

STUDI PENGARUH PENAMBAHAN TANAH LEMPUNG PADA TANAH PASIR PANTAI TERHADAP KEKUATAN GESER TANAH

Abdul Hakam¹, Rina Yuliet², Rahmat Donal³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan tanah lempung yang dicampurkan pada tanah pasir terhadap parameter kekuatan geser tanah. Tanah yang diuji pada penelitian ini berasal dari tanah pasir pantai Padang yang memiliki butiran seragam dan merupakan jenis tanah non kohesif yang mempunyai sifat antar butiran lepas. Untuk memperbaiki struktur tanah ini maka dilakukan pencampuran tanah lempung dengan kadar penambahan tanah lempung sebesar 2%, 5%, 10%, 20%, dan 50%. Pengujian geser langsung dilakukan dengan dua cara, yang pertama kondisi basah yaitu dengan pemadatan menggunakan proktor standar, yang kedua kondisi kering yaitu dengan menggunakan derajat kerapatan (D_r) sebesar 30%, 50%, 70% dan 100%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terjadi perubahan parameter kuat geser tanah setelah tanah lempung dicampurkan pada tanah pasir. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kepadatan maksimum sebesar 1,74 kg/cm² dengan penambahan tanah lempung sebesar 20%. Untuk pengujian geser langsung, semakin padat suatu massa tanah maka semakin besar sudut gesernya, sebaliknya semakin lepas suatu massa tanah maka semakin kecil sudut geser yang dihasilkan. Semakin besar kadar lempung yang ditambahkan maka semakin meningkat kohesi tanah tersebut, dan sudut geser akan menjadi semakin menurun.

Kata Kunci : Tanah pasir pantai, tanah lempung, kekuatan geser tanah.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 tanah pasir pantai termasuk jenis tanah yang 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. Pada percobaan ini tanah pasir diperbaiki dengan mencampurkan tanah lempung pada tanah pasir untuk diteliti kuat geser tanahnya.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji pengaruh penambahan tanah lempung yang dicampurkan pada tanah pasir pantai terhadap kekuatan geser tanah. Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan tanah lempung yang dicampurkan pada tanah pasir pantai terhadap kekuatan geser tanah pasir sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif penggunaan tanah

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, e-mail: ahakam@ft.unand.ac.id

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, e-mail: rina@ft.unand.ac.id

³ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas

lempung sebagai bahan stabilisasi pada tanah pasir pantai dan dapat diaplikasikan pada kasus-kasus geoteknik di lapangan.

2. DASAR TEORI

2.1 Umum

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 :

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

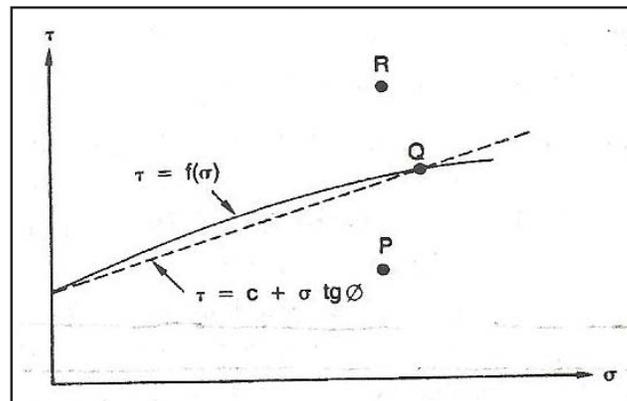
Garis kegagalan yang didefinisikan pada persamaan (1) adalah kurva yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

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 $f(\sigma)$ sebagai

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2)$$

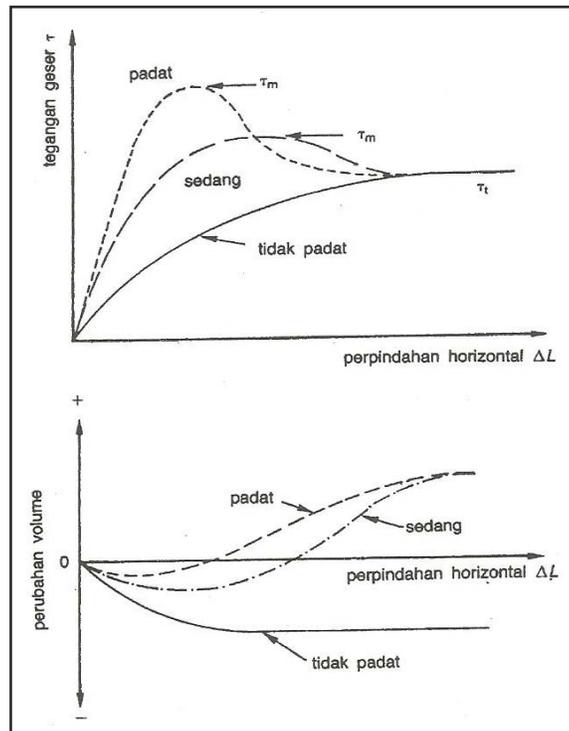
Persamaan (2) disebut kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb, dimana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam bentuk garis lurus pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Kriteria Keruntuhan Mohr dan Coulomb

2.2 Kuat Geser Tanah Pasir

Kuat geser tanah pasir dapat ditentukan dari salah satu uji triaksial atau uji geser langsung. Kelebihan tekanan air pori akibat adanya beban yang bekerja diatas tanah pasir dalam kondisi jenuh adalah nol. Hal ini disebabkan tanah pasir mempunyai permeabilitas besar, sehingga pada kenaikan beban, air pori relative cepat menghambur keluar tanpa menimbulkan tekanan yang berarti. Jadi, dapat dianggap bahwa kondisi pembebanan pada tanah pasir akan berupa pembebanan pada kondisi terdrainase.



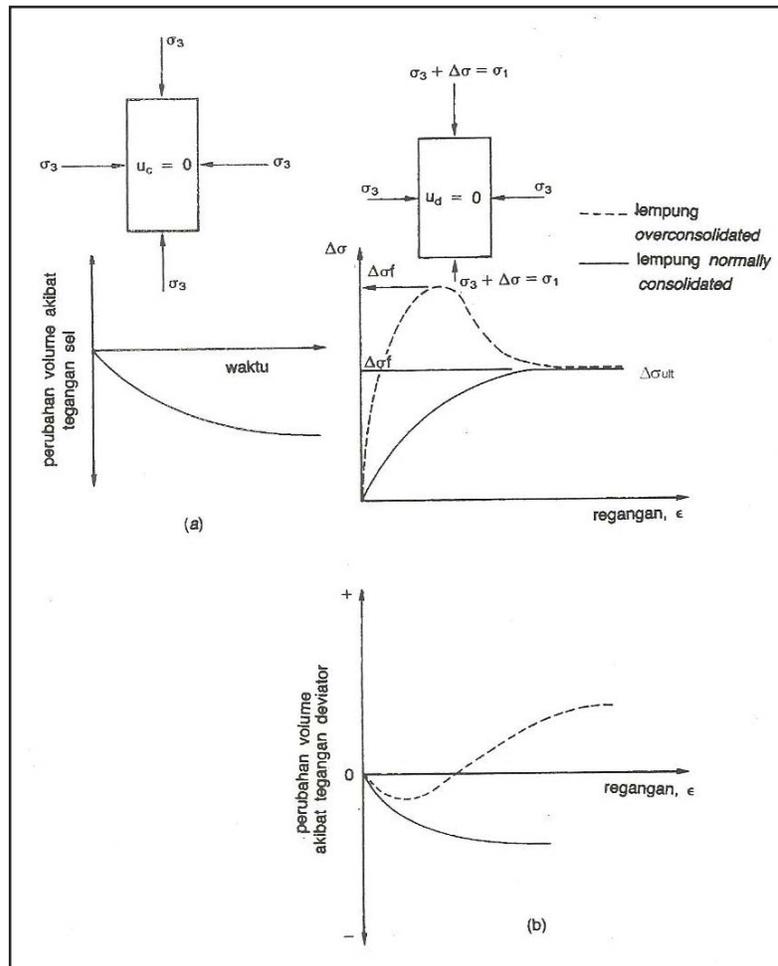
Gambar 2. Hasil Uji Geser Langsung pada Tanah Pasir

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. Benda uji tanah pasir dikatakan pada nilai banding pori kritis jika tercapai keadaan volume benda uji yang tetap tidak berubah pada proses penggeseran.

2.3 Kuar Geser pada 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*.



Gambar 3. Uji Triaksial CD pada Tanah Lempung (a). Pada Penerapan Tekanan Sel (b). Pada Penerapan Tegangan Deviatorik

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.

Tabel 1. Nilai Tipikal Sudut Geser Dalam (ϕ) Pada Tanah Pasir

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°

Tabel 2. Hubungan Kerapatan Relatif (Dr) dan Sudut Geser Dalam Tanah Pasir dari Penyelidikan di Lapangan (Mayerhof, 1956)

Kondisi	Kerapatan relatif	Nilai SPT (N)	Nilai tahanan kerucut statis, sondir, (CPT), qc (kg/cm ²)	Sudut gesek dalam (ϕ)
Sangat tidak padat	<0.2	<4	<20	<30°
Tidak padat	0.2-0.4	4-10	20-40	30° -35°
Agak padat	0.4-0.6	10-30	40-120	35° -40°
Padat	0.6-0.8	30-50	120-200	40° -45°
Sangat padat	>0.8	>50	>200	>45°

Faktor yang mempengaruhi kuat geser tanah pasir, adalah :

- Ukuran butiran
- Air yang terdapat diantara butiran
- Kekasaran permukaan
- Angkapori (e) atau kerapatan relatif (Dr)
- Distribusi ukuran butiran
- Bentuk butiran
- Tegangan utama tengah
- Sejarah tegangan yang pernah dialami (Oveconsolidation)

Desiana. V, 1997, melakukan penelitian dengan judul stabilitas pasir laut Tanjung Priok dengan semen cleanset, dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa pasir pasir laut Tanjung Priok memiliki daya dukung yang tidak memenuhi syarat untuk dijadikan tempat penumpukan peti kemas di proyek Terminal Peti Kemas III Kota Tanjung Priok. Gradasinya yang seragam, merupakan sifat yang sangat tidak menguntungkan, karenanya perlu distabilisasi.

Dr. Lusmelia Afriani, 2008 melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan tanah pasir pada tanah lempung. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan material pasir pada tanah lunak akan meningkatkan besarnya berat volume tanah campur pasir, dengan peningkatan rata - rata sebesar 5.94 % Sedangkan nilai kohesi dari tanah lunak campur pasir akan menurun dibanding tanah lempung murni, dengan penurunan rata-rata sebesar 25.07 % Peningkatan nilai sudut geser dalam dan lempung lunak yang dicampur dengan pasir rata-rata sebesar 67.03 % Mengingat hasil diatas dapat disimpulkan bahwa nilai daya dukung tanah lunak akan semakin meningkat jika dilakukan penambahan campuran dengan pasir, hal ini terlihat dan meningkatnya sudut geser dalam yang signifikan.

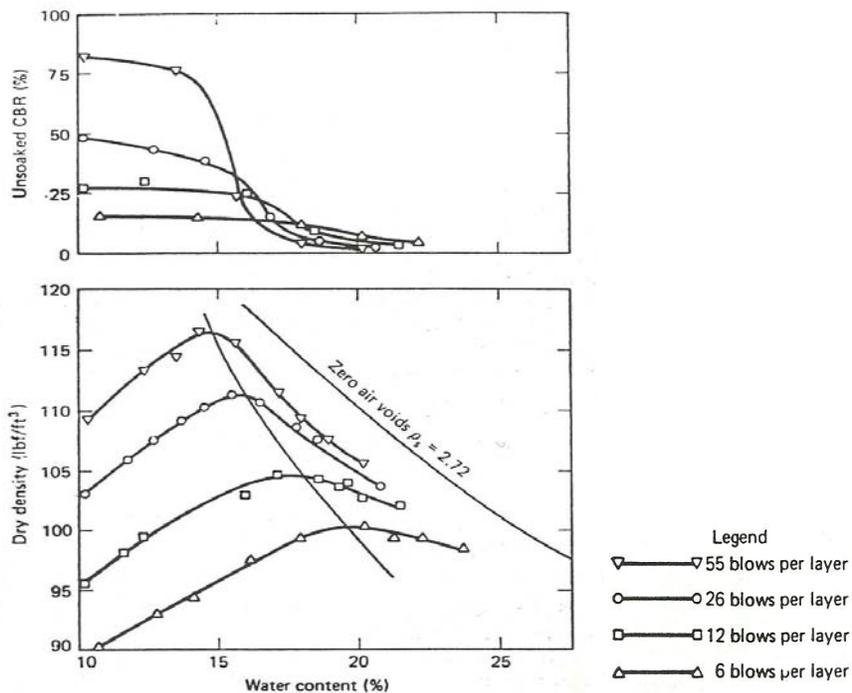
Memperbaiki sifat-sifat tanah dapat dilakukan dengan cara mencampur dengan jenis tanah lain seperti lempung. Menurut Ingels dan Metcalf (1972), sifat-sifat tanah yang diperbaiki dengan stabilisasi dapat meliputi : kestabilan volume, kekuatan/daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan/keawetan. Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena didalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia yang dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada didalam aditif untuk bereaksi.

2.4 Pematatan Tanah

Pematatan adalah bertambahnya berat volume kering tanah sebagai akibat pematatan partikel yang diikuti oleh pengurangan volume udara dengan air tetap tidak berubah. Saat air ditambahkan pada pematatan, air ini akan melunakan partikel-partikel tanah. Partikel-partikel tanah menggelincir satu sama lain dan bergerak pada posisi yang lebih rapat.

Pematatan bertujuan untuk mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas), mengurangi permeabilitas, mengurangi perubahan volume sebagai akibat

perubahan kadar air, dll. Tingkat kepadatan suatu tanah diukur dari nilai berat keringnya (γ_d). Berat volume kering tidak berubah oleh adanya kenaikan kadar air. Dengan demikian, tanah yang telah selesai dipadatkan di lapangan dan kemudian berubah kadar airnya (misalnya oleh hujan), maka berat volume kering tetap tidak berubah, sepanjang volume total tanah tetap. Hal ini karena kepadatan atau berat volume kering dinyatakan oleh $\gamma_d = W_s/V$, bila berat butiran (W_s) dan volume total (V) tetap maka γ_d juga tetap.



Gambar 4. Pengaruh Pemadatan pada Struktur Tanah

Jika usaha pemadatan pervolume satuan (E) berubah maka bentuk kurva hubungan kadar air terhadap berat volume kering juga berubah. **Gambar 4** menunjukkan hasil pemadatan dengan usaha pemadatan yang berbeda. Dari gambar dapat disimpulkan bahwa jika energy pemadatan ditambah maka berat volume kering tanah juga bertambah sedangkan kadar air optimum akan berkurang. Nilai CBR juga akan meningkat dengan bertambahnya usaha pemadatan pada kadar air yang rendah. Meningkatnya nilai CBR juga akan meningkatkan nilai kuat geser tanah.

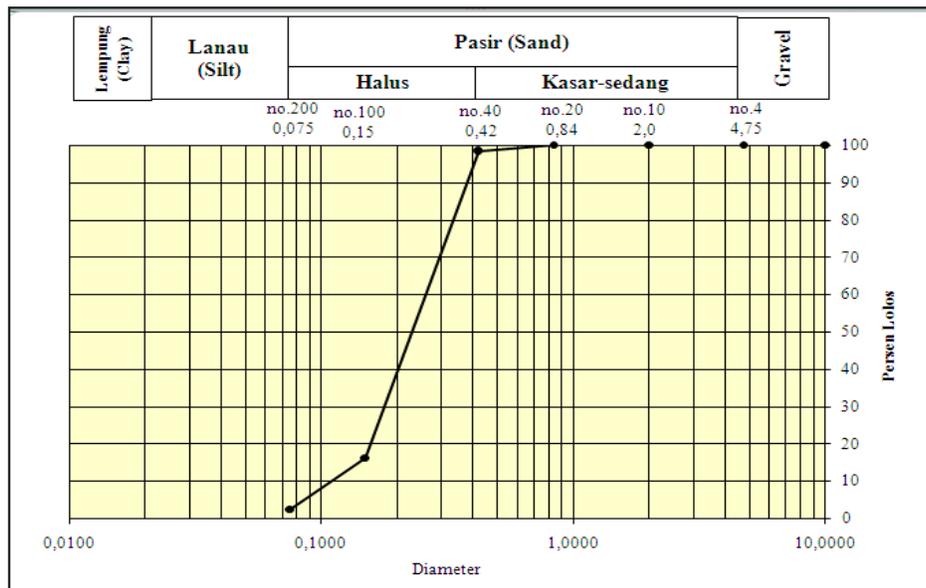
3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah

Penelitian dilakukan terhadap sampel terganggu (*disturb*) berupa tanah pasir pantai Padang, dan tanah lempung daerah Kuranji Padang, Sumatra Barat. Dari pengujian sifat-sifat fisik tanah asli di laboratorium diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Pasir

Jenis pengujian	Parameter	Nilai	Satuan
Kadar Air	W	26,611	%
Berat Volume	γ	1,609	(gr/cm ³)
Berat Spesifik	G_s	2,664	
Analisa Butiran	% lolos #200	2,36	%
	Analisa Ukuran butiran :		
	Pasir	97,64	%
	Lanau	2,36	%
	Lempung	0	%
Atterberg Limit	Liquid Limit (LL)	125	%
	Plastic Limit (PL)	44,53	%
	Plasticity Indeks (PI)	80,47	%



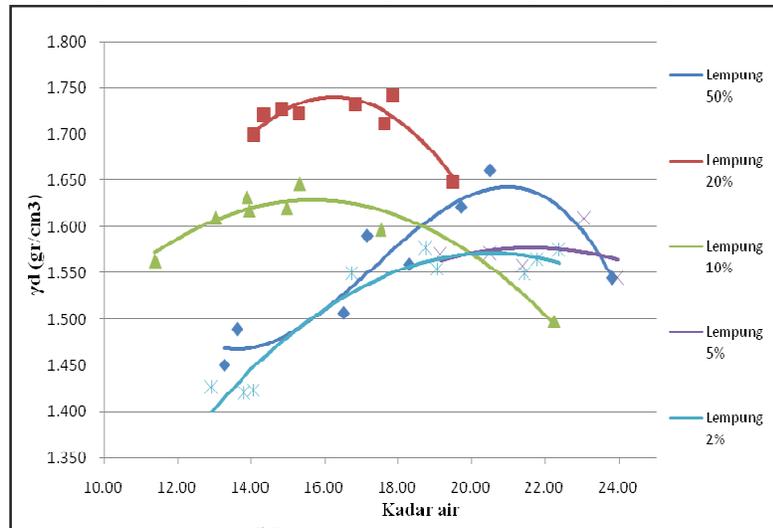
Gambar 5. Gambar 5. Kurva gradasi tanah pasir

3.2 Analisa Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO dan USCS

Dari hasil uji analisa saringan, tanah pasir Pantai Padang tersebut mengandung 97,64% pasir dan 2,36% lanau. Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO maka tanah pasir Pantai Padang termasuk dalam pasir halus yaitu 98,39% lolos saringan no.40. Pada sistem klasifikasi AASHTO untuk tanah yang lolos saringan no.40 minimal 50% masuk kedalam golongan tanah A-3 dengan tipe material yang paling dominan adalah pasir halus. Berdasarkan sistem Unified maka tanah pasir Pantai Padang termasuk kedalam tanah berbutir kasar yaitu lebih 50% butiran tertahan pada saringan no.200. Digolongkan kedalam kelompok SP dengan penilaian pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus. Pasir ini memiliki gradasi yang seragam sehingga perlu dilakukan perbaikan pada jenis tanah pasir ini. Penambahan tanah lempung pada tanah pasir akan membuat gradasi tanah menjadi beragam.

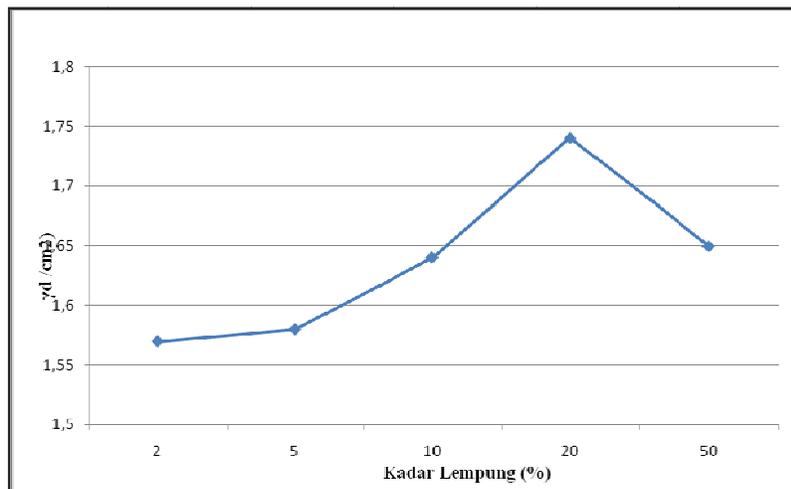
3.3 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Mekanis Tanah

3.3.1 Analisa Hasil Pengujian Kepadatan Tanah



Gambar 6. Hubungan Kepadatan dan Kadar Air untuk Berbagai Variasi Kadar Lempung

Gambar 6 menunjukkan kepadatan kering akan bertambah seiring dengan pertambahan kadar lempungnya. Tetapi untuk penambahan lempung sebesar 50% terjadi penurunan kepadatan. Dari pengujian didapatkan nilai kepadatan tertinggi dengan penambahan lempung sebesar 20%. Nilai kepadatannya sebesar 1,74 kg/cm².

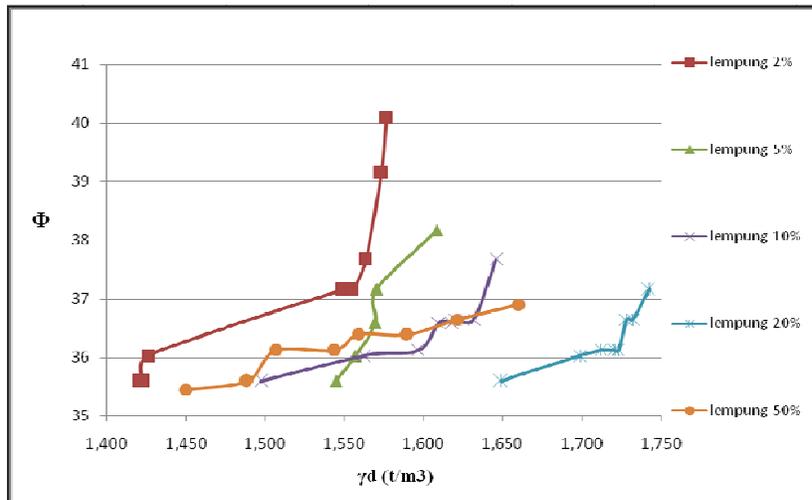


Gambar 7. Hubungan Variasi Kepadatan Kering Maksimum vs Kadar Lempung

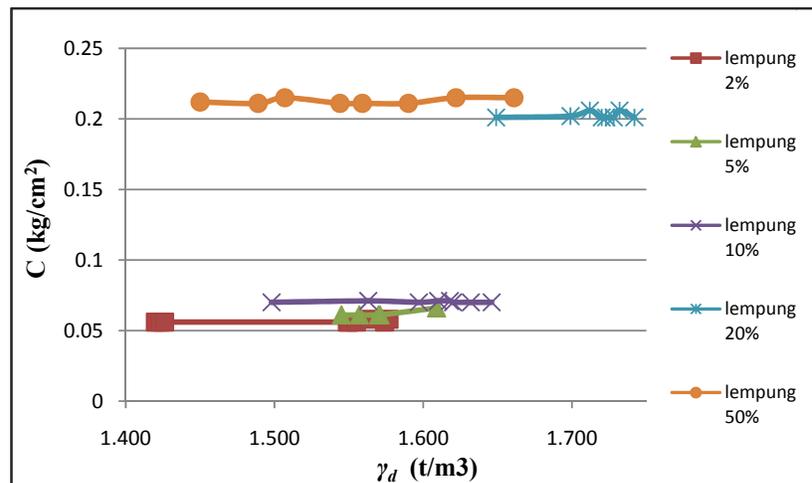
3.3.1 Analisa Hasil Pengujian Kuat Geser Langsung

3.3.1.1 Kondisi Basah dengan Pematatan menggunakan Proctor Standar.

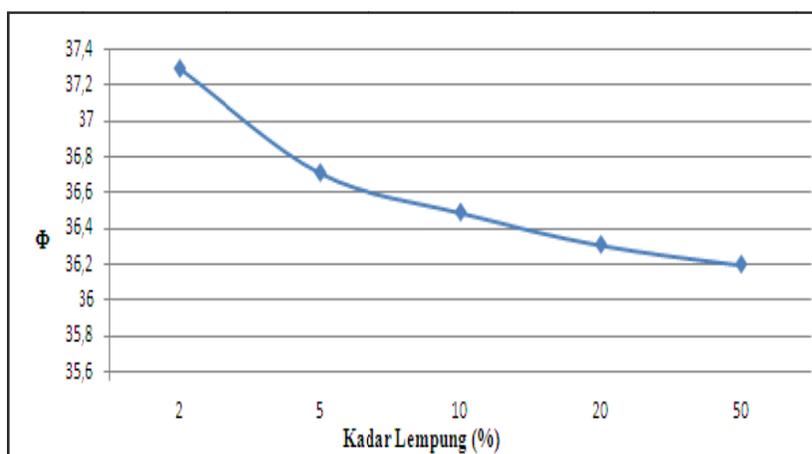
Berikut adalah hasil uji geser langsung untuk tanah pasir dengan variasi kadar lempung



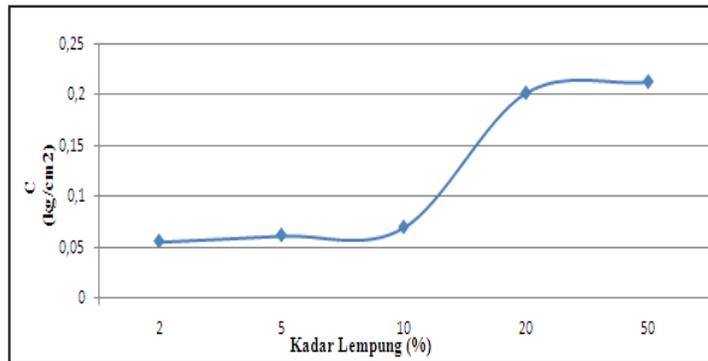
Gambar 8. Hubungan Sudut Geser Tanah dengan Kepadatan Kering



Gambar 9. Hubungan Nilai Kohesi Tanah dengan Kepadatan Kering



Gambar 10. Hubungan Sudut Geser Tanah dengan % Lempung

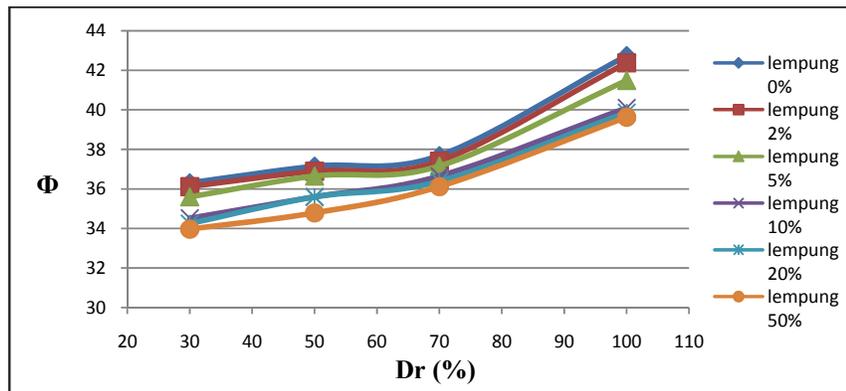


Gambar 11. Hubungan Kohesi dengan % Lempung

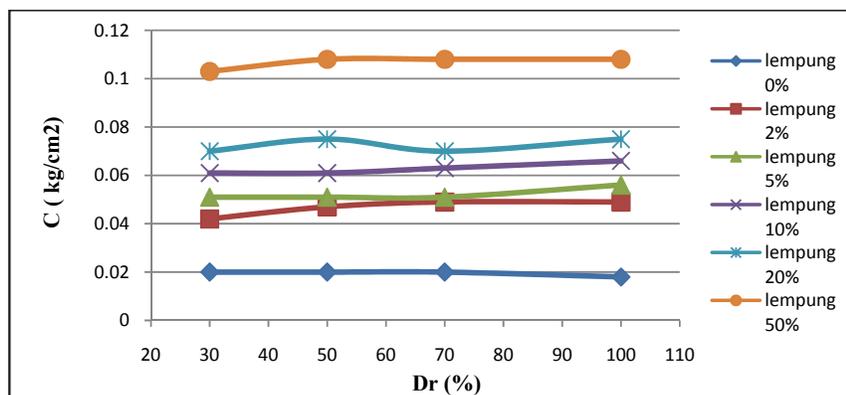
Berdasarkan hasil diatas dapat dianalisa bahwa semakin besar kadar lempung maka nilai sudut geser dalam semakin berkurang dan nilai kohesi semakin tinggi.

3.3.1.2 Kondisi Kering dengan Menggunakan Kerapatan Relatif (DR)

Pengujian geser langsung dengan menggunakan derajat kerapatan dilakukan dengan cara mencetak sampel tanah pasir tersebut pada cincin, dimana berat tanah yang mengisi cincin dihitung sesuai persentase derajat kerapatannya. Berikut adalah hasil uji geser langsung untuk tanah pasir dengan variasi kadar lempung.

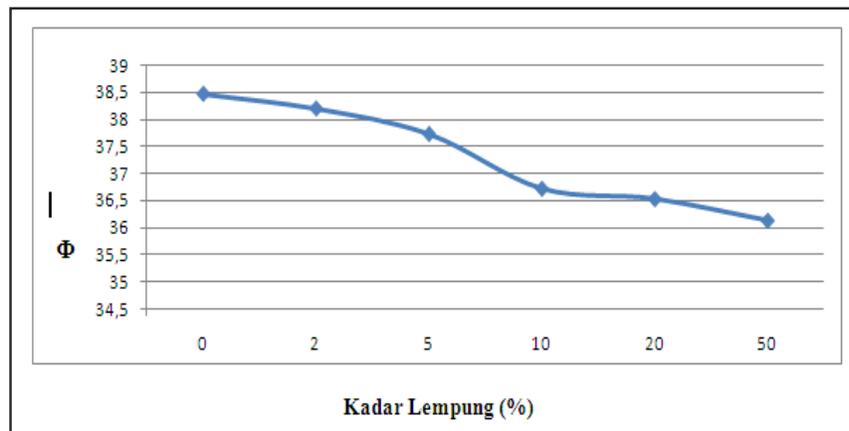


Gambar 12. Hubungan Sudut Geser Tanah dengan Derajat Kerapatan

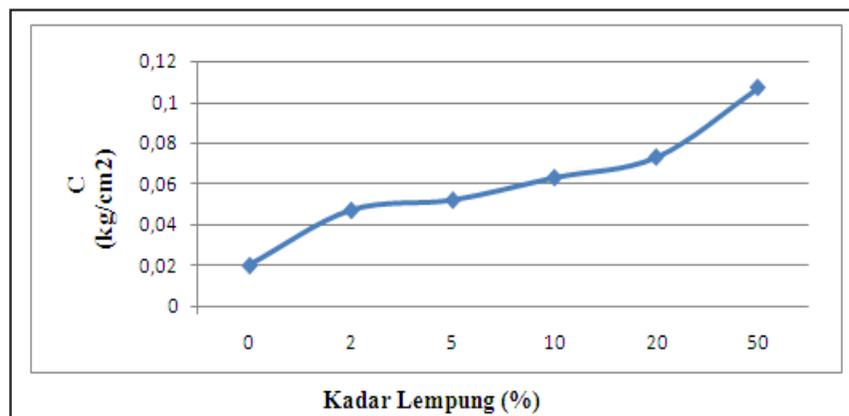


Gambar 13. Hubungan Kohesi Tanah dengan Derajat Kerapatan

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat, bahwa semakin padat tanah maka akan semakin tinggi sudut gesernya. Tetapi kohesi rata-rata sama untuk setiap kadar lempung dan kepadatan. Dari data diatas dapat di analisis bahwa semakin padat suatu massa tanah maka kekuatan gesernya akan semakin meningkat. Pada pasir padat butiran berhubungan saling mengunci satu sama lain dan rapat. Sebelum kegagalan terjadi hubungan yang saling mengunci ini menambah perlawanan gesek pada bidang geser. Setelah tegangan puncak tercapai pada nilai ΔL yang rendah, tingkat penguncian antara butirannya turun dan tegangan geser berkurang. Pengurangan tingkat penguncian antar butir menghasilkan penambahan volume selama geseran berlangsung. Pada pasir 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. Kenaikan tegangan geser akan diikuti oleh pengurangan volume benda uji.



Gambar 14. Hubungan Sudut Geser Tanah dengan Kadar Lempung



Gambar 15. Hubungan Kohesi dengan Kadar Lempung

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat, bahwa semakin besar kadar lempung maka nilai sudut gese dalam semakin kecil dan kohesi akan menjadi semakin besar.

4. KESIMPULAN

1. Berdasarkan klasifikasi AASTHO maka tanah pasir Pantai Padang termasuk dalam kedalam golongan tanah A-3 dengan tipe material yang paling dominan adalah pasir halus. Berdasarkan

sistem Unified maka tanah pasir Pantai Padang digolongkan kedalam kelompok SP dengan penilaian pasir bergradasi buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus.

2. Bertambahnya kadar lempung pada tanah asli menyebabkan peningkatan pada berat isi kering tanah. Tetapi terjadi penurunan pada penambahan lempung sebesar 50%.
3. Kepadatan maksimum sebesar 1,74 kg/cm² didapatkan pada penambahan kadar lempung sebesar 20%.
4. Semakin padat massa tanah maka semakin besar sudut gesernya, dan sebaliknya semakin lepas massa tanah maka sudut geser semakin menurun.
5. Semakin besar penambahan kadar lempung maka kohesi tanah semakin meningkat, sementara sudut geser akan menjadi semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M., (1985), "*Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*", Erlangga.
- Hakam, A., (2008), "*Rekayasa Pondasi*", Bintang Grafika.
- Laboratorium Mekanika Tanah, (2008), "*Penuntun Praktikum Mekanika Tanah*", Universitas Andalas.
- Handayani, H., (2008), "*Studi Laboratorium Pengaruh Lapisan Pasir dan Kerikil pada Pondasi Bangunan Sederhana akibat Beban Gempa*", Universitas Andalas.
- Hardiyatmo, Hary Christady, (2006), "*Mekanika Tanah I*", Edisi Keempat, Gadjah Mada University Press.
- Purniasari, Dian, (2008), "*Stabilisasi Tanah Pasir Dengan Menggunakan Aspal Cair SC 60/70 Terhadap Kuat Geser Tanah*". Universitas Islam Indonesia.
- Usman, Taufik. 2008. "*Pengaruh Stabilisasi Tanah Berbutir Halus yang Distabilisasi dengan Menggunakan Abu Merapi pada Batas Konsistensi dan CBR Redaman*". Universitas Islam Indonesia.
- Yuliet, Rina, (2007), "*Handout Perbaikan Tanah*", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Andalas.