

PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP NILAI CBR TANAH MENGEMBANG YANG DISTABILISASI DENGAN ABU CANGKANG SAWIT

Surta Ria N. Panjaitan

Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Medan

E-mail: surta.panjaitan@yahoo.com

ABSTRAK

Tanah mengembang merupakan tanah yang memiliki tingkat sensitifitas tinggi dan mempunyai sifat kembang susut yang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan yang berdiri di atasnya, tanah ini juga memiliki potensi mengembang dan menyusut sangat tinggi akibat perubahan kadar air di dalam tanah. Jika dilakukan perendaman pada tanah mengembang biasanya mempunyai nilai *swelling* yang besar, dan dapat dilihat dengan adanya jalan yang bergelombang. Maka untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan suatu perbaikan atau stabilisasi tanah mengembang dengan mencampur *Abu Cangkang Kelapa Sawit* pada tanah tersebut. Penambahan *Abu Cangkang Kelapa Sawit* pada tanah lempung akan dapat meningkatkan nilai CBR dan menurunkan nilai kembang susut yang digunakan sebagai bahan konstruksi. Pengujian dilakukan meliputi pengujian lanjutan yaitu batas plastis, cair, susut, pada pengujian tanah asli dengan menambah persentase campuran *Abu Cangkang Kelapa Sawit* 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% dengan variasi perendaman 1, 4, 7, dan 14 hari, serta dapat dilihat besar pengembangannya dan nilai CBR rendah. Berdasarkan *Guide For Design Of Pavement Structures, AASHTO, The American Association of State Highway and Official, Washington, 1986* Tanah lempung Tanjung Pura termasuk tanah yang memiliki daya dukung tanah yang jelek karena memiliki nilai CBR $2,58\% < 5\%$, dan pada campuran 9% termasuk tanah yang memiliki daya dukung tanah sedang karena mempunyai nilai CBR 7,56%, sedangkan campuran 3, 6, 12, dan 15% *ACKS* termasuk dalam tanah yang memiliki daya dukung tanah jelek karena memiliki nilai CBR $< 5\%$. Hasil perendaman menunjukkan bahwa lamanya perendaman akan mempengaruhi daya dukung tanah, dan semakin lama terjadi perendaman maka semakin kecil nilai CBR yang diperoleh.

Kata kunci: tanah mengembang, swelling potensial, stabilisasi, abu cangkang kelapa sawit, CBR.

ABSTRACT

*Expansive soil that has a high degree of sensitivity and have the nature and development of shrinkage that can cause damage to the buildings standing on it, this land also has the potential to expand and contract very high due to changes in moisture content in the soil. If done soaking the soil expands swelling usually have great value, and can be seen with the bumpy road. So to overcome this problem is necessary for an improvement or stabilization of soil by mixing Abu expand oil palm shells on the ground. Addition of Abu Shell Oil Palm on clay will be able to increase the value of CBR and lower shrinkage values are used as flower construction materials. Tests performed include advanced testing that plastic limit, liquid, shrinkage, On native soil testing by increasing the percentage mix of Abu Shell Oil Palm 3%, 6%, 9%, 12%, and 15% with a variation of immersion 1, 4, 7, and 14 days, and can be seen a large development and soak CBR value. Based Guide For Design Of Pavement Structures, AASHTO, the American Association of State Highway and Official, Washington, 1986 Tanjung Pura Tanah including clay soils have poor soil bearing capacity because it has a CBR value of $2.58\% < 5\%$, and the mixture 9% excluding the land which has a carrying capacity of land was due to have a CBR value of 7.56%, while the mixture of 3, 6, 12, and 15% *Acks* included in soil that has a bad bearing capacity because it has a CBR value of $< 5\%$. The results showed that the duration of immersion immersion will affect the carrying capacity of the land, and the longer the immersion occurs, the smaller the value of CBR were obtained.*

Keywords: ground swell, swelling potential, stabilization, ash palm shells, CBR.

PENDAHULUAN

Fenomena pengembangan (*swelling*) tanah lempung menimbulkan berbagai dampak pada konstruksi bangunan sipil. Di Pulau Sumatra khususnya desa teluk Bakung Tanjung Pura fenomena tanah lempung merupakan salah satu persoalan besar geoteknik yang harus segera ditangani. Sejumlah kerugian yang diderita oleh masyarakat sejak disadari efek merusaknya pada sejumlah bangunan sipil yang berdiri di atas tanah lempung. Oleh karena itu sangat diperlukan adanya suatu metode perbaikan tanah yang dapat diterapkan di Indonesia untuk menanggulangi masalah-masalah yang dihadapi tersebut. Beberapa metode penanganan tanah lunak termasuk tanah lempung telah dilakukan antara lain dengan mengganti material atau mencampur tanah dengan *Abu Cangkang Kelapa Sawit*.

Tanah lempung mengembang merupakan tanah yang memiliki tingkat sensitifitas tinggi dan mempunyai sifat kembang susut yang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan yang berdiri di atasnya, tanah ini juga memiliki kompetensi mengembang dan menyusut sangat tinggi akibat perubahan kadar air di dalam tanah. Tanah lempung mengembang mempunyai daya dukung tanah yang cukup baik, bila dalam keadaan tidak jenuh air dan buruk bila dalam keadaan jenuh air, sehingga perlu dilakukan alternative perbaikan tanah lempung mengembang untuk mendapatkan tanah yang lebih stabil. Dalam hal ini yang diambil adalah dengan menstabilisasikan tanah lempung dengan mengubah sifat fisis dan mekanis tanah sehingga kekuatan dan daya dukungnya meningkat. Peningkatan kekuatan daya dukung tanah akan mengakibatkan tanah lempung menjadi lebih stabil dan mampu mendukung beban dari permukaan yang lebih besar tanpa mengakibatkan terjadi suatu deformasi yang

besar. Tanah lempung ini juga termasuk kedalam tanah lempung yang mengembang yang mempunyai nilai batas cair dan plastis indeks yang tinggi untuk menurunkan nilai – nilai tersebut, Stabilisasi *Abu Cangkang Kelapa Sawit* diharapkan dapat menurunkan nilai – nilai tersebut.

Tanah Lempung Mengembang

Tanah lempung dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Di Amerika bagian barat, untuk lempung yang keadaan plastisnya ditandai dengan wujudnya yang bersabun atau seperti terbuat dari lilin disebut “gumbo”. Sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (*Terzaghi, 1987*). Tanah merupakan suatu bahan yang susunannya sangat rumit dan beraneka ragam yang umumnya terdiri dari krikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*) (*J.E.Bowles, 1991*).

Tanah lempung mengembang adalah tanah yang berukuran kurang dari 0.002 mm dan mempunyai partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat-sifat *plastis* pada tanah bila di campur dengan air (*Grim, 1953* dan *Das 1993*). Lempung mengembang merupakan tanah yang memiliki tingkat sensitivitas tinggi terhadap perubahan kadar air dengan memperlihatkan perubahan Volume yang besar dan penurunan kuat geser serta memiliki nilai aktifitas 1.4 (*Skempton, 1953*).

Potensi pengembangan sangat erat hubungannya dengan *indeks plastisnya*, sehingga suatu tanah lempung dapat diklasifikasikan sebagai tanah yang mempunyai potensi mengembang tertentu didasarkan indeks plastisnya.

Soekoto (1984) menerangkan bahwa tanah lempung merupakan partikel-partikel berukuran *mikrokopis* sampai *submikrokopis* yang berasal dari pelapukan kimiawi buatan.

Lempung bersifat *plastis* pada kadar air sedang dan dalam keadaan kering lempuung sangat keras serta tidak mudah di kelupas dengan jari.

Pada keadaan air yang lebih tinggi, tanah lempung sangat lunak dan bersifat *kohesif*. Sifat fisis lempung mengembang antara lain : ukuran butiran halus (kurang dari 0,002 mm) *permeabiilitas* rendah, kenaikan *kapiler* tinggi. Kembang susut tinggi, bersifat sangat *cohesive* dan proses *konsolidasi* berjalan lambat.

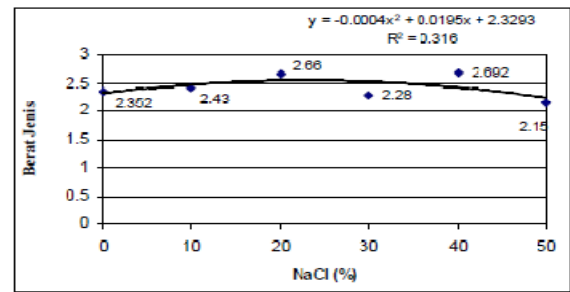
Menurut *Mitchell* (1976) lempung didefinisikan sebagai partikel tanah yang berukuran < 2 mm, sedangkan ASTM (*American Society for Testing Material*) memberikan batasan bahwa secara fisik ukuran lempung mengembang tidak cukup hanya dilihat dari ukuran butirnya saja tetapi perlu diketahui mineral yang terkandung didalamnya.

Sifat-sifat tanah bergantung pada ikiran butirannya. Besar butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Analisis butiran tanah adalah persentase berat butiran pada suatu unit saringan pada ukuran diameter lubang tertentu. Untuk mengetahui kadar air dilakukan pengujian kadar air dan nilai berat jenis dilakukan dengan pengujian berat jenis.

Pada umumnya, yang disebut dengan lapisan tanah yang lunak adalah lempung atau lanau yang mempunyai harga pengujian *Standart Penetration Test*(N) lebih kecil dari 4 atau tanah organis seperti gambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi. Dilihat dari mineral pembentuknya, tanah lempung dapat dibagi menjadi lempung ekspansif dan lempung non ekspansif. Tanah lempung ekspansif tersusun dari mineral lempung yang mempunyai karakterkembang dan susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air. Hal inidikarenakan tanah ekspansif mengandung jenis-jenis material tertentu yang mengakibatkan tanah ekspansif

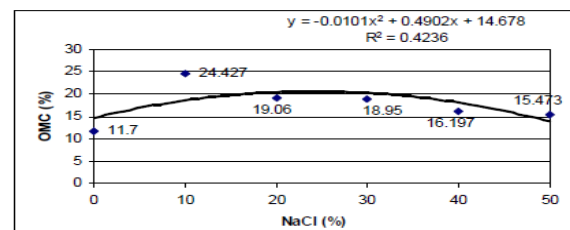
mempunyai luas permukaan cukup besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah besar. Potensi pengembangan sangat erat hubungannya dengan indeks plastisnya, sehingga suatu tanah lempung dapat diklasifikasikan dengan sebagai tanah yang mempunyai potensi mengembang tertentu didasarkan indeks plastisnya.

Menurut Agus Tugas Sudjianto (2003), *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl)* menyatakan bahwa pada penambahan garam dapur (NaCl) menyebabkan berat jenis tanah lempung ekspansif semakin kecil, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Persentase Campuran dengan Berat Jenis

Agus Tugas Sudjianto (2003) melakukan penelitian tanah lempung Ekspansif dengan garam dapur (NaCl), dari hasil uji CBR laboratorium maka terlihat pada gambar 2, Pada uji pemadatan menunjukkan semakin besar penambahan garam dapur (NaCl) maka semakin menurun kurva pemadatan. Ini menunjukkan tanah semakin baik.

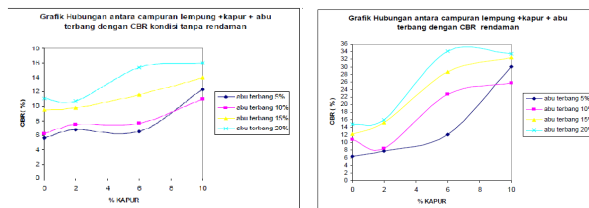


Gambar 2. Hubungan Persentase Campuran dengan Pemadatan Standar.

CBR (California Bearing Ratio)

California bearing ratio (CBR) adalah perbandingan antara beban yang sanggup dipikul tanah terhadap beban standard pada tingkat penurunan tertentu. Jika nilai CBR 0,2 inch lebih besar dari CBR 0,1 inch, maka pengujian diulang, dan jika hasil pengulangan tetap memberikan hasil yang sama, maka CBR yang dipakai adalah CBR 0,2 inch *Suparman* (2008).

Seperti terlihat pada gambar 3, bahwa hasil uji CBR yang direndam maupun tidak direndam menunjukkan kenaikan nilai CBR. Kenaikan nilai CBR karena proses sementasi yang terjadi dalam campuran yang menyebabkan meningkatnya daya ikat antar butiran. Meningkatnya ikatan antar butiran, maka kemampuan saling mengunci antar butiran tinggi, rongga pori yang ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras, sehingga butiran tidak mudah hancur. Jika dilihat dari penambahan abu terbang tanpa kapur sampai penambahan abu terbang 30%, nilai CBR baik direndam maupun tidak direndam cenderung naik. Hal ini karena abu terbang dapat menaikkan nilai CBR tanah (*Herman*, 2005) dan kapur juga dapat menaikkan nilai CBR tanah (*Damoerin dan Virisdianto*, 1999). Jadi penambahan abu terbang dan kapur dapat memperbaiki sifat mekanis tanah sesuai dengan penelitian sebelumnya.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Nilai CBR Rendaman dan tanpa rendaman dengan Kadar Abu Terbang dan Kapur. Sumber : *Risman* (2008)

Jadi CBR menyatakan kualitas bahan untuk suatu lapisan dasar yang baik mempunyai CBR = 100 %. Dimana untuk pondasi bawah (*Subbase*) nilai CBR minimum adalah > 35 % (*Bina Marga*), sedangkan menurut AASHTO CBR untuk lapisan pondasi bawah adalah 20%.

Daya dukung tanah dihubungkan dengan nilai CBR maka didapat nilai-nilai yang terdapat didalam tabel 1.

Tabel 1. Daya dukung tanah dihubungkan dengan nilai CBR

CBR	Daya dukung tanah
2 % - 5 %	Jelek
6 % - 9 %	Sedang
> 9 %	Baik

Sumber : *AASHTO*, 1986

Pengembangan (Swelling)

Uji pengembangan (swelling) merupakan kelanjutan dari uji CBR. Sample yang telah diuji CBR, dipasang arloji untuk mengukur swelling kemudian di rendam dalam bak air selama 24 jam. Setelah 24 jam, arloji dibaca lagi sehingga akan diketahui seberapa besar pengembangan yang terjadi. Swelling dihitung sebagai persentase pengembangan terhadap tinggi sampel awal.

Proses pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*Shrinking*) tanah sebagian besar adalah akibat peristiwa kapiler atau perubahan kadar air pada tanah tersebut. Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air yang diikuti oleh kenaikan tegangan efektif menyebabkan volume tanah menyusut dan sebaliknya penambahan kadar air menyebabkan pengembangan. Beban vertikal dari suatu contoh tanah yang berada dalam oedometer (*steel ring*) di bawah beban vertikal sebesar 6,9 kN/m² (1psi) serta air yang berada dalam contoh tanah

diizinkan naik *Rina Yuliet dkk* (2011). Hubungan potensi mengembang dengan tekanan mengembang menurut Garcia-Iturbe (1980), dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hubungan potensi mengembang dengan tekanan mengembang

Swelling Potensial	Swelling Pressure
Low	< 2
Medium	2 - 4
High	4 - 7
Very High	> 7

Sumber :Rina Yuliet dkk (2011)

METODE

Standar Penelitian

Pada Penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Semua prosedur pelaksanaan baik dalam pembuatan contoh tanah (benda uji) maupun pengujian contoh tanah mengikuti prosedur test yang dikeluarkan oleh AASHTO (*American Society Of Highway And Transportation Official*) dan ASTM (*American Society For Testing Material*). Penelitian laboratorium dilaksanakan untuk mengetahui komposisi tanah lempung dan Abu Cangkang Kelapa Sawit agar dapat memperoleh tingkat kekakuan. Semua percobaan ini dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Medan (ITM), menurut standard ASTM.

Dari hasil penelitian yang dilakukan maka akan diperoleh data – data tentang sifat – sifat fisik dan mekanis tanah sebelum dan sesudah dilakukan stabilisasi dengan Abu Cangkang Kelapa Sawit. Persentase Abu Cangkang Kelapa Sawit diberikan 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% serta pengujian CBR dan dari hasil pengujian akan didapatkan suatu gambaran tentang perubahan pengembangan (*swelling*) dan nilai CBR setelah direndam.

Pembuatan Benda Uji

Tanah yang akan diuji terlebih dahulu dijemur hingga kondisi kering udara lalu ditumbuk dengan palu karet hingga berbentuk butiran –butiran yang halus. Tanah yang telah halus lalu disaring dengan ayakan No.40, lalu

membuat sampel. Benda uji yang akan di uji yaitu sampel yang belum distabilisasikan dengan Abu Cangkang Kelapa Sawit dan tanah yang distabilisasikan dengan abu cangkang. Adapun pengujian dalam penelitian ini antara lain : batas – batas atterberg (batas cair, batas plastis, batas susut, dan indeks plastisitas), analisa saringan (*sieve analisis*), berat jenis (*specific gravity*), pemadatan (*compaction*), CBR dan pengembangan (*sweeling*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada tabel 3.

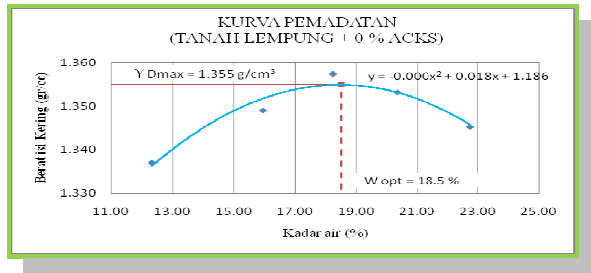
Tabel3. Hasil Pengujian Tanah Asli dan yang dicampur dengan Abu Cangkang Kelapa Sawit.

Sifat - Sifat Tanah	Satuan	Tanah	Tanah Lempung				
		Lempung	3% +	6% +	9% +	12% +	15% +
		Asli	AC KS	AC KS	AC KS	AC KS	AC KS
Berat Jenis (GS)		2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.56
Batas Plastis (PL)	%	19.64	22.9 2	24.0 9	27.3 8	29.2 5	30.2 8
Batas Susut (SL)	%	48.81	47.6 6	45.1 1	43.1 0	41.0 5	40.7 8
Batas Cair (LL)	%	55.61	50.6 4	49.9 5	48.7 7	47.7 6	46.5 4
Indeks Plastis (PI)	%	35.97	27.7 2	25.8 6	21.3 9	18.5 1	16.2 6
Sieve analisis	%	55.60	54.0 0	53.2 0	52.4 0	51.2 1	50.1 0
Berat Isi Kering (γ_{D_m})	gr/c m ³	1.355	1.3 89	1.4 00	1.4 11	1.4 07	1.3 90

Berdasarkan hasil uji sifat fisis pada tabel 3, maka diperoleh batas cair 55,61 % dan indeks plastis 35,97 % maka dapat disimpulkan tanah asli tersebut dalam kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, atau lempung gemuk (*B. M. Das, Jilid I, 1999*).

Hasil Pengujian Pemadatan Pada Tanah Asli

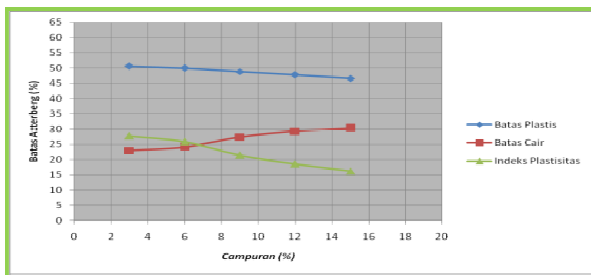
Hasil pengujian pemadatan pada tanah asli yang ditunjukkan pada gambar 5, diperoleh kadar air optimum sebesar 18,5 % dan berat isi kering sebesar 1,355 gr/cm³.



Gambar 5. Grafik hubungan berat isi kering dengan kadar air.

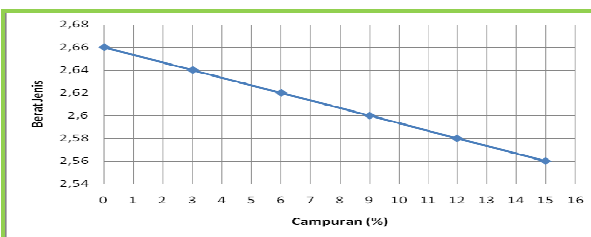
Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Batas Atterberg.

Hasil uji batas atterberg untuk nilai batas plastis pada tabel 3 terjadi peningkatan. Pada gambar 6 menunjukkan hasil uji indeks plastisitas dimana terjadi penurunan akibat penambahan Abu cangkang Kelapa Sawit. Penurunan ini menyebabkan penurunan nilai potensial pengembangan tanah lempung.



Gambar 6. Grafik Hubungan Persentase Campuran Dengan Batas Atterberg Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Berat Jenis.

Hasil uji berat jenis dengan penambahan abu cangkang kelapa sawit disajikan dalam gambar 7.

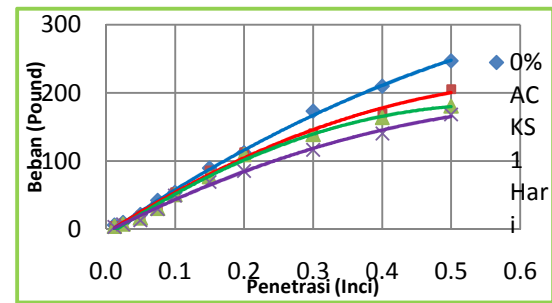


Gambar 7. Hubungan Penambahan Campuran Dengan Berat Jenis

Pada gambar 7. diatas dapat dilihat hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terjadi

Hasil Pengujian CBR Laboratorium Pada Tanah Asli

Pengujian CBR di Laboratorium dilakukan sebagai design nilai CBR dari material yang akan digunakan sebagai bahan lapisan pondasi bawah (subbase) di lapangan. Sampel uji CBR direndam dengan waktu bervariasi antara 1, 4, 7, dan 14 hari dengan kadar air optimum yang diperoleh dari hasil uji pemadatan.

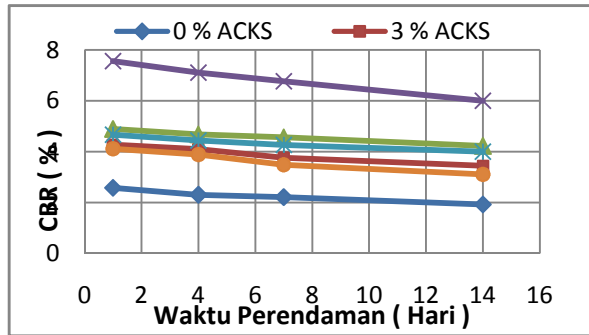


Gambar 8. Grafik Hasil uji CBR Laboratorium Pada Tanah Asli dengan waktu perendaman 1, 4, 7, dan 14 hari.

Gambar 8 dapat kita lihat bahwa variasi waktu perendaman yang diberikan pada tanah asli mempengaruhi beban selama penetrasi dilakukan. Dapat disimpulkan bahwa lamanya waktu perendaman yang diberikan pada sampel maka bebannya turun.

Hubungan Waktu Perendaman Dengan Nilai CBR

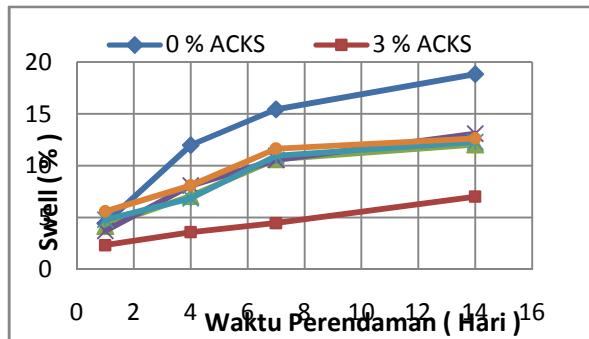
Hasil pengujian CBR dengan waktu perendaman dapat dilihat pada gambar 9. Makin lama Perendaman dilakukan semakin turun Nilai CBRnya, Itu diakibatkan karena semakin lama terjadi perendaman maka tanah semakin mengembang dan jumlah air yang ikut masuk ke dalam mol yang direndam semakin besar. Maka ketika dilakukan penetrasi nilai yang didapat dengan lamanya perendaman akan semakin menurun.



Gambar 9. Grafik Hubungan CBR dengan waktu perendaman 1, 4, 7, dan 14 hari.

Hubungan Waktu Perendaman Dengan Swelling (Pengkembangan)

Hasil pengujian Swelling dengan waktu perendaman 1, 4, 7, dan 14 hari dengan komposisi campuran 0, 3, 6, 9, 12, dan 15 % ACKS dapat dilihat pada gambar 10. Makin lama Perendaman dilakukan semakin besar nilai swelling yang didapat. kemudian pada campuran 3, 6, dan 9 % terjadi peningkatan nilai swelling pada setiap penambahan ACKS, Sedangkan pada campuran 12 % ACKS terjadi penurunan nilai swelling dan naik kembali pada campuran 15 % ACKS.



Gambar 10. Grafik Hubungan Swelling dengan waktu perendaman 1, 4, 7, dan 14 hari.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut. (1) hasil sifat fisik tanah lempung Tanjung Pura, Desa Teluk

Bakung bahwa tanah ini adalah tanah kelas A-7-6 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (*American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*) merupakan tanah berlempung yang tidak baik atau buruk apabila digunakan sebagai dasar pondasi. (2) Dari percobaan yang dilakukan bahwa penambahan *Abu Cangkang Kelapa Sawit* pada setiap persentase yang berbeda pada atterberg khususnya Batas cair (LL) mengalami penurunan batas cair, begitu juga dengan Batas susut (SL) dan Indeks plastis (PI). (3) Hasil berat jenis (Gs) juga mengalami penurunan ketika *Abu Cangkang Kelapa Sawit* sebagai bahan stabilisasi digunakan. (4) Berdasarkan *Guide For Design Of Pavement Structures, AASHTO, The American Association of State Highway and Official, Washington, 1986* Tanah lempung Desa Teluk Bakung Tanjung Pura termasuk tanah yang memiliki daya dukung tanah yang jelek karena memiliki nilai CBR 2,58 % < 5%, pada campuran 9% termasuk tanah yang memiliki daya dukung tanah sedang karena mempunyai nilai CBR 7,56%, sedangkan campuran 3, 6, 12, dan 15 % ACKS termasuk dalam tanah yang memiliki daya dukung tanah jelek karena memiliki nilai CBR < 5%. Maka untuk pencampuran stabilisasi tanah lebih baik digunakan pada variasi campuran 9 % ACKS terhadap tanah lempung. (5) Lamanya perendaman akan mempengaruhi daya dukung tanah, itu disebabkan semakin lama terjadi perendaman maka semakin kecil nilai CBR yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Gani Haji dkk. 2010. *Kajian Mutu Arang Hasil Pirolisis Cangkang Kelapa Sawit*, Jurnal Purifikasi, Vol 11, No 1, Juli 2010 : 77 - 86

Agus Tugas Sudjianto. 2007, *Stabilisasi tanah lempung Ekspansif dengan garam dapur (Nacl)*, Jurnal TEKNIK SIPIL Vol 8 No.2 Oktober 2007 : 53 - 63

Das, B. M. 1994, *Mekanika Tanah, Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid I. Erlangga, Jakarta.

- Das, B. M. 1995, *Mekanika Tanah, Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid II. Erlangga, Jakarta.
- Hary C.H, 1992, *Mekanika Tanah I*, PT.gramedia pustaka Utama, Jakarta.
- Hary C.H, 1992, *Mekanika Tanah I edisi IV*, Gajah Mada University Press.
- Ida Zahrina. 2007, *Pemanfaatan Abu Sabut dan Cangkang Kelapa Sawit sebagai sumber Silika pada Sintesis ZSM-5 dari Zeolit alam*. Jurnal Sains dan Teknologi, Vol 6, No 2, September 2007 : 31 - 34
- Joseph E. Bowles, 1991, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah Edisi kedua*, (Terjemahan), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Muliadi Aminudin, 2011. *Perubahan Nilai Dry Density Tanah Lempung Akibat Penambahan Persentase Kapur*.Majalah Ilmiah Al-Jibra, ISSN 1411-7797, Vol. 12, No.39. April 2011.
- Rina Yuliet, Abdul Hakam, Getby Febrian. 2011. *Uji Potensi Mengembang pada Tanah Lempung dengan Metoda Free swelling test*.Jurnal Rekayasa TEKNIK SIPIL Vol. 7 No. 1 Februari 2011.
- Riswan.2008. *Peningkatan CBR dan Kuat Geser Tanah Lempung yang Distabilisasi Dengan Kapur dan Abu Sekam*.Jurnal Wahana TEKNIK SIPIL Vol. 14 No. 2 Agustus 2008.
- Suparman.2008, *Nilai CBR dan Sweeling Pada Tanah Lempung dengan Penambahan ADDITIVE ROAD BOND EN-1di Bukit Semarang Baru*, Jurnal Wahana TEKNIK SIPIL Vol 13 No.2 Agustus 2008.
- Wesley, L. D., 1997, *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit PU, Jakarta.