

**PENGARUH FRAKSI LEMPUNG PADA PASIR TERHADAP
NILAI KOHESI TANAH DAN INDEKS PLASTISITAS**

(Skripsi)

Oleh

RENOL PANGIDOAN RAMBE



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF FRACTION OF CLAY IN THE SAND AGAINST THE VALUES OF COHESION AND PLASTICITY INDEX

by
RENOL PANGIDOAN RAMBE

One of the ground that is commonly found in Indonesia is ground clays. Clays in Southeast Asia consists of layers of soft clays. Clay soil has some physical properties of less support for the construction of one of these is the nature of high shrink swell. The nature of cotton shrinkage is influenced by the magnitude of the value soil plasticity index. The sand is a natural deposit of material that is very much in Lampung province but research and study for improvement of soil with sand material is still minimal. Physical properties on soil sand tends to be the opposite of soil clays is a case study that needs to be examined. Strong shear and plasticity index are the two elements that change when done mixing the two types of land.

To know how much influence the fraction of clay in the sand against changes in plasticity index value and soil shear can be proven in the lab with the how to make soil samples with fractional substitution clays up to 50% of the total weight of the soil. The main testing done before the sample is placed in a container is watertight so that water levels be homogeneous in soil samples. The main testing in this study is testing the strong direct shear and Atterberg limits.

The test results showed the increase in plasticity index value as the increase in the fraction of clay in the sand. The hike began in the percentage of 25% with PI of clays 1.03% and increased steadily to 17.7% on 50% clay fraction. In addition to the PI value of cohesion also increased by an average of 18% every 10% increase in the fraction of clay. The value of the shear angle otherwise declined by 31%. Change the value of the fraction of clay in the sand showed significant changes in some parameters of the soil shear strength and strong plasticity index.

Keywords : soil shear strenght, plasticity index

ABSTRAK

PENGARUH FRAKSI LEMPUNG PADA PASIR TERHADAP NILAI KOHESI DAN INDEKS PLASTISITAS

Oleh
RENOL PANGIDOAN RAMBE

Salah satu tanah yang biasa ditemukan di Indonesia adalah tanah lempung. Lempung di Asia Tenggara terdiri dari lapisan lempung lunak. Tanah lempung memiliki beberapa sifat fisik yang kurang mendukung untuk konstruksi salah satunya adalah sifat kembang susut yang tinggi. Sifat kembang susut ini dipengaruhi oleh besaran nilai indeks plastisitas tanah. Pasir merupakan material deposit alam yang sangat banyak di provinsi Lampung namun penelitian dan studi untuk perbaikan tanah dengan material pasir masih minim. Sifat fisik pada tanah pasir yang cenderung berlawanan dengan tanah lempung merupakan studi kasus yang perlu diteliti. Kuat geser dan indeks plastisitas merupakan dua elemen yang berubah ketika dilakukan pencampuran dua jenis tanah tersebut.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh fraksi lempung pada pasir terhadap perubahan nilai indeks plastisitas dan kuat geser dapat dibuktikan di laboratorium dengan cara membuat sampel tanah dengan substitusi fraksi lempung sampai dengan 50% dari total berat tanah. Sebelum dilakukan pengujian utama sampel diletakkan dalam wadah kedap air agar kadar air menjadi homogen dalam sampel tanah. Pengujian utama pada studi ini adalah pengujian kuat geser langsung dan batas-batas Atterberg.

Hasil pengujian menunjukkan kenaikan nilai indeks plastisitas seiring kenaikan fraksi lempung pada pasir. Kenaikan dimulai pada persentase 25% lempung dengan PI sebesar 1,03% dan meningkat terus sampai 17,7% pada fraksi lempung 50%. Selain PI nilai kohesi juga meningkat dengan rata-rata 18% setiap 10% kenaikan fraksi lempung. Nilai sudut geser sebaliknya menurun sebesar 31%. Perubahan nilai fraksi lempung pada pasir menunjukkan perubahan signifikan pada beberapa parameter kuat geser tanah dan indeks plastisitas.

Kata kunci: kuat geser tanah, indeks plastisitas

**PENGARUH FRAKSI LEMPUNG PADA PASIR TERHADAP
NILAI KOHESI DAN INDEKS PLASTISITAS**

Oleh

RENOL PANGIDOAN RAMBE

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **PENGARUH FRAKSI LEMPUNG PADA PASIR TERHADAP NILAI KOHESI TANAH DAN INDEKS PLASTISITAS**

Nama Mahasiswa : **Renol Pangidoan Rambe**

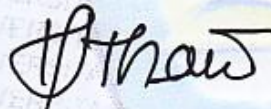
Nomor Pokok Mahasiswa : 0915011078

Jurusan : S1 Teknik Sipil

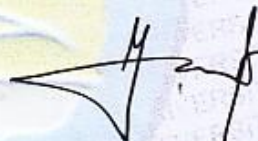
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Lusmellia Afriani, D.E.A.
NIP 19650510 199303 2 008



Iswan, S.T., M.T.
NIP 19720608 200501 1 001

2. Ketua Jurusan



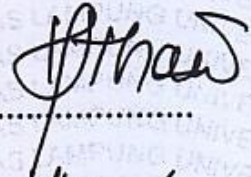
Gatot Eko Susillo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

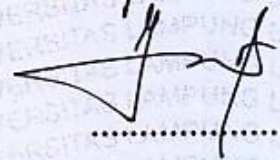
Ketua

: Dr. Ir. Lusmellia Afriani, D.E.A.



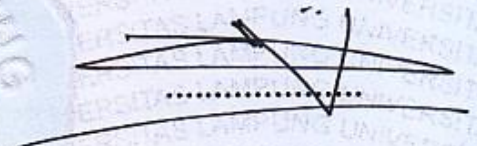
Sekretaris

: Iswan, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. M. Jafri, M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 April 2016

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 25 April 2016

Penulis,



Renol Pangidoan Rambe



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Renol Pangidoan Rambe lahir di Kota Padangsidimpuan, pada tanggal 19 Maret 1990, merupakan anak kelima dari pasangan Bapak Teddi Rambe dan Sintauli Gurning,

Penulis memiliki dua orang saudara laki-laki bernama Otto Dales Parulian Rambe, Alexander Pandapotan Rambe, dan dua orang saudara perempuan Betty Agustina Rambe, Anna Hasianna Rambe.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD 1 HKBP Padangsidimpuan yang diselesaikan pada tahun 2003. Pendidikan tingkat pertama ditempuh di SMPN2 Padangsidimpuan yang diselesaikan pada tahun 2006. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMAN 1 Padangsidimpuan yang diselesaikan pada tahun 2009.

Penulis diterima menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2009. Selama menjadi mahasiswa aktif dalam organisasi internal kampus yaitu HIMATEKS (Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil) tahun 2011-2012, ketua Komisariat Teknik-Pertanian UNILA (Gerakan Mahasiswa Kristen Indonesia) cabang Bandar Lampung 2010-2012.

MOTO

“Bermimpilah setinggi langit, jika engkau jatuh... engkau akan jatuh di antara bintang - bintang”
(Ir. Soekarno)

“Jadilah Pemberani!!! Karena mereka Pemberani mewarisi 2/3 dunia”
(Pramoedya Ananta Toer)

“Tuhan tidak sedang bermain dadu ketika menciptakan dunia”
(Albert Einstein)

“Tangan diatas lebih baik dari pada dibawah”
(Teddi Rambe)

Persembahan

Sebuah karya kecil buah pemikiran dan kerja keras untuk,

Alm. Ayahanda ku tercinta Teddi Rambe,

Ibunda ku tercinta Sintauli Br Gurning,

Kakanda Betty Agustina Rambe,

Kakanda Otto Dalles Parulian Rambe,

Kakanda Ida Hasianna Rambe,

Kakanda Alexander Pandapotan Rambe

Serta saudara seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2009

SIPIL JAYA !!!!!

SANWACANA

Syalom segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yesus Kristus, yang telah melimpahkan kasih sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “*Pengaruh Fraksi Lempung Pada Pasir Terhadap Nilai Kohesi dan Indeks Plastisitas*” ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini pula secara tulus penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada mereka yang penuh kesabaran dan dedikasi membantu penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini :

1. Ibu Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A, selaku Dosen Pembimbing Utama atas waktu dan kesabarannya selama proses bimbingan, sehingga skripsi ini dapat dibuat dan diselesaikan;
2. Bapak Iswan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Kedua atas arahannya dalam penyusunan skripsi ini yang membuat skripsi ini menjadi lebih baik dan arahannya;
3. Bapak Ir. M. Jafri, M.T. selaku Dosen Penguji atas kritik membangun, serta argumentasinya yang mendorong penulis untuk terus belajar dan penulis yakin beliau melakukannya untuk membuat penulis menjadi seseorang yang lebih baik;

4. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung;
5. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung;
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung, dan dosen-dosen konsentrasi Geoteknik pada khususnya, untuk segala dedikasinya yang telah membantu penulis dalam proses pendidikan. Penulis bahkan sadar ucapan terima kasih tidak akan cukup untuk menggambarkan dedikasi dan pengabdian beliau-beliau terhadap perkembangan pendidikan penulis;

Akhir kata, Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi dengan sedikit harapan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, April 2016

Penulis,

Renol Pangidoan Rambe

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN

SANWACANA.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xii

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Lokasi	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian.....	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah.....	5
1. Pengertian Tanah	5
2. Sistem Klasifikasi <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS).....	6
3. Tanah Lempung.....	8

4. Pengujian Batas Atterberg	9
5. Indeks Plastisitas Pada Beberapa Jenis Tanah.....	12
6. Kuat Geser Tanah	12
7. Kohesi Tanah (c)	16
B. Landasan Teori.....	17
1. Analisis Perhitungan Kuat Geser Langsung	17
C. Penelitian Terdahulu	19

III.METODE PENELITIAN

A. Sampel Tanah.....	22
1. Tanah Asli (<i>Undisturbed Soil</i>).....	22
2. Tanah Terganggu (<i>Disturbed Soil</i>).....	22
3. Pencampuran Sampel	23
B. Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium	23
1. Pengujian Kadar Air	23
2. Pengujian Berat Volume.....	24
3. Pengujian Berat Jenis	24
4. Pengujian Batas Atterberg	24
5. Pengujian Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>).....	25
6. Pengujian Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>).....	25
7. Pengujian Analisa Saringan.....	25
8. Pengujian Hidrometer.....	25
9. Pengujian Geser Langsung (<i>Direct Shear Test</i>)	25

C. Analisis Data	28
------------------------	----

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah.....	30
1. Pengujian Sifat Fisik Pasir.....	30
2. Pengujian Klasifikasi Pasir	34
3. Pengujian Sifat Fisik Lempung	35
4. Pengujian Untuk Klasifikasi Lempung.....	40
5. Pengujian Analisa Saringan.....	41
6. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah	45
7. Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung (<i>Direct Shear Test</i>)	51
8. Analisis Hasil Pengujian Kuat Geser	66
9. Hasil Pengujian Berat Jenis, Batas Atterberg untuk Variasi Campuran	75
10. Hubungan Nilai Kohesi dan Indeks Plastisitas.....	79
11. Hubungan Sudut Geser Tanah Pasir Kelempungan dengan Indeks Plastisitas	80
B. Korelasi Sifat-Sifat Fisik Tanah dengan Sudut Geser Tanah dan Kohesi Tanah.....	81
1. Korelasi Kohesi (c), Indeks Plastisitas (IP), Berat Jenis (Gs), <i>Liquid Limit</i> (LL), <i>Plastic Limit</i> (PL), dan Fraksi Lempung (Fc)	88
2. Korelasi Sudut Geser (ϕ_{DS}) dengan Indeks Plastisitas (IP), Berat Jenis (Gs), <i>Liquid Limit</i> (LL), dan <i>Plastic Limit</i> (PL)	90

V. PENUTUP

A. Simpulan.....	93
B. Saran.....	94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Batas- Batas Konsistensi Tanah	11
2 Hubungan Kepadatan Tanah, Perubahan Volume dan Perpindahan Pada Uji Geser Langsung pada Tanah Pasir	14
3 Kriteria Keruntuhan Mohr dan Coulomb	19
4 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Nilai Kohesi (C) Tanah Lempung yang Dipadatkan Secara Standar	19
5 Hubungan Kohesi Tanah dan Kadar Lempung Pada Tanah Pasir Pantai.	21
6 Bagan Alir Penelitian	29
7 Analisa Saringan dan Hidrometer Sampel Pasir	34
8 Analisa Saringan Lempung	39
9 Analisa Saringan dan Hidrometer Pasir Subtitusi Lempung 10%.	41
10 Analisa Saringan Pasir Subtitusi Lempung 20%.	42
11. Analisa Saringan Pasir Subtitusi Lempung 30%.	42
12 Analisa Saringan Pasir Subtitusi Lempung 40%.	43
13 Analisa Saringan Pasir Subtitusi Lempung 50%.	43
14 Hasil Analisa Saringan Pasir Subtitusi Lempung.	44
15 Kadar Air Optimum Tanah Asli.....	45
16 Kadar Air Optimum Pasir Subtitusi Lempung 10%	46
17 Kadar Air Optimum Pasir Subtitusi Lempung 20%	47

18 Kadar Air Optimum Subtitusi Pasir Subtitusi Lempung 30%	47
19 Kadar Air Optimum Pasir Subtitusi Lempung 40%	48
20 Kadar Air Optimum Pasir Subtitusi Lempung50%	49
21 Hubungan Persentase Campuran Tanah Lempung Dan Pasir Dengan Nilai Kadar Air Optimum.	50
22 Hubungan Berat Volume Kering dan Persentase Campuran.	50
23 Uji Geser Tanah Asli Pasir 100% (<i>unsoaked</i>).....	53
24 Uji Geser Pada Sampel 90 % Pasir dan 10 % Lempung.....	54
25 Uji Geser Sampel 80 % Pasir dan 20% Lempung.....	55
26 Uji Geser Pada Sampel 70% Pasir dan Lempung 30%	56
27 Uji Geser Sampel Pasir 60% dan Lempung 40%.....	57
28 Uji Geser Sampel Pasir 50% dan Lempung 50%.....	58
29 Uji Geser Pasir (<i>soaked</i>).....	60
30 Uji Geser Pada Sampel Subtitusi 10% Lempung.....	61
31 Uji Geser Sampel Subtitusi 20% Lempung	62
32 Uji Geser Pada Sampel 70% Pasir dan Lempung 30%	63
33 Uji Geser Sampel Pasir 60% dan Lempung 40%.....	64
34 Uji Geser Sampel Pasir 50% dan Lempung 50%.....	65
35 Hubungan Tegangan Normal Dan Tegangan Geser	66
36 Hubungan Tegangan Geser Dan Tegangan Normal dengan Perendaman 4 Hari.....	67
37 Hubungan Fraksi Lempung dengan Nilai Kohesi Hasil Pengujian Geser Langsung (<i>Direct Shear Test</i>) Pada Kondisi <i>Saturated</i> dan <i>Non</i> <i>Saturated</i>	68
38 Hubungan Fraksi Lempung dengan Nilai Sudut Hasil Pengujian Geser Langsung (<i>Direct Shear Test</i>) Pada Kondisi <i>Saturated</i> dan <i>Non-</i> <i>Saturated</i>	70
39 Hubungan Sudut Geser Tanah dan Kohesi Tanah Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung.....	72

40 Hubungan Kohesi dan Kadar Air	74
41 Hubungan Fraksi Pasir dan Berat Jenis	76
42 Hubungan Indeks Plastisitas, Batas Cair, dan Batas Plastis dengan Masing-Masing Fraksi Lempung	78
43 Hubungan Nilai Kohesi Tanah Pasir Kelempungan Dengan Indeks Plastisitas Tanah.....	79
44 Hubungan sudut geser tanah pasir kelempungan dengan Indeks Plastisitas.....	80
45 <i>Coefficients</i>	83
46 <i>Casewise Diagnostics</i>	85
47 <i>Model Summary</i>	86
48 Bagan Alir Korelasi Nilai Kohesi, Sudut Geser dan Nilai-Nilai Fisik Tanah.....	87
49 Korelasi Kohesi (c), Indeks plastisitas (IP) dan Beberapa Parameter Sifat Fisik Tanah	89
50 Korelasi Sudut Geser (ϕ), <i>Plasticity Index</i> (IP) dan Beberapa Parameter Fisik Tanah.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Sistem Klasifikasi <i>Unified Soil System Classification</i>	7
2 Hubungan Indeks Plastisitas Dengan Beberapa Jenis Tanah.....	12
3 Nilai Tipikal Sudut Geser Dalam (ϕ) Pada Tanah Pasir	15
4 Rekapitulasi Nilai-Nilai Fisik, Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Lempung Pasir.....	20
5 Hasil Pengujian Sifat Fisik Pasir.....	31
6 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli	32
7 Hasil Pengujian Hidrometer	33
8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pasir	34
9 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung (<i>Soft Clay</i>).....	35
10 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli	36
11 Hasil Pengujian Hidrometer	37
12 Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	38
13 Hasil Pengujian Batas Atterberg Tanah Asli	39
14 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Distribusi Ukuran Saringan	44
15 Hasil Pengujian Pemadatan Standar.....	49
16 Nilai Kohesi dan Sudut Geser Pada Masing-Masing Campuran	52
17 Nilai Kohesi dan Sudut Geser Pada Masing-Masing Campuran (Perendaman 4 Hari)	59

18 Nilai Berat Jenis Masing Masing Sampel	75
19 Rekapitulasi Nilai kohesi Uji Geser Langsung hasil Pengujian dengan Indeks Plastisitas Terhadap Fc, Gs, LL, dan PL	88
20 Rekapitulasi Sudut Geser (ϕ) Uji Geser Langsung hasil Pengujian dengan Indeks Plastisitas Terhadap Fc, Gs, LL, dan PL.....	91

DAFTAR NOTASI

γ	= Berat Volume
γ_d	= Berat Volume Kering
γ_{maks}	= berat volume maksimum
w	= kadar air
Gs	= berat jenis
LL	= batas cair
PI	= indeks plastisitas
PL	= batas plastis
q	= persentase berat tanah lolos saringan
Wai	= berat tanah tertahan
Wbi	= berat saringan + tanah tertahan
Wc	= berat <i>container</i>
Wci	= berat saringan
Wcs	= berat <i>container</i> + sampel tanah sebelum dioven
Wds	= berat <i>container</i> + sampel tanah setelah dioven
Wm	= berat <i>modal</i>
Wms	= berat <i>modal</i> + sampel
W _n	= ketukan air pada ketukan ke-n

W_s = berat sampel

W_w = berat air

W_1 = berat *picnometer*

W_2 = berat picnometer + tanah kering

W_3 = berat picnometer + tanah kering + air

W_4 = berat picnometer + air

τ = kuat geser tanah (kg/cm^2)

c = kohesi tanah (kg/cm^2)

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

σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kg/cm^2)

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah merupakan hal yang substansial dalam dunia teknik sipil. Tanah yang merupakan bagian utama dalam perencanaan konstruksi harus dianalisis sebagai faktor pertimbangan konstruksi. Dalam bidang teknik, tanah didefinisikan sebagai butiran mineral dari agregat yang tidak terikat dan zat organik yang mengalami pembusukan dan dimana rongga antar partikel diisi gas dan cairan (Dobrin dan Savit, 1988). Oleh karena itu para insinyur sipil harus mempelajari komposisi tanah sesuai asalnya, distribusi ukuran butiran, kemampuan meloloskan air, kekuatan geser, kompresibilitas dan sebagainya. Perilaku tanah asli bisa dipengaruhi bermacam-macam faktor dan menimbulkan masalah yang cukup kompleks. Teori sesuai seharusnya analisa tanah tidak hanya lewat ilmu geoteknik, dan geofisika saja namun juga perlu dihubungkan dengan beberapa disiplin ilmu lainnya misalnya geologi dan geomorphologi.

Salah satu tanah yang biasa ditemukan di Indonesia adalah tanah lempung. Lempung di Asia Tenggara terdiri dari lapisan lempung lunak (Kobayashi, 1990). Lempung yang mengembang sangat banyak terdapat di alam. Pengembangan lempung ini terjadi ketika kadar air bertambah dari nilai referensinya. Penyusutan terjadi ketika kadar air berada di bawah nilai referensinya sampai kepada batas

susut. Biasanya suatu tanah lempung dapat diperkirakan akan mempunyai perubahan isi yang besar (mengembang), apabila Indeks Plastisitas: $PI > 20$. Sebaliknya pasir adalah material alam yang juga cukup banyak di Indonesia terkhusus di Provinsi Lampung namun masih minim penelitian tentang sifat pasir tersebut. Sifat pasir yang lepas (*loose soil*) cenderung sama sekali tidak memiliki ikatan antar butiran atau non kohesif. Sifat pasir yang berlawanan dengan sifat fisik lempung perlu kemudian diteliti sebagai bahan pertimbangan *engineering* dalam penyelidikan tanah.

Salah satu parameter dalam ilmu geoteknik terutama dalam bidang perilaku tanah yang sering dibahas adalah masalah kuat geser dan kohesi tanah. Nilai geser dan kohesi tanah selalu berhubungan dan saling mempengaruhi satu sama lain. Nilai kohesi dan sudut geser tanah didapat dari beberapa macam pengujian salah satunya adalah Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Box Test*). Uji Geser Langsung merupakan pengujian yang paling sederhana dan prosedurnya yang paling jelas dalam pengukuran kekuatan geser tanah. Uji geser langsung juga lebih efektif untuk melihat sudut geser tanah dan nilai kohesi tanah berbutir lepas.

Pengujian yang tepat dan sesuai dengan kondisi asli tanah perlu ditinjau untuk mengetahui persentase ideal untuk tanah lempung sampel uji. Persentase pencampuran lempung yang duji pada penelitian akan mempengaruhi nilai kuat geser dan indeks plastisitas tanah tersebut. Untuk menghindari pencampuran lempung yang terlalu banyak melebihi batas toleransi pencampuran maka pengujian dibedakan atas beberapa fraksi pencampuran. Dari penelitian ini diharapkan didapatkan parameter hubungan antara nilai kohesi pada uji geser langsung

terhadap nilai indeks plastisitas pasir yang dicampur dengan lempung pada persentase tertentu.

B. Batasan Masalah

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

1. Sampel tanah yang diuji menggunakan material pasir yang disubstitusi dengan tanah lempung. Sampel tanah yang digunakan dari desa Belimbing sari, Lampung Timur sedangkan pasir yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir dari daerah Gunung Sugih.
2. Pengujian sifat fisik tanah yang dilakukan di Laboratorium:
 - a. Pengujian Kadar Air.
 - b. Pengujian Berat Volume.
 - c. Pengujian Analisa Saringan.
 - d. Pengujian Berat Jenis.
 - e. Pengujian Batas Atterberg.
 - f. Pengujian Hidrometer.
3. Pengujian sifat mekanik tanah yakni uji Geser Langsung pada tanah pasir kelepungan

C. Lokasi

1. Pengujian sifat fisik tanah untuk menentukan karakteristik tanah lempung dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung.

2. Pengujian sifat mekanik tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melihat sifat fisik tanah lempung yang diambil Kecamatan Jabung Lampung Timur.
2. Mengetahui hubungan fraksi lempung dengan nilai indeks plastisitas pada pasir kelempungan
3. Mengetahui hubungan fraksi lempung dengan sudut geser pasir kelempungan
4. Mengetahui hubungan fraksi lempung dengan nilai kohesi pasir kelempungan.

E. Manfaat Penelitian

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

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat – sifat fisik dan mekanik tanah lempung.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan tanah lempung yang dicampurkan pada pasir terhadap kekuatan geser pasir sehingga dapat dijadikan sebagai referensi mengenai perilaku tanah lempung.
3. Sebagai bahan pertimbangan bagi para *engineer* dibidang teknik sipil untuk penerapan perbaikan tanah dilapangan.
4. Sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang geoteknik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Tanah merupakan material yang berhubungan dengan teknologi konstruksi sipil. Oleh karena besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan seluruh konstruksi, maka tanah menjadi komponen yang sangat diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Untuk itu perlu sekali untuk mengetahui sifat-sifat karakteristik tanah dengan penyelidikan tanah untuk mendukung perencanaan konstruksi.

1. Pengertian Tanah

Dalam dunia teknik sipil, tanah didefinisikan sebagai agregat tak tersedimentasi dan terdiri dari mineral granula dan materi organik (partikel solid) dengan zat cair, gas pada ruang kosong diantara partikel solid (Das B., 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*). 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).

2. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Unified Soil Classification System adalah sistem pengklasifikasian tanah yang didasarkan sistem klasifikasi penerbangan dan dikembangkan oleh Casa Grande pada masa Perang Dunia II. Sistem ini kemudian dimodifikasi dan diadopsi oleh lembaga pemerintah Amerika Serikat pada tahun 1942. Kemudian pada sistem ini diberikan beberapa tambahan perbaikan yang kemudian dikenal dengan ASTM D 2487-93. Casagrande mengelompokkan tanah atas tiga kelompok besar (Sukirman, 1992), yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 5 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berkerikil dan berpasir. Simbol kelompok ini dimulai dari huruf awal G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk Pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200, yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik.
- c. Tanah berpasir (kurang dari 50% lolos saringan No. 200) diklasifikasikan sebagai tanah berpasir dengan gradasi baik (SW) dengan C_u lebih sama dengan dari 60. Tanah yang tidak memenuhi kedua syarat tersebut kemudian disimbolkan dengan SP (*poorly graded*). Tanah berkerikil (*clean gravel*) dengan kriteria kurang dari 50 % lolos saringan No. 200 diklasifikasikan sebagai tanah berkerikil bergradasi baik (GW) dengan C_u kurang dari 4, dan jika tanah tersebut tidak memenuhi kriteria maka dapat disebut dengan tanah berkerikil dengan gradasi buruk atau disimbolkan dengan GP (*poorly graded gravel*).

Tanah berpasir dan berkerikil pada kondisi 12 % dari total sampel lolos saringan No. 200, disimbolkan dengan SC (*clayey sand*), GC (*clayed gravel*), *silty sand* (SM), atau *silty gravel* (GM).

Tabel 1 Sistem Klasifikasi *Unified Soil System Classification*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau			
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung			
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 60$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus lanau atau berlempung	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.	
			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		
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomit, atau lanau diatomit, lanau yang elastis		
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>Fat Clay</i>)			
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber : Hary Christady, 1996.

3. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari tiga komponen mineral yaitu *montmorillonite*, *illite*, dan *kaolinite*. Sifat-sifat mineral *montmorillonite* sangat mudah menyerap air dalam jumlah yang banyak bila dibandingkan mineral lainnya, sehingga tanah sangat mudah mengembang. Sifat-sifat ini yang kemudian sering menimbulkan masalah pada bangunan.

a. Lempung Ekspansif

Lempung ekspansif adalah salah satu jenis tanah berbutir halus ukuran koloidal yang terbentuk dari mineral-mineral ekspansif. Lempung ini memiliki sifat khas yakni kandungan mineral ekspansif. Kandungan mineral ekspansif juga memiliki pertukaran kapasitas ion yang tinggi, hal ini mengakibatkan tanah lempung memiliki potensi sifat kembang susut yang tinggi. Konsistensi lempung ekspansif sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah (Holtz dan Gibbs, 1962). Nilai indeks plastisitas dan batas cair dapat digunakan untuk menentukan karakteristik pengembangan tanah lempung. Indeks plastisitas yang semakin tinggi mengakibatkan semakin tinggi pula pengembangan.

Tekanan pengembangan pada tanah lempung ekspansif sangat dipengaruhi oleh prosentase fraksi lempung dan nilai batas cair sampel tanah. Semakin besar kandungan fraksi lempung dan batas cair, semakin besar pula tekanan pengembangannya. Tekanan pengembangan tanah juga dipengaruhi oleh tingkat kandungan air dan kepadatan tanah. Makin meningkat kepadatan suatu tanah, akan meningkat pula tingkat pengembangan dan tekanan pengembangan. Tetapi pada

kondisi kadar air meningkat, tekanan pengembangan dan tingkat pengembangan akan mengalami penurunan.

b. Tanah Pasir Berlempung

Pasir dan tanah kepasiran menurut klasifikasi USCS merupakan tanah dengan suatu pecahan bernilai antara saringan 2 mm dan $63 \mu m$. Sebigain besar butir ini dapat dibedakan secara visual. Kekuatan kering tanah ini berada diantara sedang sampai tinggi, bila tanah kemudian menunjukkan ciri tersebut maka tanah menunjukkan adanya sejumlah lempung. Pasir dan tanah kepasiran disimbolkan dengan **SW** (pasir bergradasi baik dengan bagian halus sedikit atau tidak ada), **SC** (pasir bergradasi baik dengan sedikit mengandung lempung), **SP** (pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil dengan bagian halus sedikit atau tidak ada), dan **SM** (pasir berlanau).

Apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas dan tidak padat sehingga tidak sesuai untuk pembangunan, maka tanah tersebut perlu dilakukan perbaikan. Kelemahan tanah pasir ini adalah memiliki gradasi butiran yang seragam. Kekuatan geser yang rendah yaitu tidak memiliki daya ikat antar butiran satu sama lainnya dan sukar untuk dipadatkan, sehingga perlu dilakukan perbaikan pada jenis tanah ini.

4. Pengujian Batas Atterberg

Tanah yang berbutir halus biasanya memiliki sifat plastis. Sifat plastis tersebut merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk tanah setelah bercampur dengan air pada volume yang konstan tanpa retak – retak dan remuk. Tanah tersebut akan berbentuk cair, plastis, semi padat atau padat tergantung

jumlah air yang bercampur pada tanah tersebut. Batas-batas Atterberg memperlihatkan terjadinya bentuk tanah dari benda padat hingga menjadi cairan kental sesuai dengan kadar airnya. Dari Test Batas-batas Atterberg akan didapatkan parameter batas cair, batas plastis, batas lengket dan batas kohesi. Plastisitas merupakan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk. Sifat dari plastisitas tanah lempung sangat di pengaruhi oleh besarnya kandungan air yang berada di dalamnya dan juga disebabkan adanya partikel mineral lempung dalam tanah.

Atas dasar air yang terkandung didalamnya (konsistensinya) tanah dibedakan atau dipisahkan menjadi 4 keadaan dasar yaitu padat, semi padat, plastis, cair.

Adapun yang disebut batas-batas Atterberg atau batas- batas konsistensi (Atterberg 's Limit) dapat dilihat dari penjelasan Gambar 1.

a. Batas cair (*Liquid Limit*) = $L.L./W_L$

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis.

b. Batas plastis (*Plastic Limit*) = $P.L./W_P$

Batas plastis adalah kadar air suatu contoh tanah antara keadaan plastis dan semi plastis.

c. Indeks plastis (*Plasticity index*) = IP/PI

indeks plastis adalah selisih antara batas cair dan batas plastis, di mana tanah tersebut dalam keadaan plastis disebut Indeks plastis (*Plasticity index*).

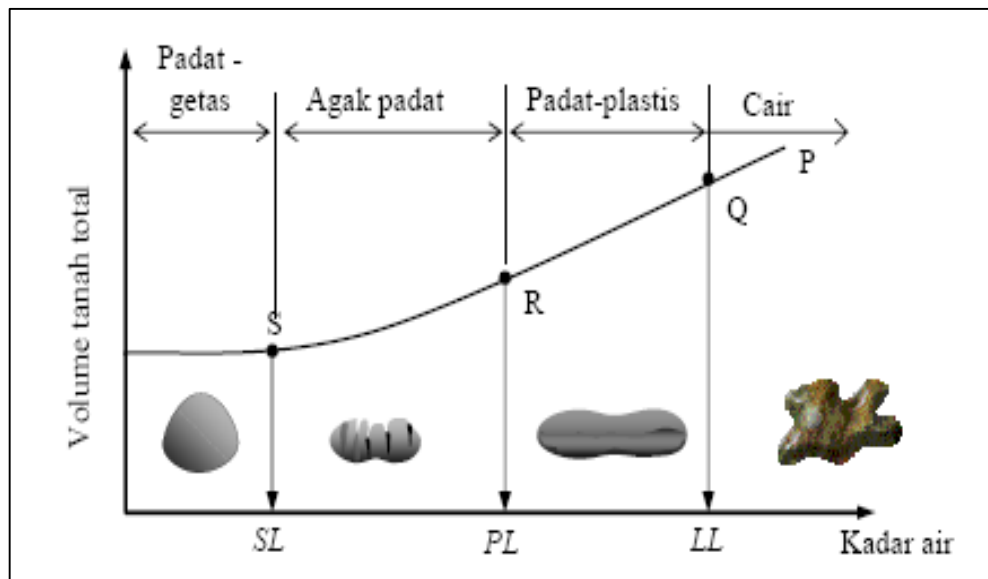
$$P.I = L.L. - P.L. \dots\dots\dots 1)$$

atau

$$PI = W_{.L} - W_p \dots\dots\dots 2)$$

d. Indeks kecairan (*Liquidity index*) = LI/IL

Kadar air tanah dalam keadaan asli biasanya terletak antara batas plastis dan cair. Suatu angka kadang-kadang dipakai sebagai petunjuk akan keadaan tanah di tempat aslinya yang disebut "Indeks Kecairan ". Indeks kecairan ialah perbandingan antara selisih kadar air tanah asli dan batas plastis dengan selisih batas cair dan batas plastis. Batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal pula sebagai batas-batas konsistensi atau batas-batas Atterberg (yang mana diambil dari nama peneliti pertamanya yaitu A. Atterberg pada tahun 1913).



Gambar 1 Batas- Batas Konsistensi Tanah.

Bila pada tanah yang berada pada kondisi cair (titik P) kemudian kadar airnya berkurang hingga titik Q, maka tanah menjadi lebih kaku dan tidak lagi mengalir seperti cairan. Kadar air pada titik Q ini disebut dengan batas cair (*liquid limit*) yang disimbolkan dengan LL. Bila tanah terus menjadi kering hingga titik R, tanah yang dibentuk mulai mengalami retak-retak yang mana kadar air pada batas ini disebut dengan batas plastis (*plastic limit*), PL. Rentang kadar air dimana tanah berada

dalam kondisi plastis, antara titik Q dan R, disebut dengan indeks plastisitas (*plasticity index*), PI. Jika kadar air tanah terus berkurang hingga ke titik S, tanah menjadi kering dan berada dalam kondisi padat. Dalam kondisi ini, berkurangnya kadar air tidak menyebabkan terjadinya perubahan volume. Kadar air yang mana tanah berubah dari kondisi agak padat menjadi padat dinamakan dengan batas susut (*shrinkage limit*), SL. Batas cair ini merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kembang-susut tanah.

5. Indeks Plastisitas Pada Beberapa Jenis Tanah

Aktivitas tanah berhubungan dengan indeks plastisitas (IP) dan jumlah prosentase lempung atau mineral tanah halus berukuran kurang dari $2 \mu m$. Angka aktivitas tanah lempung adalah perbandingan dari indeks plastisitas dengan lempung (Skempton, 1953). Hubungan antara Indeks Plastisitas dengan beberapa jenis tanah dapat dilihat dari tabel 2 berikut

Tabel 2 Hubungan Indeks Plastisitas Dengan Beberapa Jenis Tanah,
(Skempton,1953)

Jenis Tanah	Indeks Plastisitas	Tingkat plastisitas	Tanah Kohesi
Pasir	$IP = 0$	Tidak berplastisitas	Non Kohesif
Lanau	$0 < IP \leq 7$	Berplastisitas rendah	Kohesi Sebagian
Lempung berlanau	$7 < IP \leq 17$	Berplastisitas sedang	Kohesif
Lempung	$IP > 17$	Berplastisitas tinggi	Kohesif

6. Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah dapat didefinisikan sebagai tahanan maksimum dari tanah terhadap tegangan geser dibawah suatu kondisi yang diberikan. Kondisi yang diberikan adalah jika tanah mengalami tekanan akibat dari beban diatasnya, tekanan

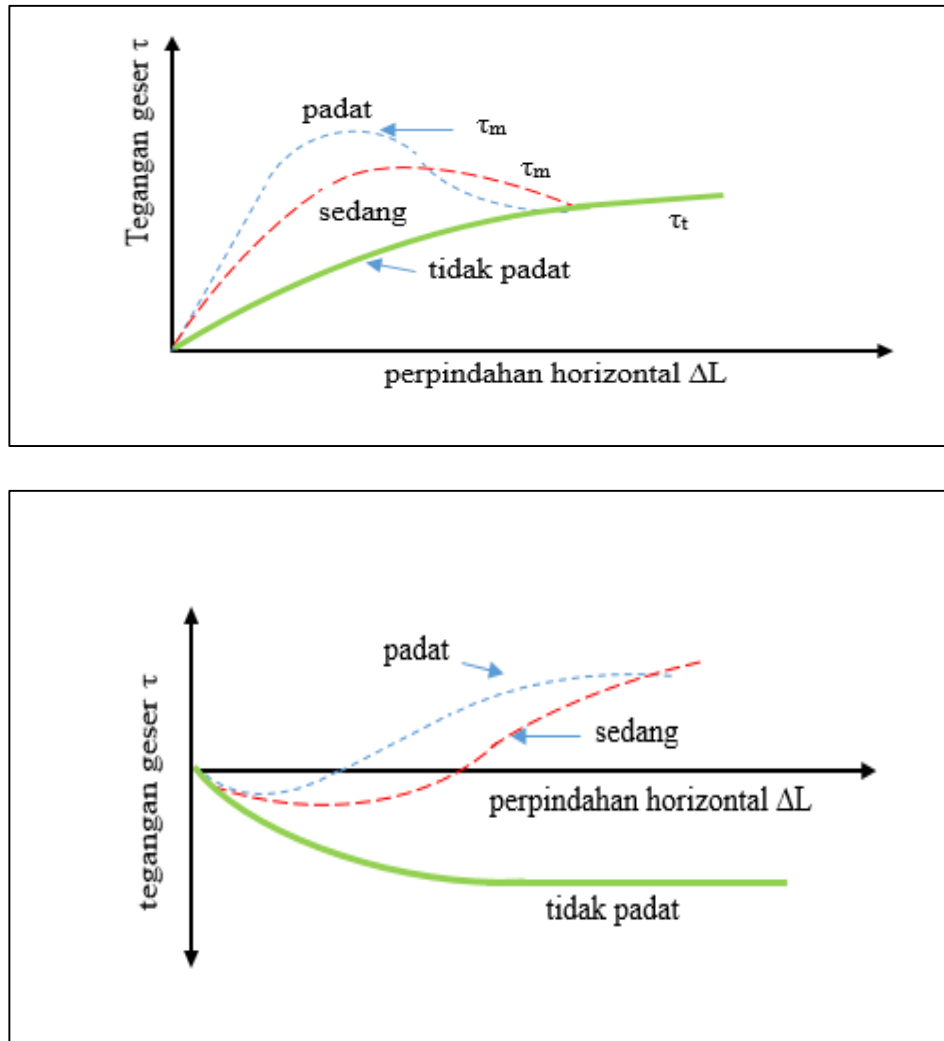
yang terjadi mempunyai hubungan dengan sifat-sifat drainase (Afriani L., 2014). Kekuatan geser (*shear strength*) tanah merupakan gaya tahanan internal yang bekerja per satuan luas masa tanah untuk menahan keruntuhan atau kegagalan sepanjang bidang runtuh dalam masa tanah tersebut. Pemahaman terhadap proses dari perlawanan geser sangat diperlukan untuk analisis stabilitas tanah seperti kuat dukung, stabilitas lereng, tekanan tanah lateral pada struktur penahan tanah.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis antara lain:

- Kapasitas dukung tanah
- Stabilitas lereng
- Gaya dorong pada dinding penahan

a. Kuat Geser Tanah Pasir

Uji geser langsung menghasilkan salah satu parameter yang disebut dengan kuat geser tanah. Pada pengujian ini kelebihan tekanan air pori akibat beban yang bekerja diatas tanah pasir dalam kondisi jenuh adalah nol. Kondisi jenuh tersebut disebabkan tanah pasir mempunyai permeabilitas besar, sehingga pada kenaikan beban, air pori relatif cepat menghambur keluar tanpa menimbulkan tekanan yang berarti. Gambar 2 menjelaskan kondisi hasil uji geser langsung pada tanah pasir.



Gambar 2 Hubungan Kepadatan Tanah, Perubahan Volume dan Perpindahan Pada Uji Geser Langsung pada Tanah Pasir, (Das, Braja M., 1985).

Pada pasir padat (Gambar 2) butiran berhubungan saling mengunci satu sama lain dan rapat. Sebelum kegagalan geser terjadi, hubungan yang saling mengunci ini menambah perlawanan gesek pada bidang geser. Setelah tegangan puncak tercapai pada nilai ΔL yang rendah, tingkat penguncian antar butirnya turun dan tegangan geser selanjutnya berkurang. Pengurangan tingkat penguncian antar butir menghasilkan penambahan volume contoh benda uji selama geseran berlangsung. Kadang-kadang benda uji menjadi cukup mengembang sehingga meluap dari tempatnya. Pada kondisi ini tegangan geser menjadi konstan, yaitu pada nilai

tegangan batasnya. Derajat hubungan saling mengunci antar butiran akan sangat besar pada tanah pasir yang bergradasi baik dengan bentuk butiran yang bersudut. Dalam keadaan ini pasir mempunyai kuat geser yang tinggi. Pada pasir yang tidak padat (lepas), derajat penguncian antar butir kecil, sehingga kenaikan tegangan geser secara berangsur-angsur akan menghasilkan suatu nilai yang menuju nilai tegangan batas, dengan tidak ada nilai tegangan geser puncak. Tiap kenaikan tegangan geser, akan diikuti oleh pengurangan volume benda uji. Pada tegangan vertikal dan tegangan sel yang sama, nilai tegangan geser batas dan angka pori untuk pasir tidak padat dan pasir padat mendekati sama. Tabel 3 menunjukkan besar sudut geser dalam pada beberapa tanah pasir. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah pasir, adalah:

- Ukuran butiran
- Air yang terdapat diantara butiran
- Kekasaran permukaan
- Angkapori (e) atau kerapatan relatif (D_r)
- Distribusi ukuran butiran
- Bentuk butiran
- Sejarah tegangan yang pernah dialami (*overconsolidation*)

Tabel 3 Nilai Tipikal Sudut Geser Dalam (ϕ) Pada Tanah Pasir, (Lambe, W., 1969)

Macam	Sudut gesek dalam (ϕ)	
	Tidak padat	Padat
Pasir Bulat, seragam	27°	35°
Pasir Gradasi Baik, bentuk bersudut	33°	45°
Kerikil Berpasir	35°	50°
Pasir Berlanau	27°- 30°	30°-34°

7. Kohesi Tanah (c)

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Gravitasi listrik dan sifat- sifat dari air yang diserap pada permukaan partikel lempung menyebabkan tanah memiliki sifat kohesif. Bersama dengan sudut geser tanah, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah. Deformasi dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Tabel 4 Menunjukkan beberapa nilai kohesi pada berbagai jenis tanah.

Tabel 4 Nilai Kohesi Beberapa Jenis Tanah

Deskripsi Tanah	USCS	kohesi [kPa]		Nilai spesifik	Sumber
Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, dengan sedikit bahan pengisi	SW	-	-	0	[1],[2], [3],
Pasir bergradasi buruk, kerikil berpasir	SP	-	-	0	[1],[2], [3],
Pasir berlanau	SM	-	-	22	[1],
Pasir berlanau – jenuh dipadatkan	SM	-	-	50	[3],
Pasir kelanauan – dipadatkan	SM	-	-	20	[3],
Pasir berlempung	SC	-	-	5	[1],
Pasir berlempung – dengan pemadatan	SC	-	-	74	[3],
Pasir berlempung – dipadatkan, jenuh	SC	-	-	11	[3],
Pasir berlempung gemuk, lempung gemuk berpasir – dipadatkan	SM, SC	50	75		[2],
Pasir berlempung gemuk, – kondisi jenuh	SM, SC	10	20		[2],
Pasir lempung kelanauan dengan plastisitas rendah – dengan pemadatan	SM, SC	-	-	50	[3],

Tabel 4 (lanjutan)

Pasir lempung kelanauan dengan plastisitas rendah – jenuh , dipadatkan	SM, SC	-	-	14	[3],
Lempung anorganik, lempung kelanauan, lempung kepasiran dengan plastisitas rendah	CL	-	-	4	[1],
Lempung anorganik, lempung kelanauan, lempung kepasiran dengan plastisitas rendah – dipadatkan	CL	-	-	86	[3],
Lempung anorganik, lempung kelanauan, lempung kepasiran dengan plastisitas rendah – jenuh, dipadatkan	CL	-	-	13	[3],
Lempung anorganik berplastisitas tinggi	CH	-	-	25	[1],
Lempung anorganik berplastisitas tinggi - dipadatkan	CH	-	-	103	[3],

Sumber :

1. *Swiss Standard SN 670 010b, Characteristic Coefficients of soils, Association of Swiss Road and Traffic Engineers*
2. *Minnesota Department of Transportation, Pavement Design, 2007*
3. *NAVFAC Design Manual 7.2 - Foundations and Earth Structures, SN 0525-LP-300-7071, Revalidated By Change 1 September 1986*

B. Landasan Teori

1. Analisis Perhitungan Kuat Geser Langsung

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis- analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara

tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya dinyatakan oleh persamaan :

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots\dots(5)$$

Garis kegagalan yang didefinisikan pada persamaan (5) adalah kurva yang ditunjukkan pada Gambar 4. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang gesernya
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Columb (1776) mendefinisikan (τ) sebagai

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi \dots\dots\dots(6)$$

τ = kuat geser tanah (kg/cm^2)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kg/cm^2)

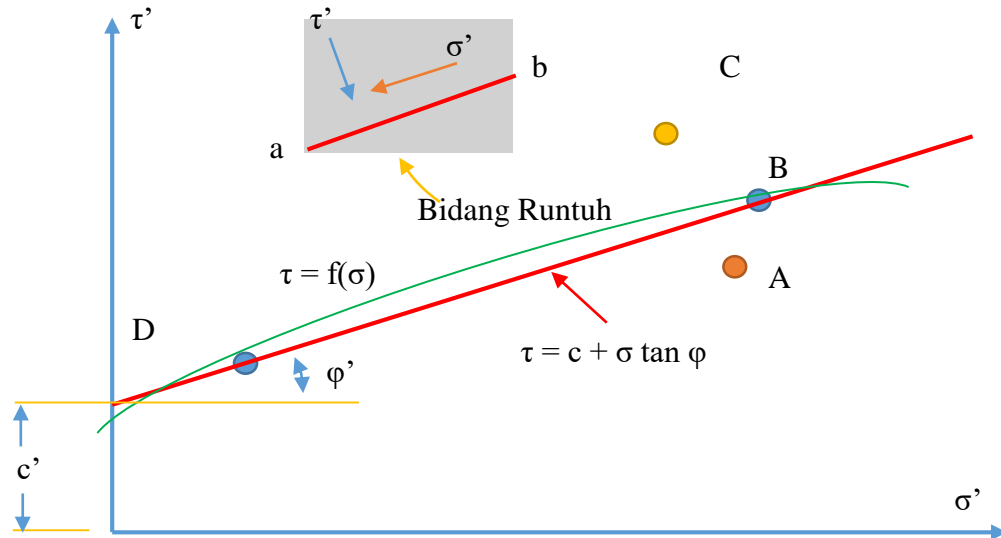
c = kohesi tanah (kg/cm^2)

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

Persamaan (6) disebut kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, dimana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam bentuk garis lurus pada Gambar 3.

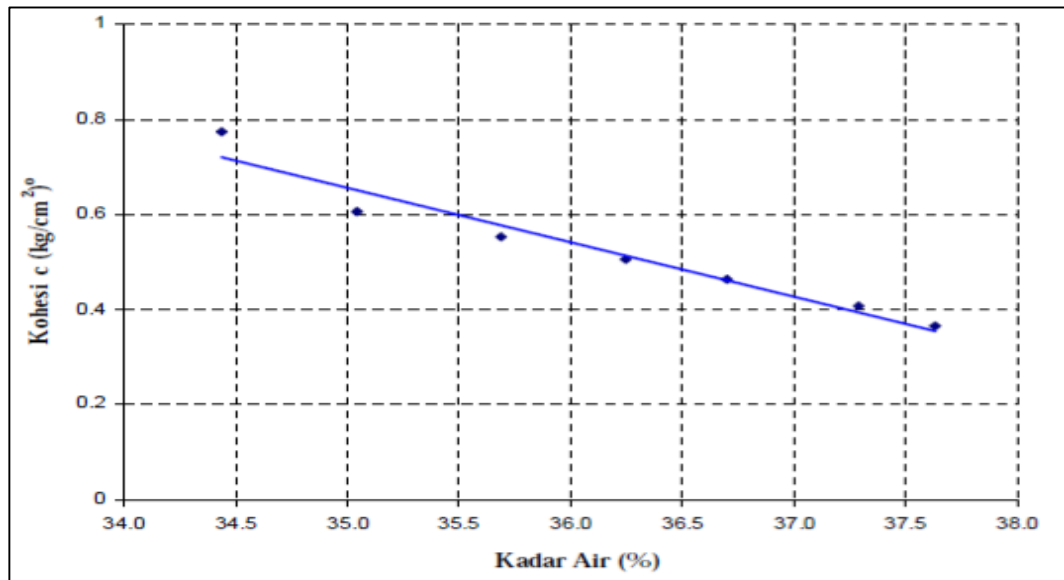
Jika τ dan σ pada bidang runtuh ab mencapai titik A, keruntuhan geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi, jika τ dan σ pada bidang runtuh ab mencapai

titik B dalam kurva selubung keruntuhan. Keadaan tegangan pada titik C tidak akan pernah terjadi, sebab keruntuhan telah terjadi sebelum mencapai tegangan tersebut



Gambar 3 Kriteria Keruntuhan Mohr dan Coulomb.

C. Penelitian Terdahulu



Gambar 4 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Nilai Kohesi (C) Tanah Lempung yang Dipadatkan Secara Standar (Munawir A., Indrawahyuni H., dan Haryani E., 2008).

Penelitian yang dilakukan oleh As'ad Munawir, Herlin Indrawahyuni dan Elly Romy Haryani pada tahun 2008 yang berjudul “Pengaruh Kadar Air Terhadap

Perilaku Modulus Deformasi Tanah Lempung Di Kawasan Universitas Brawijaya Malang Yang Dipadatkan Secara Standar” menunjukkan bahwa peningkatan kadar air pada tanah pada saat pemadatan tanah lempung menyebabkan menurunnya nilai kohesi tanah (c). Pada penelitian tersebut didapat bahwa dengan kenaikan kadar air dari 34,44 % sampai dengan 37,63 % mengakibatkan turunnya nilai kohesi tanah dari 0,775 sampai 0,367. Penurunan nilai kohesi tersebut disebabkan oleh adanya pergerakan partikel-partikel tanah yang saling menjauh satu sama lain akibat pori-pori tanah terisi oleh air sehingga ikatan antar butiran tanah melemah.

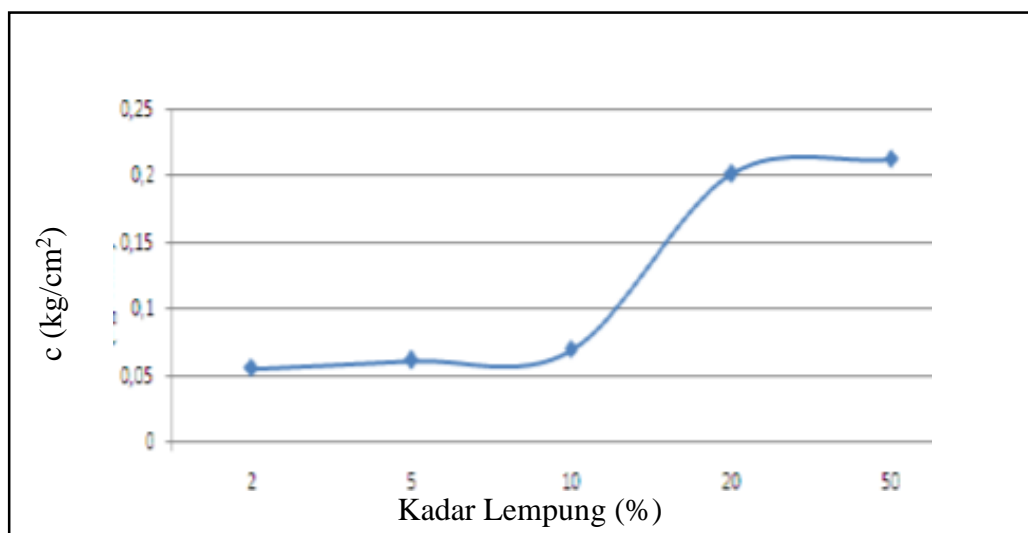
Tabel 4 Rekapitulasi Nilai-Nilai Fisik, Kohesi Dan Sudut Geser Tanah Lempung Pasir (Hugroho A., Azmy Z. dan Safitri R., 2011

Prosentase (%)		Gs	Atterberg Limits (%)			Triaksial		Geser Langsung	
clay	sand		LL	PL	IP	c (kPa)	ϕ ($^{\circ}$)	c (kPa)	ϕ ($^{\circ}$)
0	100	2,664	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5,00	31,63
30	70	2,666	18,93	15,12	3,81	7,27	8,34	4,47	20,62
35	65	2,673	20,50	16,75	3,75	7,92	7,35	5,47	14,62
40	60	2,677	23,77	18,33	5,44	8,66	7,04	4,63	13,69
45	55	2,681	29,21	19,50	9,71	11,22	6,86	6,94	13,35
50	50	2,685	30,65	20,25	10,40	9,80	6,41	5,58	13,09
55	45	2,689	35,25	24,52	10,73	13,35	6,06	6,63	12,41
60	40	2,692	37,17	26,47	10,70	14,28	5,89	5,79	10,63
65	35	2,695	39,60	27,35	12,25	14,76	6,25	6,57	9,99
70	30	2,699	46,21	30,75	15,46	13,87	3,81	5,05	8,16
100	0	2,727	49,78	28,02	21,76	18,88	13,14	N/A	N/A

Penelitian yang dilakukan oleh Agus Hugroho, Zul Azmy dan Rapida Safitri pada tahun 2011 yang berjudul “Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Uji Geser Langsung Dan Uji Triaxial Pada Campuran Tanah Lempung Pasir” menunjukkan bahwa kadar air pada kondisi *Liquid Limit* (LL) dan *Plastic Limit* bertambah seiring dengan pertambahan fraksi lempung, selain itu besar sudut geser internal tanah (ϕ) semakin mengecil dengan membesarnya nilai prosentase tanah lempung. Pada

penelitian ini menunjukkan bahwa kenaikan fraksi lempung pada prosentase 30 % sampai dengan 70 % berpengaruh pada penurunan sudut gesek. Hal ini diakibatkan oleh ukuran butiran fraksi kasar yang menurun mengakibatkan friksi tanah semakin menurun.

Penelitian yang dilakukan oleh Abdul Hakam, Rina Yuliet dan Rahmat Dona pada tahun 2010 yang berjudul “Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung Pada Tanah Pasir Pantai Terhadap Kekuatan Geser Tanah” menyimpulkan bahwa semakin padat massa tanah maka semakin besar sudut geser tanah, dan sebaliknya semakin lepas massa tanah maka sudut geser semakin menurun. Selain itu disimpulkan bahwa semakin besar penambahan kadar lempung maka kohesi tanah semakin meningkat, sementara sudut geser akan semakin menurun. Hal tersebut ditunjukkan pada penambahan kadar lempung sampai 50 % dari total tanah asli.



Gambar 5 Hubungan Kohesi Tanah dan Kadar Lempung Pada Tanah Pasir Pantai, (Hakam A., Yuliet, R. dan Dona R., 2010).

III. METODE PENELITIAN

A. Sampel Tanah

Sampel tanah yang diuji menggunakan material pasir yang disubstitusi dengan tanah lempung. Sampel tanah lempung yang digunakan dari desa Belimbing sari kec. Jabung, Lampung Timur dengan titik koordinat $105^{\circ} 39' 10.74''\text{T}$ dan $5^{\circ} 31' 44.26''\text{S}$. Sedangkan pasir yang digunakan sebagai bahan substitusi pada penelitian ini yaitu pasir dari daerah Gunung Sugih.

1. Tanah Asli (*Undisturbed Soil*)

Untuk contoh tanah asli (*undisturb*) diambil dari kedalaman kira – kira 50 cm di bawah permukaan tanah guna menghilangkan sisa – sisa kotoran tanah. Contoh tanah asli dapat diambil dengan memakai tabung contoh (*samples tubes*). Tabung contoh ini dimasukkan ke dalam dasar lubang bor. Tabung-tabung contoh yang biasanya dipakai memiliki diameter 6 sampai dengan 7 cm

2. Tanah Terganggu (*Disturbed Soil*)

Tanah terganggu adalah tanah yang mengalami tekanan atau gaya. Tanah terganggu merupakan tanah yang dijadikan sebagai sampel utama dalam penelitian ini. Pada pengambilan sampel tanah terganggu, tanah diambil dari lokasi dengan alat-alat

bantu cangkul dan sekop kemudian tanah yang sudah terkumpul dimasukkan kedalam karung untuk dibawa ke laboratorium.

3. Pencampuran Sampel

Sebelum pengujian utama yakni pengujian analisa saringan, batas Atterberg, *Direct Shear* terendam dan tidak terendam. Metode pencampuran antara pasir dan lempung menggunakan beberapa alat yakni, pan besar, *spoon*, dan saringan No. 40.

Prosedur pencampuran sampel dimulai dengan :

1. menyaring sampel lempung dan pasir dengan saringan No. 40
2. menyiapkan sampel yang lolos saringan No. 40 sebanyak 2500 gram untuk lempung dan pasir sebanyak 2500 gram untuk masing- masing variasi
3. mencampur pasir dan lempung sesuai dengan fraksi sampel didalam pan besar
4. mengaduk sampel dalam dan mencampurkan air sesuai kadar air optimum per variasi
5. sampel ditimbang dengan fraksi sampel masing-masing
6. memasukkan sampel kedalam wadah kedap udara (*plastic sheet*) dan menunggu selama 24 jam. Hal ini bertujuan agar kadar air merata dalam sampel.

B. Pelaksanaan Pengujian di Laboratorium

1. Pengujian Kadar Air

Tujuan dari pengujian kadar air adalah untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan berat air dalam tanah dengan berat butiran tanah (berat tanah kering). Pengujian ini akan dilakukan pada pasir dan lempung tanpa substitusi sebanyak tiga sampel, dan pada pasir yang disubstitusi

dengan lempung 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% masing - masing satu sampel. Pengujian berdasarkan ASTM D 2216-98.

2. Pengujian Berat Volume

Tujuan dari pengujian berat volume adalah untuk menentukan berat volume tanah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*) yang didefinisikan sebagai perbandingan berat tanah dengan volume tanah. Pengujian ini akan dilakukan pada tanah tanpa campuran lempung sebanyak tiga sampel. Pengujian didasarkan pada ASTM D-2167.

3. Pengujian Berat Jenis

Tujuan pengujian berat jenis adalah untuk menentukan kepadatan massa tanah secara rata- rata yaitu dengan cara membandingkan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini akan dilakukan pada tanah tanpa campuran lempung sebanyak dua sampel, dan pada pasir yang di campur dengan lempung 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% masing - masing satu sampel. Pengujian ini didasarkan ASTM D 854-02.

4. Pengujian Batas Atterberg

Pengujian ini akan dilakukan pada tanah tanpa campuran lempung sebanyak tiga sampel, dan pada pasir akan dicampur dengan lempung, dengan persentase campuran yaitu 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% masing – masing campuran terdiri dari satu sampel.

5. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair, pengujian ini berdasarkan ASTM D-4318.

6. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Pelaksanaan percobaan ini mengacu pada ATSM D-4318.

7. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan hydrometer bertujuan untuk menentukan pembagian ukuran butiran dari tanah yang lolos saringan No. 10. Pengujian berdasarkan ASTM D-422.

8. Pengujian Hidrometer

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah untuk tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan no. 10 (tidak ada butiran yang lebih besar dari 2 mm). Pemeriksaan dilakukan dengan analisa sedimen dengan hidrometer.

9. Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk memperoleh tahanan geser tanah pada tegangan normal tertentu. Tujuannya adalah untuk mendapatkan kuat geser tanah. Kondisi pengujian dibedakan menjadi dua yakni kondisi terendam (*soaked*) dan tidak terendam. Dalam pengujian ini pasir akan disubstitusi dengan lempung, dengan

persentase lempung yaitu 0%, 10% lempung, 20% lempung, 30% lempung, 40% lempung dan 50% lempung masing – masing campuran terdiri dari tiga sampel.

a. Bahan-bahan:

Sampel pasir yang dicampur dengan tanah lempung.

b. Alat-alat yang digunakan:

- 1) Kotak Geser (*Shear box*).
- 2) Proving *ring*
- 3) Ekstruder (alat untuk mengeluarkan sampel)
- 4) Dial pergeseran
- 5) Beban konsolidasi
- 6) Ring untuk mengambil dan mencetak contoh tanah dari tabung sampel
- 7) Timbangan
- 8) *Stopwatch*.

c. Rangkaian kerja:

- 1) Mengeluarkan cetakan benda uji dengan menekan sampel tanah, sehingga cetakan terisi penuh dengan sampel tanah
- 2) Memotong dan meratakan kedua permukaan benda uji dengan pisau pemotong.
- 3) Menimbang benda uji
- 4) Mengeluarkan benda uji dari cetakan
- 5) Memasukkan benda uji kedalam cincin geser yang masih terkunci dan menutup kedua cincin geser sehingga menjadi satu bagian, posisi satu benda uji (sampel tanah) berada diantara dua batu pori dan kertas saring
- 6) Mengatur stang penekan dalam posisi vertikal dan tepat menyentuh bidang penekan

- 7) Memutar engkol pendorong sampai tepat menyentuh stang penggeser benda uji
(*dial proving* tepat mulai bergerak)
- 8) Membuka kunci cincin geser
- 9) Memberikan beban pertama dan mengisi *shear box* dengan air sampai penuh sehingga benda uji terendam
- 10) Memutar engkol pendorong dengan konstan dan stabil perlahan – lahan sambil melihat dial pergeseran
- 11) Setelah pembacaan *proving ring* maksimum dan mulai menurun dua atau tiga kali pembacaan, maka percobaan dihentikan.

d. Kodefikasi

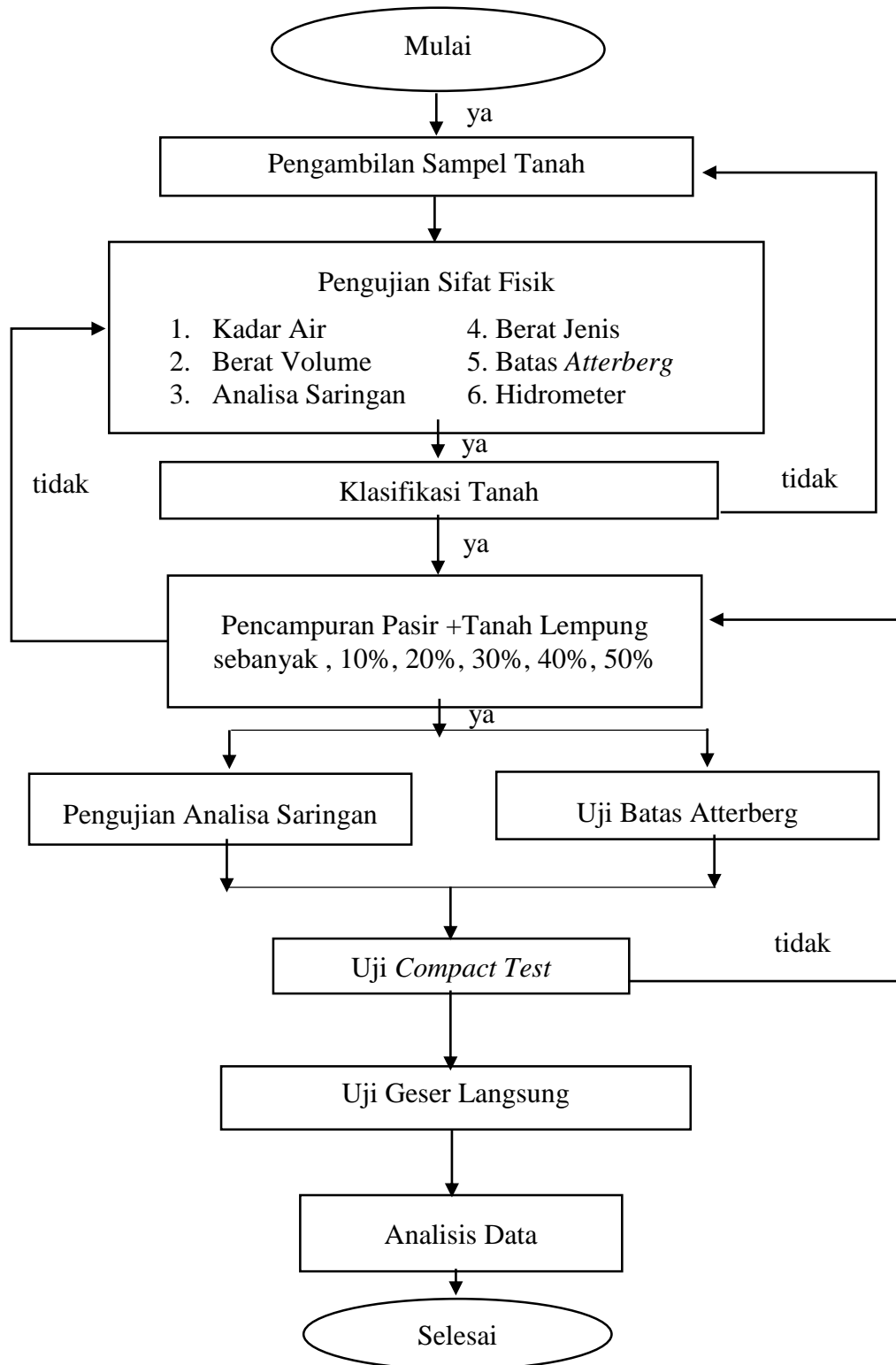
Percobaan ini di lakukan dengan enam sampel tanah, yang ditulis dengan sampel A, B, C, D, E dan F. Hal ini dilakukan untuk memperoleh ketelitian dan keakuratan data dari masing-masing percobaan. Percobaan yang dilakukan menggunakan pasir yang dicampur dengan lempung sebanyak 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Dari enam sampel tersebut akan dilakukan percobaan kuat geser langsung sehingga didapatkan nilai tegangan normal dan tegangan geser dan ditulis dalam bentuk tabel. Kodefikasi sampel adalah :

- A : Pasir tanpa substitusi lempung
- B : pasir dengan substitusi lempung 10%
- C : Pasir dengan substitusi lempung 20%
- D : Pasir dengan substitusi lempung 30%
- E : Pasir dengan substitusi lempung 40%
- F : Pasir dengan substitusi lempung 50%

Dengan menggunakan teori perhitungan kuat geser nilai tegangan dan regangan tersebut akan didapat nilai kuat geser langsung dari masing-masing sampel tanah, yang ditulis dalam tabel.

C. Analisis Data

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium, kemudian dilakukan analisa untuk masing-masing pengujian sehingga didapatkan sifat fisik dan mekanik untuk tiap sample tanah.



Gambar 6 Bagan Alir Penelitian.

V. PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan sistem USCS maka tanah pasir Gunung Sugih termasuk kedalam tanah berbutir kasar dan diigolongkan kedalam kelompok *Poor Sand* (SP).
2. Tanah lempung yang digunakan sebagai sampel penelitian berasal dari Daerah Rawa Sragi, Desa Belimbing Sari Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur termasuk dalam kategori tanah lempung lunak plastisitas tinggi (CH).
3. Dari hasil pengujian pemadatan standar untuk masing-masing sampel disimpulkan bahwa semakin besar persentase lempung pada sampel maka persentase kadar air optimum akan semakin meningkat.
4. Dari hasil pengujian geser langsung yang dilakukan di laboratorium disimpulkan bahwa penambahan kadar lempung menunjukkan peningkatan nilai kohesi namun sudut geser semakin menurun.
5. Dari hasil pengujian geser langsung kondisi *soaked* (perendaman 4 hari) menyimpulkan menurunnya nilai kohesi (c) turun dan sudut geser (ϕ) dipengaruhi juga oleh faktor perendaman.

6. Hasil pengujian batas-batas Atterberg menyimpulkan bahwa semakin meningkatnya nilai indeks plastisitas diikuti kenaikan nilai kohesi tanah, namun nilai kuat geser semakin menurun.
7. Hasil pengujian batas Atterberg menunjukkan bahwa substitusi lempung hingga 20% dari total berat sampel tidak memiliki indeks plastisitas.
8. Pada persentase substitusi lempung 35% dari total fraksi menunjukkan nilai PI yang baik untuk karakteristik tanah timbunan ($PI < 11$).
9. Korelasi antara uji geser langsung dengan indeks plastisitas terhadap sifat fisik tanah lempung regresi linier tersebut diperoleh korelasi yang sangat kuat (0,8 – 1) dengan batasan tanah yang digunakan adalah pasir yang telah disubstitusi lempung dari 0 % – 50%.
10. Nilai korelasi yang cukup kuat dari hasil SPSS tidak selalu memberikan prediksi nilai yang kuat pula. *Predicted value* dipengaruhi oleh besaran nilai standar residual.

B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan persentase campuran antara pasir dan lempung yang lebih rinci agar didapat perbandingan yang lebih baik.
2. Untuk penelitian ke depannya disarankan untuk menambah variasi dan jumlah sampel campuran antara pasir dengan jenis tanah yang berbeda agar mendapatkan formula yang lebih lengkap untuk jenis tanah dengan sifat fisik dan mekanis yang berbeda.

3. Penelitian selanjutnya perlu melihat besaran nilai indeks plastisitas pada persentase lempung 20% sampai dengan 30%. Agar mengetahui nilai spesifik campuran pasir dan lempung yang memiliki nilai indeks plastisitas.
4. Penelitian selanjutnya disarankan melihat pengaruh lama perendaman pada sampel tanah pasir berlempung.
5. Agar lebih teliti pada saat pembuatan sampel dan pada saat pembacaan dial supaya didapat hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, I. 2008. *Penuntun Praktikum Mekanika Tanah*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Afriani, L. 2014. *Kuat Geser Tanah*. Bandar Lampung: Graha Ilmu.
- Das, B. M. 2008. *Advanced Soil Mechanics*. London: Taylor Francis.
- Soedarmo, D. dan Purnomo, E. 1993. *Mekanika Tanah I*. Malang: Kanisius.
- Geotechdata.info.2013.cohesion.www.geotechdata.info:<http://www.geotechdata.info/parameter/cohesion.html>
- geotechnicalinfo.com. 2012. *cohesion of soil*. www.geotechnicalinfo.com:<http://www.geotechnicalinfo.com>
- Hakam, A. 2010. Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung Pada Tanah Pasir Pantai Terhadap Kekuatan Geser Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 23.
- Holtz, W.D. dan Gibbs, H.J. 1956. *Engineering Properties of Expansive Clay Transactions*. ASCE.
- Smith, M. dan Madyayanti, E. 1984. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Munawir, A. 2008. Pengaruh Kadar Air Terhadap Perilaku Modulus Deformasi Tanah Lempung Di Kawasan Universitas Brawijaya Malang yang Dipadatkan Secara Standar. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13.
- Nugroho, S. A. 2011. Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Uji Geser Langsung Dan Uji Triaxial Tanah Lempung Pasir. *Jurnal Sains dan Teknologi* , 24.
- Sosdarsono, E. dan Nakazawa, K. 2000. *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

LAMPIRAN