakrataan bentuk butiran pada umumnya menyebabkan adanya kecenderungan terhadap penambahan angka pori dari tanah. Sebagai akibat dari dua factor tersebut diatas, maka angka pori tanah asli kira-kiramasuk dalam rentang yang sama seperti angka pori yang didapat dari model tanah dimana bentuk dan ukuran butiran adalah sama.



Gambar 2.5: Struktur butir-tunggal: (a) lepas, (b) padat (sumber: Braja M. Das Jilid 1)



Gambar 2.6: Model dari susunan butiran yang bulat dan berukuran sama (tampak atas): (a) susunan yang sangat lepas ($e=0,91$); (b) susunan yang sangat padat($e=0,35$)

(sumber: Braja M. Das Jilid 1)

Pada struktur sarang-lebah (gambar 2.2), pasir halus dan lanau membentuk lengkungan-lengkungan kecil hingga merupakan rantai butiran. Tanah yang mempunyai struktur sarang-lebah mempunyai angka pori besar dan biasanya dapat memikul beban statis yang tak begitu besar. Tetapi, apabila struktur tersebut dikenai beban berat atau apabila dikenai beban getar, struktur tanah akan rusak dan menyebabkan penurunan yang besar.

2.4 Zeolit

Penemuan zeolit di dunia dimulai dengan ditemukannya Stilbite pada tahun 1756 oleh seorang ilmuwan bernama A. F. Constedt. Constedt menggambarkan kekhasan mineral ini ketika berada dalam pemanasan terlihat seperti mendidih karena molekulnya kehilangan air dengan sangat cepat. Sesuai dengan sifatnya tersebut maka mineral ini diberi nama zeolit yang berasal dari dua kata Yunani, zeo artinya mendidih dan lithos artinya batuan. Diberi nama zeolit karena sifatnya yaitu mendidih dan mengeluarkan uap jika dipanaskan.

Para ahli mineralogi memperkirakan bahwa zeolit alam berasal dari muntahan gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen, batuan metamorfosa, dan selanjutnya melalui pelapukan karena pengaruh panas dan dingin yang terjadi dalam lubang-lubang dari batuan lava basal (traps rock) dan butiran halus dari batuan sediment piroklastik (tuff). Pada

umumnya komposisi zeolit alam mengandung klinoptilolit, mordenit, chabazit, dan erionit. Kristal-kristalnya terbentuk dari proses hydrothermal yang melibatkan reaksi antara larutan garam atau dengan aliran lava.

Zeolit adalah senyawa zat kimia *alumino-silikat* berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Secara umum, zeolit memiliki molekular sruktur yang unik, dimana atom silikon dikelilingi oleh 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Di beberapa tempat di jaringan ini, atom Silicon digantikan dengan atom aluminium, yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom oksigen. Atom aluminium ini hanya memiliki muatan 3+, sedangkan Silicon sendiri memiliki muatan 4+. Keberadaan atom Aluminium ini secara keseluruhan akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif. Muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation.

Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain, mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Disamping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit dimanfaatkan untuk melunakkan air.

Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin.

Komposisi kimia mineral zeolit pada umumnya terdiri dari SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan CaO yang merupakan oksida dominan. Sedangkan oksida yang lain jumlahnya hanya beberapa persen dari berat semen . (Febrianto Ika,2011)

Tabel 2.3: Komposisi kimia mineral zeolit

Oksida	Persen (%)
SiO ₂	62,75
Al ₂ O ₃	15,48
Fe ₂ O ₃	0,83
CaO	3,42
MgO	0,87
Na ₂ O	1,32
K ₂ O	1,39
MnO	0,05
TiO ₂	0,35
P ₂ O ₅	0,04
H ₂ O	0,38
HD	13,12

Sumber: laboratorium kimia, Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral, Direktorat Vulkanologi Yogyakarta

2.4.1 Kegunaan Zeolit

Secara umum zeolit memiliki beberapa kegunaan dalam berbagai bidang.

Kegunaan zeolit tersebut antara lain:

- a. Bidang Pertanian, digunakan untuk menetralkan tanah asam dan sebagai penyerap pupuk.
- b. Bidang Peternakan, digunakan untuk campuran pakan ternak yaitu untuk meningkatkan kualitas telur.
- c. Bidang Perikanan, digunakan sebagai penyerap ammonia yang dikeluarkan ikan melalui kotoran.
- d. Bidang Bangunan, digunakan untuk campuran beton.
- e. Bidang Industri, digunakan sebagai penjernih minyak, penyerap warna, filter industri kertas dan panel energi matahari.

f. Bidang Lingkungan, digunakan sebagai penghilang atau penyerap bahan dan katalisator.

2.4.2 Sifat-Sifat Zeolit

Adapun sifat-sifat zeolit adalah sebagai berikut:

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi mineral zeolit akan berpengaruh terhadap sifat absorpsinya. Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan yang menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif berinteraktif dengan molekul yang akan terabsorpsi.

b. Absorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam Kristal zeolit terisi oleh molekul air bebas yang berada disekitar kation. Bila Kristal zeolit dipanaskan 300o C – 400o C maka air tersebut akan keluar sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan. Beberapa jenis mineral zeolit dapat menyerap gas sebanyak 30% dari beratnya dalam keadaan kering.

c. Penukar ion

Ion-ion dalam mineral zeolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya.

d. Katalis

Ciri paling khusus dari mineral zeolit secara praktis akan menentukan sifat khusus mineral ini adalah adanya ruang kosong yang akan membentuk saluran di dalam strukturnya. Bila zeolit digunakan dalam proses penyerapan atau katalis maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas antara Kristal.

e. Penyaring/pemisah

Distribusi diameter dari pori-pori zeolit lebih efektif dalam menyaring molekul, memisahkan molekul berdasarkan perbedaan ukuran, bentuk dan polaritas molekul daripada media berpori lainnya.

2.5 Kuat Geser Tanah (Direct Shear)

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Suatu beban yang dikerjakan pada suatu tanah akan selalu menghasilkan tegangan dengan intensitas yang berbeda-beda di dalam zona berbentuk bola lampu di bawah beban tersebut (Bowles, 1993). Untuk menganalisis masalah stabilitas tanah seperti daya dukung, stabilitas talud (lereng) dan tekanan tanah kesamping pada turap maupun tembok penahan tanah, mula-mula kita harus mengetahui sifat-sifat ketahanan penggeseran tanah tersebut.

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:

$$\tau_f = f(\sigma) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

τ = Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan

σ = Tegangan normal pada saat kondisi tersebut

Garis keruntuhan (*failure envelope*) yang dinyatakan oleh persamaan (1) diatas sebenarnya berbentuk garis lengkung seperti terlihat pada gambar 2.7a. untuk sebagian besar masalah-masalah mekanikan tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan geser (Coulomb, 1776). Persamaan itu dapat kita tulis sebagai berikut:

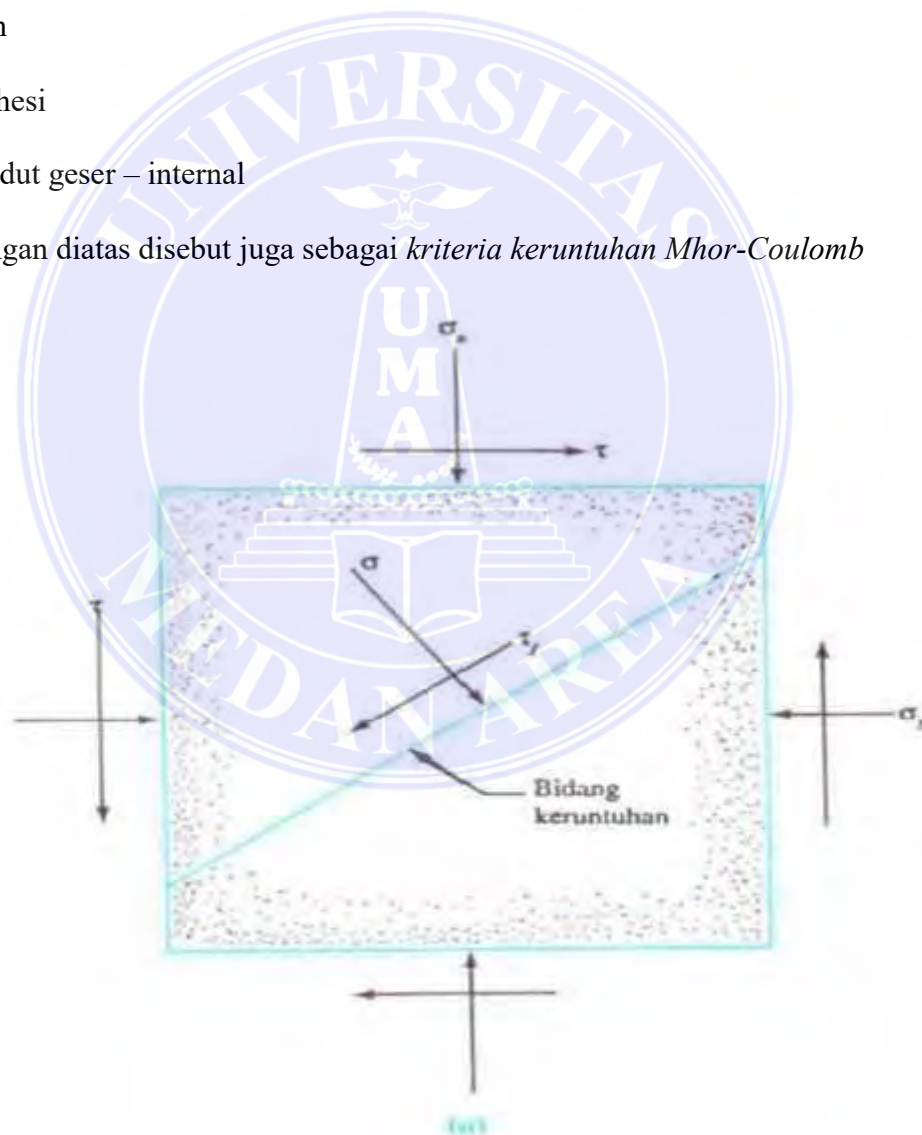
$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

dengan

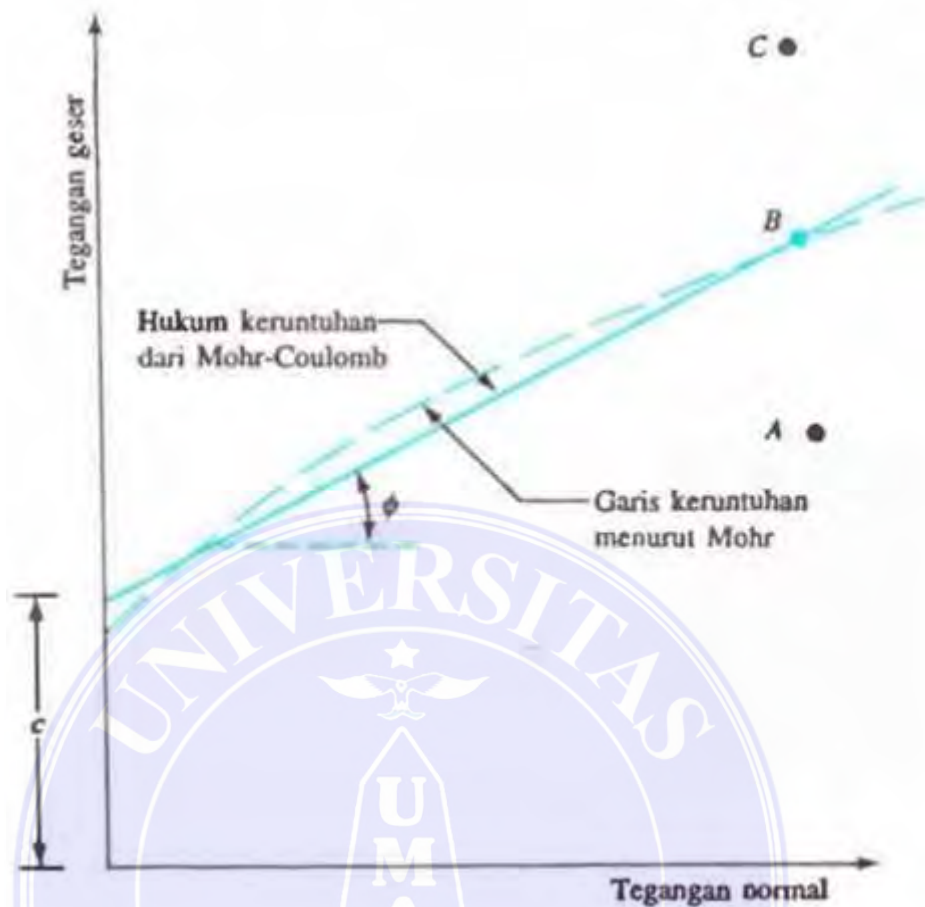
c = kohesi

ϕ = sudut geser – internal

Hubungan diatas disebut juga sebagai *kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb*



Gambar 2.7 a Garis Keruntuhan (sumber: Braja M. Das Jilid II)



Gambar 2.7 b Garis Keruntuhan (sumber: Braja M. Das Jilid II)

2.5.1 Uji Geser Langsung (Direct Shear Test)

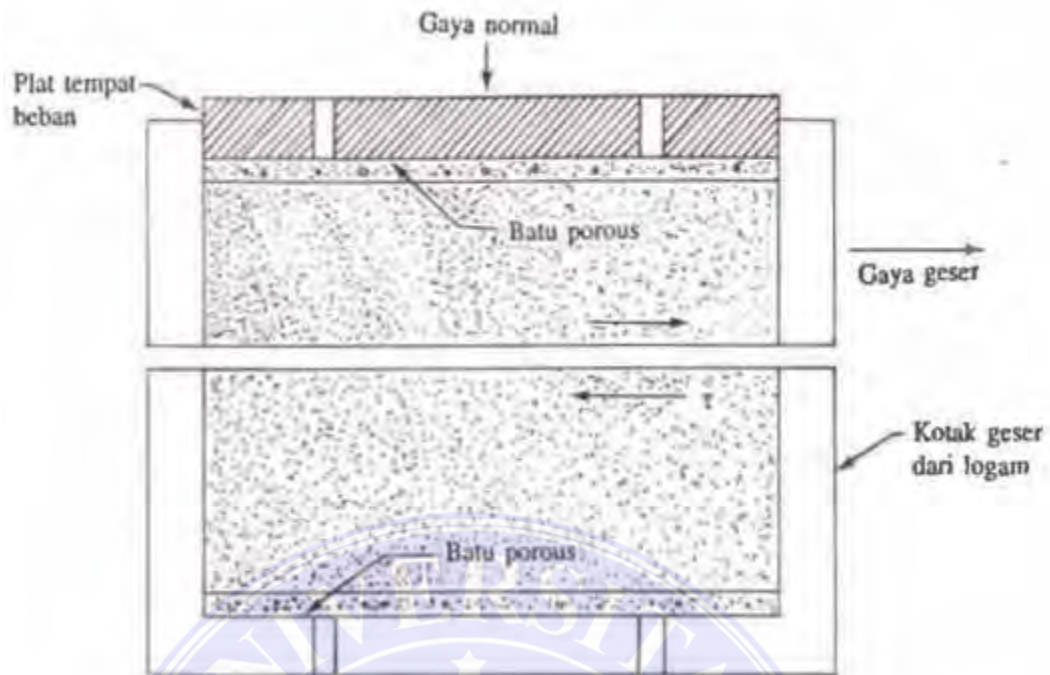
Harga parameter-parameter kekuatan geser tanah dapat ditentukan dengan pengujian di laboratorium, yaitu terutama dengan melakukan dua pengujian pokok uji geser langsung (*direct shear test*) dan uji triaksial (*test triaxial*).

Uji geser langsung adalah pengujian tertua dan dalam bentuk yang paling sederhana untuk suatu susunan uji geser. Bentuk gambar diagram dari alat uji geser langsung ini terlihat pada gambar 2.8.

Tabel 2.4: Harga-harga yang umum dari sudut geser internal kondisi drained untuk pasir lanau

Tipe tanah	ϕ (deg)
<i>Pasir: butiran bulat</i>	
Renggangan/lepas	27-30
Menengah	30-35
Padat	35-38
<i>Pasir: butiran bersudut</i>	
Renggangan/lepas	30-35
Menengah	35-40
Padat	40-45
<i>Kerikil bercampur pasir</i>	
Lanau	26-35

Sumber: Braja M. Das Jilid I, 1993



Gambar 2.8: Diagram susunan alat uji geser langsung

(sumber: Braja M. Das Jilid II)

Alat uji tersebut terdiri dari sebuah kotak logam berisi sampel tanah yang akan diuji. Sampel tanah tersebut dapat berbentuk penampang bujur sangkar atau lingkaran. Ukuran sampel tanah yang umum digunakan ialah sekitar 3 sampai 4 inchi² (1935,48 sampai 2580,64 mm²) luas penampangnya dan tingginya 1 inchi (25,4 mm). kotak tersebut terbagi dua sama sisi dalam arah horizontal. Gaya normal pada sampel tanah didapat dengan menaruh suatu beban mati diatas sampel tanah tersebut. Beban mati tadi dapat menyebabkan tekanan pada sampel tanah sampai 150 psi (1034,2 kN/m²). Gaya geser diberikan dengan mendorong sisi kotak sebelah atas sampai terjadi keruntuhan geser pada tanah.

Tergantung dari jenis alatnya, uji geser ini dapat dilakukan dengan cara tegangan geser terkendali, di mana penambahan gaya geser dibuat konstan dan diatur, atau dengan cara tegangan-terkendali di mana kecepatan geser yang diatur.

Pada uji tegangan-terkendali (stress-controlled), tegangan geser diberikan dengan menambahkan beban mati secara bertahap, dan dengan penambahan yang sama besar setiap kali, sampai runtuh. Keruntuhan akan terjadi sepanjang bidang bagi dari kotak metal tersebut. Setelah itu melakukan penambahan beban, maka pergerakan geser pada belahan kotak sebelah atas diukur dengan menggunakan sebuah arloji ukur (dial gage) horizontal. Perubahan tebal sampel (tanah dengan demikian juga merupakan perubahan volume sampel tanah tersebut) selama pengujian berlangsung dapat diukur dengan pertolongan sebuah arloji ukur lain yang mengukur perubahan gerak arah vertical dari pelat beban.

Pada uji regangan-terkendali (strain-controlled), suatu kecepatan gerak mandatar tertentu dilakukan pada bagian belahan atas dari pergerakan geser horizontal tersebut, dapat diukur dengan bantuan sebuah arloji ukur horizontal. Biasanya gaya hambatan dari tanah yang bergeser dapat diukur dengan membaca angka-angka pada sebuah arloji ukur ditengah sebuah pengukur beban lingkaran (proving ring). Perubahan volume dari sampel tanah selama uji berlangsung diukur seperti pada uji tegangan terkendali. Pada Gambar 2.9 dapat dilihat foto sebuah alat uji geser langsung dengan cara regangan-terkendali.



Gambar 2.9: Alat uji geser langsung
(Sumber: Laboratorium Politeknik Medan, 2018)

Kelebihan pengujian dengan cara regangan-terkendali adalah pada pasir padat, tahanan geser puncak (yaitu tahanan pada saat runtuh) dan juga pada tahanan geser maksimum yang lebih kecil (yaitu pada titik setelah keruntuhan terjadi) dapat diamati dan dicatat pada uji tegangan-terkendali, hanya tahanan geser puncak saja yang dapat diamati dan dicatat. Juga harus diperhatikan bahwa tahanan geser puncak pada uji tegangan-terkendali besarnya hanya dapat diperkirakan saja. Ini disebabkan keruntuhan terjadi hanya pada tingkat tegangan geser sekitar puncak antara penambahan beban sebelum runtuh sampai sesudah runtuh. Meskipun demikian, uji tegangan-terkendali lebih menyerupai keadaan sesungguhnya keruntuhan dilapangan dari pada uji regangan-terkendali.

Pada pengujian tertentu, tegangan normal dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{t_1 \cdot n}{l \cdot p \cdot t} = \frac{g \cdot n}{l \cdot s \cdot t \cdot h}$$

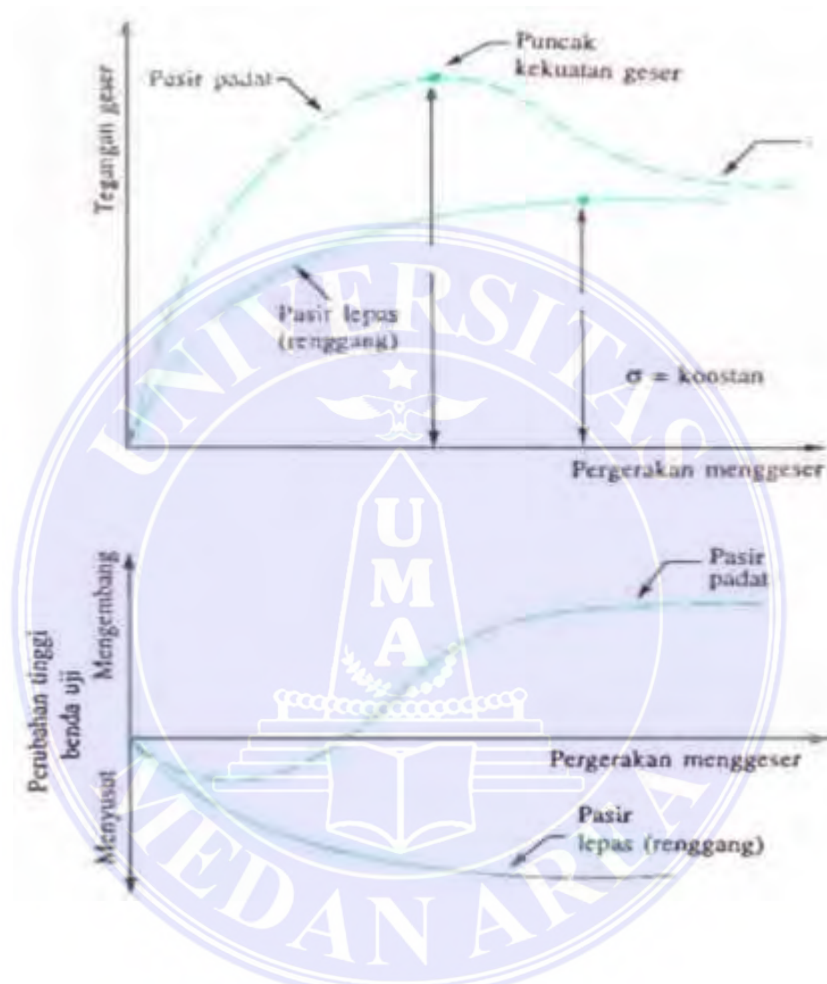
Tegangan geser yang melawan pergerakan geser dapat dihitung sebagai berikut:

$$\tau = \frac{t_1 \cdot g}{l \cdot p \cdot t} = \frac{g \cdot y \cdot m}{l \cdot s \cdot t \cdot h}$$

Dalam Gambar 2.10 dapat dilihat potongan grafik yang umum tentang hubungan antara tegangan geser dan perubahan ketinggian (tebal) dari sampel tanah akibat perpindahan geser tanah pasir lepas dan pasir padat. Pengamatan ini dihasilkan oleh uji regangan-terkendali. Hal-hal umum yang dapat ditarik dari gambar 2.10 berkaitan dengan variasi tegangan geser penghambat dan perpindahan geser, yaitu:

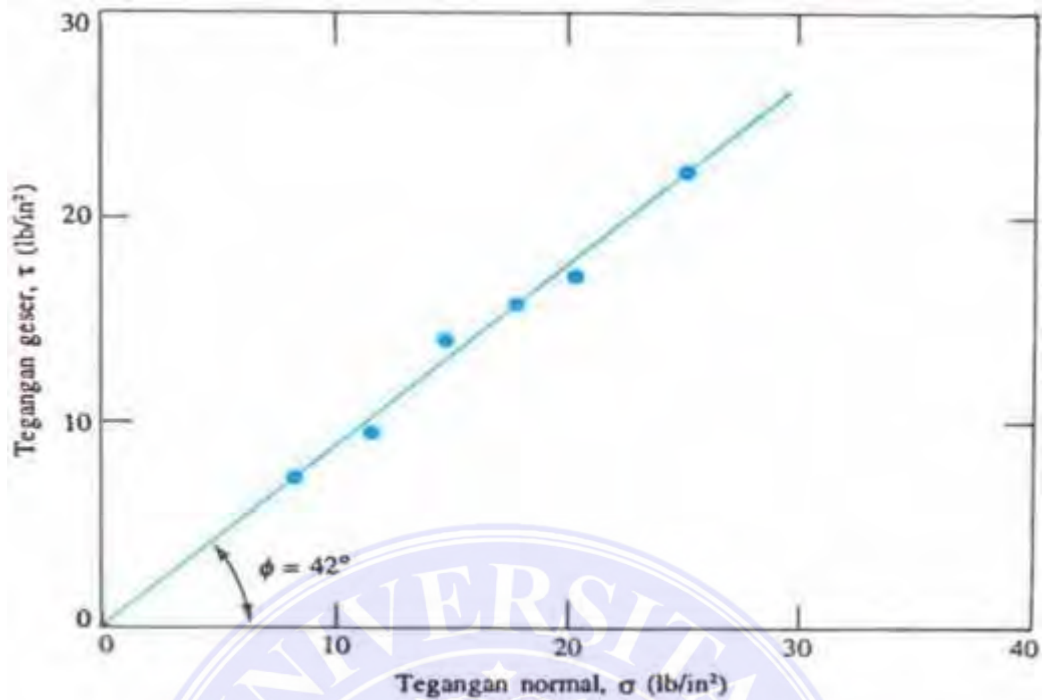
1. Pada pasir lepas (renggang), tegangan geser penahan akan membesar sesuai dengan membesarnya perpindahan geser sampai tegangan tadi mencapai tegangan geser runtuh τ_f setelah itu, besar tegangan geser akan kira-kira konstan sejalan dengan bertambahnya perpindahan geser.
2. Pada pasir padat, tegangan geser penghambat akan naik sejalan dengan membesarnya perpindahan geser hingga tegangan geser runtuh (maksimum) τ_f tercapai. Harga τ_f ini disebut sebagai kekuatan geser puncak (*peak shear strength*). Bila tegangan runtuh telah dicapai, maka tegangan geser penghambat yang ada akan berkurang secara lambat laun

dengan bertambahnya perpindahan geser sampai pada suatu saat mencapai harga konstan yang disebut *kekuatan geser akhir maksimum (ultimate shear strength)*.



Gambar 2.10: Diagram tegangan geser versus perubahan tinggi benda uji (uji geser langsung)

(Sumber: Braja M. Das Jilid 1)



Gambar 2.11: Penentuan parameter kekuatan geser untuk tanah pasir sebagai hasil uji geser langsung.

(Sumber: Braja M. Das Jilid 1)

Uji geser langsung biasanya dilakukan beberapa kali pada sebuah sampel tanah dengan bermacam-macam tegangan normal. Harga tegangan-tegangan normal dan harga τ_f yang didapat dengan melakukan beberapa kali pengujian dapat digambarkan pada sebuah grafik dan selanjutnya kita dapat menentukan harga-harga parameter kekuatan geser. Pada Gambar 2.11 diberikan grafik semacam itu dari sebuah uji pada tanah pasir kering. Persamaan untuk harga rata-rata garis yang menghubungkan titik-titik dalam eksperimen tersebut adalah

$$\tau_f = \tan \phi$$

(catatan : $c = 0$ untuk pasir dan σ')

sehingga, besar sudut geser $\rightarrow \phi = \tan^{-1} \left(\frac{\tau_f}{\sigma'} \right)$



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 2/11/20

38

Access From (repository.uma.ac.id)2/11/20

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari seluruh hasil percobaan yang dilakukan pada percobaan penelitian penambahan zeolite pada tanah lempung, penulis mendapatkan hasil sebagai berikut :

1. Nilai kohesi tanah untuk penambahan zeolite sebesar 0% , 20% , 30% , 40% adalah 0.673 kg/cm^2 , 0.679 kg/cm^2 , 0.694 kg/cm^2 , 0.713 kg/cm^2 . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwasanya semakin besar penambahan zeolite pada tanah maka semakin besar nilai kohesi tanah tersebut. Hal ini disebabkan karena zeolit dengan komposisi kimia yang didominasi oleh silika (SiO_2) yang bila dicampur dengan tanah lempung akan menghasilkan reaksi pozzolan yaitu reaksi kimia yang mana dengan bertambahnya waktu, tanah tersebut akan menjadi keras sehingga tahanan geser tanah itupun akan semakin kuat, dan nilai kohesinya pun akan semakin tinggi. Semakin tinggi nilai kohesi tanah maka tanah tersebut akan menjadi keras sehingga tahanan geser tanah tersebut akan menjadi lebih kuat.
2. Nilai sudut geser tanah untuk penambahan zeolite sebesar 0% , 20% , 30% , 40% adalah 43.025° , 41.987° , 37.235° , 33.024° . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwasanya semakin besar penambahan zeolite pada

tanah maka semakin kecil nilai sudut geser tanah tersebut. Hal ini disebabkan karena zeolite yang bila dicampur dengan tanah lempung menyebabkan air pada partikel tanah terserap oleh zeolit sehingga mengurangi gesekan antara zeolite dengan tanah.

5.2 Saran

Saran yang dapat penulis berikan setelah melihat hasil dan hambatan-hambatan yang dilalui dalam penelitian ini adalah :

1. Diharapkan dilakukan penelitian lebih lanjut dengan kondisi tanah yang berbeda dan jumlah sampel yang lebih variatif.
2. Ketelitian adalah satu hal pokok didalam setiap pengujian
3. Untuk pembacaan arloji ukur (dial) supaya diperhatikan dengan seksama agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Afriani, L. 2014. *Kuat Geser Tanah*, Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
2. Agustawijaya, D.S. 2019. *Geologi Teknik*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
3. Anggoro, D.D. 2017. *Buku Teori dan Aplikasi Rekayasa Zeolit*. UNDIP Press, Semarang.
4. Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat fisis dan Geoteknis Tanah*. Raja Erlangga, Jakarta.
5. Darwis. 2017. *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Pustaka AQ, Yogyakarta.
6. Das, B.M. 1993. *Dasar Mekanika Tanah (Prinsi-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*. Erlangga, Jakarta.
7. Das, B.M. 1993. *Dasar Mekanika Tanah (Prinsi-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid II*. Erlangga, Jakarta.
8. Hanafiah, K.A. 2014. *Dasar-dasar ilmu tanah*, Divisi Buku Perguruan Tinggi PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
9. Hardiyatmo, H.C. 2015. *Analisis dan Perancangan FONDASII*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
10. Hardiyatmo, H.C. 2015. *Pemeliharaan Jalan Raya*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
11. Hatmoko, J.T dan Suryadharna, H. 2020. *Teknologi Perbaikan Tanah*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
12. Kementerian Pekerjaan Umum dan perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. 2019. *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi*. Jakarta.
13. Nurdian, S (2015), dkk. 2015. *Korelasi Parameter Kekuatan Geser Tanah Dengan Menggunakan Uji Triaksial dan Uji Geser Langsung Pada Tanah Lempung Substitusi Pasir*. JRSDD, Edisi Maret 2015, Vol.3, No.1, hal: 13-26 (ISSN:2303-0011).
14. Simanjuntak, M.R.A. 2017. *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR*, UMA Press, Medan.
15. Soepandji, B.S.1986. *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat. Erlangga, Jakarta.
16. Sukandarrumid. 2016. *Bahan Galian Industri*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
17. Wesley, L.D. 2017. *Mekanika Tanah*. Penerbit Andi, Yogyakarta





Ciamber. benda uji pada pcngujian bcrat jenis
(Sumbet: Penelitian di La6oratoriuiu Po liteknik Modan, 2818)



Gambar. benda uji enelisa jaringan yang sedang di cuci untuk mendapatkan
jumlah butiran lolos No.200
(Sumber: Penelitian di Laborat◊tium PohtekniL Modan, 2018)



Ciarnbar. benda uji pada pengujian "8atas-barns Atte'berg
(Sea]ber: Penelitian di Laboratociurn oliteknik Medan, 20 I BJ



Gambar. Vaccum pum (vakum hampa udara) ilntuk mengeluarkan selunih udara
pada pengujian berat Jgnis
(fiurrthez. Penelitian di Lahorazodum Politeknik Medan. 2018)



Gambar. Pelaksanaan Pengujian Pemadatan Standard
 (Sumber: Penelitian di Laboratorium Politeknik Medan, 2018)



Gambar. cincin pemeriksaan yang terbagi dua dengan penguncinya terletak dalam
 french total
 (Sumber: Penelitian di Laboratorium Politeknik Medan, 2018)



Gambar. Mesin Pcmguji Direct Shear
(Surttber. Penal lian di Lsbcnilorium PolitekniiL Medan, 2018)



Gambar. Alat Peraia untuk pengujian pepadatan Standañ (compaction)
(Su mber: Penelitian di Laboratorium Politeknik M odan. 20181)



Cambar. merafakan tanah untuk Ttyeocupai ks'dar air optimum pada yen'gujian pematadati Standard (compaction)
(Sumber: Penelitian'di Laboracoriuin Politekoik Medan. 2018)



Ciambar. merata1an tanah untuk mcncapai kadar air optimum pada penyujian penzactatan fitandart (cc>mpacti<on)
(Numbers PeneTiMan di Lahoratonurfi PoJit'ek.ntk MAzin, *018)



Gambar. memasukkan benda uji ke dalam mold untuk di uji! p. emadnan siandart (compaction)
(Sumber: Penelitian di Laboratorium Politeknik Medan, 2018)



Gambar. p. emadnan siandart (compaction) beban 500 gr pada pengujian direct shear
(Sumber: Penelitian di Laboratorium Politeknik Medan, 2018)



Gambar. Pembacaan 2 buah arloji peaser (extensiometer) untuk mengukur regangan pergeseran uji



Gambar. Benda uji setelah dilakukan pengujian Direct Shear
(Sumber: Penelitian di Laboratorium Politeknik Medau, 2018)

Tabel 4.12 Data Hasil Pengujian Hidrometer

Nama : SUCI RAMADANI

Material benda uji : TANAH LEMPUNG

Npm : 14.811.0060

Lokasi tanah : GALANG

VARIASI HIDROMETER

UNIVERSITAS MEDAN AREA

waktu	kelangsungan waktu	temperature T°C	Pembacaan Hydrometer r(Rh)	Diameter butiran (D)	Faktor Koreksi (K)	Pembacaan benar (Rh+K)	Faktor Koreksi (a)	Persen pengendapan (%)	Persen contoh pengendapan (%)
10:51:00	0	28°	0						
10:51:30	30 detik	28°	27	0,05	0,01	27,01	1,02	22,78	10,21
10:52:00	1 menit	28°	27	0,04	0,01	27,01	1,02	20,96	9,39
10:53:00	2 menit	28°	26	0,03	0,01	26,01	1,02	20,05	8,89
10:56:00	5 menit	28°	25	0,02	0,01	25,01	1,02	16,4	7,35
11:06:00	15 menit	28°	25	0,01	0,01	25,01	1,02	15,49	6,94
11:21:00	30 menit	28°	23	0,01	0,01	23,01	1,02	13,67	6,13
11:51:00	1 jam	28°	20	0,01	0,01	20,01	1,02	12,67	5,72
14:51:00	4 jam	28°	15	0,00	0,01	15,01	1,02	11,85	5,31
10:51:00	24 jam	28°	10	0,00	0,01	10,01	1,02	9,12	4,09