

ANALISIS PENGARUH SUBSTITUSI ABU TANDAN SAWIT DAN GIPSUM TERHADAP NILAI CBR PADA TANAH LEMPUNG LUNAK

Hasan Yudhistira

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

ABSTRAK

Penurunan dan rendahnya daya dukung tanah merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan pada konstruksi bangunan. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan stabilitas tanah agar kerusakan dapat dicegah. Dalam penelitian ini dibahas tentang stabilisasi tanah pada lempung lunak menggunakan abu tandan sawit dan gipsum ditinjau dari nilai CBR tanah tersebut. Penelitian ini menggunakan metode laboratorium yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya dengan menggunakan alat uji CBR. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan abu tandan sawit dan gipsum dengan variasi masing-masing 5%, 7,5%, dan 10% terhadap nilai CBR pada tanah lempung lunak. Dari hasil analisis didapatkan penambahan abu tandan sawit dan gipsum dapat meningkatkan nilai CBR pada tanah lempung lunak. Persentase campuran yang dapat meningkatkan nilai CBR paling maksimal ada pada persentase 7,5% abu tandan sawit dan 10% gipsum dengan peningkatan sebesar 126,88% pada masa perawatan 7 hari.

Kata Kunci: CBR, abu tandan sawit, gipsum, tanah lempung lunak

1. PENDAHULUAN

Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk maupun pertumbuhan ekonomi membuat kebutuhan akan pembangunan juga meningkat. Tidak hanya pembangunan gedung namun juga jalan raya. Banyak pembangunan seperti gedung dan jalan raya dilakukan di atas tanah yang memiliki kualitas yang kurang baik, seperti tanah lempung yang memiliki daya dukung rendah.

Apabila membangun konstruksi di atas tanah dasar yang memiliki daya dukung rendah maka diperlukan teknik dan cara khusus untuk meminimalisir dampak yang diakibatkan oleh kondisi tanah tersebut. Salah satu cara yang umum dilakukan adalah dengan melakukan stabilisasi tanah.

Salah satu parameter yang diperlukan untuk mengetahui kondisi suatu tanah adalah nilai CBR (*California Bearing Ratio*). CBR sendiri pada saat ini hanya dikaitkan dengan keperluan perancangan tebal perkerasan. Pada perencanaan jalan baru, untuk tebal perkerasan biasanya kekuatan tanah dasar ditentukan dari nilai CBR tanah dasar yang dipadatkan.

Dalam stabilisasi tanah, pertimbangan biaya juga perlu dipikirkan. Salah satu cara adalah memanfaatkan limbah-limbah industri yang jarang digunakan. Dalam penelitian ini dicoba

menggunakan abu tandan sawit ini dicoba menggunakan abu tandan sawit yang ditambahkan dengan gipsum dengan harapan mampu meningkatkan nilai CBR tanah asli.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh substitusi campuran abu tandan sawit dan gipsum dalam proses stabilisasi tanah lempung terhadap nilai CBR.

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari substitusi limbah abu tandan sawit dan gipsum dengan variasi masing-masing 5%, 7,5%, dan 10% terhadap nilai CBR pada tanah lempung lunak.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak adalah jenis tanah yang memiliki daya dukung batas yang rendah dan daya mampat yang tinggi. Tanah jenis ini memiliki karakteristik antara lain indeks plastisitasnya yang tinggi membuat tanah ini mempunyai perilaku mengembang jika terkena air sehingga disebut tanah

ekspansif. Selain itu tanah lempung lunak juga memiliki daya dukung yang kecil dan kompresibilitasnya yang besar.

2.2. Klasifikasi Tanah

Tujuan sistem klasifikasi tanah adalah untuk mengelompokkan tanah-tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisis tertentu. Untuk mengetahui perlakuan tanah dasar agar dapat memenuhi persyaratan dan cukup baik sebagai pondasi sesuai dengan spesifikasi yang ada, maka perlu diketahui sifat-sifat dan klasifikasinya. Adapun sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan sistem AASHTO dan USCS.

2.3. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutunya dapat lebih baik. Perbaikan sifat tanah asli pada dasarnya untuk meningkatkan daya dukung tanah. Ada kalanya tanah asli atau tanah timbunan yang ada di lapangan tidak dapat memenuhi persyaratan teknis sebagai bahan konstruksi, misalnya mudah dipengaruhi air seperti tanah ekspansif.

2.4. Abu Tandan Sawit

Tandan kosong kelapa sawit sebagai limbah padat dapat dibakar dan menghasilkan abu tandan. Abu tersebut mengandung 30 - 40% K₂O, 7% P₂O₅, 9% CaO dan 3% MgO. Selain itu juga mengandung unsur hara mikro yaitu 1.200 ppm Fe, 1.000 ppm Mn, 400 ppm Zn, dan 100 ppm Cu (Avit Santoso, 2013).

Abu hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat dan tidak dimanfaatkan. Namun setelah diteliti, ternyata abu tandan sawit mengandung zat kapur (CaO) dan senyawa silika silika yang berpotensi untuk digunakan sebagai bahan stabilisasi.

2.5. Gypsum

Gypsum adalah batu putih yang terbentuk karena pengendapan air laut. Gypsum merupakan mineral terbanyak dalam batuan sedimen dan lunak bila murni. Merupakan bahan baku yang dapat diolah menjadi kapur tulis. Dalam perdagangan biasanya gypsum mengandung 90% CaSO₄. H₂O (Habson, 1987 dalam Sinaga, 2009).

keuntungan penggunaan gypsum dalam pekerjaan teknik sipil antara lain:

1. Gypsum yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya lebih kecil.
2. Gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.

3. Gypsum meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan gypsum lebih menyerap banyak air.
4. Sebagai penambah kekerasan untuk bahan bangunan.
5. Sebagai salah satu bahan pembuat *portland* semen.

2.6. California Bearing Ratio (CBR)

Daya dukung tanah dasar atau *subgrade* pada perencanaan perkerasan jalan raya dinyatakan dengan nilai *California Bearing Ratio* (CBR). CBR pertama kali diperkenalkan oleh California Division of Highway pada tahun 1928.

Pada perencanaan perkerasan suatu jalan maupun lapangan terbang tes CBR ini digunakan untuk mengetahui kekuatan dasar tanah. Dimana dengan diketahuinya nilai CBR tanah dasar tersebut, maka dapat ditentukan tebal lapisan perkerasan yang dibutuhkan.

Jenis-jenis CBR diantaranya:

- 1) CBR Lapangan
- 2) CBR Lapangan Rendaman
- 3) CBR Titik atau disebut juga CBR Laboratorium

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Metode penelitian yang digunakan yaitu pemodelan dan pengujian laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Langkah awal yang dilakukan yaitu pengumpulan literatur berkaitan dengan pembahasan sebagai acuan dalam penelitian berupa penelitian-penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan. Selanjutnya adalah persiapan bahan dan alat, termasuk sampel tanah. Untuk penelitian awal dilakukan pengujian *soil properties*. Setelah dilakukan pengujian awal dan diketahui sifat dan karakteristik tanah asli selanjutnya dilakukan pengujian CBR dengan bahan tambahan yaitu abu tandan sawit dan gypsum dengan variasi komposisi yang telah ditentukan.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai pokok bahasan yang akan dibahas di dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini berdasarkan pada buku-buku mekanika tanah, petunjuk praktikum laboratorium serta jurnal teknik sipil dan juga merupakan tahap pertama dari keseluruhan rangkaian penelitian yang berguna sebagai dasar dalam pembahasan masalah serta untuk membangun asumsi awal, sebagai data pendukung sekunder dan sebagai referensi atau acuan ke tahap penelitian selanjutnya.

3.3. Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan yang dilakukan adalah pengambilan contoh tanah terganggu berupa tanah lempung lunak di daerah Banyuasin serta pengambilan abu tandan sawit di salah satu pabrik pengolahan sawit di daerah Tanjung Enim, serta pembelian gipsum di salah satu toko bahan bangunan di Kota Palembang.

Untuk pekerjaan persiapan ini, yang pertama dipersiapkan adalah contoh tanah. Tanah yang telah diambil, kemudian dikeringkan lalu disaring menggunakan saringan no.4 (4,75 mm) lalu ditimbang dengan berat masing-masing sesuai dengan persentase berat setiap variasi sampel. Untuk abu tandan sawit, persiapan yang pertama dilakukan adalah merendamnya di dalam air sambil dibersihkan dari sampah-sampah yang ada, kemudian dikeringkan lalu disaring menggunakan saringan no.4 (4,75 mm) serta ditimbang dengan berat masing-masing sesuai dengan persentase berat setiap variasi sampel.

3.4. Pengujian Awal

Pengujian awal yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis tanah, pengujian analisis saringan, pengujian Atterberg *limit*, dan pengujian pemadatan tanah.

3.5. Pembuatan Benda Uji

Pada proses pembuatan benda uji dilakukan beberapa pekerjaan yaitu :

- 1) Pembentukan Sampel Campuran
Tanah lempung lunak yang lolos saringan no. 4 tersebut kemudian dicampur dengan campuran abu tandan sawit dan gipsum serta air dengan bermacam variasi.
- 2) Jumlah penambahan air didapat dari kadar air optimum yang dihasilkan dari pengujian pemadatan standar (PTS) terhadap setiap variasi sampel.
- 3) Jumlah penambahan abu tandan sawit dan gipsum didapat dengan mensubstitusi jumlah total tanah lempung lunak yang diperlukan untuk percobaan pemadatan tanah standar (PTS) sesuai persentase penambahan abu tandan sawit dan gipsum yang direncanakan. Spesifikasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 1.
- 4) Tanah yang telah dicampur, kemudian diperam kurang lebih 24 jam.
- 5) Selanjutnya dilakukan pemadatan ke dalam mold dengan prosedur pemadatan standar (PTS).

Tabel 1. Variasi benda uji

Kode Benda Uji	Persentase Berat (%)			Waktu Perawatan	Jumlah Benda Uji
	Abu Tandan Sawit	Gypsum	Tanah Terganggu (disturbed soil)		
A5G5	5	5	90	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
A5G7.5	5	7,5	87,5	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
A5G10	5	10	85	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
A7.5G5	7.5	5	87,5	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
A7.5G7.5	7.5	7.5	85	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
A7.5G10	7.5	10	82,5	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
A10G5	10	5	85	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
A10G7.5	10	7.5	82,5	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
A10G10	10	10	80	3 hari	2
				7 hari	2
				14 hari	2
Jumlah				54 benda uji	

Keterangan : A = Abu Tandan Sawit
G = Gypsum

3.6. Masa Perawatan

Setelah benda uji siap dan dipadatkan dalam silinder, maka selanjutnya benda uji harus diberikan perawatan. Dalam hal ini, perawatan diberikan dengan menutup benda uji dengan plastik lalu didiamkan selama masing-masing 3, 7, dan 14 hari.

3.7. Pengujian CBR

Benda uji yang telah dirawat sesuai dengan masa perawatan yang telah ditentukan kemudian diuji dengan alat uji CBR sesuai dengan prosedur pengujian CBR Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Tanah Asli

Pemeriksaan sifat fisis tanah meliputi pengujian kadar air, analisis saringan, pengujian berat spesifik dan pengujian Atterberg *limit*. Pemeriksaan ini mengacu pada standar ASTM. Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisis dan klasifikasi tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data karakteristik tanah asli

Pemeriksaan	Hasil
Kadar air	47,09%
Tanah lolos saringan No.200 (<0,075mm)	88,4%
Spesific gravity (Gs)	2,66
Batas plastis (PL)	26,68%
Batas cair (LL)	47,12%
Indeks plastis (PI)	20,44%
Klasifikasi tanah menurut USCS	CL
Klasifikasi tanah menurut AASHTO	A-7-6

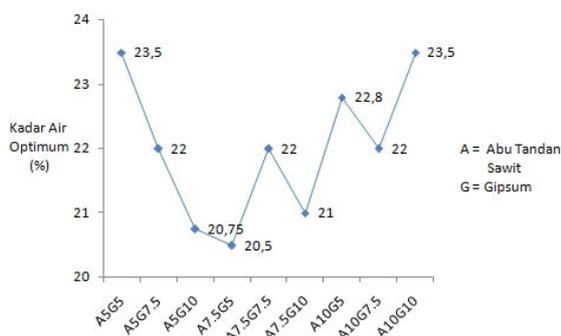
(Sumber: Violina, 2013)

4.2. Pengujian Pemadatan Tanah

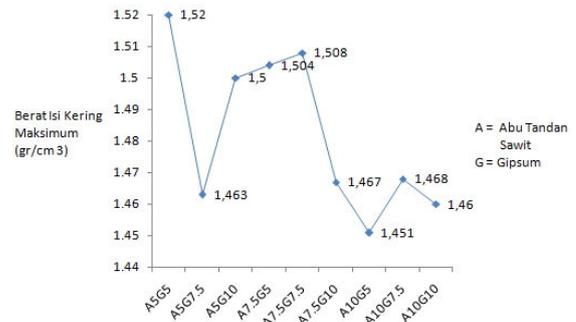
Jenis pemadatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian pemadatan standar (*Standard Compaction Test*). Pengujian tersebut dilakukan pada setiap variasi sampel karena pada setiap variasi campuran tanah lempung, abu tandan, dan gipsium akan memiliki kadar air optimum yang berbeda. Rekapitulasi hasil pengujian pemadatan tanah pada setiap variasi sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Uji Pemadatan Tanah Campuran

Kode Benda Uji	Kadar Air Optimum (%)	Berat Isi Kering Maksimum (gr/cm ³)
A5G5	23,5	1,52
A5G7.5	22	1,463
A5G10	20,75	1,5
A7.5G5	20,5	1,504
A7.5G7.5	22	1,508
A7.5G10	21	1,467
A10G5	22,8	1,451
A10G7.5	22	1,468
A10G10	23,5	1,46



Gambar 1. Grafik Kadar Air Optimum pada Tiap Sampel



Gambar 2. Grafik Berat Isi Kering Maksimum pada Tiap Sampel

Dari gambar 1 dapat diketahui pada persentase campuran abu tandan sawit 5% terjadi penurunan kadar air optimum saat persentase gipsium dinaikkan. Sementara pada persentase gipsium 10% terjadi peningkatan kadar air optimum saat persentase abu tandan sawit dinaikkan.

Dari gambar 2 dapat diketahui pada persentase campuran gipsium 5% dan 10% terjadi penurunan berat isi kering maksimum saat persentase abu tandan sawit dinaikkan, sedangkan pada persentase gipsium 7,5% terjadi peningkatan berat isi kering maksimum saat persentase abu tandan sawit 7,5% tetapi terjadi penurunan saat persentase abu tandan sawit dinaikkan menjadi 10%.

4.2. Karakteristik Abu Tandan Sawit

Dari hasil penelitian terdahulu (Khaidarius 2013 dan Hanibal 2006) mengenai karakteristik abu tandan sawit yang digunakan sebagai bahan campuran diperoleh data seperti yang tercantum dalam tabel 4.

Tabel 4. Data karakteristik Abu tandan sawit

Pemeriksaan	Hasil
Lolos saringan No.200 (<0,075mm)	28,98%
Spesific gravity (Gs)	2,522
K ₂ O	36,48%
P ₂ O ₅	4,79%
MgO	2,63%
CaO	5,46%

(Sumber :Khaidarius, 2013 dan Hanibal, 2006)

4.3. Karakteristik Gipsium

Data karakteristik gipsium didapat dari hasil penelitian terdahulu (Yunan, 2003). Rekapitulasi hasil pengujian gipsium dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Data karakteristik gipsum

Pemeriksaan	Hasil
Kadar Air	5,24%
Spesific gravity (Gs)	2,67
Batu kapur (CaO)	60 – 70 %

(Sumber : Yunan, 2006)

4.4. Hasil Pengujian CBR (Unsoaked)

4.4.1. Tanah Asli

Sebelum dilakukan pengujian CBR pada sampel tanah dengan campuran Abu Tandan Sawit dan Gypsum, terlebih dahulu dilakukan pengujian CBR terhadap tanah asli guna dapat menjadi pembandingan Nilai CBR antara tanah asli dan tanah campuran.

Nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR tanah asli rata-rata dari sampel 1 dan sampel 2 yaitu 1,6%.

4.5. Pembahasan

4.5.1. Analisis Karakteristik Tanah Asli

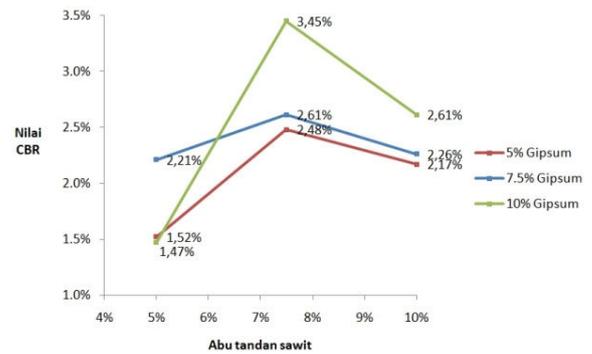
Berdasarkan hasil penelitian terhadap sifat-sifat fisis tanah asli pada daerah KM 18, Musi Banyuasin dari Tabel IV.1. Dengan indeks plastis sebesar 20,44% dan lolos saringan No.200 lebih dari 35% yakni sebanyak 88,4%. Menurut AASHTO maka tanah tersebut termasuk dalam golongan tanah berbutir halus dengan kategori cukup sampai buruk. Dan menurut USCS dengan nilai batas cair tanah sebesar 47,12% tanah digolongkan dalam *Silts and Clays*, CL, dan termasuk dalam jenis tanah *High Plasticity*.

Dari hasil pengujian Atterberg, nilai indeks plastis yang didapat sebesar 20,44% yang kemudian digolongkan dalam potensi ekspansif tinggi menurut Tabel Chen,(1975). Serta nilai Gs sebesar 2,66 dimana menurut Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck (1967) bahwa tanah dengan Gs 2,6-2,8 merupakan tanah lempung ekspansif. Jadi dapat disimpulkan tanah didaerah Km. 18 Musi Banyuasin merupakan jenis tanah lempung ekspansif.

Dari analisis sifat-sifat tanah setempat diketahui bahwa tanah tersebut kurang menguntungkan terutama yang disebabkan oleh kadar air dan perubahan volume yang tinggi. Melalui penelitian ini dicoba mencari alternatif perbaikan tanah setempat dengan menambah bahan campuran yang berupa abu tandan sawit dan gipsum.

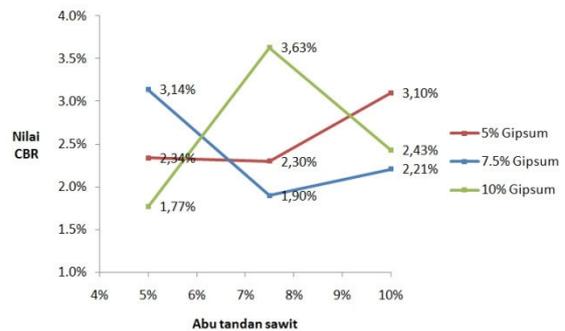
4.5.2. Analisis Nilai CBR Tanah Campuran

Hasil pengujian CBR dapat dilihat dalam beberapa gambar grafik berikut.



Gambar 3. Grafik Nilai CBR untuk masa perawatan 3 hari

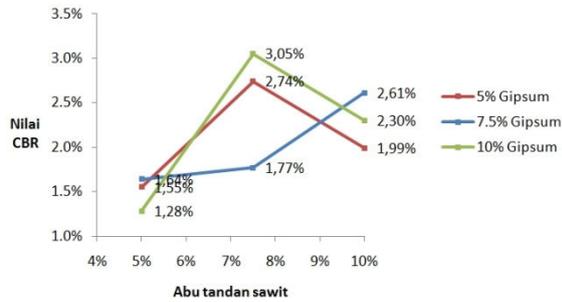
Dari gambar di atas digambarkan hubungan antara persentase abu tandan sawit yang ditambah variasi campuran gipsum dengan tinjauan nilai CBR, sehingga dapat diketahui pengaruh pencampuran abu tandan sawit dan gipsum dengan masa perawatan 3 hari terhadap nilai CBR. Dari gambar 3 terlihat terjadi peningkatan nilai CBR mulai dari persentase 5%, 7,5%, dan 10% gipsum. Sementara pada penambahan abu tandan sawit terjadi peningkatan saat persentase 7,5%, tetapi terjadi penurunan saat persentase abu tandan sawit ditingkatkan menjadi 10%.



Gambar 4. Grafik Nilai CBR untuk masa perawatan 7 hari

Dari gambar 4 dapat diketahui pengaruh pencampuran abu tandan sawit dan gipsum, dengan masa perawatan 7 hari terhadap nilai CBR. Dapat dilihat dari grafik di atas setiap sampel benda uji campuran menunjukkan peningkatan nilai CBR dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli.

Pada gambar di atas dapat dilihat nilai CBR cenderung turun pada persentase abu tandan sawit 7,5% tetapi kembali terjadi peningkatan pada persentase abu tandan sawit 10%. Tetapi pada sampel dengan campuran gipsum 10% terjadi peningkatan nilai CBR pada persentase abu tandan sawit 7,5%, namun kembali terjadi penurunan pada persentase abu tandan sawit 10%.



Gambar 5. Grafik Nilai CBR untuk masa perawatan 14 hari

Dari gambar 5 dapat diketahui pengaruh pencampuran abu tandan sawit dan gipsium dengan masa perawatan 14 hari terhadap nilai CBR. Dari gambar di atas dapat dilihat untuk sampel dengan campuran 5% abu tandan sawit cenderung menurun dari nilai CBR tanah asli. Dari pengujian CBR masa perawatan 14 hari ini diketahui untuk persentase abu tandan sawit 7,5% dan gipsium 10% menunjukkan nilai CBR yang paling tinggi diantara sampel lainnya yakni sebesar 3,05%.

Dari semua grafik nilai CBR tanah campuran dapat dilihat penambahan gipsium cenderung memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap perubahan nilai CBR dibandingkan penambahan abu tandan sawit. Semakin tinggi penambahan gipsium cenderung semakin meningkatkan nilai CBR. Namun semakin tinggi penambahan abu tandan sawit tidak akan semakin meningkatkan nilai CBR, tetapi akan mencapai peningkatan optimal pada persentase penambahan 7,5%.

Dari semua grafik nilai CBR tanah campuran tersebut dapat dilihat persentase optimal untuk meningkatkan nilai CBR ada pada persentase 7,5% abu tandan sawit dan 10% gipsium, dan masa perawatan yang optimal adalah 7 hari dengan nilai CBR 3,63% atau meningkat sebesar 126,88% dari nilai CBR tanah asli.

4.5.3. Persentase Perubahan Nilai CBR

Berikut merupakan tabel dan grafik mengenai persentase perubahan nilai CBR pada masing-masing sampel terhadap nilai CBR tanah asli.

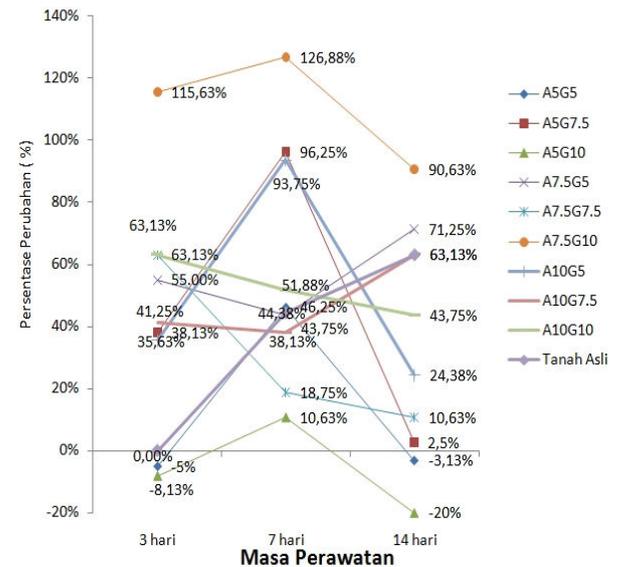
Tabel 6. Persentase perubahan nilai CBR

Kode Benda Uji	Nilai CBR dengan Masa Perawatan (%)		
	3 hari	7 hari	14 hari
A5G5	0	44,38	63,13
A5G7.5	-5	46,25	-3,13
A5G10	38,13	96,25	2,5
A7.5G5	-8,13	10,63	-20
A7.5G7.5	55	43,75	71,25
A7.5G10	63,13	18,75	10,63
A10G5	115,63	126,88	90,63
A10G7.5	35,63	93,75	24,38
A10G10	41,25	38,13	63,13

Masing-masing persentase peningkatan sampel benda uji di atas di dapat dari:

$$\text{Persentase selisih} = \frac{(\text{Nilai CBR benda uji} - \text{Nilai CBR tanah asli})}{\text{Nilai CBR tanah asli hari}} \times 100\%$$

Untuk grafik persentase perbandingan nilai CBR di atas dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Persentase Perubahan Nilai CBR

Gambar 6 di atas menunjukkan persentase perubahan nilai CBR dari setiap sampel tanah campuran, persentase ini didapatkan dari membandingkan nilai CBR tanah campuran dengan nilai CBR tanah asli.

Dari gambar di atas diketahui penambahan gipsium sebanyak 10% pada campuran 7,5% Abu tandan sawit telah meningkatkan nilai CBR tanah secara signifikan pada tiap masa perawatan. Namun, peningkatan yang paling signifikan terjadi masa perawatan 7 hari sebesar 126,88%. Semakin tinggi penambahan gipsium maka akan semakin

memperbesar peningkatan nilai CBR, tetapi semakin tinggi penambahan abu tandan sawit tidak akan semakin memperbesar nilai CBR, namun akan mencapai peningkatan optimal pada persentase campuran 7,5%.

Persentase perubahan nilai CBR tertinggi terjadi pada sampel A7,5G10 yaitu sebesar 126,88% pada masa perawatan 7 hari. Sedangkan perubahan nilai CBR yang paling rendah terjadi pada sampel A5G10 yakni sebesar -20% pada masa perawatan 14 hari. Dengan persentase ini dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan persentase abu tandan sawit yang paling optimal adalah 7,5%.

Dari persentase perubahan nilai CBR secara keseluruhan dapat dilihat persentase optimal untuk meningkatkan nilai CBR ada pada persentase 7,5% abu tandan sawit dan 10% gypsum, dan masa perawatan yang optimal adalah 7 hari dengan persentase peningkatan sebesar 126,88%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pembahasan tentang pengujian yang telah dilakukan, maka ada beberapa hal yang dapat disimpulkan, yaitu:

1. Dari pengujian indeks propertis tanah asli menunjukkan bahwa tanah yang berasal dari daerah Km.18 Musi Banyuasin ini tergolong tanah lempung. Pada klasifikasi USCS termasuk dalam jenis tanah lempung dengan plastisitas tinggi dengan $IP < 35\%$.
2. Pada masa perawatan 3 hari penambahan abu tandan sawit dan gypsum cenderung meningkatkan nilai CBR untuk masing-masing persentase campuran. Namun peningkatan yang paling besar pada perawatan 3 hari terjadi pada campuran abu tandan sawit 7,5% dan gypsum 10% sebesar 115,63% dengan nilai CBR 3,45%, dan pada masa perawatan ini terdapat penurunan nilai CBR yaitu pada campuran abu tandan sawit 5% gypsum 5% dan pada campuran abu tandan sawit 5% gypsum 10%. Penurunan paling rendah terjadi pada campuran abu tandan sawit 5% gypsum 10% sebesar 8,13% dengan nilai CBR 1,47%.
3. Pada masa perawatan 7 hari, nilai CBR mengalami peningkatan yang signifikan hampir pada setiap variasi campuran, dan peningkatan nilai CBR tertinggi ada pada persentase abu tandan sawit 7,5% dan gypsum 10% sebesar 126,88% dengan nilai CBR 3,63%. Pada masa perawatan 7 hari ini, terlihat semua nilai CBR pada setiap persentase campuran mengalami peningkatan.
4. Pada masa perawatan 14 hari, nilai CBR cenderung menurun jika dibandingkan dengan masa perawatan 7 hari. Namun pada persentase campuran abu tandan sawit 5% gypsum 5% dan

pada persentase campuran abu tandan sawit 5% gypsum 10% terjadi penurunan nilai CBR dari tanah aslinya. Penurunan paling rendah terjadi pada campuran abu tandan sawit 5% gypsum 10% sebesar 20% dengan nilai CBR 1,28%. Sementara peningkatan nilai CBR yang tertinggi pada masa perawatan ini tetap ditunjukkan pada persentase penambahan abu tandan sawit 7,5% dan gypsum 10% yaitu sebesar 90,63% dengan nilai CBR 3,05%. Untuk masa perawatan 14 hari ini, menunjukkan adanya faktor lain yang mempengaruhi nilai CBR.

5. Untuk perubahan persentase, nilai perubahan paling besar terjadi pada penambahan abu tandan sawit 7,5% dan gypsum 10% pada masa perawatan 7 hari sebesar 126,88% dengan nilai CBR 3,63%.
6. Dari penelitian yang telah dilakukan, penambahan gypsum cenderung memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap perubahan nilai CBR dibandingkan penambahan abu tandan sawit. Semakin tinggi penambahan gypsum cenderung semakin meningkatkan nilai CBR. Namun semakin tinggi penambahan abu tandan sawit tidak akan semakin meningkatkan nilai CBR, tetapi akan mencapai peningkatan optimal pada persentase penambahan 7,5%.

5.2. Saran

Setelah diadakannya analisis hasil dan pembahasan, maka terdapat saran-saran yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu ditambahkan lagi variasi campuran yang lebih banyak dan variatif serta masa perawatan yang lebih tepat, sehingga dapat dicapai hasil nilai CBR yang maksimal, karena pada variasi abu tandan sawit dan gypsum tidak terlalu meningkatkan nilai CBR tanah asli secara signifikan.
2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut terhadap kandungan kimia pada tanah lempung lunak, sehingga dapat diketahui pengaruh apa saja yang terjadi setelah penambahan abu tandan sawit dan gypsum ini.
3. Perlu juga diadakan penelitian lebih lanjut tentang pencampuran abu tandan sawit dan gypsum ini dengan persentase campuran yang berbeda sehingga pengaruhnya terhadap nilai CBR lebih terlihat dan dapat dicapai nilai CBR yang lebih optimal.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Adams, Robert A. 2013. *Calculus: A Complete Course, 8th Edition*. Addison-Wesley Longman Incorporated: Chicago
- Ansori, Muhammad. 2013. *Pengaruh Substitusi Abu Tandan Sawit dan Semen Portland Terhadap*

- Nilai CBR Tanah Lempung Ekspansif*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Palembang
- Arief Rakhman, Yunan. 2003. *Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening Dengan Semen dan Gypsum Sintetis (CaSO₄.2H₂O)*. Tesis Program S2 Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang
- Bowles, Joseph E. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknik Tanah*, Edisi Kedua. Erlangga: Jakarta
- Chen, F.H. 1975. *Foundation on Expansive Soil*, Development in Geotechnical Engineering 12, Esvier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Das, Braja M. 1991. *Mekanika Tanah Jilid I dan II*, Cetakan Kedua. Erlangga: Jakarta
- Hardiyatmo, H.C. 1992. *Mekanika Tanah I*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta
- Januarti, Indah. 2013. *Pengaruh Substitusi Abu Tandan Sawit Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Lunak*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Palembang
- Mitchell, J.K., John Wiley and Sons. 1995. *Fundamental of Soil Behavior third edition*. Inc New York.
- Prayitno, Bagus. 1997. *Pengembangan Sistem Pengolahan Batu Kapur/Gamping (CaO) Menjadi Gypsum Sintetis (CaSO₄. 2H₂O) Dengan Reaksi Penggaraman*. Kerjasama: Laboratorium Growth Center Kopertis Wilayah VI Dengan Bappeda Tingkat 1 Jawa Tengah
- S. Monintja, Hariman Palar. 2013. *Pengaruh Pencampuran Tras Dan Kapur Pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Daya Dukung*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Sinaga, Salon. 2009. *Pembuatan Papan Gypsum Plafon dengan Bahan Pengisi Limbah Padat Pabrik Kertas Rokok dan Perekat Polivinil Alkohol*. Tesis Program S2 Universitas Sumetra Utara. Medan
- Sumanto, Wenly., 1998. *Pengaruh Bahan Campuran Kapur Terhadap Konsolidasi Sekunder Pada Lempung Ekspansif*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Terzaghi, Karl dan Ralph B.Peck. 1967. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2*. Penerbit Erlangga: Jakarta
- Violina, Marisa. 2013. *Studi Pemodelan Perkuatan Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Lunak Menggunakan Kombinasi Geotekstil Dan Grid Bambu*. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sriwijaya. Palembang
- Wesley, L.D. 1988. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum: Jakarta