

PENGARUH SUBSTITUSI *RESIDIUM CATALYTIC CRACKING* DAN LIMBAH PABRIK BATU TERHADAP NILAI KUAT GESER TANAH PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Yohanes Hendi Prayitno

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan
E-mail: pyohaneshendi@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif adalah salah satu jenis tanah yang bermasalah terhadap pondasi bangunan, karena sifat tanah yang buruk. Tanda berperilaku buruk pada plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, perubahan volume yang besar dan potensi kembang susut yang besar. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan suatu perbaikan atau stabilisasi tanah. Dalam penelitian ini akan dipilih bahan alternatif untuk stabilisasi tanah yaitu *Residium Catalytic Cracking (RCC)* dan limbah pabrik batu. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dicari nilai kuat geser tanah melalui uji triaxial. Tahapan – tahapan dalam penelitian meliputi studi literatur, pengambilan sampel tanah terganggu (*disturbed*), pengumpulan data di laboratorium, menganalisis hasil perhitungan nilai kohesi, nilai sudut geser, dan nilai kuat geser tanah dengan komposisi RCC 0%, 2%, 4%, 6% dan limbah pabrik batu 0%, 20%, 25%, 30% dalam masa perawatan 0, 7, dan 14 hari. Dari hasil pengujian dan analisis perhitungan, didapatkan bahwa lima belas variasi campuran RCC dan limbah pabrik batu tersebut memiliki perubahan terhadap nilai kohesi, nilai sudut geser, dan nilai kuat geser tanah, jika dibandingkan dengan kondisi asli dan tanah remoulded. Nilai kuat geser maksimum berada pada variasi 6% RCC dan 0% limbah pabrik batu dengan masa perawatan 14 hari, yaitu 1,519 kg/cm².

Kata Kunci : Stabilisasi Tanah, *Residium Catalytic Cracking*, Limbah Pabrik Batu, Kuat Geser Tanah

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang sedang berkembang saat ini. Perkembangan bangsa Indonesia salah satunya ditandai dengan semakin meningkatnya kebutuhan dan tuntutan masyarakat Indonesia akan pembangunan sarana dan prasarana yang memudahkan kehidupan mereka. Untuk menunjang kebutuhan pembangunan atau konstruksi yang baik, aman, serta ekonomis, perlu diperhatikan faktor teknis dan perencanaan dari konstruksi itu sendiri. Selain itu harus diperhatikan juga kondisi tanah dasar dimana konstruksi akan dibangun. Kebanyakan yang sering menimbulkan masalah bila tanah tersebut memiliki sifat-sifat yang buruk, seperti pada tanah ekspansif. Oleh karena itu perlu dilakukan usaha perbaikan sifat-sifat tanah atau stabilisasi tanah.

Salah satu alternatif yang ditawarkan adalah dengan stabilisasi kimiawi, yaitu dengan penambahan *Residium Catalytic Cracking* yang berasal dari limbah pengilangan minyak bumi di Plaju dan limbah pabrik batu yang berasal dari Martapura sebagai *stabilizing agent*. Penggunaan kedua *agent* tersebut diharapkan dapat memperbaiki sifat dari tanah ekspansif itu sendiri menggunakan uji Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*).

1.2. Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah berapa besar nilai kuat geser tanah

dan pengaruh variasi bahan stabilisasi *Residium Catalytic Cracking* dan limbah pabrik batu pada tanah lempung ekspansif.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui parameter nilai kuat geser tanah lempung ekspansif sebelum dan sesudah diberi bahan stabilisasi *Residium Catalytic Cracking* dan limbah pabrik batu. Serta menentukan komposisi campuran yang maksimum dengan variasi (0%, 2%, 4%, 6%) bahan *Residium Catalytic Cracking* dan (0%, 20%, 25%,30%) bahan limbah pabrik batu, dengan masa pemeraman benda uji selama 0 hari, 7 hari dan 14 hari.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada permasalahan peningkatan nilai kuat geser tanah lempung ekspansif jika ditambahkan serbuk *Residium Catalytic Cracking* (0%, 2%, 4%, 6%) dan limbah pabrik batu (0%, 20%, 25%, 30%) dengan menggunakan uji *Triaxial Unconsolidated Undrained*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat tanah.

Berdasarkan ukuran butirannya, tanah dibagi dalam tiga yaitu :

1. Pasir (*Sand*) : butiran dengan diameter 0.05 mm sampai dengan 2.0 mm
2. Lanau (*Silt*) : butiran dengan diameter 0.02 mm sampai dengan 0.05 mm
3. Lempung (*Clay*) : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0.02 mm

Adapun beberapa metode klasifikasi tanah yang ada antara lain:

1. Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*),
2. Sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*).

2.1.1. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah pada pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*Subbase*) dan tanah dasar (*Subgrade*). Sistem klasifikasi AASHTO mengelompokkan tanah ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7. Pada pemakaiannya sistem klasifikasi AASHTO menggunakan data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam grafik plastisitas untuk klasifikasi sistem AASHTO.

2.1.2. Sistem Klasifikasi USCS

Sistem klasifikasi tanah *Unified* merupakan sistem klasifikasi tanah yang paling terkenal dikalangan para ahli teknik tanah dan pondasi. Menurut sistem ini sifat tanah ditentukan oleh ukuran butir dan gradasi butirannya. Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh Casagrade pada tahun 1942 dan dikembangkan lagi pada tahun 1984 yang dikenal sebagai sistem klasifikasi *Airfield*. Kemudian pada tahun 1969, cara klasifikasi ini disetujui oleh ASTM (*American Society for Testing and Material*) digunakan secara umum sebagai metode klasifikasi tanah untuk tujuan rekayasa. Dalam sistem klasifikasi ini, percobaan laboratorium yang dipakai adalah analisis ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem ini telah digunakan secara luas oleh ahli teknik.

2.2. Tanah Lempung 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.

2.3. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi adalah suatu usaha untuk perbaikan sifat-sifat tanah asli yang kurang baik menjadi material yang memiliki sifat yang lebih baik agar dapat mencapai persyaratan teknik yang digunakan dalam perencanaan konstruksi.

Tujuan umum dari stabilisasi tanah adalah menaikkan daya dukung tanah, menaikkan modulus, mengurangi kompresibilitas, mengontrol stabilitas volume, mengurangi kerentanan terhadap likuifaksi, memperbaiki kualitas material untuk bahan konstruksi, memperkecil pengaruh lingkungan, memudahkan pengerjaan, dan memperbaiki sensitifitas tanah terhadap perubahan kadar air.

2.4. Residuum Catalytic Cracking

Limbah pembuangan katalis berupa *Residuum Catalytic Cracking* (RCC) merupakan bahan limbah dari proses pengilangan minyak bumi yang dilakukan oleh PT. Pertamina RU III Palembang. Penggunaan RCC sebagai bahan stabilisasi tanah lempung didasarkan pada sifat RCCnya yang mempunyai sifat *Pozzolan*.

Residuum Catalytic Cracking merupakan limbah dari proses pengilangan minyak bumi yang mengandung cukup banyak senyawa Silika (SiO_2) dan senyawa-senyawa kimia lainnya.

2.5. Limbah Pabrik Batu

Limbah pabrik batu yang berupa abu batu merupakan bahan yang dimanfaatkan sebagai salah satu pengganti agregat halus dalam pembuatan beton.

Penggunaan limbah pabrik batu sebagai bahan stabilisasi tanah lempung didasarkan pada ukuran partikel abu batu yang lebih besar dan seragam, dengan demikian diharapkan akan terjadi pengurangan volume pengembangan dan daya dukung dapat dipertahankan atau dengan perubahan yang tidak terlalu besar antara kondisi kering dan kondisi terendam. Serta fungsinya sebagai *filler* (pengisi) pada rongga-rongga tanah.

2.6. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan, tarikan, atau pelesetan yang terjadi pada tanah itu.

$$\text{Tegangan Geser } (\tau) = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Pada tanah yang berbutir kasar pengaruh utama adalah gesekan, pada tanah yang berbutir halus pengaruh utama adalah kohesi. Sehingga pada tanah kombinasi pasir dan lempung terjadi kedua pengaruh tadi, maka pada tanah ada 3 macam istilah :

1. Friction Soil= non cohesive soil = ϕ soil
2. Cohesive soil = C soil
3. Cohesive – friction soil = C - ϕ soil

Selanjutnya untuk mendapatkan parameter penentu kuat geser (ϕ dan C) dapat dilakukan dengan pengujian triaxial.

2.6.1. Parameter Kuat Geser Tanah

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis – analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng dan gaya dorong pada dinding penahan tanah.

Mohr (1910) memberikan teori bahwa keruntuhan suatu bahan dapat terjadi oleh akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Selanjutnya hubungan fungsi antar tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan menurut persamaan :

$$\tau = f(\sigma) \quad (2)$$

Dengan τ adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan, dan σ adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut.

Menurut Coulomb (1776) kekuatan geser tanah dinyatakan dengan persamaan :

$$\tau = c + \sigma \text{tg}\Phi \quad (3)$$

Keterangan:

τ = kuat geser tanah (kg/cm^2)

c = kohesi tanah (kg/cm²)
 Φ = sudut gesek dalam tanah (°)
 σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kg/cm²)

Kuat geser tanah juga bisa dinyatakan dalam bentuk tegangan – tegangan efektif σ_1 dan σ_3 pada saat terjadi keruntuhan. Persamaan tegangan geser dinyatakan oleh :

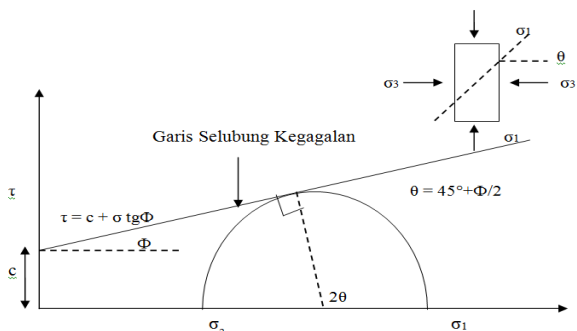
$$\tau = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) \sin 2\theta \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{1}{2} (\sigma_1 + \sigma_3) + \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) \cos 2\theta \quad (5)$$

$$\theta = 45^\circ + \Phi/2 \quad (6)$$

θ = sudut teoritis antara bidang horizontal dengan bidang runtuh.

Lingkaran Mohr dalam bentuk lingkaran tegangan, dengan koordinat-koordinat τ dan σ , dapat dilihat dalam Gambar 1. sebagai berikut ini.



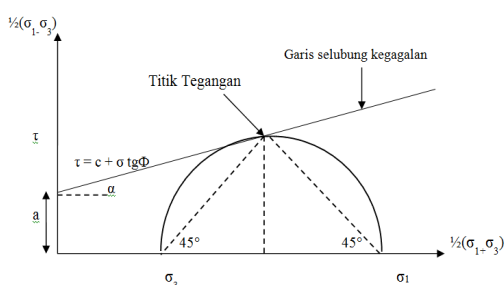
Gambar 1. Lingkaran Mohr

Bila kedudukan tegangan – tegangan digambarkan dalam koordinat p - q , dengan :

$$p = \frac{1}{2} (\sigma_1 + \sigma_3) \quad (7)$$

$$q = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) \quad (8)$$

Kedudukan tegangan dapat ditunjukkan oleh sebuah titik tegangan sebagai ganti dari lingkaran Mohr (lihat Gambar 2.).



Gambar 2. Kondisi tegangan yang mewakili $\tau = c + \sigma \text{tg}\Phi$

Pada Gambar 2., garis selubung kegagalan ditunjukkan oleh persamaan:

$$\frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_3) = a' + \frac{1}{2} (\sigma_1 + \sigma_3) \text{tg} \alpha' \quad (9)$$

Dengan a' dan α' adalah parameter modifikasi dari kuat gesernya. Parameter c' dan Φ' diperoleh dari persamaan:

$$\Phi' = \text{arc sin} (\text{tg} \alpha') \quad (10)$$

$$c' = \frac{a'}{\cos \Phi'} \quad (11)$$

2.7. Pengujian Triaxial

Uji geser triaksial adalah uji yang paling dapat diandalkan untuk menentukan parameter tegangan geser. Uji ini telah digunakan secara luas untuk keperluan pengujian biasa ataupun untuk keperluan riset. Bentuk alat tes triaxial yang konvensional dan prosedur tes standar dijelaskan secara detail oleh Bishop dan Henkel (1962) dalam buku mereka.

Keuntungannya adalah bahwa 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%.

Pada uji ini umumnya digunakan sebuah sampel tanah kira-kira berdiameter 1,5 inch (38,1 mm) dan panjang 3 inch (76,2 mm). sampel tanah (benda uji) tersebut ditutup dengan membran karet yang tipis dan diletakkan di dalam sebuah bejana silinder dari bahan plastik (atau juga gelas) yang kemudian bejana tersebut diisi dengan air atau larutan gliserin. Di dalam bejana, benda uji tersebut akan mendapat tekanan hidrostatis (untuk media penekan dapat juga digunakan udara). Untuk menyebabkan terjadinya keruntuhan geser pada benda uji, tegangan aksial (vertikal) diberikan melalui suatu piston vertikal, tegangan ini biasanya juga disebut dengan deviator. Pembebanan arah vertikal dapat dibedakan dengan dua cara :

1. dengan memberikan beban mati yang berangsur-angsur ditambah (penambahan setiap saat sama) sampai benda uji runtuh (deformasi arah aksial akibata pembebanan ini diukur dengan sebuah arloji ukur/dial gage).
2. dengan memberikan deformasi arah aksial (vertikal) dengan kecepatan deformasi yang tetap dengan bantuan gigi-gigi mesin atau pembebanan hidrolis. Cara ini disebut juga sebagai uji regangan terkendali.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Literatur

Studi kepustakaan atau 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. Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan yaitu berupa pengambilan sample tanah ekspansif dan pengambilan bahan stabilisasi. Sampel tanah ekspansif diambil di tanjung api-api KM.27., Sumatera Selatan. Pengambilan *Residuum Catalytic Cracking* diambil dari pengilangan minyak yang ada didaerah Plaju. Sementara itu pengambilan limbah pabrik batu diambil di desa Lengot kecamatan Jayapura, kabupaten Ogan Komering Ulu Timur (OKUT).

3.3. Pengujian Laboratorium

Setelah pengambilan sampel tanah lempung ekspansif, dilakukan pengujian laboratorium. Pemeriksaan sampel tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Sriwijaya, seperti pengujian indeks properties dan pengujian pemadatan tanah asli.

3.3.1. Pengujian Indeks Properties Tanah

1. Berat Jenis Tanah, yaitu perbandingan antara berat tanah tersebut dengan berat air untuk mengetahui besarnya berat jenis bahan dari butir-butir tanah. Pengujian ini mengacu pada ASTM D-854
2. Batas-batas *Atterberg* (ASTM D 4318, ASTM D 427)
 - a. Batas cair, untuk mengetahui kadar air dimana tanah berada dalam batas keadaan plastis dan cair.
 - b. Batas plastis, untuk mengetahui batas plastis tanah, yaitu nilai kadar air terendah dimana tanah tersebut masih dalam keadaan plastis..
3. Analisis Saringan, untuk menentukan pembagian ukuran butir tanah. Pengujian ini mengacu pada ASTM D421 dan ASTM D422.
4. Pengujian kadar air, bertujuan untuk mengetahui kadar air tanah asli di lapangan maupun kadar air contoh tanah terganggu. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216-90.

3.3.2. Pengujian Pemadatan Tanah Standar

Sebelum dilakukan pengujian Triaxial, terlebih dahulu dilakukan pengujian pemadatan pada tanah. Percobaan pemadatan di laboratorium dipakai untuk menentukan kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum (γ_d) dari sampel tanah. Kadar air optimum ini akan digunakan untuk pembuatan benda uji (sampel) tanah campuran. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D 698.

3.3.3. Pembuatan Benda Uji

Selanjutnya adalah pembuatan benda uji, benda uji yang akan diuji yakni tanah terganggu yang telah dicampur dengan *Residuum Catalytic Cracking* dan limbah pabrik batu dengan variasi tertentu.

3.3.4. Pengujian Pengujian Triaxial UU

Pengujian dilakukan dengan alat konvensional dalam kondisi contoh tanah tidak terkonsolidasi dan air pori tidak teralir (*Unconsolidated Undrained*). Pengujian ini menggunakan standar ASTM D 2850 – 70.

3.4 Analisis Hasil dan Pembahasan

Setelah semua data diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium, maka tahap selanjutnya adalah mengolah data dan menganalisa hasil pengujian. Hasil pengujian laboratorium dianalisa guna mengetahui pengaruh penambahan *Residuum Catalytic Cracking* dan Limbah Pabrik Batu terhadap tanah ekspansif. Setelah data dianalisa kemudian dilakukan pembahasan, lalu diambil kesimpulan.

3.5 Kesimpulan & Saran

Setelah dianalisa hasil dari pengujian laboratorium, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian. Dan ditambahkan saran-saran yang dapat mendukung berkembangnya penelitian ini.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sifat Fisis Tanah

Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisis & klasifikasi tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

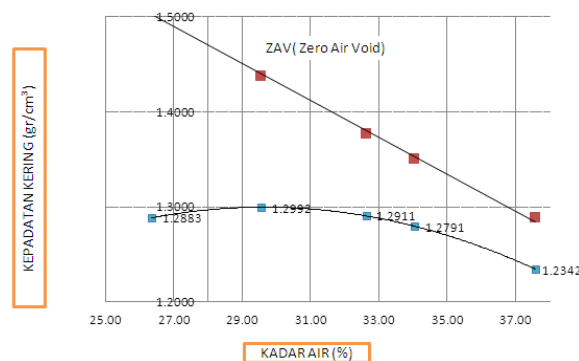
Tabel 1. Sifat fisis dan Klasifikasi Tanah

No.	Jenis Pengujian Tanah	Hasil Pengujian Tanah
1	Kadar Air Asli	69,31
2	Berat Jenis (Gs)	2,64
3	Tanah Lolos Saringan No.40 (<0,425mm)	91,33%
4	Tanah Lolos Saringan No.200 (<0,075mm)	86,85%
5	Batas Cair (LL)	67,7
6	Batas Plastis (PL)	32,37
7	Indeks Plastis (IP)	35,33
8	Jenis Tanah Menurut AASHTO	A-7-5 (tanah kelempungan dengan IP<LL-30)
9	Jenis Tanah Menurut USCS	Sandy Silt OH

Sumber : Sri Oktami, 2013

4.2. Pengujian Pemadatan Tanah Standar

Pengujian pemadatan ini dilakukan dengan metode Pemadatan Standar Proctor. Dari hasil pengujian pemadatan ini didapat nilai berat kering maksimum (γ_{kmax}) sebesar 1.2992 kg/cm³ dan kadar air optimum sebesar 30.8 %. Hasil pengujian pemadatan tanah selengkapannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber: Sri Oktami, 2013

Gambar 3. Kurva pemadatan tanah standar

4.3. Pengujian Triaxial

Pada pengolahan data awal didapat nilai Kohesi efektif (C_u) dan nilai sudut geser dalam (Φ) yang selanjutnya didapat nilai kuat geser (τ).

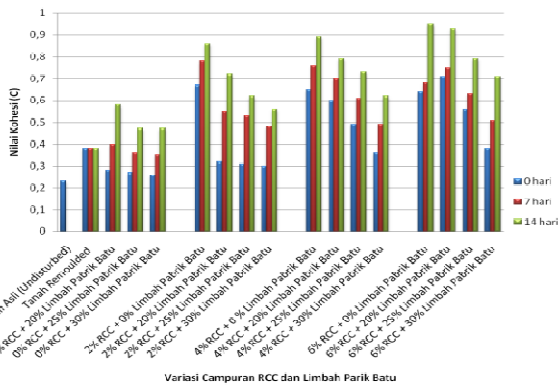
4.3.1. Nilai Kohesi Tanah (c)

Perubahan nilai kohesi tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Kohesi (C) dengan Campuran *Residuum Catalytic Cracking* dan Limbah Pabrik Batu

Komposisi Campuran	Nilai Kohesi (C) (kg/cm ²)		
	0 Hari	7 Hari	14 Hari
Tanah Asli (Undisturbed)	0,23		
Tanah Remoulded	0,38	0,38	0,38
80% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 20% LB	0,28	0,4	0,58
75% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 25% LB	0,27	0,36	0,47
70% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 30% LB	0,26	0,35	0,47
98% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 0% LB	0,67	0,78	0,86
78% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 20% LB	0,32	0,55	0,72
73% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 25% LB	0,31	0,53	0,62
68% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 30% LB	0,3	0,48	0,56
96% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 0% LB	0,65	0,76	0,89
76% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 20% LB	0,6	0,7	0,79
71% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 25% LB	0,49	0,61	0,73
66% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 30% LB	0,36	0,49	0,62
94% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 0% LB	0,64	0,68	0,95
74% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 20% LB	0,71	0,75	0,93
69% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 25% LB	0,56	0,63	0,79
64% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 30% LB	0,38	0,51	0,71

Adapun nilai kohesi pada tiap-tiap komposisi pencampuran Residuum Catalytic Cracking dan Limbah Pabrik Batu berdasarkan masa perawatan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Nilai Kohesi

4.3.2. Nilai Sudut Geser Tanah (Φ)

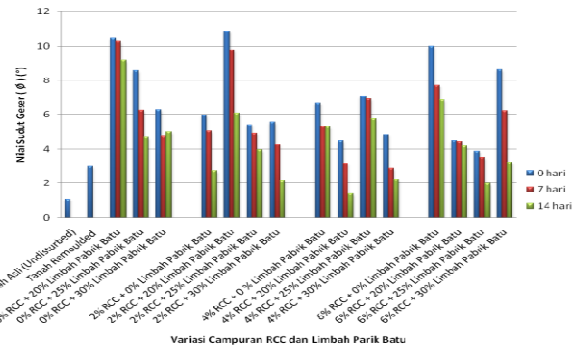
Dari data pengujian *Triaxial Unconsolidated Undrained* seperti halnya pada nilai kohesi, nilai sudut geser (Φ) juga mengalami perubahan yang dipengaruhi oleh besarnya komposisi persentase kadar pencampuran. Perubahan nilai sudut geser dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Sudut Geser Tanah dengan Komposisi Campuran Residuum Catalytic Cracking dan Limbah Pabrik Batu

Komposisi Campuran	Nilai Sudut Geser (Φ) (°)		
	0 Hari	7 Hari	14 Hari
Tanah Asli (Undisturbed)	1,1		
Tanah Remoulded	2,98		
80% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 20% LB	10,47	10,25	9,14
75% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 25% LB	8,58	6,24	4,67
70% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 30% LB	6,27	4,73	4,99
98% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 0% LB	5,98	5,05	2,76
78% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 20% LB	10,86	9,79	6,07
73% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 25% LB	5,42	4,92	3,96
68% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 30% LB	5,58	4,28	2,15
96% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 0% LB	6,69	5,35	5,33
76% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 20% LB	4,49	3,18	1,41
71% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 25% LB	7,1	6,93	5,76
66% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 30% LB	4,84	2,89	2,2
94% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 0% LB	9,99	7,72	6,89
74% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 20% LB	4,5	4,44	4,18
69% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 25% LB	3,9	3,47	1,97
64% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 30% LB	8,63	6,2	3,23

Adapun nilai sudut geser tanah pada tiap-tiap komposisi pencampuran Residuum Catalytic Cracking

berdasarkan masa perawatan dapat dilihat pada Gambar 5. dibawah ini.



Gambar 5. Diagram Nilai Sudut Geser

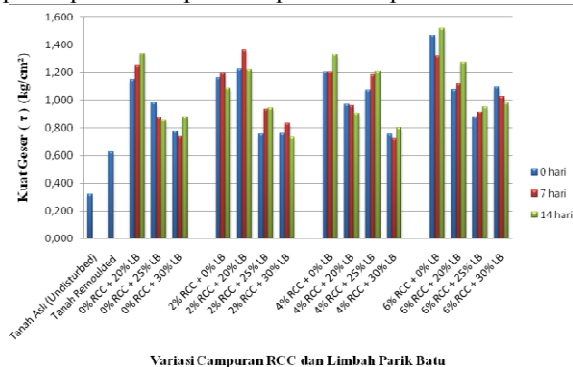
4.3.3. Nilai Kuat Geser Tanah

Nilai Kuat Geser Tanah dapat dilihat pada Tabel 4. di bawah ini.

Tabel 4. Nilai Kuat Geser Tanah dengan Komposisi Campuran Residuum Catalytic Cracking dan Limbah Pabrik Batu

Komposisi Campuran	Kuat Geser (τ) (kg/cm ²)		
	0 Hari	7 Hari	14 Hari
Tanah Asli (Undisturbed)	0,320		
Tanah Remoulded	0,625		
80% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 20% LB	1,150	1,251	1,337
75% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 25% LB	0,980	0,875	0,855
70% Tanah Ekspansif + 0% RCC + 30% LB	0,777	0,740	0,881
98% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 0% LB	1,163	1,196	1,087
78% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 20% LB	1,223	1,362	1,221
73% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 25% LB	0,757	0,935	0,946
68% Tanah Ekspansif + 2% RCC + 30% LB	0,760	0,832	0,737
96% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 0% LB	1,202	1,201	1,329
76% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 20% LB	0,970	0,962	0,906
71% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 25% LB	1,076	1,182	1,205
66% Tanah Ekspansif + 4% RCC + 30% LB	0,759	0,728	0,801
94% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 0% LB	1,469	1,318	1,519
74% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 20% LB	1,081	1,116	1,274
69% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 25% LB	0,881	0,915	0,952
64% Tanah Ekspansif + 6% RCC + 30% LB	1,095	1,021	0,976

Adapun perubahan nilai kuat geser tanah pada tiap – tiap komposisi campuran dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Nilai Kuat Geser Tanah

4.4. Pembahasan

Dari hasil percobaan *triaxial* UU di laboratorium, terlihat pengaruh substitusi Residuum Catalytic Cracking dan Limbah Pabrik Batu pada tanah ekspansif. Untuk nilai kohesi tanah campuran terlihat semakin meningkat daripada tanah asli dan tanah remoulded. Nilai kohesi pada tanah asli sebesar 0.23 kg/cm² dan pada tanah

remoulded sebesar 0.38 kg/cm². Nilai kohesi meningkat seiring lamanya masa perawatan. Nilai kohesi maksimum terjadi pada variasi 6% *Residuum Catalytic Cracking* dan 0% Limbah Pabrik Batu dengan masa perawatan 14 hari, yaitu 0,95 kg/cm².

Untuk nilai sudut geser dalam pada tanah asli sebesar 1,1° dan pada tanah remoulded sebesar 2,98°. Nilai sudut geser maksimum pada variasi 2% *Residuum Catalytic Cracking* dan 20% Limbah Pabrik Batu dengan masa perawatan 0 hari, yaitu sebesar 10,86°.

Untuk nilai kuat geser tanah asli sebesar 0,338 kg/cm² dan pada tanah remoulded sebesar 0,672 kg/cm². Nilai kuat geser maksimum pada variasi 6% *Residuum Catalytic Cracking* dan 0% Limbah Pabrik Batu dengan masa perawatan 14 hari, yaitu sebesar 1,627 kg/cm².

Dari hasil percobaan triaxial UU di laboratorium, terlihat pengaruh substitusi *Residuum Catalytic Cracking* dan Limbah Pabrik Batu pada tanah. Dapat dilihat bahwa pada lima belas komposisi campuran di atas terjadi perubahan pada nilai kohesi, dan nilai sudut geser, yang adanya penurunan dan peningkatan bila dibandingkan dengan kondisi tanah asli dan remoulded. Sedangkan untuk nilai kuat geser tanah cenderung meningkat jika dibandingkan dengan kondisi tanah asli dan remoulded.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa pengaruh substitusi *Residuum Catalytic Cracking* pada tanah ekspansif dapat memperbaiki parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi dan sudut geser dalam. Hal ini disebabkan oleh reaksi yang terjadi antara mineral tanah ekspansif dengan senyawa mineral yang terdapat pada *Residuum Catalytic Cracking*. *Residuum Catalytic Cracking* yang mengandung Silika (SiO₂) sebesar 63,93 % sehingga mampu menyerap kadar air yang akan diserap secara berlebihan oleh tanah ekspansif. Oleh karena itu, RCC dapat mengurangi *swelling* pada tanah ekspansif, dan meningkatkan kuat geser tanah.

Sedangkan, pengaruh substitusi Limbah Pabrik Batu pada tanah ekspansif tidak berpengaruh besar dalam memperbaiki parameter kuat geser tanah dan bahkan bisa memperburuk parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi dan sudut geser dalam. Hal ini disebabkan karena sifat Limbah Pabrik Batu yang daya serapnya terhadap air kecil. Sebenarnya, Limbah Pabrik Batu dapat digunakan sebagai *filler* (pengisi) pada rongga-rongga tanah, yang diharapkan dapat menyebabkan tanah menjadi lebih padat dan memiliki daya ikat yang tinggi antar butiran tanah. Namun karena penambahan kadar air yang tidak optimum atau berlebihan, sehingga menyebabkan butiran tanah menjadi renggang dan ikatan antar partikel tanah menjadi lemah. Akibatnya kepadatan berkurang dan menurunnya kuat geser tanah.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Tanah yang diuji berupa tanah ekspansif dengan kadar air sebesar 69.31%, berat jenis 2.64 gr/cm³, batas cair sebesar 67.7%, batas plastis sebesar 32.37, indeks plastis sebesar 35.33%. Berdasarkan klasifikasi AAHSTO tanah yang diuji diklasifikasikan kedalam kelompok A-7-5. Dan

berdasarkan klasifikasi USCS, tanah yang diuji termasuk *Silty clay*.

2. Nilai kohesi tanah asli sebesar 0.23 kg/cm², sudut geser tanah asli sebesar 1.1°, dan nilai kuat geser tanah asli sebesar 0.338 kg/cm². Sedangkan untuk tanah remoulded, nilai kohesinya sebesar 0.38 kg/cm², nilai sudut geser sebesar 2.98°, dan nilai kuat geser sebesar 0,672 kg/cm².
3. Untuk campuran dengan 0% Limbah Pabrik Batu, penambahan *Residuum Catalytic Cracking* dengan persentase 6% memberikan nilai kohesi dan sudut geser yang maksimal yaitu 0,95 kg/cm², dan 9,99°.
4. Untuk campuran dengan 0% *Residuum Catalytic Cracking*, penambahan Limbah Pabrik Batu dengan persentase 20% memberikan nilai kohesi dan sudut geser yang maksimum, yaitu sebesar 0,58 kg/cm² dan 10,47°.
5. Untuk variasi campuran *Residuum Catalytic Cracking* 2%, 4%, 6% dan Limbah Pabrik Batu 20%, 25%, dan 30%, nilai kohesi maksimum pada variasi campuran 6% RCC + 20% Limbah Pabrik Batu yaitu sebesar 0,93 kg/cm². Sedangkan untuk nilai sudut geser maksimum pada variasi campuran 2% RCC + 20% Limbah Pabrik Batu yaitu sebesar 10,86°.
6. Kuat geser maksimum dicapai pada komposisi campuran 6% RCC + 0% LB yaitu sebesar 1,519 kg/cm² dengan persentase perubahan sebesar 142,989% dari nilai kuat geser tanah remoulded.

5.2. Saran

1. Nilai kuat geser maksimum terdapat pada variasi 6% RCC + 0% Limbah Pabrik Batu. Oleh karena itu, untuk memperoleh nilai kuat geser yang maksimum, sebaiknya digunakan variasi campuran *Residuum Catalytic Cracking* 6% dan tidak Limbah Pabrik Batu. Karena dari hasil penelitian Limbah Pabrik Batu tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai kuat geser tanah.
2. Sedangkan untuk variasi campuran yang hanya menggunakan Limbah Pabrik Batu saja, untuk mendapatkan nilai Kuat Geser yang maksimum sebaiknya menggunakan campuran Limbah Pabrik Batu maksimum 20%. Karena semakin banyak persentase Limbah Pabrik Batu yang ditambahkan akan menurunkan nilai kuat geser.
3. Untuk penelitian selanjutnya perlu dicari terlebih dahulu kadar air optimum pada setiap komposisi campuran limbah pabrik batu, mengingat sifat limbah pabrik batu yang daya serap terhadap airnya kecil. Sehingga dapat dicapai nilai kuat geser tanah yang optimum, karena pada kondisi kadar air tanah asli variasi RCC dan Limbah Pabrik Batu tidak terlalu meningkatkan nilai kuat geser tanah asli secara signifikan.
4. Dan juga perlu dilakukan penelitian untuk komposisi campuran Limbah Pabrik Batu ≤ 20% dari tanah asli.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. 1993. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Chen, F.H. 1975. *Foundation on Expansive Soils*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Das, Braja M. 2005. *Fundamental of Geotechnical Engineering. Third Edition*. Nevada.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Mekanika Tanah 1*. Cetakan Kelima. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hausmann, Manfred R. 1990. *Engineering Principles of Ground Modification*. McGraw-Hill Company, United States of America.
- Shirley. 1994. *Geoteknik dan Mekanika Tanah*. Penerbit Nova, Bandung
- Oemar, Bakrie, Nurly Gofar, dan Ratna dewi. 2010. *Petunjuk Pratikum Mekanika Tanah*. Universitas Sriwijaya, Palembang
- Ali, Mir Sohail. 2011. *Performance Analysis of Expansive Soil Treated With Stone Dust and Fly Ash*. EJGE, India.
- Oktami, Sri. 2013. *Analisa Pengaruh Substitusi Abu Tandan Sawit Dan Semen Portland Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Uji Triaxial UU*. Jurnal Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Permana, Yuda. 2009. *Studi Penggunaan Limbah Kilang Minyak (Residuum Catalytic Cracking 15, RCC15) pada Perbaikan Tanah Ekspansif (Studi Kasus : Tanah Gedebage Bandung)*. ITENAS, Bandung.
- Setia, Wijaya. 2006. *Perilaku Tanah Ekspansif yang Dicampur dengan Pasir untuk Subgrade*. Magister Thesis, Magister Teknik Konsentrasi Transportasi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sudjianto, Agus. 2007. *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur*. Jurnal Teknik Sipil Vol.8. No.1. Oktober.