

PENGARUH PENCAMPURAN SEMEN TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG LAMPOH KEUDE

Muhammad Zardi¹, Mukhlis²

^{1), 2)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama
Jl. Blang Bintang Lama Km 8,5 Lampoh Keude Aceh Besar, email:
mr_zardi@yahoo.com

Abstract: The aim of the tests was to investigate the influence of cement on clay of Lampoh Keude Village Kuta Baroe district Aceh Besar district. Results to be seen is parameters of shear angle (ϕ) and cohesion (c) of the direct shear test. Normal stress to be given to direct shear test is 0.305 kg/cm^2 , 0.634 kg/cm^2 and 1.293 kg/cm^2 with optimum moisture content obtained 23.15% and the dry volume weight 1.438 gr/cm^2 . This study tested three samples for each percentage mixture of 0%, 4%, 8%, 12% and 16% with one day curing period. The amount of specimen without cement mixture was made of 3 specimens and without cement mixture was made of 12 specimens for 3 repetitions testing. Soil testing in the lab include testing the physical properties of the native land, the mechanical properties of the native land and land with a cement mixture. Based on the testing of the physical properties of the native land, AASHTO classifying soil in group A-7-6 (11) and USCS classifying soil as a silt and clay in CH group. The addition of cement shows the stability of direct shear tests with increases of cohesion (c) and friction angle (ϕ) is 0% cement is $c = 0.797 \text{ kg/cm}^2$ and $\phi = 31.45^\circ$, 4% cement is $c = 1.326 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 36.22^\circ$, 8% cement is $c = 1.529 \text{ kg/cm}^2$ and $\phi = 38.55^\circ$, 12% cement is $c = 1.950 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 38.11^\circ$ and 16% cement is $c = 2.084 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 39.01^\circ$. Direct shear test results by mixing cement on clay showed an increase cohesion (c) and friction angle (ϕ) parameters.

Keywords : clay, cohesion, friction angle, direct shear.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh semen terhadap tanah lempung Desa Lampoh Keude Kecamatan Kuta Baroe Kabupaten Aceh Besar. Hasil yang ingin dilihat adalah parameter sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) dari pengujian geser langsung (*direct shear test*). Tegangan normal yang diberikan untuk pengujian geser langsung adalah $0,305 \text{ kg/cm}^2$, $0,634 \text{ kg/cm}^2$ dan $1,293 \text{ kg/cm}^2$ dengan kadar air optimum yang diperoleh 23,15% dan berat volume kering $1,438 \text{ gr/cm}^2$. Adapun dalam penelitian ini diuji tiga sampel untuk masing-masing persentase campuran 0%, 4%, 8%, 12% dan 16% dengan masa pemeraman 1 hari. Benda uji tanpa campuran semen dibuat 3 buah dan dengan campuran semen dibuat 12 buah untuk 3 kali pengulangan pengujian. Pengujian tanah di laboratorium meliputi pengujian sifat fisis tanah asli, sifat mekanik tanah asli dan tanah dengan campuran semen. Berdasarkan pemeriksaan sifat fisis tanah asli, AASHTO mengklasifikasikan tanah dasar sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (11) dan USCS mengklasifikasikan tanah dasar sebagai tanah lanau dan lempung dalam kelompok CH. Penambahan pencampuran semen memperlihatkan kestabilan tanah dari uji geser langsung dengan peningkatan kohesi (c) dan parameter sudut geser (ϕ) yaitu 0% semen sebesar $c = 0,797 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 31,45^\circ$, 4% semen sebesar $c = 1,326 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 36,22^\circ$, 8% semen sebesar $c = 1,529 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 38,55^\circ$, 12% semen sebesar $c = 1,950 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 38,11^\circ$, 16% semen sebesar $c = 2,084 \text{ kg/cm}^2$ dan $\phi = 39,01^\circ$. Hasil pengujian geser langsung dengan pencampuran semen pada tanah lempung menunjukkan adanya peningkatan kohesi (c) dan parameter sudut geser (ϕ).

Kata kunci : tanah lempung, kohesi, sudut geser, direct shear.

Tanah mempunyai kaitan erat dengan perencanaan suatu struktur bagian bawah konstruksi, seperti struktur jalan raya, bangunan, lapangan terbang, dan berbagai aplikasi lainnya. Kestabilan struktur bangunan bawah ikut menentukan kestabilan struktur bangunan di atasnya. Untuk itu banyak hal yang menarik untuk dipelajari tentang perilaku kekuatan tanah bawah konstruksi.

Salah satu yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan konstruksi terhadap tanah adalah kuat gesernya. Kekuatan geser tanah (*shear strength of soil*) yaitu kemampuan massa tanah dalam mempertahankan struktur butirannya yang disebabkan oleh gaya luar, baik berupa gaya tekan maupun gaya tarikan.

Kekuatan geser tanah tergantung pada parameter kekuatannya yaitu sudut geser (θ) dan nilai kohesi (c). Kuat geser tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti angka pori, ukuran butiran dan kadar air.

Pada beberapa kasus sering dihadapkan pada pemakaian tanah sebagai material bahan timbunan badan jalan (tidak memenuhi persyaratan) seperti tanah lempung kadar tinggi. Tanah jenis ini selain daya dukungnya relatif rendah juga mempunyai sifat mengembang (*swelling*) yang cukup besar bila jenuh air, oleh karena itu perlu ada usaha untuk memperbaiki daya dukungnya bila harus dijadikan bahan konstruksi. Salah satu upaya yang bisa dilakukan yaitu dengan menambahkan bahan stabilisasi terhadap tanah asli berupa semen.

Sehubungan dengan banyak kegunaan

bahan tersebut, maka banyak hal yang harus diselidiki, terutama diketahui sifat-sifatnya dan kemampuan bahan tersebut. Sifat-sifat tanah yang ditinjau ialah sifat fisis dan sifat mekanis. Data sifat fisis dipakai untuk mengelompokkan tanah dalam suatu sistem klasifikasi, sedangkan sifat mekanis antara lain untuk mengetahui sifat kepadatan dan kekuatannya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter sudut geser (θ) dan nilai kohesi (c). Hasil penelitian ini diharapkan bisa diperoleh perbandingan dalam pencampuran tanah lempung dengan bahan-bahan stabilisasi yaitu semen. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung yang berasal dari Desa Lampoh Keude Kecamatan Kuta Baro Kabupaten Aceh Besar. Tanah yang terdapat ditempat ini sebagian besar mengandung lempung.

KAJIAN PUSTAKA

Klasifikasi Tanah

Umumnya, penentuan sifat-sifat tanah banyak dijumpai dalam masalah teknis yang berhubungan dengan tanah. Hasil dari penyelidikan sifat-sifat ini kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi masalah-masalah tertentu seperti, penentuan penurunan bangunan, penentuan kecepatan air yang mengalir lewat benda uji guna untuk menghitung koefisien permeabilitas, dan untuk mengevaluasi tanah yang miring.

Menurut *Bowles (1993)* bahwa penentuan jenis tanah atau klasifikasi tanah

berdasarkan pemakaian lebih memadai bagi keperluan teknik. Hal ini disebabkan karena dasar klasifikasi memperhitungkan sifat-sifat fisis tanah disamping persentase ukuran butiran. Tanah dapat diklasifikasi secara umum sebagai tanah kohesif dan tidak kohesif atau berbutir halus dan berbutir kasar. Metode yang paling umum digunakan sebagai dasar klasifikasi dalam mekanika tanah adalah sistem klasifikasi AASHTO (*American association of state highway and transportation Official*) dan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification system*). Kedua sistem tersebut mengelompokkan tanah berdasarkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas Atterberg.

Sistem Klasifikasi Tanah AASTHO

Pemberiaan sebutan kelompok tanah menurut klasifikasi ini adalah berdasarkan ukuran butir butiranya.

Hal ini dikemukakan oleh *Hold* dan *Konvacs (1981)*, bahwa tanah terbagi atas beberapa jenis yaitu:

- Berangkal (*baulders*) diameter lebih besar 75 mm;
- Kerikil (*gravel*) diameter 2 mm sampai dengan 75 mm;
- Pasir Kasar (*coarse sand*) diameter 0,425 mm s/d diameter 2 mm;
- Pasir halus (*fine sand*) diameter 0,075 mm s/d 0,425 mm, dan
- Lanau lempung (*silt clay*) diameter butiran yang lolos saringan no.200 (diameter 0.075 mm).

Tabel 1. Klasifikasi sistem AASTHO

Klasifikasi Umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)							Tanah-lanau-lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisa saringan(% lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no.200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no.40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 maks	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (IP)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indek kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yg pokok pada umumnya			Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Sumber: Hary Christady Hardiatmo (2006)

Pertimbangan lain secara umum terbagi menjadi 2 kelompok yang besar, kelompok pertama adalah kelompok *granular materials* (bahan-bahan yang berbutir kasar), tanah

yang butir halusnya (lolos saringan no. 200) paling maksimal 35% dari berat keseluruhan massa tanah itu. Kelompok tersebut terdiri dari jenis-jenis A-1, A-2, dan A3.

Kelompok kedua adalah yang disebut *silt clay material* (bahan-bahan lanau lempung) yaitu tanah yang butiran halus (yang lolos saringan No. 200) paling minimum 36% dari berat keseluruhan tanah tersebut. Jenis-jenis yang termasuk kedalam kelompok ini adalah A-4, A-5, A-6, dan A-7. Ketentuan lainnya adalah banyaknya butiran yang lolos dari saringan-saringan nomor ; 10, 40, dan 200, disertai dengan tingkat batas cair, indeks plastisitas, dan indeks kelompok. Penentuan indeks kelompok tanah yang dipaparkan oleh *Hold* dan *Kovacs (1981)*, dengan perumusan sebagai berikut:

$$GI=(0,2.a)+(0,005.a.c)+(0,01.b.d).....(1)$$

dimana :

- a = bagian dari persentase yang lolos saringan No. 200 yang lebih besar dari 35 dan tidak melebihi 75, dinyatakan sebagai bilangan bulat berkisar dari 1 sampai 40)
- b = bagian dari persentase yang lolos saringan No.200 yang lebih besar dari 15 dan tidak melebihi 55, dinyatakan sebagai bilangan bulat (berkisar dari 1 sampai 40)
- c = bagian dari batas cair yang lebih besar dari 40 dan tidak lebih besar dari 60, dinyatakan sebagai bilangan bulat (berkisar dari 1 sampai 20)
- d = bagian dari indeks palstisitas yang lebih besar dari 10 dari dan tidak melebihi 30, dinyatakan dalam bilangan bulat (berkisar dari 1 sampai 20)

Sistem klasifikasi tanah USCS

Sehgal (1979) mengemukakan, bahwa tanah yang diklasifikasikan menurut sistem ini dapat dibagi menjadi 3 kelompok utama. Pertama adalah tanah yang berbutiran kasar (*Coarse Grained Soil*), dengan persyaratan bahwa berat butiran yang tertinggal diatas saringan no. 200 minimum 50%. Kedua adalah tanah yang berbutir halus (*Fine grained soil*), dengan persyaratan bahwa butiran tanah yang lolos saringan no. 200 minimum 50%. Terakhir adalah berupa tanah-tanah organik (*Organic soils*).

Pengelompokkan jenis pertama dan kedua telah disebutkan, juga berdasarkan tingkat plastisitas dan gradasinya, tetapi kelompok yang terakhir berdasarkan pada pengamatan warna dan bau secara visual.

Kuat Geser Tanah

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis kapasitas dukung tanah, seperti 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.

Punmia (1980) memberikan batasan tentang kuat geser tanah yaitu kemampuan butiran tanah untuk dapat menahan (menghambat) akibat pengaruh tegangan geser yang bekerja untuk dapat menahan kondisi keruntuhannya disebut kuat geser tanah itu sendiri, sehubungan dengan hal tersebut, *Takeda (1977)* mengemukakan

bahwa kuat geser tanah pada hakikatnya terdiri dari dua (2) komponen yaitu:

- a. Kekuatan kohesi yang terkandung dari macam tanah dan kepadatannya, tetap tidak terganggu pada beban vertikal yang bekerja pada bidang geser.
- b. Kekuatan gesekan (sudut geser dalam) yang berbanding lurus dengan beban vertikal yang bekerja pada bidang geser.

Teori tentang kekuatan geser tanah pada mulanya dikemukakan oleh *Coulumb (1977)* dan terakhir digenerasikan oleh *Mohr (1910)* berpendapat bahwa kondisi keruntuhan suatu

bahan terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dalam persamaan :

$$\tau = f.(\sigma) \dots\dots\dots(2)$$

Jika hubungan tegangan normal dan tegangan geser yang berupa sejumlah titik yang masing-masing dihubungkan maka berbentuk garis lengkung (kurva). Garis lengkung tersebut dinamakan selubung keruntuhan mohr (*failure envelope*), dengan τ adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan, dan σ adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut.

Tabel 2. Klasifikasi sistem USCS

Divisi utama	Simbol kelompok	Nama jenis	Nama jenis	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no.200 (0.075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lanau	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lanau	
	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih tertahan saringan no.200 (0.075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang lempung berkerikil, lempung bepasir, lempung berlanau lempung kurus
OL			Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
Lanau dan lempung batas cair > 50%		MH	Lanau tak organik atau pasir halus dan tonas, lanau elastis.	
		CH	Lanau tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk.	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gambut dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi		

Klasifikasi berdasarkan saringan butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no.200 : GM GP SW SP SM SC 5%- 12% lolos saringan no.200 : GM GC SM SC yang mempunyai simbol dikel.

Kerikil 20% dan lebih dari total kasar tertahan saringan no.200 (0.075 mm)

Pasir lebih dari 50% tidak lolos saringan no.4 (4.75 mm)

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, C_c = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}} \text{ antara } 1 \text{ dan } 3$

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, C_c = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}} \text{ antara } 1 \text{ dan } 3$

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI < 4
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PI > 7

Diagram plastisitas untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang dituntut dengan klasifikasi menggunakan dua simbol.

Batas Cair LL (%)
Garis A : PI = 0.73 (LL - 20)

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

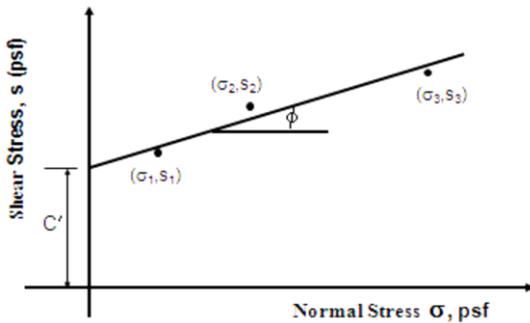
Sumber: Hary Christady Hardiatmo (2006)

Coulumb beranggapan bahwa selubung keruntuhan geser itu adalah merupakan garis lurus atau fungsi linear yang dituliskan dari persamaan:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots(3)$$

dimana :

- τ = kuat geser tanah (kN/m²)
- c = kohesi tanah (kN/m²)
- ϕ = sudut gesek dalam tanah atau sudut gesek intern (⁰)
- σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)



Gambar 1. Grafik hubungan tegangan normal terhadap tegangan geser
 Sumber : Bowles (1989)

Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah

Bowles (1986) mengemukakan, bahwa kuat geser bukanlah merupakan hal yang unik, tetapi tergantung pada beberapa hal antara lain: jenis tanah, kadar air, kepadatan, metode percobaan, dan lain-lainnya. Kadar air tanah mempunyai efek penting terutama pada tanah jenis lempung. Pengaruh kadar air tanah terhadap kuat gesernya, bahwa makin besar kadar air tanah kuat geser akan terus menurun.

Bahan Stabilisasi Semen

Semen PC adalah bahan hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan lempung yang mengandung silika (SiO₂), oksida alumina (AL₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃) dalam oven dengan suhu kira-kira 145°C sampai menjadi klinker. Klinker ini dipindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3-5% gips untuk mengendalikan waktu pengikat semen agar tidak berlangsung terlalu cepat .

Selain memenuhi persyaratan kimia dan fisik, semen juga mempunyai sifat-sifat lain seperti hidrasi semen, kekuatan pasta semen dan faktor air semen Hal yang penting mendapat perhatian adalah pengikatan dan pengerasanya. Pengikatan adalah peralihan dari keadaan keras, sedangkan pengerasan ialah penambahan kekuatan setelah pengikatan itu selesai. Pada proses pengikatan ada 2 tahap yaitu waktu awal pengikatan dan akhir pengikatan. Waktu awal pengikatan adalah waktu pada saat mulainya semen menjadi kaku terjadi dalam jam dan menit setelah semen itu diaduk menjadi air. Waktu akhir pengikatan adalah waktu sampai mencapai pastinya menjadi massa yang keras.

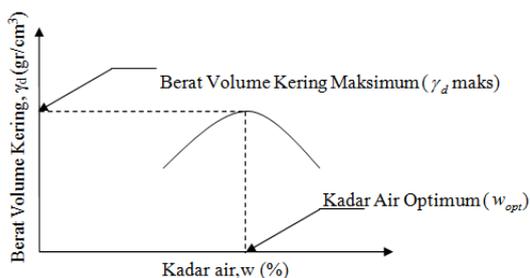
Pemadatan Tanah

Menurut Bowles (1993), pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan memakai energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Energi mekanis yang digunakan

dalam proses pemadatan dapat merupakan usaha dari penumbukan (*impact*), penekanan, penggetaran, dan penggilasan. Menurut *Craig (1987)*, pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi penyempitan volume udara.

Menurut *Sosrodarsono dan Nakazawa (2005)*, bahwa hubungan antara berat isi kering (*dry density*) dari tanah yang di padatkan dengan kadar air adalah berubah-ubah secara parabolis atau lengkungan. Harga maksimum dari berat isi kering disebut berat isi kering maksimum (*maximum dry density*) dan kadar air yang diperoleh dari pemadatan ini disebut kadar air optimum (*optimum water content*).

Das (1993) mengemukakan bahwa percobaan–percobaan pemadatan di laboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah pengujian pemadatan dengan standar proctor. Prosedur pelaksanaan pengujian proctor standar telah dirinci dalam *ASTM Test Designation T-99*.



Gambar 2. Grafik hubungan kadar air dengan berat volume kering
 Sumber : Hary Christady Hardiatmo (2006)

METODE PENELITIAN

Pekerjaan awal yang dilakukan berupa pengambilan contoh tanah dan diangkut ke laboratorium untuk dilakukan pengukuran sifat fisis dan mekanis.

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperlukan sebagai pendukung utama dalam analisis hasil penelitian. Data ini diperoleh dari hasil pemeriksaan atau pengujian langsung di laboratorium. Adapun data yang termasuk ke dalam data primer yaitu data sifat-sifat fisis seperti berat jenis, batas plastis, batas cair serta analisa butiran, dan data sifat mekanis yang berupa kepadatan optimum dan nilai pengembangan. Data sekunder merupakan data pendukung data primer yang diperlukan dalam penelitian yaitu berupa angka koreksi benda uji, angka kalibrasi alat pengujian, serta sketsa lokasi pengambilan tanah dan lain sebagainya. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi yang terkait dari studi literatur dan konsultasi.

Peralatan yang digunakan

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah dan semen pc. Baik itu untuk pengukuran sifat-sifat fisis maupun pengukuran mekanik. Penelitian ini terdiri dari tiga pengujian utama yaitu pengujian sifat-sifat fisis tanah (mulai dari 0%, 4%, 8%, 12% dan 16%), selanjutnya percobaan pemadatan tanah dan pengujian geser langsung. Pada pengujian sifat-sifat fisis

tanah, peralatan yang digunakan terdiri dari flask, sungkup vacum, timbangan, satu set saringan, mangkuk casagrande, hidrometer, thermometer, mixer dan oven.

Pengujian mekanis memakai alat yang terdiri dari *mold proctor* (cetakan) yang berbentuk silinder yang terbuat dari besi, timbangan, gelas ukur, pisau perata tanah, dan *extruder* yang digunakan terdiri dari dongkrak dan kerangka besi.

Pengambilan sampel tanah

Tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah lempung (*soil of clay*) yang berasal dari kawasan Desa Lempoh Keude Kecamatan Kuta Baro Kabupaten Aceh Besar, tanah lempung yang digunakan merupakan sampel tanah terganggu (*disturbed sample*), dan diambil dengan menggunakan sekop. Tanah dimasukkan ke dalam karung dan dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unsyiah, kemudian tanah tersebut dimasukkan kedalam oven dengan suhu 115°C, selama 24 jam. Tanah tersebut selanjutnya ditumbuk dengan menggunakan palu. Hal ini dilakukan untuk mempermudah memecahkan gumpalan tanah sehingga tanah mudah untuk disaring.

Pencampuran (Stabilisasi)

Pencampuran tanah dengan semen, dengan cara mencampurkan tanah dan semen secara merata didalam suatu wadah, untuk mengetahui bebarapa banyak tanah dan semen yang akan dicampur, terlebih dahulu harus diketahui berat tanah untuk satu sampel,

kadar air rata-rata, kadar air optimum (OMC = *Optimum Moisture Content*) dan berat volume kering maksimum ($\gamma_{d \text{ max}}$). Dari perhitungan tersebut akan diperoleh semen dan air yang akan diperlukan dalam pencampuran tanah.

Setelah tanah dan semen tersebut merata lalu ditambahkan dengan air yang telah dihitung banyaknya. Air tersebut diukur dengan cara memasukkannya ke dalam gelas ukur. Lalu tanah yang telah selesai diaduk dimasukkan ke dalam kantong plastik. Hal ini untuk menjaga agar kadar air dalam tanah tidak berkurang.

Adapun dalam penelitian ini diuji 3 sampel untuk setiap persentase pencampuran bahan-bahan stabilisasi. Berikut ini ditampilkan dalam tabel variasi campuran bahan stabilisasi tanah asli.

Tabel 3. Variasi benda uji

No.	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel
1.	Tanah Asli	3 buah
2.	Tanah Asli + Semen	3 buah
	- 4% Semen	3 buah
	- 8% Semen	3 buah
	- 12% Semen	3 buah
	- 16% Semen	3 buah
	Jumlah Sampel	18 buah

Pembuatan Benda Uji Untuk Pengujian Geser Langsung

Pembuatan masing-masing benda uji melalui pemadatan dengan kadar air optimum diambil dari hasil pengujian *proctor test*, berat tanah tiap *mold* 2.100 gram, berat *mold* 4,961 kg, luas *mold* 1.105 cm², tinggi jatuh penumbuk 30,5 cm dengan 25 kali tumbukan

dengan 3 lapisan dengan masa tunggu pemeraman 1 x 24 jam. Sampel tanah dari mold dikeluarkan dengan ekstruder. Setelah sampel dikeluarkan dan dilakukan koreksi terhadap tinggi sampel dengan cara memotong sampel dengan *wire saw*, tiap *mold* dicetak benda uji sebanyak 3 buah untuk pengujian geser langsung dengan menggunakan *cutting ring* (*ring* cetak), dengan tinggi sampel 2 cm dan berdiameter 6,3 cm, luas sampel 31,157 cm².

Pengujian Geser Langsung

Test ini dimaksudkan untuk menentukan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) secara cepat. Adapun peralatan yang digunakan dalam pengujian ini yaitu: *loading machine, shear box, loads, sample tube, proving ring, dial indicator* 2 buah, *wire saw*, dan peralatan tambahan yaitu: *moisture content test set, wash bottle, stop watch, vernier caliper, spatula*.

Adapun prosedur pengujian ini, siapkan benda uji sebanyak 3 buah, masukkan contoh tanah kedalam tabung pembuat yaitu (*sample tube*), kemudian keluarkan dengan alat pengeluarnya (*extruder*). Ratakan tanah yang menonjol dikedua ujung benda uji dengan pisau pemotong (*wire saw*), timbang sampel dengan ketelitian 0,1 gram, stel bak geser (*shear box*) dimana plat geser bawah diletakkan pada permukaan dasar bak perendam kemudian kencangkan bak pengunci. Setelah itu pasang plat geser bawah diletakkan pada permukaan dasar bak

perendam kemudian kencangkan baut pengunci.

Setelah itu pasang plat geser atas, kemudian pasang pen sehingga plat geser bawah dan atas lubangnya akan simetris. Kemudian masukan plat alas, dan batu pori. Setelah itu letakkan sampel tanah kemudian himpit dengan batu pori dan penekan contoh. Pasang instalasi muatan dan palang kecilnya akan berhubungan dengan lengan keseimbangan, kemudian atur handle stel seimbang. Pasang dial pergeseran dan proving ring. Atur posisi jarum pergeseran pada angka nol dan atur pula dial proving ring pada angka nol. Isi bak perendam dengan air sesuai kebutuhan. Pasang beban pertama 0,509 kg. Buka pen pengunci lalu putar pen perenggang, putar engkol sehingga tanah mulai menerima beban geser.

Baca *dial* pergeseran setiap 15 detik sampai tercapai beban maksimum atau deformasi 10% diameter benda uji. Masukan sampel kedua sesuai prosedur, gunakan beban 1,536 kg. Untuk sampel ketiga lakukan seperti prosedur, gunakan beban 3,59 kg. Perawatan dilakukan dengan cara mengeringkan bak perendam setelah percobaan selesai. Bersihkan cincin geser terutama bidang gesernya agar tidak terjadi hambatan bila diberikan beban horizontal. Lumasi as pendorong yang menempel pada proving ring agar dapat bergerak bebas tanpa hambatan. Buka box gigi penggeraknya. Buka keempat baut tersebut lalu periksa isi box tersebut, kencangkan baut (*borg*) penahan gigi dan tambahkan oli secukupnya,

putar engkol maju mundur sampai lancar.

HASIL PEMBAHASAN

Klasifikasi menurut AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dilakukan berdasarkan hasil analisis saringan dan pengujian sifat-sifat fisis tanah. Data dari hasil analisis saringan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa tanah yang lolos saringan nomor 200 (ϕ 0,074 mm) adalah 54,03% lebih dari 36%, sehingga tanah tersebut termasuk tanah lempung dengan simbol kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Berdasarkan batas cair (LL) sebesar 54,25% yang lebih besar dari 40%, dan indek plastis (PI) sebesar 25,68% yang lebih besar dari 11%, maka tanah tersebut dimasukkan dalam kelompok A-7. Kelompok A-7 dibagi lagi atas A-7-5 dan A-7-6. Apabila indeks plastis lebih kecil sama dengan batas cair kurang 30 ($PI \leq LL-30$), maka tanah tersebut dapat digolongkan ke dalam tanah dengan golongan A-7-5 dan apabila indeks plastis lebih besar dari batas cair kurang 30 ($PI > LL-30$), maka tanah tersebut dapat digolongkan ke dalam tanah dengan golongan A-7-6. Berdasarkan indeks plastis sebesar 25,68 tanah tersebut digolongkan ke dalam kelompok A-7-6.

Tabel 4. Hasil pengujian sifat-sifat fisis tanpa campuran

No.	Parameter Pengujian	Tanah Lempung
1.	Berat jenis	2,470
2.	Batas cair (%)	54,25
3.	Batas plastis (%)	28,57
4.	Indeks plastis (%)	25,68
5.	Persen lolos saringan no. 200	54,03

Kualitas tanah tersebut dapat ditentukan berdasarkan indeks kelompoknya. Indeks kelompok ditentukan dari nilai batas cair, indeks plastis dan persentase butiran yang lolos saringan 200, dengan menggunakan Persamaan 2.1 yaitu $GI = (0,2 \times 19) + (0,05 \times 19 \times 14) + (0,01 \times 39 \times 16) = 23$ maka didapat indeks kelompoknya sebesar 16. Nilai yang didapat ini menunjukkan bahwa tanah Desa Lampoh Keude termasuk tanah lempung yang tergolong kedalam kelompok A-7-6 (16).

Penentuan jenis tanah menurut sistem USCS didasarkan pada analisis saringan, batas cair dan batas plastis. Berdasarkan analisa saringan menunjukkan bahwa tanah yang lolos saringan 200 adalah 54,03% yaitu lebih besar dari 50%, sehingga tanah tersebut dimasukkan kedalam fraksi tanah yang berbutir halus. Berdasarkan nilai batas cair sebesar 54,25% yaitu lebih besar dari 50%, tanah tersebut dimasukkan ke dalam kelompok CH.

Tabel 5. Kadar air pematatan

No.	Parameter Pengujian Pematatan	Tanah Tanpa Campuran	Variasi Persentase Campuran			
			4%	8%	12%	16%
1	Berat volume kering maksimum (γ_{dmax}) (gr/cm ³)	1,438	1,438	1,438	1,438	1,438
2	Kadar air optimum (<i>Optimum Moisture Content</i>) (%)	23,15	23,15	23,15	23,15	23,15

Tabel 6a. Data parameter kohesi sudut geser pada campuran semen 0%

Tegangan normal (σ) (kg cm ²)	Tegangan geser (τ) (kg cm ²)	Kohesi (c) (kg cm ²)	Sudut geser (ϕ)
0.305	0.971	0.797	31.45 °
0.634	1.202		
1.293	1.582		

Tabel 6b. Data parameter kohesi sudut geser pada campuran semen 4%

Tegangan normal (σ) (kg/cm ²)	Tegangan geser (τ) (kg/cm ²)	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Sudut geser (ϕ)
0,305	1,608	1,326 gr/cm ²	36,22 °
0,634	1,704		
1,293	2,303		

Tabel 6c. Data parameter kohesi sudut geser pada campuran semen 8%

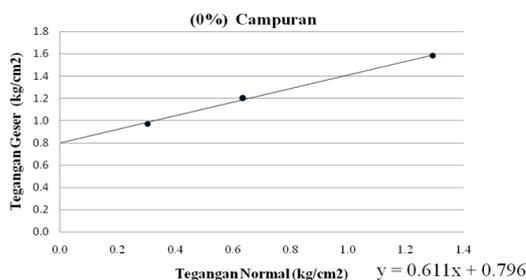
Tegangan normal (σ) (kg/cm ²)	Tegangan geser (τ) (kg/cm ²)	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Sudut geser (ϕ)
0,305	1,715	1,559 kg/cm ²	37,80 °
0,579	2,119		
1,293	2,532		

Tabel 6d. Data parameter kohesi sudut geser pada campuran semen 12%

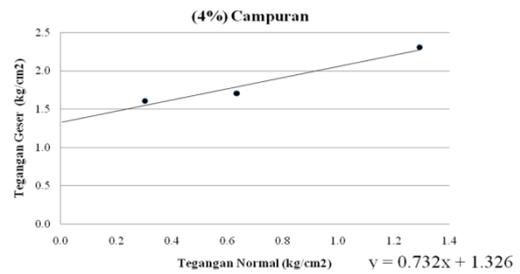
Tegangan normal (σ) (kg/cm ²)	Tegangan geser (τ) (kg/cm ²)	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Sudut geser (ϕ)
0,305	2,184	1,950 kg/cm ²	38,11 °
0,579	2,411		
1,293	2,963		

Tabel 6e. Data parameter kohesi sudut geser pada campuran semen 16%

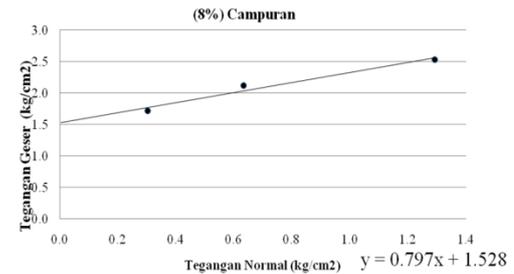
Tegangan normal (σ) (kg/cm ²)	Tegangan geser (τ) (kg/cm ²)	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Sudut geser (ϕ)
0,305	2,239	2,084 kg/cm ²	39,01 °
0,579	2,679		
1,293	3,096		



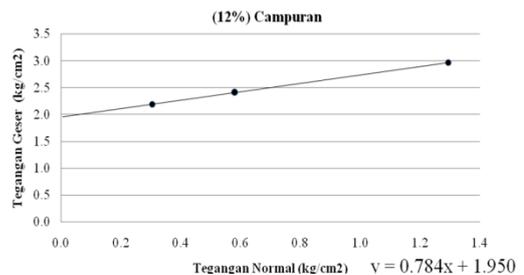
Gambar 3a. Grafik σ - τ pada 0% campuran semen



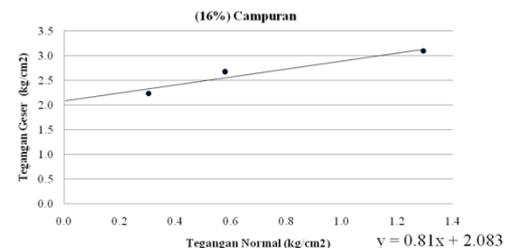
Gambar 3b. Grafik σ - τ pada 4% campuran semen



Gambar 3c. Grafik σ - τ pada 8% campuran semen



Gambar 3d. Grafik σ - τ pada 12% campuran semen



Gambar 3e. Grafik σ - τ pada 16% campuran semen

Penggunaan semen pada material tanah lempung asal Desa Lampoh Keude Kecamatan Kuta Baro Kabupaten Aceh Besar berpengaruh terhadap peningkatan parameter nilai ϕ dan c. Benda uji tanah yang dicampur dengan bahan stabilisasi berupa semen pada

material tanah lempung memiliki nilai ϕ dan c lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji yang tidak dicampur dengan bahan stabilisasi. Dengan meningkatnya nilai ϕ dan c berarti meningkat pula kemampuan daya dukung tanah tersebut. Dengan demikian penggunaan semen untuk tanah yang mengandung lempung sangat efektif untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah. Berdasarkan hasil yang diperoleh, semakin tinggi persentase penambahan semen semakin tinggi pula nilai ϕ dan c . Hal ini dapat dilihat pada semen campuran 4%, 8%, 12% dan 16% menunjukkan nilai ϕ dan c yang terus meningkat. Semen berfungsi sebagai material yang merubah sifat-sifat fisis dan mekanis tanah secara proses kimia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Tanah lempung Desa Lampoh Keude termasuk ke dalam lempung anorganik dengan plastisitas tinggi yang disimbolkan dengan CH menurut sistem *USCS* dan termasuk golongan A-7-6 menurut sistem klasifikasi *AASHTO*.
2. Penambahan campuran semen dapat meningkatkan nilai ϕ dan c tanah lempung.
3. Semen dapat digunakan sebagai material stabilisasi tanah lempung dan mampu menambah daya dukung tanah.
4. Kuat geser tanah lempung meningkat sejalan dengan penambahan kadar semen.

Saran

Penelitian tanah lempung Desa Lampoh Keude agar dilanjutkan dengan material stabilisasi lain seperti bahan yang dihasilkan dari limbah industri, dengan demikian dapat membantu mengurangi sampah industri yang terbuang percuma.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., & Johan K. Hainim 1993. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi ke dua. Jakarta: Erlangga.
- Craig, R.F., 1987. *Mekanika Tanah*. Edisi ke empat. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M., 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga.
- Dunn, I. S, Anderson, L. R Kiefer, 1992. *Dasar-Dasar Analisis Geoteknik*, IKIP Semabu: Tempurung Kelapa Press.
- Hardiyatmo, C. H, 2006. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Ismail, M.A., 1995. *Buku Petunjuk Pratikum Mekanika Tanah dan Cara Menulis Laporan*. Banda Aceh: Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- Purnomo, E.S.J & G.D. Soedarmo, 1997. *Mekanika Tanah 2*. Malang: Kanisius.
- Sosrodarsono, S, & Nakazawa, K, 2005. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: Pradn