

KORELASI PARAMETER KEKUATAN GESER TANAH DENGAN MENGGUNAKAN UJI TRIAKSIAL DAN UJI GESER LANGSUNG PADA TANAH LEMPUNG SUBSTITUSI PASIR

Syahreza Nurdian¹⁾
Setyanto²⁾
Lusmeilia Afriani³⁾

Abstract

This study aims to get the relationship (correlation) between the shear strength parameters obtained from unconsolidated undrained triaxial test and direct shear test. The test results were analyzed using multiple linear regression analysis between the results of unconsolidated undrained triaxial tests, the results of direct shear test, and physical properties of the soil mixture to obtain a simple equation to estimate the shear strength parameters based on the results of unconsolidated undrained triaxial test, results of direct shear test, and physical properties of the mixed soil.

By using multiple linear regression analysis, correlation shear strength parameters (c and ϕ) between the results of triaxial, direct shear test, and physical properties of soil tests is obtained. The Cohesion value of triaxial test results are bigger 1.1 to 1.3 kg/cm² than the value of cohesion direct shear test for wet conditions with an average difference of 1,26kg /cm² and 0.7 – 0,9kg/cm² for dry conditions with average differences 0,892kg/cm². While the value of the angle of internal friction of direct shear test results for wet conditions are bigger 24° - 42° than the angle of internal friction of triaxial test with average differences 35,138° and for dry conditions is bigger 1,7-19,7° than the angle of internal friction of triaxial test with an average difference of 11,56°.

Keywords: triaxial, direct shear, correlation, shear strength

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hubungan (korelasi) antara parameter kuat geser tanah yang dihasilkan dari pengujian *Triaksial Unconsolidated Undrained* dan pengujian kuat geser langsung. Hasil pengujian dianalisis dengan menggunakan analisis regresi linier berganda antara hasil pengujian *Triaksial Unconsolidated Undrained*, hasil pengujian kuat geser langsung, dan sifat fisis tanah campuran sehingga didapatkan persamaan sederhana untuk memperkirakan parameter kuat geser tanah berdasarkan hasil pengujian *Triaksial Unconsolidated Undrained*, hasil pengujian kuat geser langsung, dan sifat fisis tanah campuran.

Dengan menggunakan analisis regresi linier berganda, didapatkan korelasi parameter kuat geser (c dan ϕ) antara hasil pengujian triaksial, pengujian geser langsung, dan sifat-sifat fisik tanah. Nilai kohesi hasil pengujian triaksial lebih besar 1,1 – 1,3kg/cm² daripada nilai kohesi uji geser langsung untuk kondisi basah dengan selisih rata-rata 1,26kg/cm² dan 0,7 – 0,9kg/cm² untuk kondisi kering dengan selisih rata-rata 0,892kg/cm². Sedangkan nilai sudut geser hasil pengujian geser langsung untuk kondisi basah lebih besar 24° – 42° daripada sudut geser uji triaksial dengan selisih rata-rata 35,138° dan untuk kondisi kering lebih besar 1,7° – 19,7° daripada sudut geser uji triaksial dengan selisih rata-rata 11,56°.

Kata kunci : triaksial, geser langsung, korelasi, kuat geser

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145 surel: syahrezanurdian@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel : lusmeilia.afriani@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Hampir semua bangunan sipil selalu berhubungan dengan tanah karena tanah digunakan sebagai tempat bangunan tersebut berdiri, sehingga keamanan dan kenyamanan bangunan yang berdiri di atasnya tergantung pada kekuatan tanah dibawahnya. Dalam hal ini, tanah berfungsi sebagai penahan beban akibat konstruksi di atas tanah yang harus bisa memikul seluruh beban bangunan dan beban lainnya yang turut diperhitungkan, kemudian dapat meneruskannya ke dalam tanah sampai kelapisan atau kedalaman tertentu. Untuk mencapai suatu kondisi tanah yang memungkinkan untuk menahan beban akibat konstruksi di atasnya, maka diperlukan perencanaan yang matang.

Dari tahun ke tahun ketersediaan lahan untuk pembangunan fasilitas yang diperlukan manusia semakin terbatas yang mengakibatkan tidak dapat dihindarinya pembangunan di atas tanah lempung. Secara umum tanah lempung adalah suatu jenis tanah kohesif yang mempunyai sifat yang sangat kurang menguntungkan dalam konstruksi teknik sipil yaitu kuat geser rendah dan kompresibilitasnya yang besar. Kuat geser yang rendah mengakibatkan terbatasnya beban (beban sementara ataupun beban tetap) yang dapat bekerja di atasnya sedangkan kompresibilitasnya yang besar mengakibatkan terjadinya penurunan setelah pembangunan selesai.

Berbeda dengan material konstruksi lainnya, kekuatan geser tanah bukanlah suatu nilai yang tetap. Kekuatan geser tanah adalah kekuatan tanah untuk memikul beban-beban atau gaya yang dapat menyebabkan kelongsoran, keruntuhan, gelincir, dan pergeseran tanah. Kemampuan tanah dalam menahan tegangan yang mengakibatkan pergeseran pada tanah dipengaruhi oleh banyak faktor. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah derajat kejenuhan, kandungan mineral yang terdapat pada tanah tersebut dan juga metode pengujian yang dilakukan.

Percobaan triaksial merupakan metode yang paling umum dipakai karena menghasilkan data yang akurat tetapi membutuhkan waktu yang relatif lebih lama. Sedangkan uji kuat geser langsung merupakan pengujian yang paling mudah dan sederhana tapi tegangan yang timbul dari bidang gesek sangat kompleks. Untuk itu dilakukan pengujian untuk mendapatkan hubungan (parameter korelasi) antara hasil pengujian *Triaksial Unconsolidated Undrained* dan hasil pengujian kuat geser langsung.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan geser lapis tanah pada tanah lempung berplastisitas tinggi dengan menggunakan pengujian *Triaxial Unconsolidated Undrained* dan pengujian kuat geser langsung. Selain itu, juga untuk membandingkan perilaku kekuatan geser tanah hasil uji *Triaxial Unconsolidated Undrained* dan uji kuat geser langsung dan mendapatkan hubungan (parameter korelasi) antara hasil pengujian *Triaksial Unconsolidated Undrained* dan hasil pengujian kuat geser langsung.

Pada penelitian ini, lingkup pembahasan dan masalah yang akan dianalisis dibatasi, yaitu sampel tanah yang digunakan menggunakan tanah lempung yang diambil dari Desa Belimbing Sari, Lampung Timur. Pengujian yang dilakukan terhadap sampel tanah lempung yaitu pengujian sifat fisik tanah yang meliputi pengujian kadar air, pengujian berat volume, pengujian batas *atterberg*, pengujian analisa saringan, dan pengujian hidrometer. Sedangkan pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan yaitu pengujian triaksial *unconsolidated undrained* yang menggunakan alat uji triaksial dan pengujian geser langsung yang menggunakan alat uji *direct shear*.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang perilaku dan sifat – sifat fisik dan mekanik tanah lempung. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan oleh pihak-pihak terkait maupun pihak perencana agar dapat dijadikan bahan masukan dalam perencanaan konstruksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

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

Tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat yang tidak terikat satu dengan yang lain yang diantara terdiri dari material organik, rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air. (Verhoef, 1994).

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

Tanah lempung terdiri dari berbagai golongan tekstur yang agak susah dicirikan secara umum. Sifat fisika tanah lempung umumnya terletak diantara sifat tanah pasir dan liat. Pengolahan tanah tidak terlampaui berat, sifat merembeskan airnya sedang dan tidak terlalu melekat.

2.1. Definisi Kuat Geser Tanah

Suatu beban yang dikerjakan pada suatu masa tanah akan selalu menghasilkan tegangan dengan intensitas yang berbeda – beda di dalam zona berbentuk bola lampu di bawah beban tersebut (Bowles, 1993).

Kuat geser tanah sebagai perlawanan internal tanah terhadap persatuan luas terhadap keruntuhan atau pengerasan sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud (Das, 1994).

2.2 Teori Kuat Geser Tanah

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

$$\tau = f(\sigma) \quad (1)$$

dimana :

τ = Tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan
 σ = Tegangan normal pada saat kondisi tersebut

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan (Hary Cristady, 2002). Coulomb (1776) mendefinisikan $f(\sigma)$ seperti pada persamaan sebagai berikut :

$$\tau = C + \sigma \operatorname{tg} \phi \quad (2)$$

Dimana :

τ = Kuat geser tanah (kN/m^2)

C = Kohesi tanah (kN/m^2)

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

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

2.3. Uji Triaksial (*Triaxial Test*)

Pengujian triaksial di lakukan terhadap sampel–sampel tanah berbentuk silinder yang dibungkus dengan membran yang fleksibel. Sebuah sampel dibuat terkekang oleh tekanan dengan menempatkannya dalam suatu ruangan tekanan. Kemudian diuji dengan menambah besarnya beban aksial sampai sampel tanah runtuh. Prosedur tersebut kemudian diulang terhadap sampel – sampel lainnya pada tekanan samping yang berbeda. Hasil pengujian diinterpretasikan pada penggambaran lingkaran Mohr bagi setiap sampel pada saat keruntuhan. Hal ini dapat dilakukan dengan menetapkan bahwa bidang horisontal dan vertikal adalah bidang – bidang utama di mana tegangan – tegangan utama adalah tekanan samping.

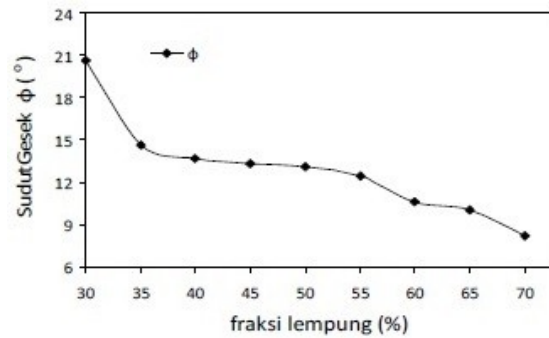
Didalam uji triaksial ada 3 tipe pengujian yang dapat dilakukan dan masing-masing memiliki tujuan yang berbeda. Uji triaksial dapat dilaksanakan dengan tiga cara, yaitu Uji triaksial *Unconsolidated–Undrained* (tak terkonsolidasi-tak terdrainase) (UU), uji triaksial *Consolidated–Undrained* (terkonsolidated – tak terdrainase) (CU), dan uji triaksial *Consolidated–Drained* (terkonsolidasi – terdrainase) (CD).

2.4. Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

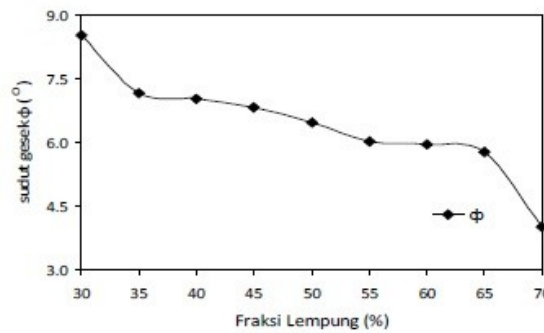
Uji geser langsung merupakan pengujian parameter kuat geser tanah yang paling mudah dan sederhana. Alat uji geser langsung dapat berbentuk lingkaran/bulat atau persegi panjang. Sebuah gaya normal P ditempatkan pada bagian atas kotak dan gaya horizontal F ditempatkan pada bidang horizontal. Akibat adanya beban vertikal dan horizontal yang bekerja pada alat akan menyebabkan terjadinya tegangan pada tanah. Tegangan tersebut berupa tegangan utama besar (*major principal stress*) dan tegangan utama kecil (*minor principal stress*) yang dapat menyebabkan tanah mengalami tegangan geser yang membentuk sudut terhadap bidang gesernya. Sedangkan tegangan utama sedang (*intermediate principal stress*) tetap bekerja merata disemua sisi tetapi tidak diperhitungkan karena tidak menyebabkan deformasi.

Uji geser dapat dikontrol tegangan ataupun regangannya. Dalam percobaan tegangan vertikal diatur sesuai kebutuhan dan rencana percobaan sementara gaya geser diterapkan secara bertahap sampai terjadinya keruntuhan pada tanah. Keruntuhan terjadi diseluruh permukaan bidang geser. Percobaan ini diulang dengan pembebanan atau tegangan vertikal bervariasi. Uji geser langsung biasanya dilakukan beberapa kali pada sebuah contoh tanah dengan nilai tegangan normal yang berbeda-beda (Feriyanayah, H. 2013).

Dari hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Rapida Safitri (2011) dengan judul Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Uji Geser Langsung dan Uji Triaksial pada Campuran Tanah Lempung Pasir diperoleh hasil pengujian kuat geser berupa sudut gesek internal tanah (ϕ) untuk tanah dengan campuran yang sama (lempung + pasir), terlihat bahwa hasil pengujian dengan alat uji geser langsung menghasilkan sudut gesek yang lebih besar dibandingkan bila diuji dengan alat uji triaksial, seperti yang terlihat pada gambar 1 dan gambar 2 dibawah ini.

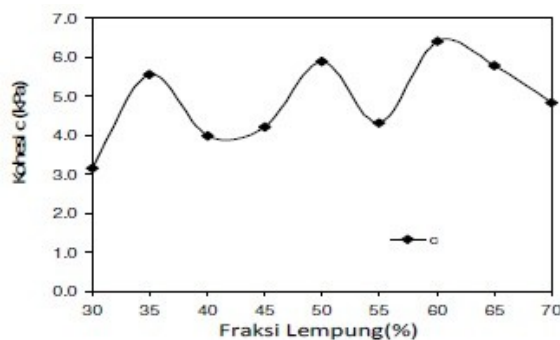


Gambar 1. Hasil uji *Direct Shear* untuk sudut gesek

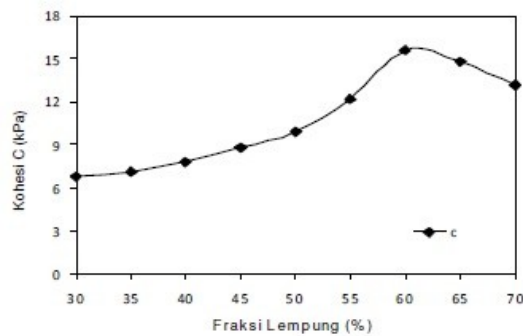


Gambar 2. Hasil uji Triaksial untuk sudut gesek

Nilai kohesi hasil pengujian geser langsung berbentuk fluktuatif (Gambar 3), kemungkinan disebabkan karena kecepatan pergeseran yang tidak konstan. Nilai kohesi hasil uji geser langsung, jika dilihat tren grafiknya cenderung naik seiring dengan bertambahnya prosentase lempung. Ini juga terjadi jika tanah diuji triaksial (Gambar 4). Nilai kohesi hasil pengujian kedua alat, menghasilkan nilai maksimum (c , ϕ) pada kadar/prosentase lempung 60% atau prosentase pasir berkisar 30% - 40%.



Gambar 3. Hasil uji *Direct Shear* untuk nilai kohesi



Gambar 4. Hasil uji Triaksial untuk nilai kohesi

Korelasi sudut gesek (ϕ) Triaksial, sudut gesek (ϕ) *Direct Shear*, dan Sifat Fisik Tanah didapat dengan menggunakan persamaan untuk memperkirakan nilai sudut gesek internal (ϕ) hasil pengujian Triaksial, *Direct Shear* dan Fraksi Lempungnya dapat ditentukan dengan mencari hubungan antara nilai ϕ_{TX} , ϕ_{DS} , dan Fraksi Lempung (Fc) dengan menggunakan analisis korelasi linier berganda (Supranto, 2004).

Korelasi antara parameter kuat geser (ϕ dan c) hasil pengujian triaksial dengan pengujian *Direct Shear* didapatkan dengan analisis regresi linier berganda. Nilai sudut gesek hasil pengujian triaksial lebih kecil 4 sampai 12 derajat dari nilai sudut gesek hasil pengujian *Direct Shear*, dengan selisih rata-rata 7 derajat. Sedangkan kohesi hasil pengujian triaksial lebih besar 2-8 kPa dari kohesi hasil pengujian *Direct Shear*, dengan selisih rata-rata 5 kPa.

3. METODE PENELITIAN

Tanah yang akan di gunakan untuk pengujian adalah jenis tanah lempung yang diambil dari Desa Belimbing Sari, Lampung Timur dengan cara pengambilan sampel 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 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, sedangkan untuk contoh tanah terganggu (*disturb*), sampel tanah diambil secara bongkahan permukaan tanah. Pasir yang digunakan sebagai bahan substitusi pada penelitian ini yaitu pasir yang diambil dari daerah Gunung Sugih.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Lampung untuk mendapatkan sifat fisis dan sifat mekanis tanah yang di batasi pada pengujian triaksial *Unconsolidated–Undrained* dan pengujian *Direct Shear*. Pengujian sifat fisis tanah meliputi:

1. Pengujian Kadar Air
2. Pengujian Berat Volume
3. Pengujian Berat Jenis
4. Pengujian Batas *Atterberg*
5. Pengujian Analisa Saringan
6. Pengujian Hidrometer

Sedangkan pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan yaitu :

3.1. Pengujian Pemadatan

Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukan tanah kedalam mold dan di padat kan dengan menggunakan alat pemadat, pemadatan di lakukan 25 kali tumbukan dengan 3 lapisan tanah. Pengujian ini dilakukan pada sampel tanah tanpa campuran dan pada sampel tanah dengan substitusi pasir sebanyak 10%, 20%, 30%, dan 40%.

3.2. Pengujian Triaksial *Unconsolidated–Undrained*

Pengujian ini akan dilakukan dengan sampel tanah tanpa campuran, dan kemudian sampel tanah dengan substitusi pasir sebanyak 10%, 20%, 30%, dan 40%. Masing – masing campuran terdiri dari tiga sampel.

3.3. Pengujian Kuat Geser Langsung

Pengujian ini akan dilakukan dengan sampel tanah tanpa campuran, dan kemudian sampel tanah dengan substitusi pasir sebanyak 10%, 20%, 30%, dan 40%. Masing – masing campuran terdiri dari tiga sampel.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Fisik

Pengujian sifat fisik tanah ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Dari hasil pengujian sifat fisik tanah didapatkan nilai-nilai berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Fisik Tanah Asli

NO.	PENGUJIAN	HASIL UJI	SATUAN
1	Kadar Air	47,01	%
2	Berat Volume	1,79	gr/cm ³
3	Berat Jenis	2,584	
4	Analisis Saringan		
	a. Lolos Saringan no. 10	98,74	%
	b. Lolos Saringan no. 40	93,80	%
	c. Lolos Saringan no. 200	85,87	%
5	Batas-batas Atterberg		
	a. Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)	90,92	%
	b. Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	53,78	%
	c. Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>)	37,1385	%

Pengujian kadar air tanah asli dilakukan sebanyak tiga sampel dengan jenis tanah yang sama. Dari hasil pengujian tersebut dapat diambil rata-rata kadar air pada tanah tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah yang berasal dari Desa Belimbing Sari, Kecamatan Jabung Lampung Timur memiliki kadar air sebesar 47,01 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kandungan air yang cukup tinggi. Berdasarkan pengujian kadar air maka tanah tersebut merupakan tanah lempung lunak yang berkisar antara 30-50%.

Hasil pengujian berat jenis (G_s) yang sudah dilakukan di laboratorium dilakukan dengan pengujian sebanyak dua sampel. Dari pengujian tersebut didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,584. Angka ini menunjukkan bahwa sampel tanah tersebut termasuk dalam golongan tanah lempung.

Uji berat volume adalah pengujian yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat tanah dan volume tanah. Pengujian berat volume tergantung pada jumlah kadar air. Semakin sedikit kadar air yang terkandung di dalam tanah maka semakin besar berat volume kering tanah. Hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Volume

No	Keterangan	Berat Volume		
		1	2	3
1	No cawan			
2	Berat Ring + Tanah Basah (Gram)	123,34	125,16	122,76
3	Berat Ring (Gram)	34,47	34,47	34,47
4	Berat Tanah Basah (Gram)	88,87	90,69	88,29
5	Volume Ring (Gram)	49,75	49,75	49,75
6	Kadar Air (w) (%)	47,01	47,01	47,01
7	Berat Volume Tanah Kering (gr/cm ³)	1,22	1,24	1,21
8	Berat Volume Tanah Kering (Rt2) (gr/cm ³)		1,22	
9	Berat Volume Tanah (gr/cm ³)	1,79	1,82	1,77
10	Berat Volume Tanah Rerata (gr/cm ³)		1,79	

Dari hasil pengujian dan perhitungan diperoleh nilai berat volume tanah kering rata-rata (yd rata-rata) sebesar 1,22 gram/cm³, dan berat volume tanah rata-rata sebesar 1,79 gram/cm³.

Pengujian ini dilakukan dengan cara mekanis, yaitu sampel tanah diguncang dengan kecepatan tertentu di atas sebuah susunan ayakan, kemudian tanah yang tertahan di atas saringan ditimbang beratnya dan digambar di dalam satu grafik logaritmik. Hasil pengujian analisa saringan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Saringan

No. Saringan	Ukuran Partikel (mm)	Persentase Lolos (%)
4	4,75	99,80
10	2	98,74
20	0,85	97,24
30	0,6	95,60
40	0,43	93,80
60	0,25	92,48
80	0,18	91,44
100	0,15	90,00
120	0,125	89,48
200	0,075	85,87
Pan	0	0,00

Menurut sistem klasifikasi tanah *Unified Soil Classification System* (USCS), berdasarkan nilai persentase butiran lolos saringan No. 200 sebesar 85,87% (lebih besar dari 50%), maka berdasarkan tabel klasifikasi tanah USCS, sampel tanah yang diambil dari Daerah Rawa Sragi, Desa Belimbing Sari, Kabupaten Lampung Timur secara umum dikategorikan pada golongan tanah berbutir halus (lempung).

Hidrometer yang bertujuan untuk menentukan pembagian ukuran butir yang lolos saringan No.200. Hasil pengujian hidrometer tersebut dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Hidrometer

Waktu (T) (menit)	Diameter butir (mm)	Persen Massa Lebih Kecil (P)
2	0.0292	81.50
5	0.0192	71.31
15	0.0116	54.33
30	0.0084	40.75
60	0.0064	33.96
250	0.0033	20.37
1440	0.0014	16.98

Batas Atterberg adalah batas plastisitas tanah yang terdiri dari batas atas kondisi plastis disebut batas plastis (*plastic limit*) dan batas bawah kondisi plastis disebut batas cair (*liquid limit*). Adapun hasil pengujian batas Atterberg pada sampel tanah asli ini dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini :

Tabel 5. Hasil pengujian batas-batas *Atterberg* untuk masing-masing Sampel

Tanah Lempung (%)	Pasir (%)	LL(%)	PL(%)	PI(%)
100	0	90,92	53,78	37,1385
90	10	88,73	51,72	37
80	20	78,13	45,25	32,88
70	30	73,66	43,18	30,48
60	40	68,85	40,26	28,59

Dari hasil pengujian di laboratorium dapat dilihat bahwa nilai batas cair mengalami penurunan akibat bertambahnya persentase pasir. Semakin banyak pasir pada campurannya maka nilai batas cairnya semakin kecil. Hal ini dikarenakan penambahan pasir menyebabkan kadar air pada campuran semakin berkurang sehingga menyebabkan campuran berada dalam keadaan batas cair yang lebih kecil dari semula. Demikian juga yang terjadi pada nilai batas plastis yang mengalami penurunan karena penambahan pasir menyebabkan plastisitas tanah berkurang daripada tanah asli.

4.2. Klasifikasi Tanah

Berdasarkan nilai persentase lolos saringan No. 200, sampel tanah di atas memiliki persentase lebih besar dari 50%, maka berdasarkan tabel klasifikasi USCS tanah ini secara umum dikategorikan golongan tanah berbutir halus.

Dari tabel sistem klasifikasi USCS untuk data batas cair dan indeks plastisitas didapatkan identifikasi tanah yang lebih spesifik. Dengan merujuk pada hasil yang diperoleh maka tanah berbutir halus yang diuji termasuk kedalam kelompok CH yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (*fat clays*).

4.3. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Dilakukan pengujian pemadatan tanah ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah dengan cara dipadatkan sehingga rongga-rongga udara pada sampel tanah asli dapat berkurang yang mengakibatkan kepadatan menjadi meningkat. Data hasil pengujian pemadatan tanah dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Pengujian Pemadatan Standar

Persentase Campuran Pasir	Tanah Asli	A (10%)	B (20%)	C (30%)	D (40%)
Kadar Air Optimum (%)	32	27	24	22	20
Berat Volume Kering (gram/cm ³)	1,32	1,46	1,52	1,56	1,62

Dari hasil pengujian dapat di lihat bahwa penambahan persentase pasir dalam campuran tanah lempung menyebabkan penurunan kadar air optimum tanah. Hal ini disebabkan karena berkurangnya daya ikat atau daya resap air akibat bertambahnya kadar pasir pada campuran. Selain itu pada gambar diatas dapat dilihat peningkatan berat volume kering tanah. Hal ini disebabkan mengecilnya rongga – rongga antara partikel campuran tanah akibat pencampuran pasir. Selain itu, penyebab kenaikan berat volume kering maksimum adalah semakin merapatnya jarak antar partikel tanah yang menjadikan tanah tersebut lebih padat.

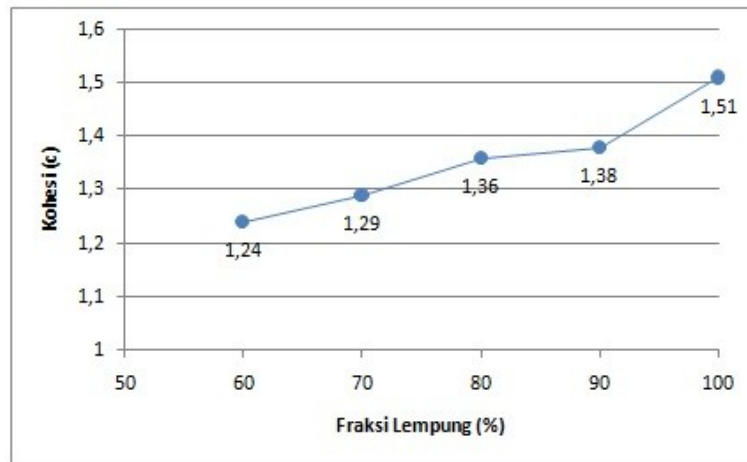
4.4. Hasil Pengujian Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*)

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh parameter-parameter kekuatan geser yaitu sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) pada kondisi tanpa konsolidasi dan tanpa drainase (*unconsolidated undrained*). Pengujian dilakukan pada sampel A (10%) pasir, sampel B (20%) pasir, sampel C (30%) pasir, sampel D (40%) pasir dan tanah asli. Tegangan keliling yang diberikan sebesar 0,5kg/cm²; 1kg/cm²; dan 2kg/cm². Nilai kohesi dan sudut geser hasil pengujian pada masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel 7.

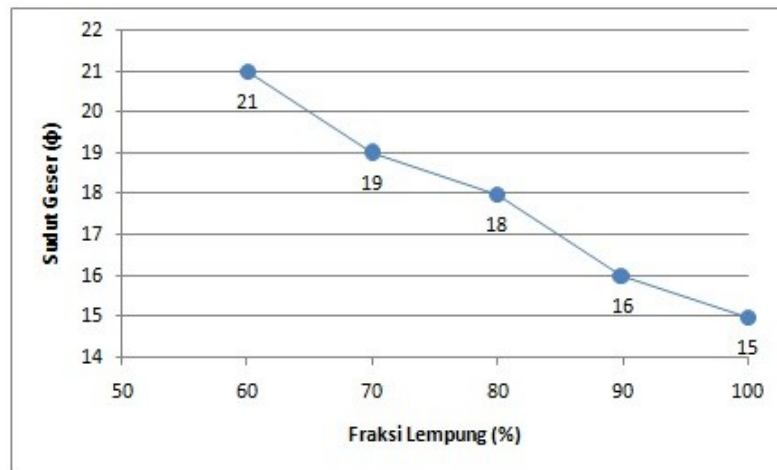
Tabel 7. Hasil Pengujian Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*)

Tanah Lempung (%)	Pasir (%)	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser (°)
100	0	1,51	15
90	10	1,38	16
80	20	1,36	18
70	30	1,29	19
60	40	1,24	21

Hubungan antara fraksi lempung dengan nilai kohesi dan nilai sudut geser hasil pengujian triaksial dapat dilihat pada grafik dibawah :



Gambar 5. Hubungan fraksi lempung dengan nilai kohesi hasil pengujian triaksial



Gambar 6. Hubungan fraksi lempung dengan nilai sudut geser hasil pengujian triaksial

Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa penambahan pasir berpengaruh terhadap kohesi/lekatan antara butiran campuran tersebut, hal ini dapat dilihat dari nilai kohesi yang dihasilkan cenderung menurun yang disebabkan penambahan pasir. Semakin banyak pasir yang ditambahkan dalam setiap campuran, maka nilai kohesi tanah campuran tersebut juga semakin menurun dibandingkan dengan nilai kohesi tanah aslinya. Menurunnya nilai kohesi disebabkan karena semakin banyaknya pasir sehingga mengurangi ikatan antar butiran-butiran tanah oleh pasir.

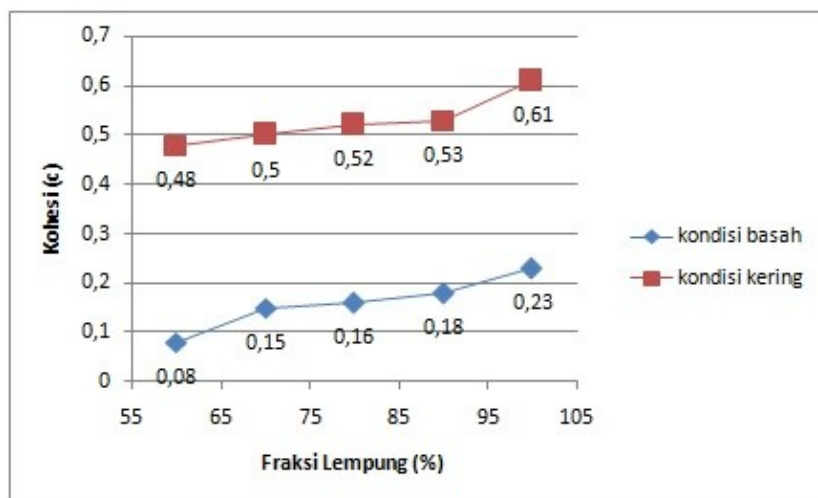
Pada gambar 6 dapat dilihat pengaruh penambahan pasir pada campuran terhadap peningkatan sudut geser. Bertambahnya pasir menghasilkan sudut geser yang lebih besar daripada sudut geser tanah aslinya. Ini disebabkan nilai friksi tanah merupakan sumbangan dari tanah granular (pasir). Penambahan pasir mengurangi rongga-rongga antar partikel tanah sehingga meningkatkan gesekan (*friction*) antara pasir dan tanah.

4.5. Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung (Direct Shear Test)

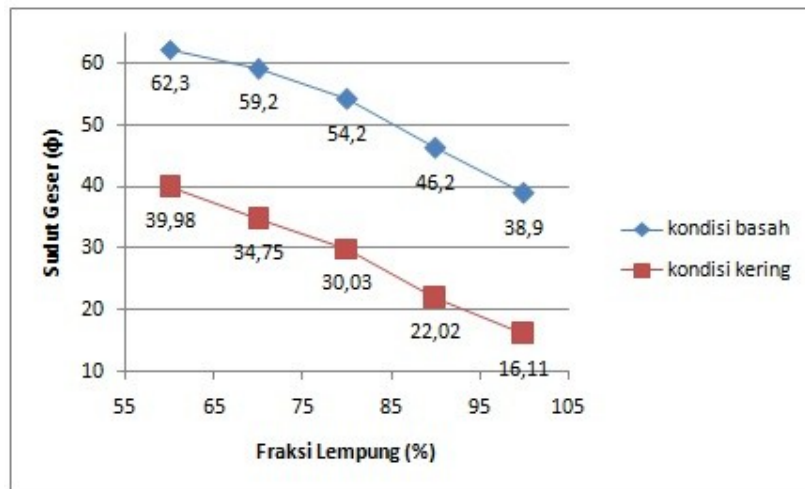
Nilai kuat geser langsung diperoleh dari hubungan nilai tegangan normal dan tegangan geser tanah, yang dilakukan dengan uji Direct Shear. Dari hasil pengujian Direct Shear ini juga akan di dapatkan nilai kohesi tanah dan sudut geser tanah. Pengujian ini dilakukan pada sampel A (10%) pasir, sampel B (20%) pasir, sampel C (30%) pasir, sampel D (40%) pasir dan tanah asli. Pada pengujian ini, masing-masing sampel diuji dalam kondisi basah dan kondisi kering. Perbandingan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Uji Geser Langsung			
Kondisi Basah		Kondisi Kering	
Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser (°)	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser (°)
0,23	38,9	0,61	16,11
0,18	46,2	0,53	22,02
0,16	54,2	0,52	30,03
0,15	59,2	0,5	34,75
0,008	62,3	0,48	39,98



Gambar 7. Hubungan fraksi lempung dengan nilai kohesi hasil pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*) pada Kondisi Basah dan Kondisi Kering



Gambar 8. Hubungan fraksi lempung dengan nilai sudut geser hasil pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*) pada Kondisi Basah dan Kondisi Kering

Berdasarkan hasil pengujian pada dua kondisi yang berbeda diatas, terlihat bahwa nilai kohesi dan sudut geser yang dihasilkan dari masing-masing pengujian sangat berbeda. Nilai kohesi yang dihasilkan dari pengujian pada kondisi kering lebih besar daripada nilai kohesi yang dihasilkan dari pengujian pada kondisi basah dengan selisih rata-rata sebesar $0,368 \text{ kg/cm}^2$. Kecilnya nilai kohesi yang dihasilkan pada pengujian yang dilakukan pada kondisi basah dikarenakan pengaruh air pada *shear box* atau kotak geser yang mengurangi kohesi atau lekatan antar partikel tanah lempung. Sedangkan untuk sudut gesernya, sudut geser yang dihasilkan dari pengujian pada kondisi basah lebih besar daripada sudut geser yang dihasilkan dari pengujian pada kondisi kering dengan selisih rata-rata $23,58^\circ$.

4.6. Perbandingan Nilai Kohesi dan Sudut Geser Antara Hasil Pengujian Triaxial dan Pengujian Geser Langsung (Kondisi Kering dan Kondisi Basah)

Berdasarkan hasil pengujian, nilai kohesi untuk uji triaksial lebih besar $1,15 - 1,3 \text{ kg/cm}^2$ daripada nilai kohesi uji geser langsung pada kondisi basah dengan selisih rata-rata $1,196 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan untuk kohesi uji geser langsung pada kondisi kering, nilai kohesi triaksial lebih besar $0,75-1 \text{ kg/cm}^2$ dengan selisih rata-rata $0,828 \text{ kg/cm}^2$. Nilai sudut geser untuk hasil pengujian uji geser langsung pada kondisi basah lebih besar $23-42^\circ$ daripada sudut geser hasil pengujian triaksial dengan selisih rata-rata $34,36^\circ$. Sedangkan nilai sudut geser pengujian geser langsung pada kondisi kering lebih besar $1-19^\circ$ daripada sudut geser hasil pengujian geser langsung dengan selisih rata-rata $10,78^\circ$.

4.7. Korelasi Antara Hasil Pengujian Triaxial UU, Hasil Pengujian Geser Langsung, dan Sifat Fisik Tanah

Korelasi antara kohesi (c) triaksial, kohesi (c) geser langsung, dan sifat fisik tanah bisa didapatkan melalui persamaan yang menggunakan analisis regresi linier berganda. Analisis regresi linier berganda adalah hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel independen (X_1, X_2, \dots, X_n) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah

masing-masing variabel independen berhubungan positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan.

Persamaan regresi linier berganda sebagai berikut :

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (3)$$

dimana :

Y' = variabel dependen (nilai yang diprediksikan)

X₁ dan X₂ = variabel dependen

a = konstanta (nilai Y' apabila X₁, X₂.....X_n = 0)

b = koefisien regresi (nilai peningkatan ataupun penurunan)

Dengan menggunakan persamaan diatas, didapatkan perbandingan nilai kohesi triaxial hasil pengujian dengan nilai kohesi triaxial hasil analisis apabila diketahui nilai kohesi uji geser langsung (C_{direct}), fraksi lempung (Fc), nilai berat jenis (Gs), nilai batas cair (LL), nilai batas plastis (PL), dan nilai indeks plastisitas (PI) dan juga perbandingan nilai sudut geser triaxial hasil pengujian dengan nilai sudut geser triaxial hasil analisis apabila diketahui nilai sudut geser uji geser langsung (φ_{direct}), fraksi lempung (Fc), nilai berat jenis (Gs), nilai batas cair (LL), nilai batas plastis (PL), dan nilai indeks plastisitas (PI).

Daftar Pustaka

- Afriani, Lusmeilia. 2014. *Kuat Geser Tanah*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Bowless. J. E. 1989. *Sifat – sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Feriyansyah, H. 2013. *Analisis Stabilitas Lereng (Studi Kasus di Kelurahan Sumur Batu Bandar Lampung)*. Skripsi Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Safitri, R (2011), dkk. 2011. *Korelasi Parameter Kuat Geser Hasil Uji Geser Langsung dan Uji Triaksial pada Campuran Tanah Lempung Pasir*. Jurnal Sains dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru. Hal. 21-28.