PENGARUH PENAMBAHAN *GYPSUM* DAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP NILAI *CBR* (*CALIFORNIA BEARING RATIO*) DAN *SWELLING FACTOR* PADA TANAH LEMPUNG

Handi Muhammad Muslimin[1], Miftahul Fauziah[2]

[1]Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: handi.m.m@gmail.com
[2]Staf Pengajar Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia
Email: miftahul.fauziah@uii.ac.id

Abstract: *Higways construction in Indonesia might be had some problem with land of clay. The clay soil could be expansive because of changes of moisture content, that made clay unstable used as road pavement. The porpuse of this research are to obtain the effect of gypsum and palm oil ash on (California Bearin Ratio) CBR value and swelling factor of clay soils form Muara Enim City, South Sumatera. Research begin with physical properties test of the soil and California Bearing Ratio (CBR) test in the laboratory stabilized using 5% of gypsum and 0%, 5%, 7%, 9%, and 11% of palm oil ash with curing time 3, 7, and 14 days. CBR test perfomed was CBR Unsoaked and CBR Soaked, and swelling test on soil samples with soaked for 4 days. The result showed that based on USCS classification the soil included in the OH group with the characteristic of high plasticity of organic clay, and based on AASHTO classfication the soil include in group with code of A-7-5 that was clay soil with general assessment medium to bad for subgrade. The result of CBR Unsoaked of original soil test was 10,09% and CBR Soaked of original soil was 3,813%. The CBR Unsoaked was reach optimum CBR value at the content of 9% of palm oil ash at 143,32% with 7 days of curing peroid, with the value of CBR Unsoaked of 24,55%. At curing period of 14 days CBR value of 9% palm oil ash was decreased compared to 7 days of curing period. The value of CBR Unsoaked of 9% palm oil ash at 14 days curing was 23,11%. The result of CBR Soaked was found that increased the optimum CBR Soaked value on 9% by 393,84% with CBR value by 18,83%, but at 11% of palm oil ash CBR value was decreased by 293,92% with CBR Soaked value by 15,02%. Based on swelling test of original soil obtained swelling by 3,58%, with the addition of gypsum and palm oil ash obtained the smalest swelling by 0,121% at 5% of gypsum and 9% f palm oil ash.*

Keywords: *Palm Oil Ash, Stabilisation, CBR, Expansive Clay*

1. PENDAHULUAN

Konstruksi jalan raya yang dibangun di Indonesia beberapa diantaranya sering ditemui masalah pada lahan yang memiliki tanah dengan karakteristik lunak maupun lempung. Apabila jalan tersebut dibangun diatas tanah lunak, maka jalan tersebut tidak dapat betahan lama, karena dapat terjadi kerusakan seperti jalan retak maupun berlubang. Dalam stabilisasi tanah, pertimbangan biaya juga perlu dipikirkan. Terdapat beberapa macam metode stabilisasi tanah diantaranya adalah dengan metode stabilisasi menggunakan bahan campur yang berasal dari limbah–limbah industri. Bahan campur yang dapat digunakan menjadi alternatif dalam

stabilisasi adalah *gypsum* dan abu cangkang kelapa sawit.

Sutejo dkk (2015) melakukan penelitian untuk menstabilisasi tanah menggunakan bahan abu cangkang kelapa sawit dan gypsum pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai *CBR* tanpa rendaman dengan sampel tanah yang berlokasi pada KM 18 Banyuasin, Sumateral Selatan. Pada penelitian ini digunakan campuran abu cangkang kelapa sawit dan gypsum dengan kadar variasi masing–masing 5%, 7,5%, dan 10% dengan masa pemeraman 3, 7, dan 14 hari. Hasil pengujian yang dilakukan Sutejo, peningkatan nilai CBR unsoaked signifikan terhadap nilai CBR tanah asli terjadi pada kadar variasi abu cangkang sawit 7,5% dan gypsum 7,5%, pada masa pemeraman 7 hari dan mengalami penurunan pada masa pemeraman 14 hari.

Kusuma dkk (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan abu cangkang kelapa sawit untuk stabilisasi tanah lempung terhadap nilai *CBR* dan nilai daya dukung tanah yang berlokasi di desa Cibeulah, Kec. Munjul, Pandeglang. Kadar variasi abu cangkang kelapa sawit untuk pengujian daya dukung tanah digunakan persentase 0%, 10%, 15%, dan 30% dengan masa pemeraman selama 0, 3, 14 dan 28 hari. Berdasarkan penelitian yang dilakukan menunjukkan diketahui bahwa peningkatan nilai qu optimum pada kadar variasi abu cangkang kelapa sawit 15% pada masa pemeraman 28 hari. Pada pengujian *CBR* digunakan kadar optimum berdasarkan pengujian daya dukung tanah yaitu 15% dengan masa pemeraman yang dipakai 0, 1, dan 3 hari. Hasil pengujian didapatkan terjadi peningkatan nilai *CBR* yang signifikan pada campuran 15% dengan masa pemeraman 3 hari. Penambahan abu cangkang sawit dapat meningkatkan nilai qu, tetapi ada batasan persentase penambahan abu cangkang sawit. Karena terlalu banyak kadar abu cangkang sawit dapat menurunkan nilai qu, lama pemeraman juga menentukan peningkatan nilai qu, tetapi pemeraman harus dilakukan lebih dari 3 hari.

Wardhana dkk (2015) dalam penelitiannya mengenai pengaruh penambahan *gypsum* dan abu sekam padi pada tanah lempung. Pengujian yang dilakukan adalah uji *CBR* dan uji pengambangan (*Swelling*) menggunakan kadar *gypsum* tetap 4% dan kadar variasi abu sekam padi 4%, 5%, 6% dan 8%, dan masa pemeraman yang digunakan adalah 0, 7, dan 14 hari pada tanah yang berasal dari Kec. Ngasem, Bojonegoro. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh terjadi peningkatan signifikan *CBR unsoaked* pada kadar variasi 4% *gypsum* + 5% abu sekam padi, pada masa pemeraman 14 hari. Kemudian mengalami penurunan pada penambahan kadar abu sekam padi 6% dan 8%, hal ini menunjukan bahwa terdapat batas penambahan abu sekam padi yang dapat digunakan untuk meningkatkan nilai *CBR* pada tanah. Pada pengujian *CBR soaked* menggunakan kadar variasi berdasarkan *CBR unsoaked* yang memiliki nilai terbesar di setiap masa pemeramannya. Pengujian *CBR soaked* terjadi peningkatan pada kadar variasi 4% *gypsum* + 5% abu sekam padi dengan masa pemeraman 14 hari.

Sinaga dan Roesyanto (2014) telah melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan semen dan abu cangkang kelapa sawit pada tanah lempung yang berasal dari Jalan Raya Medan Tenggara. Pengujian yang dilakukan, uji pemadatan tanah dan uji tekan bebas. Kadar variasi yang digunakan adalah 2% PC tetap dan ditambah variasi abu cangkang sawit 2%, 3%, 4%, 5% sampai dengan 18%, dengan masa pemeraman 7 hari. Berdasarkan pengujian kuat tekan diperoleh nilai qu tertinggi pada campuran 2% PC + 3% abu cangkang sawit terhadap nilai qu tanah asli, kemudian mengalami penurunan nilai qu hingga pada campuran 2% PC + 5% abu cangkang sawit, kemudian mengalami peningkatan kembali pada campuran 2% PC + 6% abu cangkang sawit hingga pada campuran 2% PC + 9% abu cangkang sawit, dengan nilai qu masih berada dibawah dari nilai qu tanah asli. Pada campuran 2% PC + 10% abu cangkang

sawit mengalami penurunan nilai qu hingga pada berdasarkan hasil tersebut semakin banyak penambahan abu cangkang sawit dengan waktu pemeraman yang panjang justru semakin memperkecil nilai qu tanah. Karena penambahan kadar abu cangkang sawit pada tanah memperkecil lekatan antara butiran tanah dan air, sehingga tanah menjadi mudah pecah ketika diberi tekanan vertikal.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan klasifikasi tanah asli, pengaruh penggunaan bahan *gypsum* 5% dan abu cangkang sawit 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11%, dengan lama masa pemeraman 3, 7, dan 14 hari terhadap nilai *CBR unsoaked* dan *CBR soaked* dan nilai *Swelling factor* yang terjadi pada sampel tanah.

2. KLASIFIKASI TANAH

Sistem klasifikasi yang digunakan, yaitu *Unified Soil Classification System* (*USCS*) dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (*AASHTO*). Klasifikasi tanah sistem *USCS* tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau autau lempung) jika lebih dari 50% lolos dari saringan 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub-kelompok.

Klasifikasi tanah dengan sistem *AASHTO* berdasarkan kriteria ukuran butiran dan plastisitas. Sistem ini membedakan tanah dalam delapan kelompok yang diberi nama A-1 sampai A-8, dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus–rumus empiris. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian lolos saringan dan batas–batas Atterberg. Indeks kelompok (Group Index) (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah–tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan Persamaan 1 berikut:

$$GI = (F - 35)[0{,}2 + 0{,}005\,(LL - 40)] + 0{,}01\,(F - 15)(PI - 10) \quad (1)$$

dengan: GI = Indeks kelompok (Group Index), F = Persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm), LL = Batas cair, PI = Indeks plastisitas.

3. PENGUJIAN PROKTOR STANDAR DAN CBR

Pemadatan tanah adalah suatu proses bertambahnya berat volume kering sebagai akibat dari memadatnya partikel yang diikuti dengan pengurangan volume udara dengan volume air tetap tidak berubah (Hardiyatmo, 2006). Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume dan untuk mengevaluasi agar memenuhi persyaratan kepadatan maka dilakukan pengujian pemadatan tanah. Pengujian pemadatan tanah dilakukan dengan berpedoman pada standar pengujian *ASTM D* 698-70.

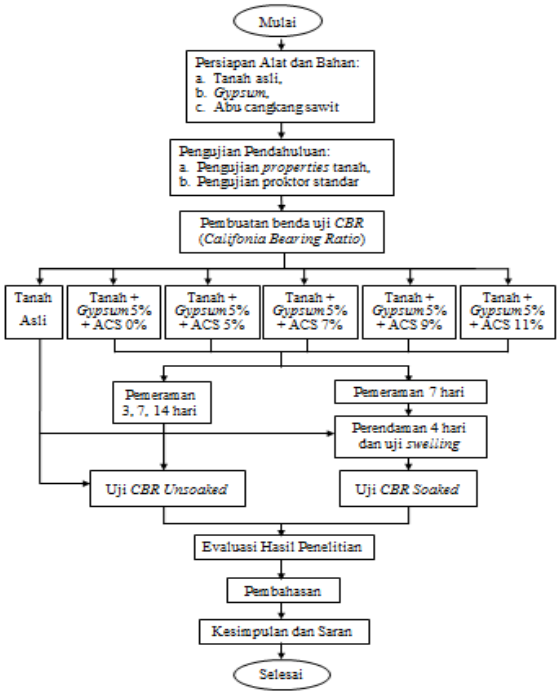
Pengujian *CBR* (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1”/0,2” dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi 0,1”/0,2”(Sukirman,1995). Suatu percobaan penetrasi (disebut percobaan *CBR*) dipergunakan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang hendak dipakai untuk pembuatan perkerasan. Nilai *CBR* yang diperoleh kemudian dipakai untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang diperlukan diatas lapisan yang nilai *CBR*-nya ditentukan. Pengujian *CBR* dapat dilakukan di laboratorium atau dilapangan. Pengujian *CBR* (*California Bearing Ratio*) menggunakan standar pengujian *ASTM D* 698-70.

4. METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu, tahap pertama yaitu tahap persiapan yang meliputi pengambilan sampel tanah uji yang berasal dari Kota Muara Enim, Kab. Muara Enim, Sumatera Selatan, dan pengambilan abu cangkang sawit berasal dari PTPN VII Suli Inti Muara Enim.

Tahap kedua merupakan tahap pengujian, yang meliputi tahap pengujian sifat fisik tanah, dan pengujian sifat mekanis tanah di laboratorium. Pengujian sifat mekanis tanah yang dilakukan adalah pengujian *CBR Unsoaked* dan *CBR Soaked* berdasarkan *ASTM D* 698-70. Pengujian *CBR* dilkakukan pada 2 sampel tanah yang dicampur *Gypsum* dengan kadar tetap 5% dan Abu Cangkang Sawit dengan kadar 0%, 5%, 7%, 9% dan 11%, pengujian *CBR* yang pengujian *CBR* tanpa rendaman (*Unsoaked*) dengan masa pemeraman 3, 7, dan 14 hari, dan pengujian *CBR* rendaman (*Soaked*) dengan pemeraman selama 7 hari kemudian direndam selama 4 hari. Perendaman dilakukan untuk mengetahui nilai pengembangan (*swelling*) yang terjadi, *swelling* adalah nilai perbandingan antara perubahan tinggi terhadap tinggi semula, dinyatakan dalam persen. Pengujian *Swelling* pada sampel tanah dengan acuan *ASTM D* 2166-86.

Tahap ketiga adalah pengumpulan dan pengolahan data yang diperoleh dari pengujian yang telah dilakukan. Gambar bagan alir penelitian dapat disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Bagan Alir

Jumlah benda uji pada pengujian *CBR* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Jumlah benda uji pengujian *CBR*

Pengujian	Kode Benda Uji	Persentase Berat (%)			Waktu Pemeraman (hari)	Jumlah Benda Uji
		Tanah	*Gypsum*	ACS		
CBR Unsoaked	Tanah asli	100	0	0	0	2
	ACS.0	95	5	0	3, 7, 14	6
	ACS.5	90	5	5	3, 7, 14	6
	ACS.7	88	5	7	3, 7, 14	6
	ACS.9	86	5	9	3, 7, 14	6
	ACS.11	84	5	11	3, 7, 14	6
Jumlah Benda Uji						32
CBR Soaked dan *Swelling*	Tanah asli	100	0	0	0 + 4	2
	ACS.0	95	5	0	7 + 4	2
	ACS.5	90	5	5	7 + 4	2
	ACS.7	88	5	7	7 + 4	2
	ACS.9	86	5	9	7 + 4	2
	ACS.11	84	5	11	7 + 4	2
Jumlah Benda Uji						12

5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi beberapa hasil pengujian terhadap sifat fisik tanah, pengujian *California Bearing Ratio* (*CBR*), dan pengujian *Swelling Factor* pada tanah asli dan tanah asli dengan bahan tambah yang digunakan.

5.1. Pengujian Sifat Fisik dan Klasifikasi Tanah

5.1.1. Pengujian sifat fisik tanah

Hasil pengujian sifat fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No	Pengujian	Satuan	Hasil
1	Kadar Air	%	36,00
2	Berat Volume Basah	gr/cm^3	1,74
3	Berat Jenis (Gs)		2,56
4	Batas-batas Konsistensi		
	Batas Cair (LL)	%	58,0
	Batas Plastis (PL)	%	28,24
	Indeks Plastisitas (IP)	%	29,76
	Batas Susut	%	21,66
5	Analisis Granuler		
	% lolos # 200	%	87,46
	Kerikil	%	0,00
	Pasir	%	12,54
	Lanau	%	38,81
	Lempung	%	48,65
6	Uji Proktor Standar		
	Kadar Air Optimum	%	27,80
	Berat Volume Kering Maksimal	gr/cm^3	1,396

5.1.2. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi *USCS* ditentukan dengan menggunakan hasil pengujian analisis butiran lolos saringan 200 sebesar 87,46%, hasil pengujian batas cair sebesar 58,0% dan perhitungan indeks plastisitas sebesar 29,76%, maka klasifikasi tanah berdasarkan klasifikasi *USCS* dikelompokkan dalam kelompok kode CH sebagai tanah yang mempunyai karakteristik lempung tak organik dengan plastisitas tinggi ("*fat clays*").

Klasifikasi tanah dengan sistem *AASHTO* menggunakan hasil pengujian persen lolos saringan no. 200 rata rata sebesar 87,46% dan hasil pengujian batas–batas Atterberg yang didapatkan yaitu nilai batas cair 58,0% dan indeks plastisitas (IP) 29,76%. Berdasarkan data tersebut dapat menentukan klasifikasi tanah dengan menggunakan nilai *Group Indeks* (GI) sebesar 29,532. maka diketahui bahwa sampel tanah yang digunakan termasuk dalam kelompok A-7-6, yang memiliki jenis tanah berlempung dengan penilaian umum untuk tanah dasar sedang sampai buruk.

5.2. Pengaruh Penggunaan Bahan *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit terhadap Nilai *CBR Unsoaked* dan *CBR Soaked*

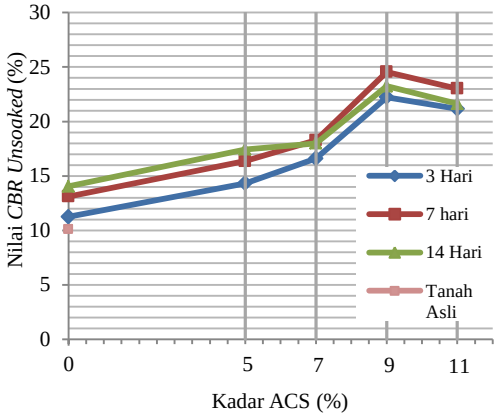
Berdasarkan pengujian *CBR unsoaked* pada tanah asli diperoleh nilai *CBR unsoaked* sebesar 10,09%. Hasil pengujian *CBR unsoaked* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Rekapitulasi Nilai *CBR Unsoaked*

Sampel	Nilai *CBR Unsoaked* (%)			
	Waktu Pemeraman (Hari)			
	Langsung	3	7	14
Tanah Asli	10,091	-	-	-
Gypsum 5% + Kadar ACS (%)				
0	-	11,253	13,113	14,043
5	-	14,322	16,368	17,438
7	-	16,601	18,275	17,996
9	-	22,227	24,552	23,250
11	-	21,158	23,018	21,623

Ket: ACS = Abu Cangkang Sawit

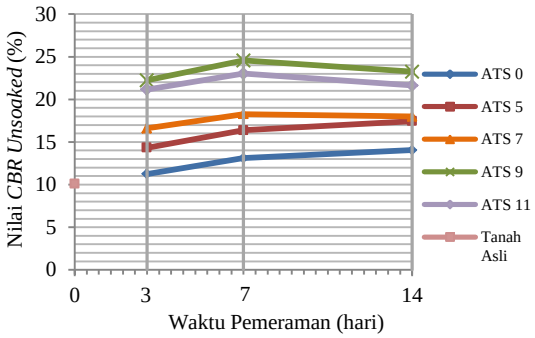
Berdasarkan Tabel 2 di atas dapat digambarkan hasil pengujian *CBR* tanpa rendaman dengan penggunaan ACS pada berbagai variasi lama waktu pemeraman disajikan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Grafik Pengaruh Penggunaan Kadar ACS terhadap Nilai *CBR* Unsoaked pada Berbagai Variasi Lama Waktu Pemeraman

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa semakin besar kadar ACS yang digunakan maka nilai *CBR* semakin meningkat sampai pada kadar ACS 9% dan menurun pada kadar ACS 11%. Pada setiap kadar ACS semakin lama waktu pemeraman nilai *CBR* juga semakin meningkat namun nilai *CBR* mulai menurun pada kadar ACS 7% pada pemeraman 14 hari. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Sutejo (2015), dengan nilai *CBR* pada masa pemeraman 3 dan 7 hari mengalami peningkatan pada semua persentase campuran dengan nilai *CBR* optimum pada persentase abu cangkang sawit 7,5% dan gipsum 10%, sedangkan pada masa pemeraman 14 hari persentase abu cangkang sawit 7,5% dan gipsum 10% mengalami penurunan.

Hasil pengujian *CBR unsoaked* dapat juga digambarkan grafik pengaruh lama pemeraman terhadap nilai *CBR unsoaked* dengan variasi pengunaan kadar ACS, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Grafik Pengaruh Lama Pemeraman terhadap Nilai *CBR Unsoaked* dengan Variasi Kadar ACS

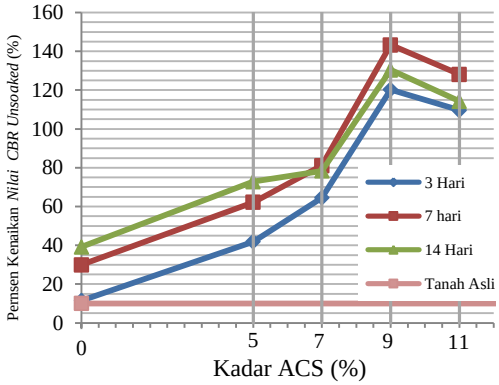
Dari grafik pada Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa nilai *CBR* semakin bertambah dengan meningkatnya waktu pemeraman, namun mulai dari kadar ACS 7% mengalami penurunan nilai *CBR* pada pemeraman 14 hari. Hal ini dapat disebabkan karena reaksi pozzolan yang berasal dari abu cangkang sawit telah mengalami penuruan, karena reaksi yang terjadi adalah reaksi pengikatan material silika terhadap air sehingga menyebabkan perkerasan partikel, sedangkan *gypsum* mengandung unsur kalsium dominan yang dapat menyerap air lebih banyak, sehingga abu cangkang sawit tidak lagi mengalami reaksi sementasi maksimal pada saat pemeraman 14 hari. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Sutejo (2015), nilai CBR pada masa pemeraman 3 dan 7 hari mengalami peningkatan pada semua persentase campuran, dengan nilai CBR optimum pada persentase abu cangkang sawit 7,5% dan gipsum 10%, sedangkan pada masa pemeraman 14 hari mengalami penurunan.

Persentase kenaikan nilai *CBR* dengan bahan stabilisasi *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit terhadap nilai *CBR* tanah asli dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Persentase Kenaikan Nilai *CBR*

Kadar ACS (%)	Persentase Kenaikan Nilai *CBR* (%)		
	Waktu Pemeraman (Hari)		
	3	7	14
ACS 0	11,52	29,95	39,17
ACS 5	41,94	62,21	72,81
ACS 7	64,52	81,11	78,34
ACS 9	120,28	143,32	130,41
ACS 11	109,68	128,11	114,29

Berdasarkan Tabel 3 persentase kenaikan *CBR unsoaked* dapat digambbarkan grafik persentase kenaikan nilai *CBR* tanah dengan bahan stabilisasi terhadap nilai *CBR* tanah asli dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Grafik Persentase Kenaikan Nilai *CBR Unsoaked*

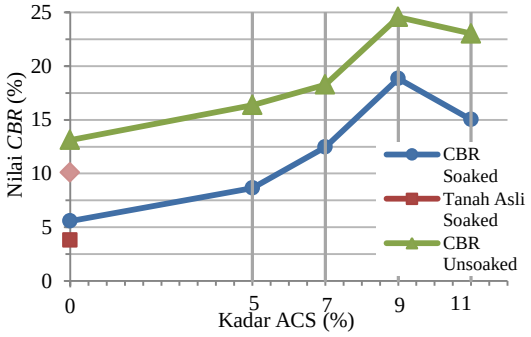
Kenaikan nilai *CBR* optimum terjadi pada kadar ACS 9% dengan nilai persen kenaikan sebesar 143,42% dibanding dengan *CBR* tanah asli, dengan nilai *CBR* sebesar 24,55% pada masa pemeraman 7 hari, sedangkan pada masa pemeraman 14 hari nilai *CBR* mengalami penurunan menjadi 23,25%. Peningkatan nilai *CBR* dapat disebabkan karena adanya proses sementasi antar partikel *gypsum* dan abu cangkang sawit, karena *gypsum* mengandung kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya sehingga dapat menyerap lebih banyak air, sedangkan abu cangkang sawit mengandung kadar silika yang tinggi yang dapat meningkatkan reaksi pozzolan pada sampel tanah.

Hasil pengujian *CBR Soaked* dibandingkan dengan hasil pengujian *CBR Unsoaked* dengan masa pemeraman 7 hari untuk mengetahui selisih kenaikan nilai *CBR* yang terjadi. Rekapitulasi hasil pengujian *CBR soaked* dan selisih dengan *CBR unsoaked* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5 Hasil Pengujian *CBR Soaked* dan Selisih dengan *CBR Unsoaked*

Sampel	*CBR Soaked* (%)	*CBR Unsoaked* (%)	Selisih (Δ) (%)
Tanah Asli	3,813	10,091	6,278
Gypsum 5% + Kadar ACS (%)			
0	5,580	13,113	7,533
5	8,649	16,368	7,719
7	12,462	18,275	5,813
9	18,833	24,552	5,720
11	15,020	23,018	7,998

Berdasarkan Tabel 4 di atas, dapat diketahui bahwa semakin besar kadar ACS maka semakin menurun selisih *CBR* sampai pada kadar ACS 9% sebesar 5,720% dan selisih nilai *CBR* kembali meningkat pada kadar 11% sebesar 7,998%, berdasarkan Tabel 4 di atas dapat digambarkan grafik hasil pengujian *CBR soaked* dan selisih terhadao *CBR unsoaked* yang disajikan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5 Grafik Hasil Pengujian *CBR Soaked* dan Selisih terhadap *CBR Unsoaked* dengan Pengaruh Variasi Kadar ACS

Berdasarkan Gambar 4 diatas, menunjukkan bahwa nilai *CBR soaked* mengalami kenaikan dibandingkan dengan nilai *CBR soaked* tanah asli. Kenaikan mulai terjadi pada kadar ACS 5% hingga pada kadar ACS 9%, dan mengalami penurunan nilai CBR pada kadar ACS 11%. Pada nilai *CBR unsoaked* mengalami kenaikan yang sama dengan kadar optimum ACS 9%.

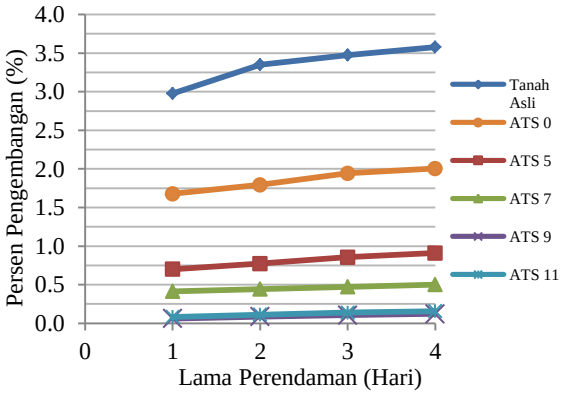
5.3. Nilai Pengembangan (*Swelling*)

Hasil pengujian pengembangan (*swelling*) dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Rekapitulasi Nilai Pengembangan

Nilai *Swelling* (%)				
Kadar ACS (%)	Perendaman (Hari)			
	1	2	3	4
Tanah Asli	2,977	3,350	3,475	3,579
ACS 0	1,676	1,793	1,943	2,006
ACS 5	0,701	0,772	0,822	0,881
ACS 7	0,415	0,444	0,473	0,502
ACS 9	0,063	0,088	0,104	0,121
ACS 11	0,083	0,113	0,138	0,156

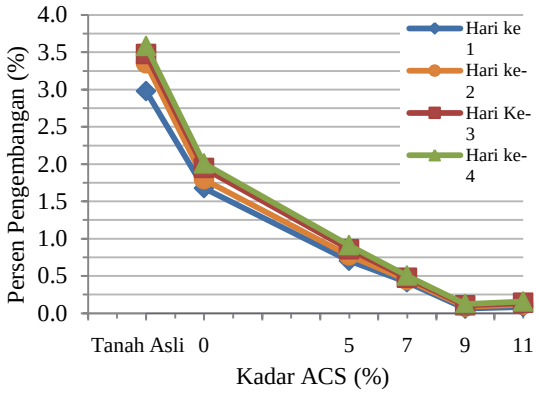
Bedasarkan Tabel 5 di atas, dapat diketahui bahwa pengembangan yang terjadi pada tanah asli sebesar 2,977% pada hari ke–1, kemudian mengalami kenaikan pada hari ke–4 sebesar 3,579%, nilai pengembangan yang terjadi pada tanah dasar termasuk dalam klasifikasi pengembangan sedang (*medium swelling*). Pengaruh lama perendaman terhadap pengembangan dengan variasi kadar ACS yang terjadi pada sampel tanah dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6 Grafik Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Persen Nilai Pengembangan Tanah dengan Variasi Kadar ACS

Berdasarkan Gambar 6 diatas, menunjukan bahwa pengembangan paling tinggi terjadi pada sampel tanah asli, kemudian dengan adanya penambahan ACS, pengembangan dapat diturunkan hingga kenaikan terkecil sebesar 0,121% pada kadar ACS 9%. Nilai pengembangan yang terjadi setelah penambahan bahan stabilisasi dapat menurunkan pengembangan optimum hingga 0,121% pada persentase Abu cangkang sawit 9% yang termasuk dalam klasifikasi *low swelling*.

Pengaruh penambahan kadar ACS dapat menurukan nilai pengembangan dengan lama waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



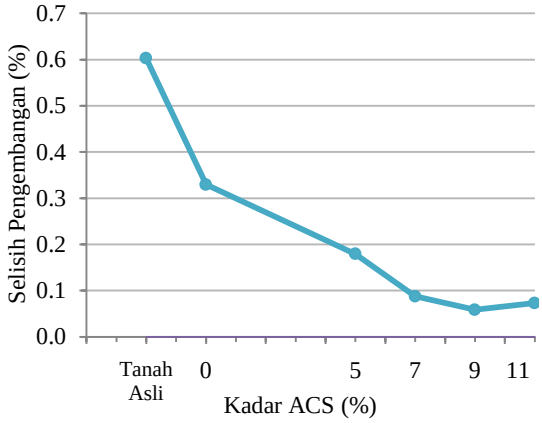
Gambar 7 Grafik Pengaruh Variasi Kadar ACS terhadap Persen Nilai Pengembangan Tanah *Soaked* dengan Waktu Perendaman

Berdasarkan Gambar 7 di atas, menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan *gypsum* dan abu cangkang sawit bahwa dapat dilihat dengan semakin bertambahnya kadar ACS, nilai pengembangan semakin mengecil sampai pada kadar ACS 9%. Pada setiap kadar ACS yang digunakan semakin lama waktu rendaman maka nilai pengembangan semakin mengecil, dengan nilai pengembangan optimum pada kadar ACS 9% dan pada kadar 11% nilai pengembangan mengalami kenaikan. Selisih pengembangan yang terjadi pada hari ke-1 hingga hari ke -4 terhadap kadar ACS dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Selisih Pengembangan terhadap Lama Perendaman pada Sampel

Nilai *Swelling* (%)			
Kadar ACS (%)	Perendaman (Hari)		Selisih (%)
	1	4	
Tanah Asli	2,977	3,579	0,603
ACS 0	1,676	2,006	0,329
ACS 5	0,701	0,881	0,179
ACS 7	0,415	0,502	0,088
ACS 9	0,063	0,121	0,058
ACS 11	0,083	0,156	0,073

Berdasarkan Tabel 6 di atas, dapat dilihat bahwa selisih pengembangan semakin menurun dengan bertambahnya kadar ACS. Selisih paling besar terjadi pada sampel tanah asli dengan nilai selisih 0,603%, dan selisih pengembangan paling kecil pada kadar ACS 9% sebesar 0,058%. Selisih penurunan ini dapat dilihat pada Gambar 8 grafik selisih pengembangan pada variasi kadar ACS berikut.



Gambar 8 Grafik Pengaruh Kadar ACS terhadap Selisih Nilai Pengembangan

Gambar 8 di atas menunjukkan bahwa dengan semakin besar penambahan kadar ACS selisih pengembangan semakin menurun, sampai pada kadar ACS 9%. penambahan gypsum pada sampel tanah mampu menurunkan selisih pengembangan pada waktu perendaman hari ke-1 hingga hari ke-4, dibandingkan dengan selisih pengembangan pada sampel tanah asli. Penambahan gypsum dan abu cangkang sawit lebih menurunkan selisih pengembangan dengan selisih terkecil pada kadar ACS 9% sebesar 0,058% namun pada kadar ACS 11% selisih pengembangan mengalami kenaikan sebesar 0,073%.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasar hasil pengujian dan analisa data dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Tanah asli yang berasal dari Kota Muara Enim, Kab. Muara Enim, Sumatera Selatan. mempunyai kadar air sebesar 36,00%, berat jenis tanah sebesar 2,56, berat volume tanah sebesar 1,74 gr/cm^3,

batas susut tanah sebesar 21,66%, dengan butiran lolos saringan no. 200 sebesar 87,46%, batas cair sebesar 58%, batas plastis sebesar 28,24%, dan Indeks Plastistias sebesar 29,76%, nilai *CBR unsoaked* tanah asli sebesar 10,09%, sedangkan nilai *CBR soaked* tanah asli sebesar 3,81%. Berdasarkan sistem klasifikasi *USCS*, termasuk dalam kelompok CH yaitu jenis tanah dengan karakteristik lempung tak organik dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan sistem klasifikasi *AASHTO*, termasuk kedalam kelompok dengan kode A-7-6 yaitu jenis tanah berlempung dengan penilaian umum untuk tanah dasar sedang sampai buruk.

2. Pengaruh penambahan *gypsum* tetap 5% dan abu cangkang sawit dengan variasi 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11% terhadap nilai *CBR* tanpa rendaman (*unsoaked*) dan nilai *CBR* rendaman (*soaked*) sebagai berikut.
   a. Pada kondisi *unsoaked*, *n*ilai *CBR unsoaked* optimum diperoleh pada campuran Abu cangkang sawit 9% sebesar 143,32%, dengan masa pemeraman 7 hari nilai *CBR unsoaked* sebesar 24,55%. Pada pemeraman 14 hari campuran abu cangkang sawit 9% mengalami sedikit penurunan nilai *CBR* dibandingkan dengan pemeraman 7 hari. Nilai *CBR unsoaked* abu cangkang sawit 9% pada pemeraman 14 hari sebesar 23,11%.
   b. Pada kondisi *soaked*, nilai *CBR soaked* optimum diperoleh pada abu cangkang sawit 9% sebesar 393,84% dengan nilai *CBR soaked* sebesar 18,83%, namun pada kadar abu cangkang sawit 11% mengalami penurunan sebesar 293,92% dengan nilai CBR Soaked sebesar 15,02%.
3. pengembangan (*Swelling*) tanah asli didapatkan pengembangan sebesar 3,58%, dengan penambahan bahan stabilisasi *Gypsum* dan Abu Cangkang Sawit didapatkan nilai pengembangan tanah paling kecil pada kadar ACS 9% sebesar 0,121%.
4. Berdasarkan hasil pengujian nilai *CBR* optimum sebesar 24,55% pada persentase campuran *gypsum* 5% dan abu cangkang sawit 9%, dengan nilai pengembangan 0,121% dapat digunakan sebagai tanah dasar perkerasan jalan.

6.2. Saran

Adapun saran – saran yang dapat digunakan untuk dapat menyempurnakan penelitian berikutnya sebakai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat mencoba menggunakan jenis tanah lain dengan menambahkan variasi persentase campuran yang berbeda atau dengan menjadikan abu cangkang sawit sebagai campuran dengan variabel tetap.
2. Penelitian selanjutnya dapat mencoba untuk menggunakan bahan stabilisasi alternatif lain menggantikan bahan stabilisasi gypsum untuk mengetahui pengaruh dengan campuran abu cangkang sawit terhadap tanah lempung.
3. Penelitian selanjutnya dapat pengujian konsolidasi, dan uji triaksial untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan stabilisasi Gypsum dan Abu Cangkang Sawit pada parameter lain pengujian sifat mekanis tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Atterberg, A. 1911. *Uber die Physikalishe Bodenuntersuchung und uber die plastizitatder Tone*. Int. Mitt. Boden, Vol.1.

Awal, A.S.M.A and Hussin, M.W. 1997. *The Effectiveness of Palm Oil Fuel Ash in Preventing Expansion Due To Alkali-Silika Reaction. Cement and Concrete Composite.*

Badan Standardisasi Nasional. 2011. *SNI 1738: 2011 Cara Uji CBR (California Bearing Ratio) Lapangan*. Penerbit Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

Casagrande, A. 1948. *Classifiaction and Identification of Soils*. Transactions ASCE, Vol. 113. pp. 901.

Chindaprasirt, P. Rukzon, S. Sirivivatnanon, V. 2008. *Resistance to Chloride Penetration of Blended Portland Cement Mortar Containing Palm Oil Fuel Ash, Rice Hush Ash and Fly Ash*. Construction and Building Material, 22(5): 932-938.

Coduto, P.D. 1994. *Foundation Design Principles and Practices*. Prentice-Hal Inc. New Jersey.

Das, B.M. 1994. *Mekanika Tanah*, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Endriani, D. 2012. Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Daya Dukung dan Kuat Tekan pada Tanah Lempung Ditinjau dari Uji UCT dan CBR Laboratorium. *Tesis*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sumatera Utara. Medan.

Hardiyatmo, H.C. 2006. *Mekanika Tanah 1*, Edisi Pertama, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Ingles, O. G. And Metcalf, J. B. 1972. *Soil Stabilization Principles and Practice*. Melbourne: Butterworths.

Juniarti, I. 2013. Pengaruh Substitusi Abu Cangkang Sawit Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Lunak. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sriwijaya. Palembang.

Jurusan Teknik Sipil. 2010. *Panduan Praktikum Mekanika dan Penyelidikan Tanah*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Kusuma, R.I. Mina, E. dan Bonar, R. 2015. Stabiliasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Abu Cangkang Sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. *Jurnal Fondasi, Volume 4 Nomor 2*. Banten.

Lambe, T.W. and R.V. Whitman, 1979, *Soil Mechanic*, John Wiley Eastern Limited, New Delhi.

Sinaga, H.H.P. dan Roesyanto. 2014. Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compresion Test*) Pada Stablilitas Tanah Lempung Dengan Campuran Semen dan Abu Cangkang Sawit. *Jurnal Penelitian Bidang Rekayasa Sipil*. (Tidak diterbitkan). Universitas Sumatera Utara. Medan.

Sinaga, S. 2009. Pembuatan Papan Gypsum Plafon dengan Bahan Pengisi Limbah Padat Pabrik Kertas Rokok dan Perekat Polivinil Alkohol. *Tesis*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sumatera Utara. Medan.

Sutejo, Y. Dewi, R. dan Yudhistira, H. 2015. Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit dan Gypsum Terhadap Tanah Lempung Lunak Berdasarkan Pengujian CBR. *Jurnal The 18th FSTPT International Symposium*, Unila. Bandar Lampung.

Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah I*, edisi keenam, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta

Whardhana, F.N. Zaika, Y. dan Rachmansyah, A. 2015. Pengaruh Penambahan Serbuk Gypsum dan Abu

Sekam Padi Dengan Lamanya Waktu Pengeraman (Curing) Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan).Universitas Brawijaya Malang. Malang.