

EFEK CAMPURAN SOIL BINDER DAN ABU AMPAS TEBU TERHADAP KARAKTERISTK KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Yulindasari Sutejo¹, Ratna Dewi¹, Mirka Pataras¹ dan Putra Anugrah¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Inderalaya
E-mail: yulindasari@unsri.ac.id

Abstrak. Tanah lempung ekspansif merupakan kelompok tanah yang tidak baik digunakan pada pembangunan konstruksi. Tanah ini memiliki derajat pengembangan volume yang tinggi. Sehingga dilakukan penelitian mengenai sifat-sifat fisis dan mekanis agar diketahui apakah sifat-sifat tanah tersebut dapat digunakan sebagai dasar bangunan. Metode stabilisasi tanah umum dipakai dalam perbaikan sifat tanah. Pada penelitian ini, bahan stabilisasi menggunakan *Soil Binder* (SB) dengan variasi 20 gr/liter, 25 gr/liter, serta 30 gr/liter dan Abu Ampas Tebu (AAT) dengan variasi 4%, 8%, dan 12%. Perawatan sampel benda uji dengan variasi 0 hari, 7 hari, dan 14 hari. Berdasarkan pengujian *index properties* diperoleh: kadar air (ω) 9.44%, berat jenis (G_s) 2.696, batas cair (LL) 68%, batas plastis (PL) 26%, dan indeks plastis (IP) 42%. Klasifikasi tanah di daerah Desa Gasing Tanjung Api-Api diklasifikasikan sebagai tanah lempung anorganik (USCS) dan A-7-6 (AASHTO). Nilai kuat geser (τ) tanah asli yaitu 0.223 kg/cm², nilai kohesi (Cu) 0,220 kg/cm², serta nilai sudut geser (ϕ) 0.7°. Nilai kohesi (Cu) tanah maksimum terjadi pada persentase campuran 20 gr/liter *Soil Binder* SB dan 4% AAT sebesar 0.69 kg/cm². Nilai sudut geser (ϕ) tanah maksimum pada campuran 20 gr/liter SB dan 12% AAT sebesar 6.8° dengan persentase perubahan sebesar 871.40%. Serta nilai kuat geser (τ) tanah maksimum pada persentase campuran 20 gr/liter SB dan 4% AAT sebesar 0.709 kg/cm². Penambahan *Soil Binder* dan Abu Ampas Tebu terhadap tanah lempung ekspansif dapat meningkatkan parameter kohesi (c), sudut geser(ϕ), dan kuat geser tanah (τ).

Kata kunci: abu ampas tebu, *soil binder*, tanah lempung, *triaxial*

I. PENDAHULUAN

Das (2015) mendefinisikan tanah sebagai material-material yang padat dan antar butiran terikat secara kimia. Tanah juga berasal dari proses pelapukan material-material organik. Tanah lempung ekspansif adalah salah satu jenis tanah yang kurang baik pada pembangunan konstruksi. Hal ini dikarenakan, tanah ini mempunyai tingkat pengembangan volume cukup tinggi.

Metode perbaikan tanah yang umum dipakai dalam perbaikan kualitas tanah adalah dengan cara stabilisasi tanah. Metode stabilisasi tanah berfungsi untuk meningkatkan faktor keamanan lereng timbunan, meningkatkan daya dukung tanah pada saat menahan beban di atasnya, serta dapat menurunkan karakteristik tanah penyusutan dan pemuai tanah (Das, 2015). Salah satu metode untuk memperbaiki karakteristik tanah lempung ekspansif yaitu dengan cara menambahkan bahan kimia (chemical stabilization). Beberapa bahan tambahan yang paling sering digunakan seperti: semen, abu terbang (*fly ash*), kapur, bitumen, serta bahan kimia lainnya.

Penelitian-penelitian yang menggunakan bahan tambahan untuk proses stabilisasi adalah sebagai berikut: abu tandan sawit dan gypsum (Sutejo, 2015), Abu Ampas Tebu (Budiman, 2013, Syarifudin, 2014, dan Destamara, 2015), dan *Soil Binder* (Desiani dan Redjasantana, 2012). Penelitian dengan penambahan *Soil Binder* (Desiani dan Redjasantana, 2012) bertujuan untuk menguji pengaruh campuran bahan tambahan *Soil Binder* dengan tanah lempung berdasarkan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Campuran *Soil Binder* pada penelitian ini sebesar 20 gram/liter air, 25 gram/liter air, dan 30 gram/liter air. Nilai kepadatan kering maksimum $\gamma_d = 1,600$ gr/cm³. Nilai CBR meningkat berkisar 13%-76% seiring dengan peningkatan campuran *Soil Binder*. Penggunaan *Soil Binder* inidengan dapat meningkatkan CBR tanah dasar.

Penelitian lainnya yaitu mengenai pengaruh penambahan Abu Ampas Tebu terhadap perilaku tanah lempung ekspansif (Budiman, 2013). Komposisi penambahan Abu Ampas Tebu adalah 0%, 4%, 8%, 12%, dan 16% dengan masa perawatan 0 hari dan 4 hari. Penambahan Abu ampas tebu berpengaruh

terhadap karakteristik (fisik dan mekani) pada tanah lempung ekspansif. Nilai Indeks Plastisitas (IP) menurun dari 39,867% menjadi 17,205% untuk campuran 16% Abu Ampas Tebu. Syarifudin (2014) menguji kuat geser tanah lempung dengan penambahan Abu Ampas Tebu dengan persentase 0, 5, 10, 15 dan 20 (%) dari berat kering tanah. Penambahan Abu Ampas Tebu 5% menurunkan nilai kohesi (c) sebesar 59,280% dari tanah asli. Dan Sudut gesek dalam (ϕ) maksimum pada penambahan Abu Ampas Tebu 5% sebesar 25,490.

Oleh karena itu, penelitian ini berkaitan dengan metode stabilisasi. Metode ini mencampurkan tanah lempung ekspansif dengan campuran *Soil Binder* dan Abu Ampas Tebu. Penelitian ini bertujuan yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan campuran *Soil Binder* dan Abu Ampas Tebu terhadap nilai kuat geser pada tanah lempung ekspansif berdasarkan pengujian *Triaxial*.

A. Abu Ampas Tebu

Limbah pengolahan ampas tebu merupakan hasil dari proses pembuatan gula, yang disebut ampas tebu. Ampas tebu digunakan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar dalam proses pembuatan gula. Hasil dari pembakaran ampas tebu tersebut menyisakan abu ampas tebu yang mengandung silika cukup tinggi. Hal ini menguntungkan karena pada kondisi tertentu dapat bereaksi dengan kapur membentuk kandungan silika. Hasil pembakaran berupa abu yang jika diendapkan dalam air akan menjadi abu ampas tebu.

B. Soil Binder

Soil Binder berbahan dasar lateks yang ramah lingkungan dan mudah diperoleh. *Soil Binder* apabila dicampurkan dengan tanah pada kadar tertentu maka akan bersifat seperti semen. *Soil Binder* banyak dipakai karena biayanya yang murah. Campuran ini biasanya digunakan pada pembangunan konstruksi jalan raya, perawatan pada jalan-jalan setapak, jalan-jalan kendaraan, kawasan parkir dan pergudangan, bendung, dan saluran air. Beberapa kegunaan dari *Soil Binder* antara lain: (a) menahan erosi tanah dan (b) membantu pekerjaan pemeliharaan jalan. *Soil Binder* dapat dipakai sebagai campuran pada berbagai kelompok tanah. Kelompok tanah tersebut misalnya tanah berbutir halus atau tanah berbutir kasar. *Soil Binder* berbentuk cairan. Sehingga luasan daerah diperbaiki karakteristiknya dengan *Soil Binder* tergantung pada keencerannya.

C. Kuat Geser Tanah

Kekuatan geser tanah merupakan kemampuan tanah dalam menahan tekanan agar tidak terjadi keruntuhan. Jika tanah diberi tekanan maka tanah tersebut akan berkurang volumenya. Seperti halnya juga apabila tanah mengalami tegangan geser. Pada kondisi ini tanah mengalami pergeseran. Apabila pergeseran yang terjadi besar dapat menyebabkan tanah gagal dalam menahan pergeseran tersebut.

Hasi dari pengujian kuat geser tanah dapat

digunakan untuk menganalisa daya dukung tanah. Parameter kuat geser tanah dipengaruhi oleh parameter nilai kohesi (c) dan sudut geser (ϕ). Beberapa pengujian kuat geser tanah yang bisa dilakukan, yaitu: (1) pengujian kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*), (2) pengujian *Triaxial* (*Triaxial test*) dan (3) pengujian geser langsung (*Direct Shear Test*).

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

dimana:

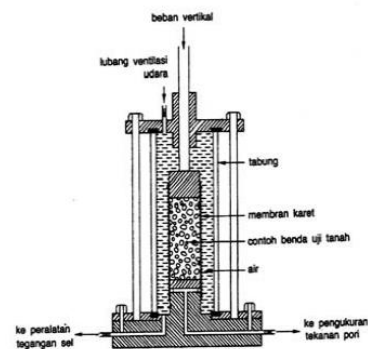
τ = kuat geser tanah (kN/m²)

c = kohesi tanah (kN/m²)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

ϕ = sudut gesek dalam (°)

Ada tiga kondisi pengujian *Triaxial* yaitu: (1) *Unconsolidated Undrained* (UU), (2) *Consolidated Undrained* (CU), dan (3) *Consolidated Drained* (CD). Alat pengujian *Triaxial* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat pengujian *triaxial*

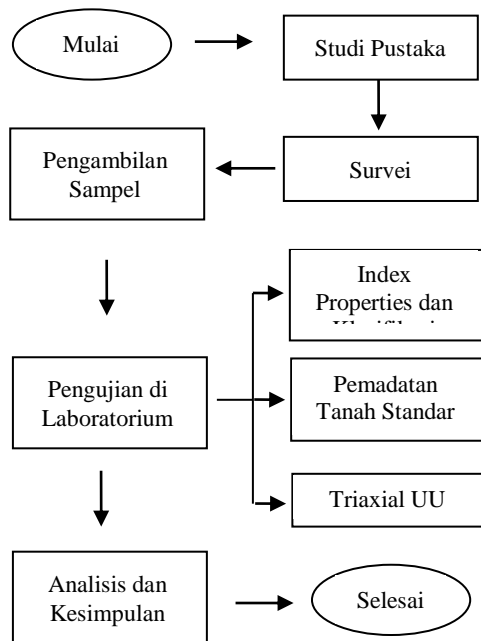
II. METODOLOGI

Metodologi penelitian yaitu pengujian di laboratorium. Adapun laboratorium yang dipakai yaitu Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya. Sampel tanah asli diambil dari Desa Gasing Jl. Tanjung Api-Api, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. Diagram metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Studi pustaka pada penelitian ini adalah dengan mengumpulkan dan mempelajari materi yang berhubungan dengan penelitian. Seperti buku, diktat, jurnal, dan internet. Kemudian dilanjutkan dengan survei lokasi. Sampel tanah yang diambil dalam kondisi terganggu. Bahan Abu Ampas Tebu diperoleh dari Pabrik Gula Cinta Manis, Inderalaya, Kabupaten Ogan Ilir, provinsi Sumatera Selatan. Bahan campuran lainnya yaitu *Soil Binder* yang didapatkan dari PT. Vienison Indonesia, Jakarta.

Adapun tahapan pengujian di laboratorium adalah sebagai berikut: (a) Pengujian *index properties* dan klasifikasi tanah, (b) Pengujian Pemadatan Tanah Standar (PTS), dan (c) Pengujian *Triaxial UU* (*Unconsolidated Undrained*). Sistem Klasifikasi tanah yaitu menurut sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil*

Classification System) dan AASTHO (American Association of States Highway and Transportation Official).



Gambar 1. Metodologi penelitian

Adapun detail pengujian-pengujian yang dilakukan laboratorium di adalah sebagai berikut:

- (a) Pengujian kadar air (ω).
Kadar air tanah didefinisikan sebagai persentase perbandingan antara berat air dalam tanah dengan berat butiran tanah. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216-90.
- (b) Pengujian berat jenis butiran (G_s).
Berat jenis dinyatakan sebagai nilai perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air suling. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D-854.
- (c) Pengujian *Atterberg Limit*.
Pengujian ini untuk mengetahui nilai parameter batas cair (LL), batas plastis tanah (PL), indeks plastisitas tanah (IP). Pengujian ini menggunakan standar ASTM D 423-66 dan ASTM D 424-74.
- (d) Pengujian Analisa Saringan.
Pengujian ini bertujuan untuk membagi butiran agregat halus dan agregat kasar. Serta distribusi ukuran butiran dari sampel tanah. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D 421 dan ASTM D 422.
- (e) Pemadatan tanah standar.
Pengujian ini dilakukan di dalam cetakan silinder berdiameter 102 mm dengan menggunakan alat penumbuk (*hammer*) dan tinggi jatuh 305 mm. Parameter kadar air optimum (ω_{opt}) dapat diperoleh dari hasil pengujian ini. Hal ini perlu dilakukan sebelum pengujian Triaxial di mulai. Standar Sistem ASTM untuk pengujian Pemadatan Tanah Standar (PTS) yaitu ASTM D698.
- (f) Pengujian Triaxial.
Pengujian ini dilakukan pada tanah asli pada

kondisi tanah terganggu. Tanah yang telah dipadatkan, dicetak kedalam cetakan Triaxial kemudian tanah siap dilakukan pengujian. Pengujian Triaxial dilakukan dalam kondisi UU (*Unconsolidated Undrained*). Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D2850 -95. Tekanan sel pada pengujian Triaxial UU yaitu: 1 kg/cm², 1,5 kg/cm², dan 2 kg/cm². Sampel benda uji untuk pengujian Triaxial UU dijelaskan pada Tabel 1. Terdapat 54 sampel yang akan diuji. Adapun variasi campuran dari *Soil Binder* (SB) yang digunakan yaitu: 20 gr/liter air, 25 gr/liter air, dan 30 gr/liter air. Serta Abu Ampas Tebu (AAT) dengan variasi campuran: 4%, 8%, dan 12%. Pada penelitian ini, pada sampel benda uji dilakukan dengan masa perawatan untuk 0 hari, 7 hari, dan 14 hari. Gambar Abu Ampas Tebu dan *Soil Binder* ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Sampel benda uji triaxial UU

Kode sampel	Variasi campuran	Perawatan (hari)			Jumlah sampel
		0	7	14	
TTLE20S	20 gr/liter air	3	3	3	6
B4AAT	SB + 4% AAT				
TTLE20S	20 gr/liter air	3	3	3	6
B8AAT	SB + 8% AAT				
TTLE20S	20 gr/liter air	3	3	3	6
B12AAT	SB + 12% AAT				
TTLE25S	25 gr/liter air	3	3	3	6
B4AAT	SB + 4% AAT				
TTLE25S	25 gr/liter air	3	3	3	6
B8AAT	SB + 8% AAT				
TTLE25S	25 gr/liter air	3	3	3	6
B12AAT	SB + 12% AAT				
TTLE30S	30 gr/liter air	3	3	3	6
B4AAT	SB + 4% AAT				
TTLE30S	30 gr/liter air	3	3	3	6
B8AAT	SB + 8% AAT				
TTLE30S	30 gr/liter air	3	3	3	6
B12AAT	SB + 12% AAT				
Total sampel					54

dimana:

T : Triaxial; TLE : Tanah Lempung Ekspansif; SB: Soil Binder; AAT : Abu Ampas Tebu



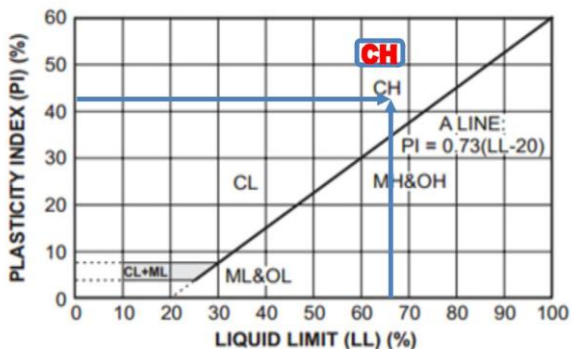
Gambar 2. Bahan campuran stabilisasi (a) Abu ampas tebu dan (b) *Soil binder*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Indeks Propertis dan Klasifikasi

Pengujian sifat fisik tanah asli meliputi kadar air tanah (ω , %), berat jenis (G_s), analisa saringan, serta batas cair dan batas plastis (*Atterberg Limit*). Semua pengujian berdasarkan standar ASTM. Adapun hasil dari pengujian kadar air asli rata-rata (ω) sebesar 9.44%. Dari hasil pengujian berat jenis (G_s) tanah diperoleh nilai sebesar 2.696. Dalam pengujian batas-batas Atterberg (*Atterberg Limit*) didapatkan nilai batas cair (LL): 68%, nilai batas plastis (PL): 26%, dan nilai indeks plastis (IP): 42%. Pengujian analisa saringan dengan analisa hidrometer dengan tanah yang lolos saringan 200.

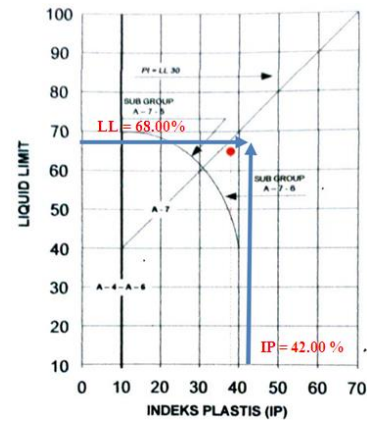
Klasifikasi tanah menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) dengan cara menggolongkan parameter lolos saringan No. 200, nilai batas cair/*liquid limit* (LL) dan indeks plastisitas/*index plastic* (IP). Adapun persentase butiran tanah dengan lolos saringan No.200 > 50% yaitu sebesar 82.56%, Batas cair (LL) > 50% sebesar 68.00%, dan Batas plastis (PL) < 30% sebesar 26.00%, serta Indeks plastisitas (IP) sebesar 42.00%. Gambar 3 menjelaskan hubungan grafik dari parameter plastisitas tanah.



Gambar 3. Grafik plastisitas tanah (ASTM D2327)

Berdasarkan parameter batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas serta persentase butiran lolos saringan No.200, maka sampel tanah pada daerah Tanjung Api-Api Desa Gasing Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan berdasarkan sistem klasifikasi USCS digolongkan dalam CH yang merupakan lempung anorganik bersifat sangat plastis atau lempung gemuk.

Sedangkan menurut klasifikasi AASTHO (*American Association of States Highway and Transportation Official*) menggolongkan tanah berdasarkan parameter batas cair, indeks plastisitas, dan persentase butiran tanah lolos saringan No.200. Hasil pengujian yaitu persentase butiran tanah lolos saringan No. 200 sebesar 82.56% (> 36%), 2) Batas cair (LL) yaitu 68.00% (> 41%), dan Indeks Plastisitas (IP) yaitu 42.00% (>11%). Grafik sistem klasifikasi tanah berdasarkan sistem AASTHO ditunjukkan pada Gambar 4.

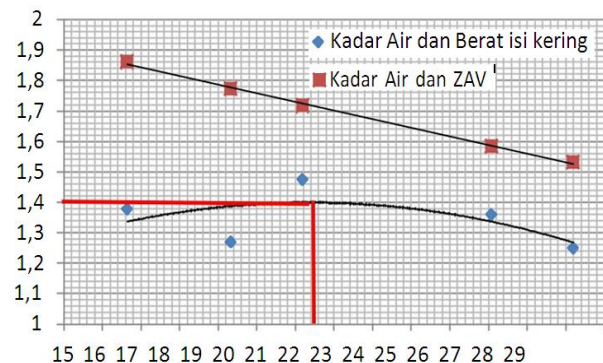


Gambar 4. Grafik sistem klasifikasi AASTHO

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dalam sistem klasifikasi tanah AASTHO, tanah pada daerah Tanjung Api-Api Desa Gasing Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan digolongkan dalam kelompok tanah A-7-6 atau *clayey soils* yang termasuk sebagai tanah lempung dengan kriteria cukup sampai dengan buruk.

B. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Standar

Pengujian Pemadatan Tanah Standar (PTS) hanya dilakukan terhadap tanah asli. Hasil dari pengujian Pemadatan Tanah Standar (PTS) terhadap tanah asli yang diambil di Daerah Tanjung Api-Api, Desa Gasing, Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan didapatkan kadar air optimum sebesar 21.50 % dengan berat isi kering maksimum 1.4 gr/cm³. Gambar 5 memperlihatkan grafik Pemadatan Tanah Standar (PTS).



Gambar 5. Grafik pemadatan tanah standar (PTS)

C. Hasil Pengujian Triaxial UU

Pengujian Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*) terhadap tanah asli didapat parameter kohesi (C_u) yaitu 0.22 Kg/cm², sudut geser (ϕ) yaitu 0.70° dan nilai kuat geser tanah (τ) yaitu 0.223 Kg/cm². Kemudian dilakukan juga pengujian Triaxial UU terhadap tanah campuran untuk memperoleh parameter nilai kohesi (C_u , Kg/cm²), sudut geser (ϕ ,°), dan nilai kuat geser tanah (τ , kg/cm²) setelah ditambah campuran *Soil Binder* (SB) dan Abu Ampas Tebu (AAT).

Tabel 2 memperlihatkan hasil rekapitulasi nilai

kohesi (C_u) tanah campuran. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa terjadi perubahan nilai parameter kohesi (C_u) pada tanah yang telah dicampur dengan *Soil Binder* (SB) dan Abu Ampas Tebu (AAT) pada variasi campuran tertentu.

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan nilai kohesi paling tinggi ada pada campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 4% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan nilai 0.69 kg/cm^2 pada masa perawatan selama 14 hari. Sedangkan nilai kohesi paling rendah ada pada campuran 30 gr/liter SB dan 12% AAT dengan nilai 0.23 kg/cm^2 pada masa perawatan 0 hari. Semakin banyak *Soil Binder* dan Abu Ampas Tebu yang dicampurkan, maka nilai kohesi akan menurun. Gambar 6 memperlihatkan grafik nilai kohesi pada campuran *Soil Binder* 20 gr/liter. Pada campuran *Soil Binder* 25 gr/liter, grafik hasil pengujian disajikan dengan Gambar 7. Serta Gambar 8 untuk komposisi campuran *Soil Binder* 30 gr/liter.

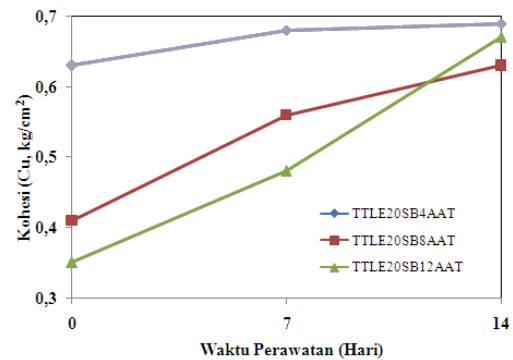
Tabel 2. Rekapitulasi nilai kohesi (C_u) tanah campuran

Kode sampel	Kohesi (C_u , kg/cm^2)		
	Perawatan (hari)		
	0	7	14
TTLE20SB4AAT	0.63	0.68	0.69
TTLE20SB8AAT	0.41	0.56	0.63
TTLE20SB12AAT	0.35	0.48	0.67
TTLE25SB4AAT	0.45	0.48	0.50
TTLE25SB8AAT	0.40	0.42	0.34
TTLE25SB12AAT	0.34	0.45	0.44
TTLE30SB4AAT	0.27	0.27	0.39
TTLE30SB8AAT	0.24	0.30	0.29
TTLE30SB12AAT	0.23	0.23	0.25

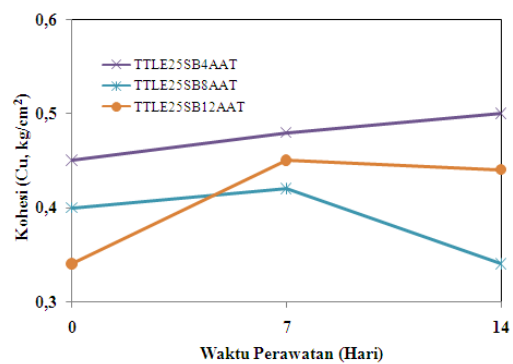
Pengujian Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*) tanah campuran juga diperoleh hasil nilai sudut geser (ϕ) yang ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3 nilai sudut geser mengalami peningkatan dari tanah asli dengan nilai sudut geser (ϕ) sebesar 0.70° . Besarnya nilai sudut geser berbeda-beda pada masing-masing persentase campuran. Nilai sudut geser paling tinggi ada pada campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 12% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan sudut geser (ϕ) sebesar 6.8° pada masa perawatan 0 hari. Sedangkan nilai sudut geser (ϕ) terendah terjadi pada pencampuran 30 gr/liter SB dan 12% AAT 1.90° pada masa perawatan selama 14 hari. Adanya penambahan campuran SB dan AAT dapat menyebabkan nilai sudut geser mengalami peningkatan dari tanah asli. Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 menjelaskan grafik hasil penambahan *Soil Binder* (20 gr/liter, 25 gr/liter, 30 gr/liter) dan Abu Ampas Tebu (4%, 8%, dan 12%).

Berdasarkan pengujian Triaxial *Unconsolidated Undrained*, didapatkan nilai parameter kohesi, sudut geser, dan tegangan normal sehingga didapatkan parameter kekuatan geser tanah (τ , kg/cm^2). Rekapitulasi parameter ini untuk tanah asli serta tanah yang telah dicampurkan *Soil Binder* dan Abu Ampas Tebu ditunjukkan pada Tabel 4. Dari Tabel 4, didapatkan nilai kuat geser tanah mengalami perubahan

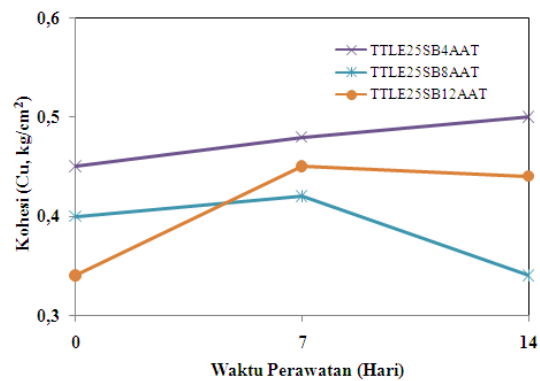
yang bervariasi setelah dilakukan pencampuran dengan *Soil Binder* dan Abu Ampas Tebu.



Gambar 6. Grafik nilai kohesi pada campuran SB 20 gr/liter



Gambar 7. Grafik nilai kohesi pada campuran SB 25 gr/liter



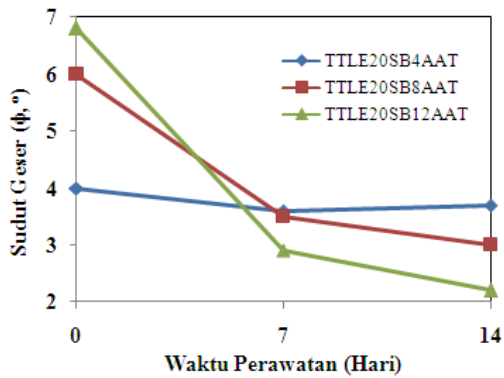
Gambar 8. Grafik nilai kohesi pada campuran SB 30 gr/liter

Tabel 3. Rekapitulasi nilai sudut geser (ϕ) tanah campuran

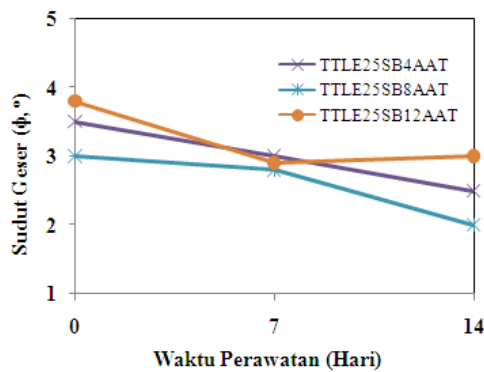
Kode Sampel	Sudut Geser (ϕ , kg/cm^2)		
	Perawatan (hari)		
	0	7	14
TTLE20SB4AAT	4.00	3.60	3.70
TTLE20SB8AAT	6.00	3.50	3.00
TTLE20SB12AAT	6.80	2.90	2.20
TTLE25SB4AAT	3.50	3.00	2.50
TTLE25SB8AAT	3.00	2.80	2.00
TTLE25SB12AAT	3.80	2.90	3.00
TTLE30SB4AAT	3.20	3.50	3.00
TTLE30SB8AAT	4.00	2.70	1.90
TTLE30SB12AAT	4.40	2.00	1.90

Tabel 4. Rekapitulasi nilai kuat geser tanah campuran

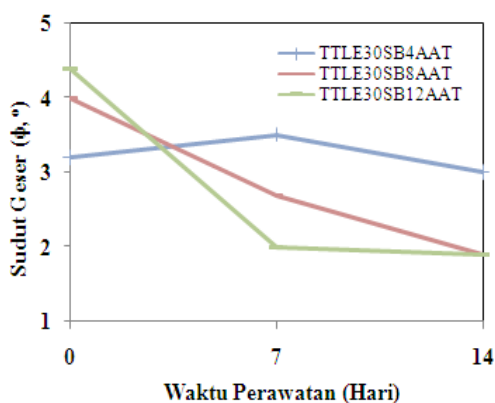
Kode Sampel	Kuat Geser (τ , kg/cm ²)		
	Perawatan (hari)		
	0	7	14
TTLE20SB4AAT	0.650	0.699	0.709
TTLE20SB8AAT	0.439	0.578	0.645
TTLE20SB12AAT	0.381	0.494	0.681
TTLE25SB4AAT	0.467	0.495	0.513
TTLE25SB8AAT	0.414	0.433	0.350
TTLE25SB12AAT	0.358	0.464	0.455
TTLE30SB4AAT	0.286	0.287	0.405
TTLE30SB8AAT	0.259	0.314	0.299
TTLE30SB12AAT	0.250	0.239	0.259



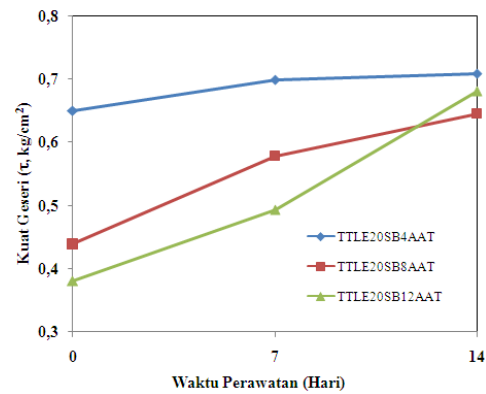
Gambar 9. Grafik nilai sudut geser pada campuran SB 20 gr/liter



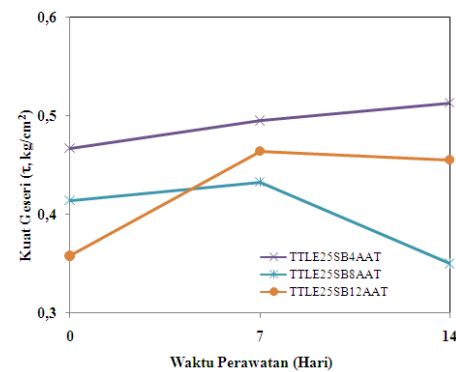
Gambar 10. Grafik nilai sudut geser pada campuran SB 25 gr/liter



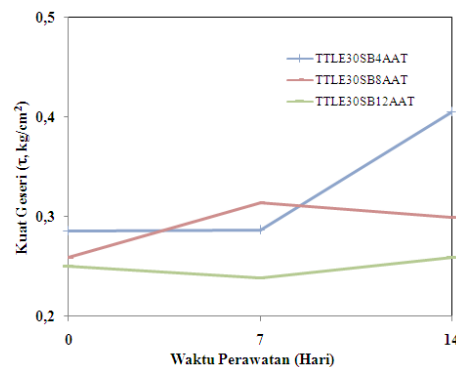
Gambar 11. Grafik nilai sudut geser pada campuran SB 20 gr/liter



Gambar 9. Grafik nilai kuat geser pada campuran SB 20 gr/liter



Gambar 10. Grafik nilai kuat geser pada campuran SB 20 gr/liter

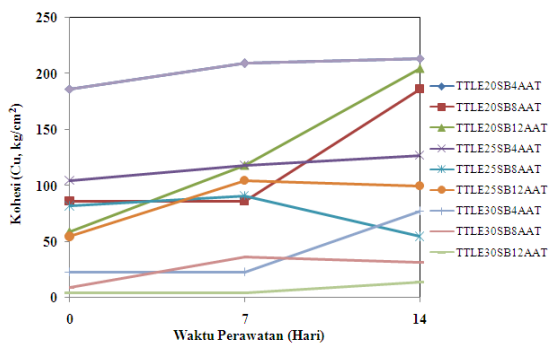


Gambar 11. Grafik nilai kuat geser pada campuran SB 30 gr/liter

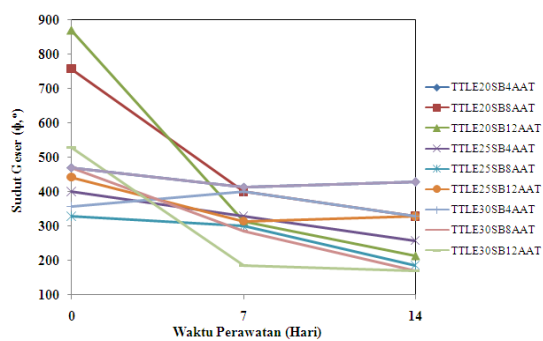
Kuat geser paling tinggi terjadi pada pencampuran campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 4 % Abu Ampas Tebu (AAT) dengan kuat geser (τ) sebesar 0.709 kg/cm² pada masa perawatan selama 14 hari. Sedangkan nilai kuat geser terendah terjadi pada pencampuran campuran 30 gr/liter SB dan 12% Abu Ampas Tebu (AAT) sebesar 0.239 kg/cm² pada masa perawatan selama 7 hari. Sehingga didapatkan bahwa penambahan campuran *Soil Binder* dan Abu Ampas Tebu menyebabkan nilai kuat geser mengalami peningkatan. Perbandingan nilai kuat geser pada masing-masing persentase penambahan campuran *Soil Binder* dan Abu Ampas Tebu diperlihatkan pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.

Hasil pengujian Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*) untuk tanah campuran dapat diketahui persentase perubahan parameter nilai kohesi, sudut geser, dan kuat geser (C_u , ϕ , τ) pada tiap komposisi campuran. Persentase perubahan ini ditunjukkan pada Gambar 12, 13, dan 14.

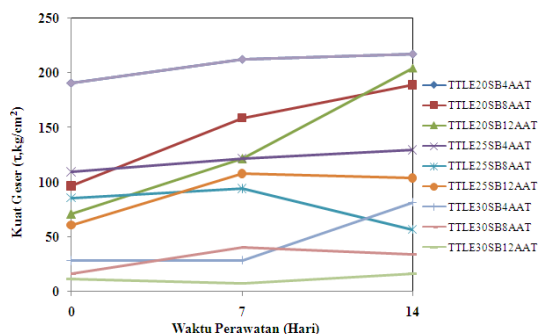
Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 menjelaskan terjadi perubahan nilai kohesi, kuat geser dan sudut geser yang meningkat dari nilai asli tanah. Persentase perubahan kohesi (C_u) tertinggi terjadi pada campuran dan 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 4% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan masa perawatan selama 14 hari sebesar 213.60%. Persentase perubahan nilai sudut geser (ϕ) tertinggi terjadi pada campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 12% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan masa perawatan 0 hari sebesar 871.40%. Serta persentase perubahan nilai kuat geser (τ) tertinggi terjadi pada campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 4% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan masa perawatan 14 hari sebesar 217.30%.



Gambar 12. Grafik persentase perubahan nilai kohesi



Gambar 13. Grafik persentase perubahan sudut geser



Gambar 14. Grafik persentase perubahan nilai kuat geser

Hasil pengujian Triaxial UU (*Unconsolidated Undrained*) di laboratorium menjelaskan bahwa ada pengaruh penambahan *Soil Binder* (SB) dan Abu Ampas Tebu (AAT) pada semua variasi campuran pada peningkatan dan penurunan parameter-parameter kuat geser dari tanah yaitu: kohesi (C_u), sudut geser(ϕ), dan kuat geser tanah (τ) yang berbeda-beda. Nilai kohesi tanah maksimum terjadi pada persentase campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 4% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan nilai 0.69 kg/cm² dengan persentase perubahan sebesar 213.60%. Sedangkan nilai kohesi tanah terendah ketika mencapai kadar 12 % AAT. Hal ini diakibatkan oleh pengisian rongga-rongga pori dalam tanah karena butiran Abu Ampas Tebu. Sehingga antar butiran-butiran tanah lebih rapat dan menyebabkan proses terjadinya butiran-butiran yang lebih besar.

Parameter nilai kohesi cenderung menurun seiring dengan bertambahnya campuran *Soil Binder*, yang disebabkan oleh sifat hilang pijar pada *Soil Binder* sebesar 78.40 %, dimana dengan nilai tersebut kadar oksida menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan tanah kurang bersifat pozzolan sehingga daya ikat antar butiran tanahnya menjadi kecil. Pada parameter nilai sudut geser, diperoleh nilai maksimum terjadi pada campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 12% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan sudut geser (ϕ) sebesar 6.8° dengan persentase perubahan sebesar 871.40%.

Pada penambahan 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 12 % Abu Ampas Tebu (AAT) nilai sudut geser (ϕ) mengalami penurunan menjadi 1.9°. Unsur SiO₂ pada tanah lempung bila direaksikan dengan CaO pada abu ampas tebu akan membentuk reaksi CaSiO₃ (Calsium Silikat). CaSiO₃ bersifat mengikat butiran antar lempung dan butiran lempung dengan Abu Ampas Tebu sehingga mengurangi jarak antar butiran dan menyebabkan proses flokulasi. Pada penambahan Abu Ampas Tebu unsur SiO₂ bertambah besar sehingga unsur Ca yang terdapat pada Abu Ampas Tebu tidak cukup untuk bereaksi dengan SiO₂ pada tanah lempung dan abu ampas tebu. Meskipun jarak antar butiran berkurang dan proses flokulasi terjadi, kandungan SiO₂ juga bertambah sehingga pada penambahan 12 % Abu Ampas Tebu (AAT) dan 30 gr/liter *Soil Binder* (SB) nilai sudut geser mengalami penurunan.

Untuk nilai kuat geser (τ) tanah maksimum terjadi pada persentase campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 4% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan kuat geser (τ) sebesar 0.709 kg/cm² dengan persentase perubahan sebesar 217.30%. Seiring dengan bertambahnya campuran abu ampas tebu dan soil binder, nilai kuat geser (τ) cenderung menurun yang diakibatkan oleh berkurangnya jarak antar butiran dan terbentuknya butiran yang lebih besar dan menyebabkan nilai kohesi yang turun, dimana nilai kohesi berbanding lurus dengan nilai kuat geser. Berdasarkan hasil pengujian yang telah diperoleh dapat disimpulkan bahwa penambahan *Soil Binder* (SB) dan Abu Ampas Tebu (AAT) dengan variasi persentase campuran dapat meningkatkan parameter kuat geser tanah, yaitu nilai

nilai kohesi (C_u , kg/cm^2), sudut geser (ϕ , $^\circ$), dan nilai kuat geser tanah (τ , kg/cm^2).

IV. KESIMPULAN

Hasil pengujian dari penambahan *Soil Binder* (SB) dan Abu Ampas Tebu (AAT) memberikan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Tanah di daerah Desa Gasing Tanjung Api-Api diklasifikasikan berdasarkan sistem klasifikasi USCS sebagai jenis tanah lempung anorganik (CH) bersifat sangat plastis. Dan menurut AASHTO, termasuk ke dalam kelompok A-7-6.
2. Pada tanah asli, nilai kohesi (C_u) sebesar $0,220 \text{ kg/cm}^2$, nilai sudut geser (ϕ) sebesar $0,7^\circ$, serta nilai kuat geser (τ) sebesar $0,223 \text{ kg/cm}^2$.
3. Nilai kohesi (C_u) tanah maksimum terjadi pada persentase campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 4% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan nilai $0,69 \text{ kg/cm}^2$ dengan persentase perubahan sebesar 213.60%.
4. Nilai sudut geser (ϕ) tanah maksimum terjadi pada campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 12 % Abu Ampas Tebu (AAT) dengan sudut geser (ϕ) sebesar $6,8^\circ$ dengan persentase perubahan sebesar 871.40%.
5. Nilai kuat geser (τ) tanah maksimum terjadi pada persentase campuran 20 gr/liter *Soil Binder* (SB) dan 4% Abu Ampas Tebu (AAT) dengan kuat geser (τ) sebesar $0,709 \text{ kg/cm}^2$ dengan persentase perubahan sebesar 217.30%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sriwijaya yang telah memberikan bantuan Penelitian Sains Teknologi dan Seni (SATEKS) Tahun 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials.1982. *ASTM Book of Standards*. Part 19, Phladelphia.
- Budiman, N., A., 2013. Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Lempung Ekspansif. Universitas Udayana, Denpasar.
- Das, B., M., 2015. *Mekanika Tanah 1*. Erlangga, Jakarta.
- Desiani, A., Redjasentana, Salijan. 2012. *Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Soil Binder*. Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Destamara, A.A., 2015. Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro. *Jurnal Teknik Sipil*, 1 (1) : 1-9.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. *Mekanika Tanah 1:Edisi ke 6*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2013. *Stabilisasi Tanah Untuk Pengerasan Jalan :Edisi ke 2*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pandaleke, R., 2014. Kajian Experimental Sifat Karakteristik Mortar yang Menggunakan Abu Ampas Tebu Sebagai Substitusi Parsial Semen. *Jurnal Teknik Sipil*, 12 (60) : 57-63.
- Sutejo, Y., Dewi, R., Yudhistira, H., 2015. Pengaruh Penambahan Abu Tandan Sawit dan Gypsum Terhadap Tanah Lempung Lunak Berdasarkan Pengujian CBR, *The 18th Fstpt International Symposium*, Unila, Bandar Lampung, August 28th.