

STUDI PENGARUH PENAMBAHAN TANAH LEMPUNG A-7 TERHADAP KUAT GESER TANAH PASIR SUNGAI

Putri Sumpeni Sunarti Sagala

Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
E-mail: putrisagala.ps3@gmail.com

ABSTRACT

Sand or the coarse grained soil is one type of soil that often causes problems in civil engineering working. The weakness of this soil is not having holding capacity each other. Sand is a kind of non-cohesive soil means has loose characteristic. This characteristic can be repaired by gradation suitable or mixed with the other type of soil that can make its shear strength increased. Clay soil A-7 is one type of soil that has smooth grain and cohesive characteristic. Clay soil A-7 is a plasticity soil that has high volume changed characteristic showed by its loose percentage on sieve no.200 is more than 35%. The clay soil A-7 added into this research was 0%, 15%, 20%, 25%, and 30%. The observation used direct shear by standard compaction proctor. The result showed that the addition of clay soil A-7 had significant effect on the river sand shear strength. The maximum cohesion score was obtained on 25% clay soil A-7 at 32,197 KPa, the maximum internal friction angle score was obtained on 15% clay soil A-7 at 38,15° and the maximum shear strength score was obtained on 15% clay soil A-7 at 156,295 KPa.

Key Words : River sand, clay soil A-7, cohesion, internal friction angle, shear strength, direct shear

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah pasir (*sand*) atau tanah berbutir kasar adalah salah satu jenis tanah yang sering menimbulkan permasalahan dalam pekerjaan teknik sipil. Pasir merupakan jenis tanah non kohesif (*cohesionless soil*) mempunyai sifat antar butiran lepas (*loose*). Sifat tanah pasir yang nonkohesif dapat diperbaiki dengan melakukan penambahan jenis tanah lain yang berbeda sedemikian rupa, sehingga campuran tersebut merupakan suatu kesatuan yang menimbulkan peningkatan terhadap nilai kuat gesernya. Salah satunya yaitu dengan menambahkan tanah lempung yang merupakan tanah berbutir halus dan berkohesi.

Dalam penelitian ini dilakukan usaha perbaikan tanah pasir sungai dengan penambahan tanah lempung A-7. Tanah lempung A-7 merupakan kelompok tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar dengan persentase lolos saringan no.200 lebih dari 35%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan tanah lempung A-7 pada proses stabilisasi tanah pasir sungai terhadap kekuatan geser tanah pasir sungai melalui uji *direct shear*.

Tanah pasir yang digunakan berupa tanah pasir Sungai Ogan, Sumatera Selatan dan tanah lempung A-7 terganggu dari Indralaya, Sumatera Selatan. Persentase campuran tanah lempung A-7 sebesar 15%, 20%, 25% dan 30%. Uji parameter kuat geser dilakukan melalui uji *direct shear* yang dilakukan di Laboratorium.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Pasir

Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,075 mm sampai dengan 2 mm, sedangkan menurut sistem klasifikasi Unified, pasir merupakan partikel-partikel batuan yang berukuran 0,075 mm sampai dengan 4,75 mm.

Pasir dapat dideskripsikan sebagai bergradasi baik, bergradasi buruk, bergradasiseragam atau bergradasi

timpang (*gap-graded*). Pasir merupakan jenis tanah non kohesif (*cohesionless soil*). Tanah nonkohesif mempunyai sifat antar butiran lepas (*loose*). hal ini ditunjukkan dengan butiran tanah yang akan terpisah-pisah apabila dikeringkan dan hanya akan melekat apabila dalam keadaan yang disebabkan oleh gaya tarik permukaan. Tanah non kohesif tidak mempunyai garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air.

2.2. Tanah Lempung A-7

Tanah lempung merupakan tanah kohesif yang terdiri dari tanah yang sebagian terbesar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat lapisan tanah lempung lunak adalah gaya gesernya yang kecil, kemampatan yang besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah dibandingkan tanah lempung lainnya.

Sistem klasifikasi AASHTO menyebutkan bahwa tanah lempung A-7 merupakan kelompok tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar. Jenis tanah lempung A-7 merupakan tanah kelempungan dengan tingkat penggunaan sebagai tanah dasar paling buruk.

2.3. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Mohr (1910) menyajikan sebuah teori tentang hubungan antara tegangan normal (σ) dan geser (τ) pada sebuah bidang keruntuhan yang dinyatakan dalam bentuk:

$$\tau = f(\sigma) \quad (\text{Pers. II.1})$$

Coloumb (1776), mendefinisikan $f(\sigma)$ dengan persamaan :

$$\tau = c + \sigma tg \quad (\text{Pers. II.2})$$

Dengan;

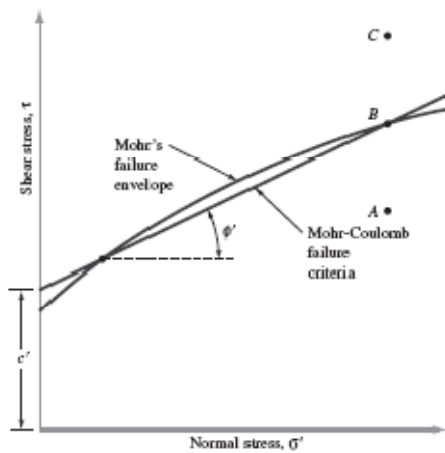
τ : kekuatan geser tanah

c : kohesi

ϕ : sudut geser dalam efektif
 σ : tegangan normal

Persamaan (II.2) disebut kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, dimana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam bentuk garis lurus pada Gambar II.1.

Kriteria keruntuhan/kegagalan Mohr-Coulomb digambarkan dalam bentuk garis lurus. Jika kedudukan tegangan baru mencapai titik A, keruntuhan tidak akan terjadi. Pada titik B terjadi keruntuhan karena titik tersebut terletak tepat pada garis kegagalan. Titik C tidak akan pernah dicapai, karena sebelum mencapai titik C sudah terjadi keruntuhan.



(Sumber : Braja M.Das, Fundamentals of Geotechnical Engineering)

Gambar II.1. Kriteria keruntuhan Mohr dan Coulomb

Berdasarkan konsep Terzaghi, tegangan geser pada suatu tanah hanya dapat ditahan oleh tegangan partikel-partikel padatnya. Karena itu Terzaghi mengubah rumus kekuatan geser Coulomb dalam bentuk fungsi tegangan normal efektif dengan memasukkan unsur tekanan air pori sebagai berikut :

$$\tau = c' + (\sigma - \mu) \operatorname{tg} \phi' \quad \dots(\text{Pers. II.3})$$

karena $\sigma' = \sigma - \mu$, maka persamaan menjadi ;

$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi' \quad \dots(\text{Pers. II.4})$$

dengan ;

τ = tegangan geser (kN/m^2)

σ' = tegangan normal efektif (kN/m^2)

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

μ = tekanan air pori (kN/m^2)

ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)

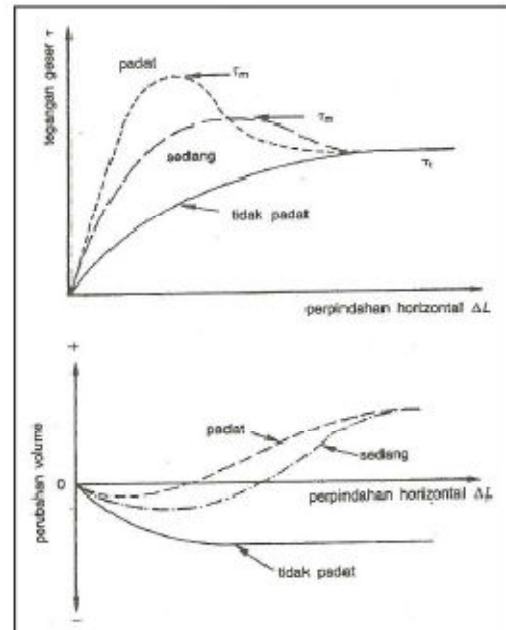
2.3.1. Kuat Geser Tanah Pasir

Kuat geser tanah pasir dapat ditentukan dari salah satu uji triaksial (*triaxial test*) atau uji geser langsung (*direct shear test*). Kelebihan tekanan air pori akibat adanya beban yang bekerja di atas tanah pasir dalam kondisi jenuh adalah nol. Hal ini disebabkan tanah pasir mempunyai permeabilitas besar, sehingga pada kenaikan beban, air pori relatif cepat menghambur ke luar tanpa menimbulkan tekanan yang berarti. Jadi, dapat dianggap bahwa kondisi pembebanan pada tanah pasir akan berupa pembebanan pada kondisi terdrainase atau *drained*.

2.3.2. Uji Geser Langsung pada Tanah Pasir

Gambar II.2. dapat dilihat bahwa:

1. Pada tanah pasir padat dan sedang, tegangan geser bertambah oleh perpindahan akibat geser ΔL , pada suatu nilai yang maksimum τ_m dan berkurang ke nilai yang mendekati konstan pada nilai τ_r pada perpindahan akibat geser yang besar. Tegangan yang konstan (τ_r) ini merupakan tegangan geser batas (ultimit).
2. Pada tanah pasir tidak padat, tegangan geser bertambah dengan ΔL , pada satu nilai maksimum, dan kemudian konstan.



(Sumber : Mekanika Tanah 1, Hary Christiady)

Gambar II.2. Hasil uji geser langsung pada tanah pasir

3. Untuk tanah pasir tidak padat, volume benda uji berangsur-angsur berkurang pada suatu nilai tertentu dan kemudian mendekati konstan.
4. Untuk tanah pasir padat dan sedang, volume awal berkurang, kemudian bertambah dengan ΔL nya. Pada ΔL yang besar, volume benda uji mendekati konstan.

2.3.3. Kuat Geser Tanah Lempung

Pada tanah lempung jenuh air bila mengalami pembebanan akan terjadi perubahan volume berupa pengurangan atau penambahan. Dalam kondisi pengujian dengan drainase terbuka, perubahan volume berupa kompresi ataupun pelonggaran tidak hanya tergantung pada kerapatan dan tegangan kekang saja, akan tetapi bergantung pula pada sejarah tegangan. Demikian pula pembebanan tak terdrainase, nilai tekanan air pori sangat tergantung dari jenis lempung, apakah lempung tersebut *normally consolidated* ataukah *overconsolidated*.

Kecepatan perubahan volume yang terjadi pada tanah pasir dan lempung berbeda. Karena kecepatan perubahan volume tanah akan sangat tergantung dari permeabilitas tanah. Dimana tanah lempung memiliki permeabilitas yang sangat rendah, sedangkan tanah pasir

tinggi sehingga kecepatan berkurangnya tekanan air pori akan lebih cepat terjadi pada tanah pasir. Jadi, untuk tanah pasir, perubahan volume akibat penghamburan tekanan air pori akan lebih cepat daripada tanah lempung.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya dan Laboratorium Pengolahan Bahan dan Material Politeknik Negeri Sriwijaya. Adapun tahapan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari dan mengkaji bahan-bahan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan yaitu berupa buku – buku mekanika tanah, jurnal ilmiah, skripsi terdahulu, dan sumber – sumber literatur lainnya yang relevan dengan topik yang diteliti..

3.2. Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan yaitu berupa pengambilan sampel tanah pasir terganggu (*disturbed soil*) dan tanah lempung A-7. Tanah pasir sungai terganggu diambil dari depot pasir Jembatan Musi II dengan jenis tanah pasir Ogan sedangkan tanah lempung A-7 dari Inderalaya.

3.3. Pekerjaan Persiapan

Tanah pasir yang telah diambil dari lokasi dikeringkan. Setelah dikeringkan, tanah tersebut selanjutnya diayak. Untuk pengujian pemadatan tanah standar dan *direct shear*, tanah pasir yang digunakan adalah tanah yang lolos saringan no. 4.

Untuk tanah lempung A-7, terlebih dahulu tanah lempung dites melalui uji analisa saringan dan uji batas *atterberg* untuk memastikan bahwa jenis tanah lempung tersebut merupakan tanah lempung A-7. Tanah lempung kemudiandikeringkan, ditumbuk lalu disaring dengan saringan No.40.

3.4. Pengujian Laboratorium

3.4.1 Pengujian Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis butiran tanah yang merupakan perbandingan berat butir tanah dan berat air dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-854.

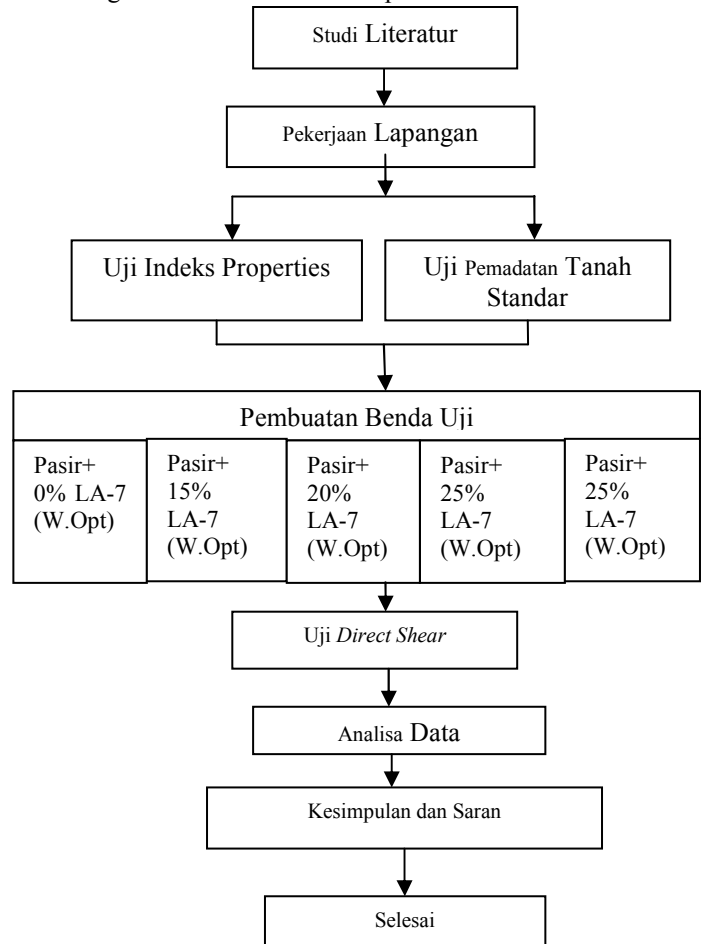
3.4.2 Pengujian Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran agregat halus dan agregat kasar, dan klasifikasi tanah menggunakan sistem AASHTO dan Unified. Pengujian analisa saringan dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D 421. Analisa hidrometer mengacu pada ASTM D-422.

3.4.3 Pengujian Pemadatan Tanah Standar

(*Standard Compaction Test*)

Pengujian pemadatan ini dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) dan berat isi kering maksimum (*Maximum Dry Density*) dari beberapa sampel pengujian dan dilakukan sebelum uji *direct shear*. Sistem pemadatan yang digunakan adalah *standar proctor*. Hasil dari pemadatan ini akan menghasilkan nilai kadar air optimum.



Gambar III.1. Diagram alir penelitian

3.5. Pembuatan Benda Uji

Selanjutnya pembuatan benda uji dengan menggunakan alat *direct shear* dengan kepadatan standar proctor menggunakan kadar air optimum yang didapat dari grafik uji pemadatan standar.

3.6. Uji Kuat Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Uji yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kuat geser langsung dengan alat *direct shear test*. Tes ini bertujuan untuk mengetahui kuat geser tanah yang telah dicampur. Kemudian dari seluruh data yang didapat dari percobaan dibandingkan agar dapat ditarik kesimpulan mengenai besar kekuatan geser yang dihasilkan.

Pengujian *direct shear* dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Material Politeknik Negeri Sriwijaya.

3.7. Analisa Data

Tanah lempung A-7 diidentifikasi melalui uji batas *atterberg* dan uji analisa saringan.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium dianalisa guna mengetahui pengaruh penambahan tanah lempung A-7 terhadap kekuatan geser tanah pasir. Data yang akan diolah berupa data karakteristik tanah (*soil properties*) dan uji kuat geser langsung (*direct shear*). Setelah data dianalisa, maka kemudian dilakukan pembahasan. Kemudian dari hasil analisa data dan pembahasan tersebut dapat ditarik kesimpulan dan saran-saran yang dapat diberikan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sifat Fisis Tanah Pasir Sungai

Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisis & klasifikasi tanah pasir Sungai Ogan dapat dilihat pada Tabel IV.1.berikut.

Tabel IV.1. Sifat fisis dan klasifikasi tanah

No.	Jenis Pengujian Tanah	Hasil Pengujian Tanah
1	Berat Jenis (Gs)	2,65 gram/cm ³
2	Tanah Lolos Saringan No.40 (<0,425mm)	16,44%
3	Tanah Lolos Saringan No.200 (<0,075mm)	1,33%
4	Jenis Tanah Menurut AASHTO	A-1-a
5	Jenis Tanah Menurut USCS	Pasir SP (<i>Sand poorly graded</i>)

4.2. Identifikasi Tanah Lempung A-7

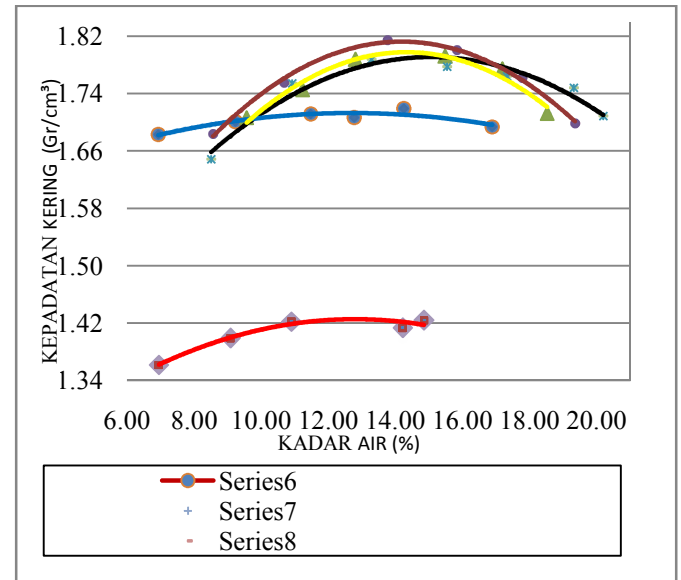
Identifikasi tanah lempung A-7 dilakukan melalui pengujian analisa saringan, pengujian hydrometer dan batas-batas *atterberg* sesuai dengan sistem klasifikasi AASHTO

Tabel IV.2. Sifat fisis dan klasifikasi tanah

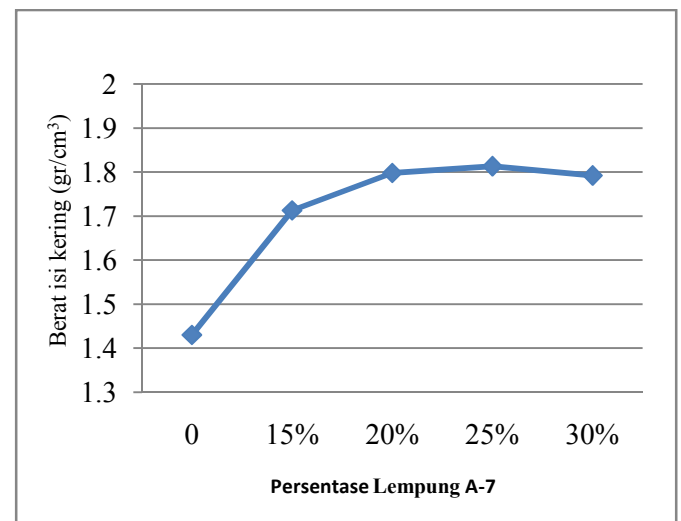
No.	Jenis Pengujian Tanah	Hasil Pengujian Tanah
1.	Tanah Lolos Saringan No.40	97,00%
2.	Tanah Lolos Saringan No.200	82,69%
3.	Batas Cair	77
4.	Batas Plastis	52,64
5.	Indeks Plastisitas	24,36
6.	Jenis Tanah (AASHTO)	A-7-5

4.3. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Standar

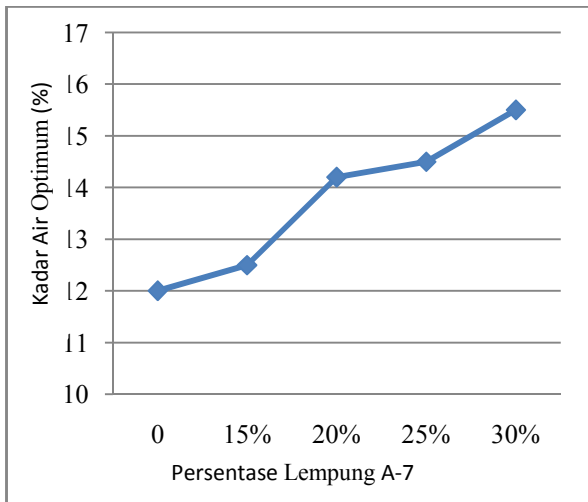
Grafik hasil pengujian tanah standar untuk masing-masing variasi campuran disajikan dalam gambar IV.1 Gambar IV.2. menunjukkan hubungan variasi kadar lempung A-7 dengan kepadatan kering dan Gambar IV.3. menunjukkan grafik hubungan variasi kadar lempung A-7 dengan kadar air optimum.



Gambar IV.1. Grafik hasil Pemadatan Tanah Standar dengan berbagai persentase tanah lempung A-7



Gambar IV.2. Grafik hubungan variasi kadar lempung A-7 dan kepadatan kering



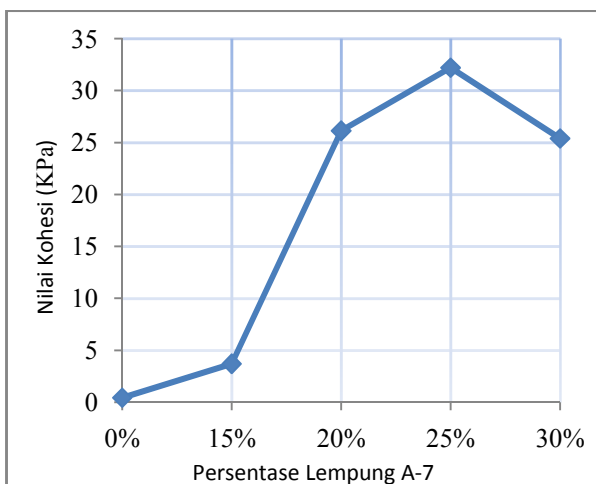
Gambar IV.6. Grafik hubungan variasi kadar lempung dengan kadar air optimum

4.4. Nilai Kohesi Tanah (C)

Besarnya nilai kohesi tanah untuk masing-masing persentase tanah lempung A-7 dapat dilihat pada Tabel IV.3 dan Gambar IV.7

Tabel IV.3. Nilai kohesi tanah

Komposisi Campuran	Kohesi (KPa)		
	Sample 1	Sample 2	Rerata
Pasir + 0% Lempung A-7	0,496	0,390	0,443
Pasir + 15% Lempung A-7	3,969	3,418	3,694
Pasir + 20% Lempung A-7	26,053	26,195	26,124
Pasir + 25% Lempung A-7	31,944	32,449	32,197
Pasir + 30% Lempung A-7	25,400	25,392	25,396

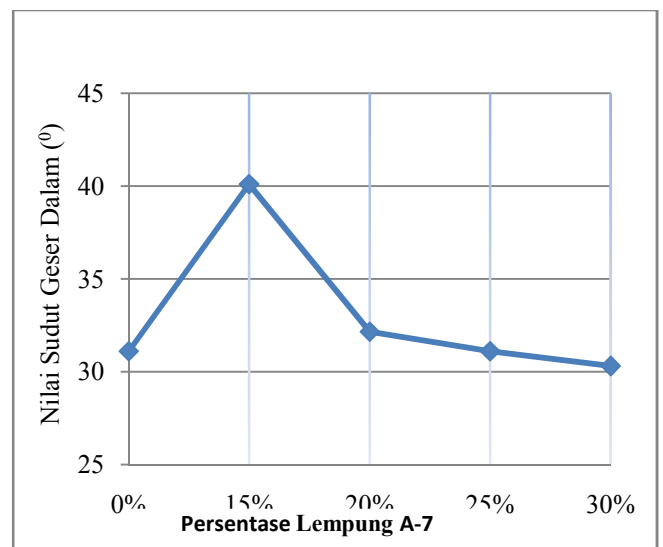


Gambar IV.7. Grafik nilai kohesi dengan persentase lempung A-7

4.5. Nilai Sudut Geser Dalam

Nilai sudut geser yang didapat dari uji *direct shear* ini disajikan dalam Tabel IV.4 dan Gambar IV.8
Tabel IV.4. Nilai sudut geser dalam

Komposisi Campuran	Sudut Geser (derajat)		
	Sample 1	Sample 2	Rerata
Pasir + 0% Lempung A-7	31,2	31	31,1
Pasir + 15% Lempung A-7	38,8	37,5	38,15
Pasir + 20% Lempung A-7	31,7	32,6	32,15
Pasir + 25% Lempung A-7	30,4	31,8	31,1
Pasir + 30% Lempung A-7	30,6	30	30,3



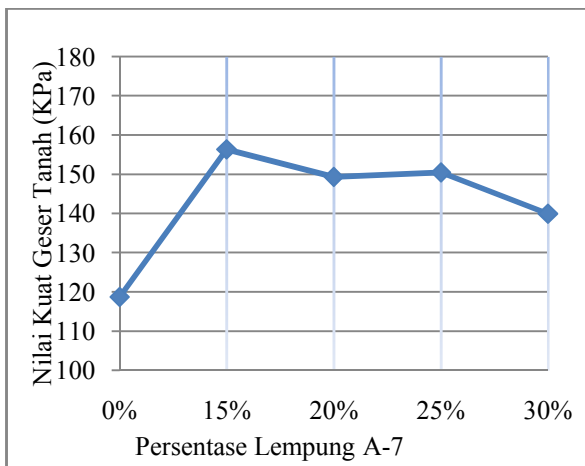
Gambar IV.8. Grafik nilai sudut geser dalam dengan persentase lempung A-7

4.6. Nilai Kuat Geser Tanah (τ)

Nilai kuat geser tanah dapat dihitung setelah didapatkan nilai parameter kuat geser tanah yaitu nilai kohesi rata-rata dan nilai sudut geser dalam rata-rata yang diperoleh dari uji *direct shear*. Hasil perhitungan nilai kuat geser tanah untuk masing-masing komposisi tanah pasir dan lempung A-7 disajikan dalam Tabel IV.9 dan Gambar IV.9.

Tabel IV.9. Nilai kuat geser tanah dengan variasi kadar tanah lempung A-7

Komposisi Campuran	Kuat Geser (KPa)
Pasir + 0% Lempung A-7	118,678
Pasir + 15% Lempung A-7	156,295
Pasir + 20% Lempung A-7	149,313
Pasir + 25% Lempung A-7	150,431
Pasir + 30% Lempung A-7	139,929



Gambar IV.9. Grafik kuat geser dengan persentase lempung A-7

4.7. Pembahasan

Berdasarkan pengujian indeks properties yang dilakukan di laboratorium didapat bahwa tanah pasir sungai Ogan memiliki berat jenis sebesar 2,650 gram/cm³. Tanah termasuk dalam jenis tanah A-1-a berdasarkan klasifikasi AASHTO dimana tingkat penggunaannya sebagai subgrade sangat baik. Klasifikasi USCS menunjukkan tanah pasir sungai Ogan tergolong dalam jenis tanah pasir SP (*Sand poorly graded*).

Pada pengujian *direct shear* yang dilakukan di laboratorium menunjukkan bahwa terjadi perubahan parameter kuat geser setelah dilakukan pencampuran tanah pasir sungai dengan tanah lempung A-7. Nilai kohesi cenderung meningkat seiring penambahan tanah lempung A-7, namun mengalami penurunan pada pencampuran 30% tanah lempung A-7. Nilai kohesi paling tinggi didapat pada pencampuran tanah pasir sungai dengan tanah lempung A-7 sebesar 25%. Perubahan nilai kohesinya mencapai 8220,256%, nilai kohesinya sebesar 32,197KPa.

Nilai sudut geser dalam mengalami pengaruh pada penambahan tanah lempung A-7 sebesar 15%, 20% dan 30% sedangkan pada penambahan 25% tanah lempung A-7 nilai sudut geser dalam tidak mengalami perubahan. Nilai sudut geser optimum terdapat pada campuran 15% tanah lempung A-7 yaitu sebesar 40,1°.

Kuat geser tanah mengalami perubahan pada keseluruhan variasi komposisi campuran tanah. Nilai kuat geser tanah pasir tanpa lempung A-7 sebesar 118,678 KPa. Nilai kuat geser maksimum didapat pada kadar 15% lempung A-7 yaitu sebesar 156,295 KPa. Perubahan nilai kuat geser sebesar 31,697%.

Dari data yang diperoleh dari pengujian dapat disimpulkan bahwa lempung A-7 dapat meningkatkan kekuatan geser tanah pasir sungai. Lempung A-7 mengisi ruang antar butiran pasir (sebagai *filler*) secara maksimum pada persentase 25%, sehingga didapat nilai kohesi (C) optimum pada persentase tersebut. Namun pada kadar 30% lempung A-7 mengalami kondisi *over* dalam fungsinya sebagai *filler* sehingga butiran tanah cenderung memisah kembali dan nilai kohesi menurun dibanding 25% lempung A-7.

Nilai sudut geser dalam (ϕ) tanah pasir yang merupakan tanah granuler cenderung besar sedangkan nilai sudut geser lempung sebagai tanah kohesif dan berbutir halus cenderung kecil. Pada tanah campuran pasir dan lempung A-7 didapat sudut geser yang lebih besar dibanding sudut geser tanah pasir. Namun penambahan tanah lempung A-7 yang berlebihan akan menurunkan nilai sudut geser tanah itu. Nilai sudut geser maksimum didapat pada campuran 15% lempung A-7.

Besarnya nilai kuat geser tanah (τ) dipengaruhi oleh nilai kohesi dan sudut geser dalam. Hal ini ditunjukkan dengan perubahan nilai kuat geser pada tiap variasi campuran. Nilai kuat geser tertinggi didapat pada variasi 15%, pada variasi ini terjadi perubahan nilai sudut geser terbesar dan juga mengalami peningkatan nilai kohesi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan klasifikasi USCS, tanah pasir sungai Ogan termasuk ke dalam tanah pasir SP atau *Sand poorly graded* sedangkan klasifikasi AASHTO tanah pasir Sungai Ogan termasuk dalam kelompok A-1-a dengan berat jenis tanah sebesar 2,650 gram/cm³.
2. Bertambahnya kadar tanah lempung A-7 pada campuran tanah pasir sungai menyebabkan peningkatan pada berat isi kering tanah, namun mengalami penurunan pada 30% kadar lempung A-7. Kepadatan maksimum sebesar 1,815 kg/cm³ pada kadar lempung A-7 25%.
3. Penambahan kadar lempung A-7 terhadap tanah pasir sungai mempengaruhi nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) tanah pasir sungai. Nilai kohesi tanah pasir sungai tanpa tanah lempung A-7 sebesar 0,496 KPa dan nilai sudut geser dalamnya sebesar 31,2°. Nilai kohesi maksimum didapat pada campuran 25% lempung A-7 yaitu 32,197KPa. Nilai sudut geser dalam maksimum terdapat pada campuran 15% lempung A-7 yaitu sebesar 40,1°.
4. Penambahan tanah lempung A-7 meningkatkan kuat geser tanah pasir sungai pada keseluruhan variasi kadar lempung A-7. Komposisi campuran dengan kuat geser optimum pada didapat pada kadar 15% lempung A-7.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- Das, Braja.M. *Principles of Foundation Engineering*. Seventh Edition. Global Engineering, 2007.
- Hardiyatmo, Hary Christady. *Mekanika Tanah 1*, Cetakan Kelima, Gadjah Mada University Press. Yogyakarta : 2010

Shirley, Ir. *Geoteknik dan Mekanika Tanah*, Penerbit Nova. Bandung : 1994

Salih Omez, Mehmet. *Shear Strength Behaviour of Sand-Clay Mixtures*. Midle East Technical University. 2008

Terdzaghi, Karl dan Ralph B.Peck, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga. Jakarta : 1993.

Laboratorium Mekanika Tanah UNSRI, "*Buku Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah*", Teknik Sipil UNSRI, 2011.