

PENGARUH SUBSTITUSI SERBUK *BATU MENYAN* TERHADAP PERUBAHAN NILAI KUAT GESER TANAH EKSPANSIF

Marshella Pratiwi^{1*}, Indra Chusaini San²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
*Korespondensi Penulis: namicrobin@gmail.com

Abstract

Soil often caused a lot of problem if the soil has a bad attribute, like expansive soil. Expansive soil has a feature to expand and shrink with a high swelling. There's a lot of ways to improve the quality of soil, one of them with addition of a chemical substance.

To solve the problem of expansive soil, a research need to be done with menyana stone to be the stabilizer, the aim is to find the influence of the substitution of menyana for expansive soil with the soil shear strength, among cohesion value and shear angle of friction value.

The result of the research shows that the substitution of menyana stone has an impact of the cohesion and shear angle of friction value. The value increases up to 25% in mix composition with 21 days treatment. This explains that the menyana stone worthed to be a stabilizer material.

Keyword : expansive soil, menyana stone, cohesion, shear angle of friction value.

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan dasar dari berdirinya suatu konstruksi. Salah satu jenis tanah yang mempunyai banyak masalah dalam pembangunan konstruksi dan konstruksi jalan khususnya adalah tanah ekspansif. Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang mempunyai sifat khas, yaitu kandungan mineral ekspansifnya memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi sehingga mengakibatkan tanah ekspansif memiliki potensi kembang susut (*swelling*) yang sangat tinggi dan plastisitas yang tinggi, dan relatif keras atau kaku pada saat kadar airnya berkurang (Sudjianto, 2006).

Jika kadar airnya meningkat atau dalam keadaan terendam, maka tanah jenis ini akan mengembang (*swell*), menyebabkan rusaknya konstruksi di atasnya akibat tekanan dari tanah tersebut, dan akan menyusut (*shrink*) apabila kadar air berkurang menyebabkan kepadatan tanah berkurang, permukaan menjadi turun dan menyebabkan konstruksi di atasnya ikut turun. Pengembangan volume tanah disertai tekanan tanah kearah atas akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan atau konstruksi lainnya seperti kenaikan (*heave*)/terangkatnya pondasi, retak-retak (*cracking*) pada dinding bangunan, jalan bergelombang, dan sebagainya (Rina Yuliet, 2007).

Oleh karena itu, tanah yang akan digunakan untuk konstruksi harus melalui proses pengendalian mutu yaitu dengan pengujian laboratorium. Jika hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki sifat-sifat fisik yang buruk dan tidak memenuhi persyaratan teknis maka tanah tersebut perlu distabilisasi baik secara mekanis maupun kimiawi.

Guna mengatasi permasalahan yang ada pada tanah ekspansif maka diadakan penelitian dengan berbagai *stabilizer*. Salah satu alternatif yang ditawarkan yaitu dengan penambahan *batumenyan*.

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh substitusi serbuk *batu menyana* pada tanah ekspansif terhadap parameter kuat geser tanah diantaranya yaitu nilai sudut geser dalam dan nilai kohesi melalui uji Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*).
2. Menganalisa kelayakan penggunaan *batu menyana* sebagai bahan stabilitas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif merupakan salah satu jenis tanah yang memiliki butiran yang sangat halus dan berukuran koloid yang terbentuk dari mineral-mineral ekspansif dan memiliki kekhususan yakni kapasitas pertukaran ion yang mengakibatkan tanah ini cenderung memiliki sifat kembang susut yang tinggi akibat perubahan kadar air. Hal ini dikarenakan tanah ekspansif mengandung jenis-jenis material tertentu yang mengakibatkan tanah ekspansif mempunyai luas permukaan cukup besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah besar.

Apabila terjadi peningkatan kadar air, maka tanah lempung ekspansif akan sangat lunak, bersifat kohesif, terjadi pengembangan disertai dengan peningkatan tekanan air pori, sedangkan bila kadar air berkurang tanah akan menjadi sangat keras, akan terjadi penyusutan volume tanah disertai retak-retak pada lapisan tanah. Ciri yang mudah diamati secara visual tentang jenis tanah ini adalah permukaan tanah yang tampak kaku/tegang. Potensi pengembangan dan penyusutan dipengaruhi berdasarkan *soil properties* dari tanah tersebut.

Unified system mensyaratkan bahwa secara fisik ukuran lempung ekspansif harus lebih dari 50% lolos saringan no. 200 (0,075mm) dan batas cair lebih dari 50%. Sedangkan indeks plastis (IP) minimum 35% (Chen, 1988) dan ini hanya dapat diketahui dengan pengujian laboratorium. Secara kasar Ukuran mineral partikel tanah <2 μ (0,002 mm) dan merupakan mineral

yang aktif secara elektrokimiawi dengan unsur dominan yang terkandung adalah *kaolinite*, *montmorillonite*, *illite*, dan *halloysite* (Hary Christiadi Hariyatmo, 2010).

2.2 Batu Menyan

Batumenyan merupakan salah satu jenis batu yang sangat baik untuk pelapis badan jalan yang baru dibangun. *Batu menyan* ini dapat merekatkan struktur tanah hingga membuat kepadatan maksimal. Batu yang dikenal oleh masyarakat setempat sebagai *batu menyan* ini tidak hanya digunakan untuk pembangunan badan jalan umum tapi juga jalan stapak hingga halaman rumah. Dengan batu ini tanah jadi mudah rapat dan tak mudah pecah.

Ciri-ciri batu ini adalah bagian dalam batu berwarna putih, berongga, memiliki bau yang khas, tidak begitu keras, tetapi akan sangat kering bila *batu menyan* menjadi kering. *Batu menyan* ini diduga mengandung batu bara dan marmer oleh Kepala Dinas Pertambangan dan Energi OKUT Ridwan Abu Bakar. Asumsi tersebut didasarkan pada kondisi geologis daerah tersebut yang didominasi perbukitan yang kaya akan batu gunung dan batu sungai sehingga besar kemungkinan banyak mengandung SDA di kawasan tersebut (Sumatera Ekspres 13 November 2012).

2.3 Pengujian Triaxial dan Teori Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah ditentukan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan tanpa terjadi keruntuhan. Apabila menerima tegangan geser, tanah akan mengalami distorsi dan apabila distorsi yang terjadi cukup besar, maka partikel-partikelnya akan terpelekat satu sama lain dan tanah akan dikatakan gagal dalam geser.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan, tarikan, atau pelesetan. Dengan dasar seperti ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh parameter kuat geser tanah, yaitu :

- Kohesi (c) atau tarik-menarik antar-partikel tanah.
- Sudut Gesek Dalam (ϕ), yaitu sudut yang terbentuk ketika terjadi gesekan antar partikel tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya.

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa-analisa daya dukung tanah (*bearing capacity*), tegangan tanah terhadap dinding penahan (*earth pressure*) dan kestabilan lereng (*slope stability*). Parameter kuat geser tanah tergantung pada jenis pengujian, riwayat tegangan sebelumnya, dan keadaan yang sedang berlaku (kerapatan partikel dan kadar airnya).

Parameter kuat geser tanah ditentukan dari pengujian laboratorium baik *disturbed* maupun *undisturbed*. Salah satu cara yang dapat digunakan yaitu dengan cara uji triaxial.

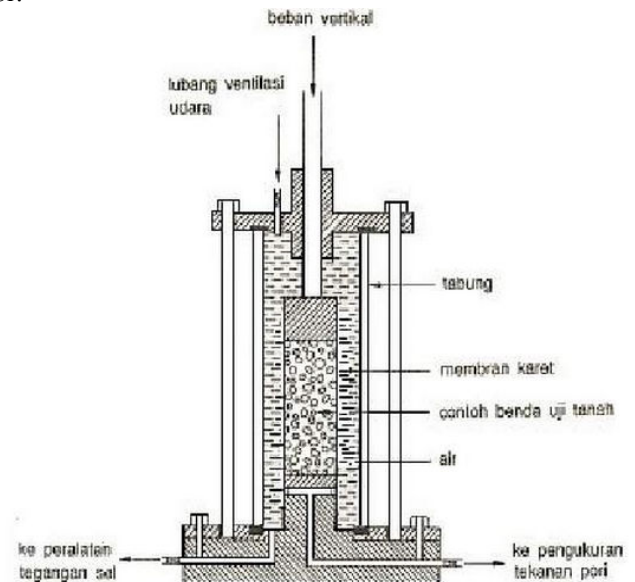
Keuntungan penggunaan alat ini adalah kondisi pengaliran dapat dikontrol, tekanan air pori dapat diukur, bila diperlukan tekanan tanah jenuh dengan permeabilitas

rendah dapat dibuat terkonsolidasi, bahwa tanah yang kurang jenuh dapat menjadi tanah jenuh 100%.

Untuk menghasilkan keruntuhan geser pada benda uji, gaya aksial (vertikal) diberikan melalui suatu piston vertical. Tegangan ini biasanya juga disebut dengan deviator.

Tegangan-tegangan yang bekerja pada benda uji dinotasikan σ_1, σ_2 dan σ_3 . Tegangan σ_1 disebut tegangan utama mayor (*major principal stress*), tegangan σ_3 disebut tegangan utama minor (*minor principal stress*). Tegangan utama tengah (*intermediate principal stress*) $\sigma_2 = \sigma_3$, merupakan tekanan kekang atau tekanan sel (*confining stress*). Karena tinjauannya hanya dua dimensi, tegangan σ_2 sering tidak diperhitungkan.

Tegangan yang terjadi dari selisih σ_1 dan σ_3 disebut tegangan deviator (*deviator stress*) dengan simbol $\Delta\sigma$. Regangan aksial diukur selama penerapan tegangan deviator.



(Sumber : www.google.com)

Gambar 1. Alat Tes Triaxial

Ada tiga tipe standar dari uji triaksial yang biasa dilakukan dan dibedakan berdasarkan cara membuka dan menutup katup drainase yang ada :

1. Consolidated-Drained test (CD test)

Pada pengujian ini, contoh tanah dikonsolidasi. Mula-mula tekanan sel diterapkan pada benda uji dengan katup drainase terbuka sampai konsolidasi selesai. Setelah konsolidasi selesai, katup drainase tetap dibuka, tegangan deviator diterapkan dengan kecepatan rendah sampai benda uji runtuh. Kecepatan pembebanan yang rendah dimaksudkan agar dapat menjamin tekanan air pori nol selama proses pergeseran. Selama pengujian ini tekanan deviator ditahan oleh gesekan antar butiran tanah.

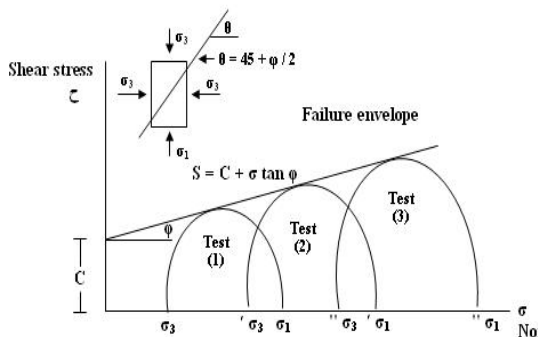
Cassagrande menyatakan pengujian ini sebagai pengujian S-test (pengujian lambat). Selama pengujian, tegangan air pori selalu nol.

2. Consolidated- Undrained (CU test)

Uji Consolidated Undrained (CU) atau Consolidated Quick Test (uji terkonsolidasi cepat) adalah tipe pengujian triaxial yang paling umum digunakan. Pada pengujian ini contoh tanah yang jenuh air dibebani dengan tekanan sel dengan drainase terbuka. Setelah selesai katup drainase ditutup dan tegangan deviator ($\Delta\sigma_d$) diterapkan sampai benda uji runtuh. Karena katup drainase tertutup, volume benda uji pada tahap kedua ini tidak berubah selama pergeseran. Pada pengujian dengan cara ini, akan terjadi kelebihan tekanan air pori (Δu_d) dalam benda uji, sehingga tekanan air pori diukur selama pengujian berlangsung dan tegangan total maupun tegangan efektif dapat dihitung selama pergeseran dan pada saat keruntuhan. $U_c = U, \sigma_3 = 0$.

3. Unconsolidated-Undrained test (UU test)

Pengujian ini umumnya dilakukan dengan contoh tanah lempung dengan menyajikan konsep kekuatan geser tanah yang sangat penting untuk tanah yang berkohesi jenuh air. Benda uji mula-mula dibebani dengan penerapan tekanan sel, kemudian dibebani dengan beban normal melalui penerapan tegangan deviator $\Delta\sigma$ sampai mencapai keruntuhan. Selama pengujian tidak diizinkan mengalirkan air dari dan kedalam contoh tanah (drainase tertutup sejak awal pengujian) yang berarti tidak diperkenankan perubahan kadar air dalam contoh tanah. Keadaan tanpa drainase ini menyebabkan adanya kelebihan tekanan pori dengan tidak ada tegangan geser hasil perlawanan dari butiran tanah.



Sumber : <http://osp.mans.edu.ge/geotechnical/Ch1C.htm>

Gambar 2. Diagram Lingkaran Mohr Tanah

Pada uji kuat geser tanah, bila terdapat air di dalam tanah, pengaruh-pengaruh seperti jenis pengujian, permeabilitas, kadar air, akan sangat menentukan nilai kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ).

Menurut teori Mohr (1910) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi karena adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser.

Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan dengan persamaan :

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

Dimana :

- τ = tegangan geser saat terjadi keruntuhan (*failure*)
- σ = tegangan normal pada saat kondisi tersebut

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

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

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

Tegangan efektif yang terjadi didalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori. Terzaghi (1925) mengubah persamaan coloumb (pers.2) dalam bentuk tegangan efektif sebagai berikut :

$$\tau = c' + (\sigma - u) \operatorname{tg} \phi' \dots\dots\dots(3)$$

Karena, $\sigma' = \sigma - u$, maka :

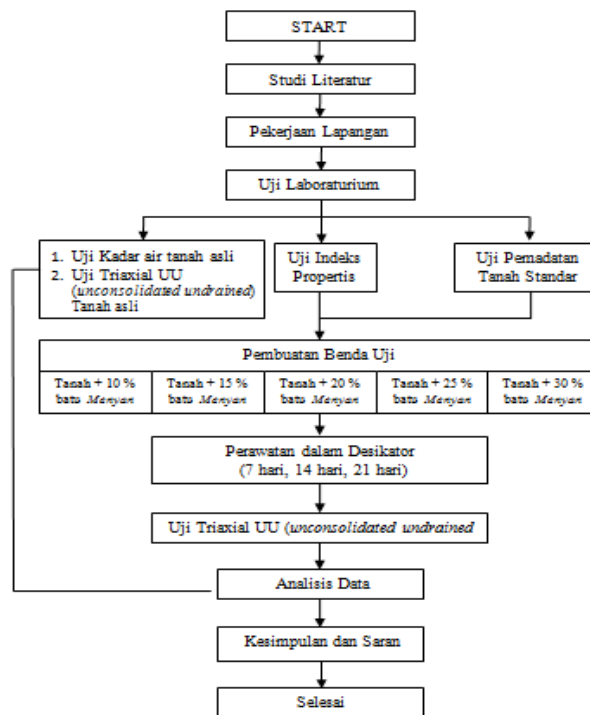
$$\tau = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi' \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

- c' = kohesi tanah efektif (kN/m²)
- ϕ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)
- σ = tegangan normal efektif pada bidang geser (kN/m²)
- u = tekanan air pori (kN/m³)

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian laboratorium. Adapun tahapan proses dari penelitian ini dapat dilihat dalam Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji dan mempelajari buku-buku, jurnal ilmiah, skripsi terdahulu, dan studi literatur lainnya yang berkenaan dengan pokok bahasan yang akan dikaji. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan teori-teori yang dapat dijadikan acuan atau petunjuk dalam melakukan pengujian dan pembahasan.

3.2 Studi Literatur

Pekerjaan lapangan yaitu berupa pengambilan tanah ekspansif baik tanah terganggu (*disturbed*) maupun tidak terganggu (*undisturbed*) di Tanjung Api-api km.27. Selanjutnya pengambilan batu *menyan* sebagai *stabilizing agent* di bukit Bedil desa Waysalak kecamatan Jayapura, kabupaten Okut Timur (OKUT).

3.3 Uji laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian Index Properties, yaitu pengujian atterberg limit, pengujian analisa butiran tanah, pengujian berat jenis dan kadar air asli, Pemadatan Tanah Standar dan pengujian Triaxial *Unconsolidated Undrained* baik untuk sampel tanah asli, remoulded maupun untuk sampel tanah campuran. Campuran batu *menyan* yang digunakan yaitu sebesar 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan 30 % dengan masa perawatan 7,14, dan 21 hari. Lalu selanjutnya dianalisa.

Hasil dari pengujian atterberg limit akan menghasilkan nilai indeks plastis (IP) yang akan menunjukkan apakah tanah tersebut ekspansif atau tidak dengan syarat $IP > 35$ (Chen, 1988).

Untuk pengujian analisa butiran akan menghasilkan sebuah grafik yang akan menunjukkan tanah tersebut bergradasi baik atau buruk. Hasil dari pengujian indeks properties digunakan untuk klasifikasi tanah AASHTO, Biro Jalan Umum, dan *Unified*. Sedangkan hasil dari pengujian pemadatan akan menghasilkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) dan berat isi kering maksimum ($\gamma_d \text{ maks}$). Nilai kadar air optimum ini akan digunakan untuk pembuatan sampel benda uji triaxial. Berikut Tabel jumlah rencana sampel pengujian index Properties.

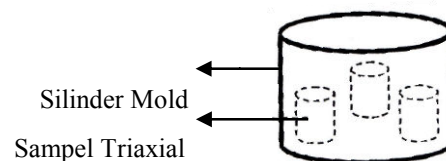
Tabel 1. Jumlah Rencana Sampel Pengujian

No.	Jenis Pengujian	Jumlah Rencana Sampel
1.	Pengujian Batas Cair	4
2.	Pengujian Batas Plastis	3
3.	Pengujian Analisa Butiran Tanah	1
4.	Pengujian Berat Jenis	2
5.	Pengujian Kadar Air Asli	3
6.	Pengujian Pemadatan Standar	5

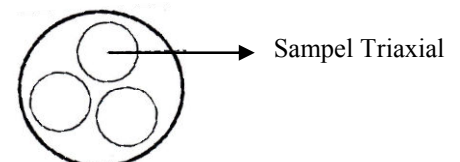
Tahapan pembuatan benda uji triaxial :

1. Tanah terganggu (*disturbed soil*) yang digunakan sebagai benda uji yang sudah halus dan lolos saringan no. 4 diambil sebanyak ± 20 kg.

2. Kemudian batu *menyan* dihaluskan hingga lolos saringan no.60 sebanyak $\pm 4,5$ kg
3. Dilakukan pencampuran tanah dan batu *menyan*. Komposisi campuran yaitu :
 Komposisi I (TE +10% b. *menyan* +air)
 Komposisi II (TE +15 % b. *menyan* +air)
 Komposisi III (TE +20% b. *menyan* +air)
 Komposisi IV (TE +25% b. *menyan* +air)
 Komposisi V (TE +30 % b. *menyan* +air)
4. Tambahkan air sesuai dengan kadar air optimum (w_{opt}) yang diperoleh dari uji pemadatan standar.
5. Kemudian campuran ini disimpan dalam kantong plastik, di tutup rapat dan dilakukan pemeraman minimal 24 jam agar kadar airnya merata.
6. Setelah itu tanah dipadatkan dalam silinder mold dengan pemadatan standar sebanyak 15 sampel.
7. Setelah itu cetak benda uji triaxial pada tanah di dalam mold tersebut menggunakan cetakan triaxial.
8. Lalu sampel benda uji triaxial tersebut disimpan dalam desikator selama 7 hari, 14 hari dan 21 hari. Penyimpanan ini dilakukan agar kadar air pada sampel tidak berubah.
9. Dilakukan pengujian Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*) dengan jumlah sampel seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.



Gambar 4. Silinder Mold Tampak Samping



Gambar 5. Silinder Mold Tampak Atas

3.4 Analisa Data

Hasil pengujian laboratorium dianalisa guna mengetahui pengaruh penambahan serbuk batu *menyan* terhadap tanah ekspansif. Setelah data dianalisa kemudian dilakukan pembahasan, lalu diambil kesimpulan.

Analisa digunakan terhadap setiap tahap pengujian yang dilaksanakan yaitu :

1. Identifikasi Tanah asli sebagai tanah ekspansif
2. Karakteristik tanah (*soil properties*)
3. Pemadatan tanah asli untuk mendapatkan kadar air optimum
4. Perubahan sifat tanah setelah dilakukan penambahan batu *menyan*.
5. Nilai c dan ϕ yang didapat setelah penambahan batu *menyan* dan perubahan kuat geser tanah.

Komposisi campuran maksimum dari masing-masing variasi campuran dan perawatan.

Tabel 2. Jumlah Sampel uji Triaxial UU

Waktu Pemeraman	Komposisi Campuran	Persentase Batu Menyan (%)	Jumlah Batu Menyan yang Digunakan (gr)	Jumlah Tanah yang Digunakan (gr)	Jumlah Air yang Digunakan (ml)	Jumlah Benda Uji yang Dipadatkan	Jumlah Benda Uji Triaxial
0 hari	Remolded	0%	0	1500	465	1	3
7 hari	Campuran I	10%	150	1350	465	1	3
	Campuran II	15%	225	1275	465	1	3
	Campuran III	20%	300	1200	465	1	3
	Campuran IV	25%	375	1125	465	1	3
	Campuran V	30%	450	1050	465	1	3
14 hari	Campuran I	10%	150	1350	465	1	3
	Campuran II	15%	225	1275	465	1	3
	Campuran III	20%	300	1200	465	1	3
	Campuran IV	25%	375	1125	465	1	3
	Campuran V	30%	450	1050	465	1	3
21 hari	Campuran I	10%	150	1350	465	1	3
	Campuran II	15%	225	1275	465	1	3
	Campuran III	20%	300	1200	465	1	3
	Campuran IV	25%	375	1125	465	1	3
	Campuran V	30%	450	1050	465	1	3
Total			4500	19500		16	48

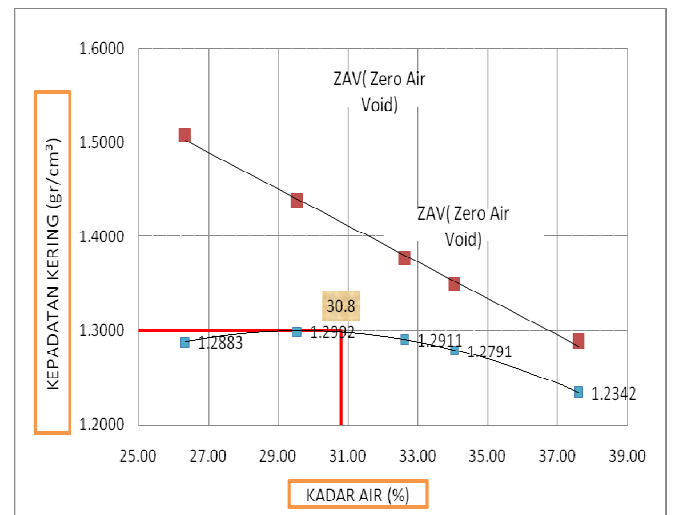
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengujian tanah dapat dilihat pada tabel dibawah ini .

Tabel 3. Hasil pengujian sifat fisis dan klasifikasi tanah

No.	Jenis Pengujian Tanah	Hasil Pengujian Tanah
1	Batas Cair (LL)	67,7
2	Batas Plastis (PL)	32,37
3	Indeks Plastis (IP)	35,33
4	Tanah Lolos Saringan No.40 (<0,425mm)	91,32%
5	Tanah Lolos Saringan No.200 (<0,075mm)	82,44%
6	Berat Jenis (Gs)	2,635
7	Kadar Air Asli	69,31
8	Jenis Tanah Menurut Biro Jalan Umum	CLAY SILT
9	Jenis Tanah Menurut AASHTO	A-7-5
10	Jenis Tanah Menurut USCS	Lempung CH

Dari hasil pengujian pematatan ini didapat nilai berat maksimum (γ_w maks) sebesar 1,3 gr/cm³ dan kadar air optimum sebesar 30,8 %.

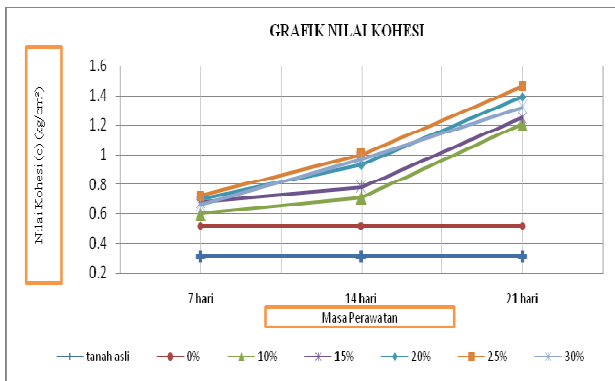


(Sumber : Hasil Penelitian Penulis)

Gambar 6. Kurva Pematatan Tanah Standar

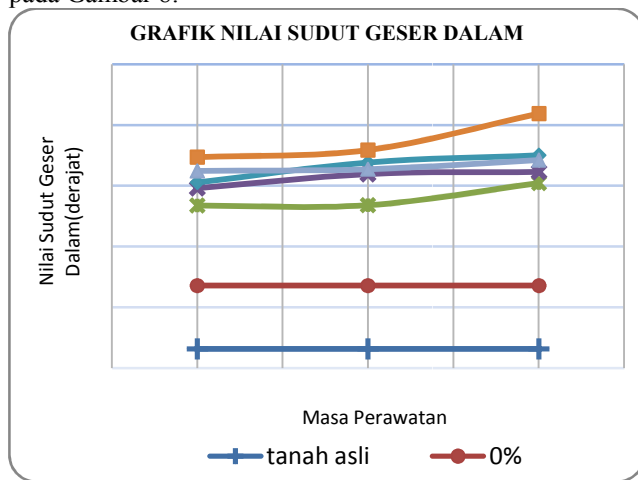
Berikut tabel nilai Kohesi (c) sudut geser dalam (ϕ), dan kuat geser tanah (τ) dengan variasi campuran serbuk batu menyan dan masa perawatan dapat dilihat pada Tabel 4.

Berikut grafik nilai Kohesi dapat dilihat pada Gambar 7.



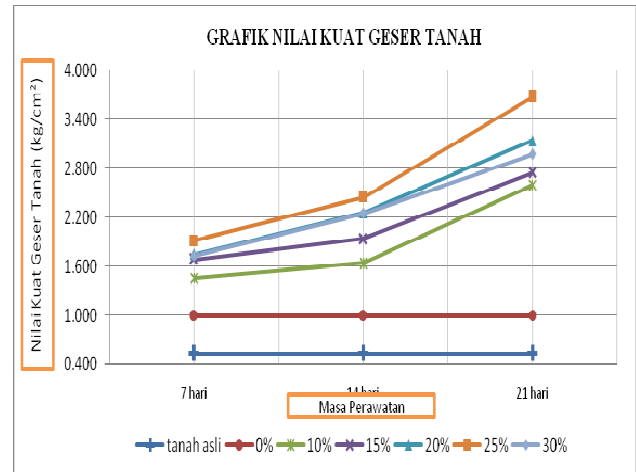
Gambar 7. Grafik Nilai Kohesi dengan Berbagai Variasi

Berikut grafik nilai Sudut Geser Dalam dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Nilai Sudut Geser Dalam dengan Berbagai Variasi

Berikut grafik nilai Kuat Geser Tanah dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Nilai Kuat Geser Tanah Berbagai Variasi Campuran

Tabel 4. Nilai Kohesi(c), sudut geser dalam (φ), dan kuat geser tanah (τ) dengan variasi campuran serbuk batu menyan

Masa Perawatan \ Variasi Campuran	Nilai kohesi (c) kg/cm ²			Nilai Sudut Geser Dalam (φ) derajat			Nilai Kuat Geser (τ) kg/cm ²		
	7 hari	14 hari	21 hari	7 hari	14 hari	21 hari	7 hari	14 hari	21 hari
TE asli	0,31	0,31	0,31	5,95	5,95	5,95	0,534	0,534	0,534
TE Remoulded	0,52	0,52	0,52	9,2	9,2	9,2	0,998	0,998	0,998
TE+10% serbuk b.menyan	0,6	0,71	1,21	13,06	13,07	14,15	1,456	1,639	2,599
TE +15% serbuk b.menyan	0,68	0,78	1,25	13,81	14,47	14,99	1,685	1,939	2,751
TE +20% serbuk b.menyan	0,7	0,93	1,39	14,16	15,17	15,57	1,749	2,251	3,14
TE +25% serbuk b.menyan	0,72	1	1,46	15,41	15,76	17,55	1,915	2,449	3,673
TE +30% serbuk b.menyan	0,66	0,97	1,32	14,73	14,81	15,21	1,728	2,249	2,975

Pada percobaan Triaxial UU dilaboraturium, terlihat pengaruh substitusi batu menyan kedalam tanah ekspansif. Dari Tabel 4. dan Gambar 7. nilai kohesi yang semakin lama semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah substitusi batu menyan. Semula nilai kohesi tanah remoulded 0,52 kg/cm² meningkat

menjadi 0,6 kg/cm² pada penambahan 10% batumenyan dengan masa perawatan 7 hari. Hal ini membuktikan bahwa ikatan antar partikel pencampuran menjadi lebih kuat dan tanah menjadi lebih stabil. Nilai kohesi maksimum terjadi pada variasi campuran 25% batu

menyan dengan masa perawatan 21 hari, yaitu 1,46 kg/cm².

Begitu juga pada nilai sudut geser dalam dan nilai kuat geser tanah. Dari Tabel 4. dan Gambar 8. nilai sudut geser dalam yang semakin lama semakin meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah substitusi *batumenyan*. Semula nilai sudut geser tanah *remoulded* 9,2° meningkat menjadi 13,06° pada substitusi 10% *batu menyan* dengan masa perawatan 7 hari. Nilai sudut geser dalam maksimum berada pada persentase campuran 25% dengan masa perawatan 21 hari, yaitu sebesar 17,55°. Nilai sudut geser dalam mengalami penurunan pada persentase campuran 30%. Sedangkan nilai kuat geser tanah *remoulded* sebesar 0,998 kg/cm² meningkat menjadi 1,456 kg/cm² pada substitusi 10% *batu menyan* dengan masa perawatan 7 hari. Peningkatan terus terjadi hingga penambahan 25% *batu menyan*. Nilai kuat geser maksimum terjadi pada variasi substitusi 25% *batu menyan* dengan masa perawatan 21 hari, yaitu 3,673 kg/cm².

Nilai kuat geser mengalami penurunan pada variasi substitusi 30% *batu menyan* untuk semua masa perawatan. Hal ini disebabkan persentase substitusi telah mencapai tingkat maksimum pada substitusi 25% *batu menyan*. Apabila pemberian serbuk *batu menyan* melebihi jumlah yang diperlukan untuk mengisi pori-pori

tanah, maka yang terjadi adalah justru ketidakseimbangan dari perbaikan gradasi didalam tanah tersebut. Akibatnya ikatan antar partikel menjadi tidak seimbang dan sehingga menyebabkan kepadatan berkurang dan menurunnya kuat geser tanah.

Dari Tabel 5 data persentase kenaikan kohesi dan sudut geser terjadi pada seluruh variasi campuran. Persentase nilai kohesi maksimum dan sudut geser maksimum berada pada variasi campuran 25% *batu menyan* dengan masa perawatan 21 hari, yaitu sebesar 64,38 % dan 47,58 % dari tanah *remoulded*.

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa pengaruh dari perbaikan tanah menggunakan serbuk *batu menyan* sebagai bahan yang berasal dari alam dapat mempengaruhi parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Hal ini disebabkan oleh reaksi yang terjadi antara mineral tanah ekspansif dengan kandungan yang terkandung di dalam *batu menyan*. *Batu menyan* diduga mengandung kapur yang sering digunakan sebagai bahan stabilisasi karena butirannya yang halus dan unturnya yang saling mengikat pada partikel satu sama lain, sehingga mengurangi indeks plastisitas, dan meningkatkan kuat geser tanah.

Tabel 5. Persentase perubahan nilai kohesi, sudut geser dalam, dan kuat geser tanah terhadap tanah *remoulded*

Masa Perawatan Variasi Campuran	Nilai kohesi (c) %			Nilai Sudut Geser Dalam %			Nilai Kuat Geser %		
	7 hari	14 hari	21 hari	7 hari	14 hari	21 hari	7 hari	14 hari	21 hari
Tanah Ekspansif+10% serbuk b.menyan	13.33	26.76	57.02	29.56	29.61	34.98	31.46	39.11	61.60
Tanah Ekspansif+15% serbuk b.menyan	23.53	33.33	58.40	33.38	36.42	38.63	40.77	48.53	63.72
Tanah Ekspansif+20% serbuk b.menyan	25.71	44.09	62.59	35.03	39.35	40.91	42.94	55.66	68.22
Tanah Ekspansif+25% serbuk b.menyan	27.78	48.00	64.38	40.30	41.62	47.58	47.89	59.25	72.83
Tanah Ekspansif+30% serbuk b.menyan	21.21	46.39	60.61	37.54	37.88	39.51	42.25	55.62	66.45

5. KESIMPULAN

1. Dari pengujian sifat fisis tanah yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tanah di daerah Tanjung Api-api termasuk jenis tanah ekspansif dengan spesifikasi *Clay Slit* dengan kelompok Lanau dan Lempung dengan kelompok CH (Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk).
2. Substitusi *batu menyan* terhadap tanah ekspansif berpengaruh terhadap peningkatan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Nilai kohesi maksimum terjadi pada komposisi campuran 25% dengan masa perawatan 21 hari, yaitu sebesar 1,47 kg/cm² dengan persentase sebesar 64,38% dari tanah *remoulded*. Nilai sudut geser dalam maksimum terjadi pada komposisi campuran 25% dengan masa perawatan 21 hari, yaitu sebesar 17,55° dengan persentase sebesar 47,58% dari tanah *remoulded*.

3. Nilai kuat geser tanah maksimum berada pada campuran 25 % *batu menyan* dengan masa perawatan 21 hari sebesar 3,673 kg/cm².
4. Penggunaan *batu menyan* dengan jumlah yang tepat akan menciptakan keadaan tanah yg optimum dan stabil.
5. *Batu menyan* layak menjadi stabilizer.

6. SARAN

1. Lebih variatif pada jumlah penambahan *batu menyan* dan masa perawatan.
2. Melakukan pengujian *sweeling* dengan tujuan untuk melihat pengaruh *Stabilizer* terhadap kembang susut tanah.
3. Melakukan penambahan *Stabilizer* pada pengujian properties dan pemadatan dengan tujuan untuk melihat perubahan tanah setelah diberi *Stabilizer*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibimbing oleh Bapak Indra Chusaini San,MT., selaku pembimbing. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih.Kepada semua pihak yang telah membantu penulis mengucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Bowles, J.E. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi Kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- 2) Hardiyatmo, Hary Christady. *Mekanika Tanah 1*, Cetakan Kelima. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2010.
- 3) M. Das, Braja. *Fundamental of Geotechnical Engineering, Third Edition*. Nevada, 2005.
- 4) Shirley, Ir. *Geoteknik dan Mekanika Tanah*. Penerbit Nova, Bandung, 1994.
- 5) Sutikno, dan Damianto, Budi. *Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Kapur (Lime) : Aplikasi Pada Pekerjaan Timbunan*. Jurnal Teknik Sipil Vol.1.No.1.Maret1999.
- 6) Sudjianto, Agus Tugas. *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur*. Jurnal Teknik Sipil Vol.8.No.1.Okttober2007.
- 7) Terzaghi, karl, dan Ralph B.Peck, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*, Edisi Kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta,1993.
- 8) Universitas Sriwijaya. *Petunjuk Pratikum Mekanika Tanah*. 2010
- 9) Universitas Sriwijaya. *Teknik Perbaikan Tanah*. 2011.
- 10) Batu Menyan, Rekatkan Tanah (Sumatera Ekspres terbit tanggal 13 November 2012).