

Studi Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi yang Dicampur Zeolit

Rian Alfian¹⁾
Lusmeilia Afriani²⁾
Iswan²⁾

Abstract

Clay has properties that are not profitable for construction. This is because the bearing capacity of the soil or low CBR have low value. Therefore we need a stabilizing agent that can reduce soil properties which are unprofitable, usually accompanied by binding to each soil grain with the other .

The research was done by testing on clay samples without a mixture and the clay that is mixed with zeolite with a variation of 6%, 8%, 10%, 12% and 14%. Tests were performed using standard and modified compaction which previously done curing for 14 days. After compaction test, the samples were soaked for 4 days and then followed by mechanical testing which is CBR test that aimed to determine the bearing capacity value of the soil after the sample was mixed by zeolites.

Based on the results of laboratory research, the highest value obtained on the sample CBR clay with a mixture of 14% zeolite with the use of modified compaction with 14 days of curing and 4 days of soaking in the amount of 2.78%. This is because the effect of zeolite which can bind clay particles. So, the more a mixture of zeolite then bearing capacity of the soil also increasing. However, the value of CBR in this research can not be used as subgrade in road construction because of its CBR value $\leq 6\%$.

Keywords: CBR, Soil Clay, Zeolite

Abstrak

Tanah lempung mempunyai sifat yang tidak menguntungkan bagi konstruksi. Hal ini karena daya dukung tanah atau nilai CBR yang rendah. Oleh karena itu diperlukan bahan stabilisasi yang dapat mengurangi sifat-sifat tanah yang kurang baik, biasanya disertai dengan pengikatan terhadap masing-masing butir tanah dengan yang lainnya.

Penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian pada sampel tanah lempung tanpa campuran dan pada tanah lempung yang dicampur zeolit dengan variasi 6%, 8%, 10%, 12% dan 14%. Pengujian yang dilakukan menggunakan pemadatan standard dan modified yang sebelumnya dilakukan pemeraman selama 14 hari. Setelah pengujian pemadatan, sampel direndam selama 4 hari kemudian dilakukan pengujian mekanis yaitu pengujian CBR yang bertujuan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah setelah sampel dicampur zeolit.

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium, nilai CBR tertinggi didapat pada sampel tanah lempung dengan campuran zeolit 14% yang menggunakan pemadatan modified dengan pemeraman 14 hari dan perendaman 4 hari yaitu sebesar 2,78%. Hal ini dikarenakan pengaruh zeolit yang dapat mengikat partikel tanah lempung. Jadi, semakin banyak campuran zeolit maka semakin naik pula daya dukung tanahnya. Akan tetapi, nilai CBR pada penelitian ini tidak dapat digunakan sebagai *subgrade* pada konstruksi jalan karena nilai CBRnya $\leq 6\%$.

Kata kunci : CBR, Tanah Lempung, Zeolit

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. E-mail: alfian_rian@yahoo.com

²⁾ Staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Salah satu persoalan yang mungkin dihadapi oleh para perencana dan pelaksana pembangunan (khususnya untuk sebuah pembangunan perkerasan jalan), adalah cara menangani tanah atau bahan yang jelek agar dapat digunakan sebagai bahan perkerasan. Pada umumnya suatu pembangunan konstruksi di Indonesia berada di atas tanah lempung. Lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal yang tersusun dari mineral-mineral yang dapat mengembang. Tanah lempung pada umumnya merupakan material tanah dasar yang jelek, hal ini dikarenakan kekuatan gesernya sangat rendah sehingga pembuatan suatu konstruksi di atas lapisan tanah ini selalu menghadapi beberapa masalah seperti daya dukung yang rendah dan sifat kembang susut yang besar. Untuk mengatasi hal ini diperlukan alternatif penanganan yang tersedia antara lain dengan menggunakan teknologi stabilisasi tanah. Di samping itu permasalahan bangunan geoteknik banyak terjadi pada tanah lempung, misalnya terjadi retak-retak suatu badan jalan akibat terjadi peristiwa swelling-shrinking pada tanah dasar, kegagalan suatu pondasi bangunan yang didirikan pada tanah lempung, dan lain-lain. Semua itu terjadi karena kondisi tanah lempung tersebut yang jelek, atau dengan kata lain kuat geser dari tanah lempung tersebut rendah. Kuat geser yang rendah mengakibatkan terbatasnya beban (beban sementara atau pun beban tetap) yang dapat bekerja di atasnya sedangkan kompresibilitas yang besar mengakibatkan terjadinya penurunan setelah pembangunan selesai. Oleh karena itu perlu ditinjau kembali sifat-sifat fisik dan mekanis tanah yang dalam hal ini tanah lempung lunak agar dapat diketahui perilaku tanah lempung tersebut dan besar beban yang dapat di terima oleh tanah lempung tersebut.

Proses stabilisasi tanah secara konvensional saat ini belum mampu merubah sifat kembang susut tanah. Sehingga walaupun suatu perkerasan atau konstruksi jalan tersebut sudah dipadatkan, akan cepat mengalami kerusakan dikarenakan sifat-sifat buruk tanah dibawahnya masih ada. Melihat perkembangan yang terjadi dilapangan, teknologi stabilisasi tanah telah mengalami peningkatan dan salah satunya adalah menggunakan zeolit.

Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multiguna salah satunya sebagai bahan campuran untuk stabilitas jika dicampur dengan tanah, karena kemampuannya dapat mengikat butir-butir agregat sangat bermanfaat sebagai usaha untuk mendapatkan massa tanah yang kokoh sehingga tanah memiliki daya dukung dan kuat tekan yang lebih baik. Zeolit dapat bereaksi dengan hampir semua jenis tanah, dari jenis tanah kasar non kohesif sampai tanah yang sangat plastis.

Pada penelitian ini akan digunakan tanah jenis lempung yang bersumber dari desa Belimbing Sari, Lampung Timur yang dicampur zeolit dengan kadar campuran yang berbeda-beda.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah.

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995). Selain

itu, tanah dalam pandangan Teknik Sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 1992).

2.2. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan sub mikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi, 1987).

Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Sedangkan untuk jenis tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung yang rendah, kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi dan mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi diatasnya.

2.3. Stabilisasi tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Adapun tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada. Sifat-sifat tanah yang dapat diperbaiki dengan cara stabilisasi dapat meliputi: kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan.

Menurut *Bowles* (1991), beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kerapatan tanah,
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul,
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah,
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah),
5. Mengganti tanah yang buruk.

2.4. Stabilisasi Zeolit

2.4.1 Deskripsi Zeolit

Selama 30 tahun terakhir ini, sifat-sifat zeolit telah banyak menarik perhatian para ahli kimia karena sifatnya yang sangat istimewa. Zeolit banyak dipakai dalam proses-proses kimia. Pada saat ini penggunaan zeolit semakin meningkat, terutam untuk keperluan sebagai adsorben, penukar ion dan katalis. Dasar pertimbangannya karena zeolit memiliki sifat yang mampu menyerap uap/gas maupun cairan, mampu menukar kation, sifat katalitiknya terhadap berbagai reaksi kimia yang sangat baik dan ramah lingkungan.

Indonesia memiliki potensi zeolitalam yang cukup besar dan dari beberapa lokasi tempat pengendapan zeolit, daerah Lampung merupakan salah satunya. Penambangan zeolit

di daerah ini umumnya dapat dilakukan dengan tambang terbuka (*open cut*) dengan terlebih dahulu mengupas tanah penutup setebal antara 1-2 meter. Zeolit Lampung diperoleh dari daerah penambang PT. Minatama Mineral Perdana. Penambangan dilakukan di pinggir jalan raya Bakauheni Kalianda Lampung Selatan dengan jarak 32 Km dari Kota Kalianda, Provinsi Lampung. Data difraksi sinar-X untuk analisa struktur zeolit murni Lampung menunjukkan bahwa zeolit Lampung relatif murni *klinoptilolit*.

2.4.2. Manfaat Zeolit

Zeolit merupakan suatu bahan stabilisasi tanah sangat cocok digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah atau material tanah jelek/dibawah standar. Penambahan zeolit ini akan meningkatkan kepadatan, meningkatkan ikatan antar partikel dalam tanah, daya dukung, kuat tekan serta kuat geser material tanah, sehingga memungkinkan pembangunan konstruksi di atasnya.

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H_2O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H_2O seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara reversibel. Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolit mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu kristal zeolit yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi.

2.4.3 Komposisi Kimia Zeolit

Mineral zeolit merupakan sekelompok mineral yang terdiri dari beberapa jenis (spesies) mineral. Secara umum mineral zeolit mempunyai rumus kimia sebagai berikut: $Mx/n(AlO_2)_x(SiO_2)_y \cdot H_2O$.

Berdasarkan hasil analisa kimia total, kandungan unsur-unsur zeolit dinyatakan sebagai oksida SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O dan Fe_2O_3 . Akan tetapi di alam tergantung pada komponen bahan induk dan keadaan lingkungannya, maka perbandingan Si/Al dapat bervariasi, dan juga unsur Na, Al, Si, sebagian dapat disubstitusikan oleh unsur lain.

Parameter kimia yang penting dari zeolit adalah perbandingan Si/Al, yang menunjukkan persentase Si yang mengisi di dalam tetrahedral, jumlah kation monovalen dan divalen, serta molekul air yang terdapat didalam saluran kristal. Perbedaan kandungan atau perbandingan Si/Al akan berpengaruh terhadap ketahanan zeolit terhadap asam atau pemanasan. Ikatan ion Al-Si-O adalah pembentuk struktur kristal sedangkan logam alkali adalah kation yang mudah tertukar ("exchangeable cation"). Jumlah molekul air menunjukkan jumlah pori-pori atau volume ruang kosong yang terbentuk bila unit sel kristal tersebut dipanaskan.

2.5. California Bearing Ratio (CBR Method)

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Ratio*). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Istilah CBR menunjukkan suatu perbandingan (*ratio*) antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam (luas penampang 3 sqinch) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban

yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama.

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban. Sedangkan, nilai CBR yang didapat akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang diperlukan di atas lapisan yang mempunyai nilai CBR tertentu. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dari nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Sampel tanah yang diuji menggunakan material tanah lempung yang disubstitusi dengan material zeolit. Sampel tanah yang digunakan dari desa Belimbing Sari Kec. Jabung, Lampung Timur dengan titik koordinat 105° 39' 10.74''T dan 5° 31' 44.26''S. sedangkan zeolit yang digunakan sebagai bahan campuran pada penelitian ini yaitu zeolit dari daerah Kalianda, Lampung Selatan.

Pengambilan sampel tanah menggunakan tabung besi. Terlebih dahulu membersihkan dan mengupas permukaan tanah lalu tabung ditekan perlahan-lahan sampai kedalaman kira-kira 50 cm, kemudian diangkat kepermukaan sehingga terisi penuh oleh tanah dan ditutup dengan plastik agar terjaga kadar air aslinya. Sampel yang sudah diambil ini selanjutnya digunakan sebagai sampel untuk pengujian awal, dimana sampel ini disebut tanah tidak terganggu. Sedangkan pengambilan sampel untuk tanah terganggu, dilakukan dengan cara penggalian dengan menggunakan cangkul kemudian dimasukkan kedalam karung.

3.2. Pelaksanaan Pengujian.

Pengujian-pengujian sifat fisik tanah tanah yg dilakukan meliputi kadar air, berat volume, berat jenis, batas cair, batas plastis, analisa saringan dan hidrometer. Tanah yang telah diketahui karakteristiknya yaitu yang sesuai dengan karakteristik dari tanah lempung akan digunakan dalam pencampuran. Kemudian langkah selanjutnya adalah pelaksanaan pencampuran dari tanah dan zeolit. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian pada sampel tanah lempung tanpa campuran dan pada tanah lempung yang dicampur zeolit dengan variasi 6%, 8%, 10%, 12% dan 14%. Pengujian yang dilakukan menggunakan pemadatan standard dan modified yang sebelumnya dilakukan pemeraman selama 14 hari. Setelah pengujian pemadatan, sampel direndam selama 4 hari kemudian dilakukan pengujian mekanis yaitu pengujian CBR yang bertujuan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah setelah sampel dicampur zeolit.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan di bahas hasil pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium. Secara garis besarnya, pada tahap uji Laboratorium yang dilakukan yaitu untuk mengetahui sifat fisik – mekanis dari tanah lempung Rawa Sragi dan zeolit sebagai bahan stabilisasinya, baik dalam kondisi asli maupun setelah dicampur.

4.1. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli

Sampel yang diuji pada penelitian ini berada di kedalaman 50cm dari permukaan tanah. Pengambilan sampel ini menggunakan cara manual yaitu dengan mencangkul permukaan tanah sampai mendapatkan tanah yang dapat diuji. Pada lokasi tersebut titik pengambilan sampel berada disamping rawa dengan jarak kira-kira 2 meter dari titik pengambilan

sampel. Setelah sampel didapatkan maka dilakukan pengujian fisik pasa sampel tanah asli. Pengujian sifat fisik tanah ini adalah sebagai pertimbangan untuk merencanakan dan melaksanakan suatu pembangunan konstruksi. Agar dapat mengetahui apakah tanah tersebut dapat digunakan untuk konstruksi diatasnya. Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan pencampuran tanah asli dengan zeolit dengan variasi yang berbeda-beda. Misalkan pengujian CBR dengan pemadatan standar menggunakan zeolit 6 %, berarti berat sampel pemadatan standar ditambah dengan zeolit seberat 6 % dari berat tanah maka berat zeolit yang dipakai sebesar 150 gr sehingga dengan berat tanah asli 2500 gr yang ditambah berat zeolit 6 % sebesar 150 gr dengan jumlah berat sampel zeolit 6 % ialah 2650 gr. Perhitungan berat sampel tersebut berlaku sampai sampel variasi zeolit 14 %.

Dari hasil pengujian sampel tanah asli di laboratorium didapatkan:

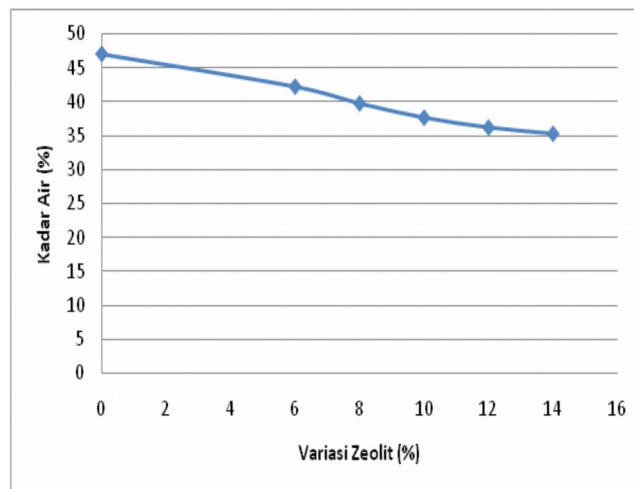
4.1.1. Uji Kadar Air (ω) ASTM D 2216-98

Kadar air ialah banyaknya kandungan air yang terdapat dalam tanah dibandingkan terhadap berat tanah itu sendiri dan dari pengujian kadar air pada tanah asli menunjukkan bahwa kadar air yang terkandung dalam tanah tersebut adalah sebesar 47,01 %. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kandungan air yang cukup banyak dan tanah dalam keadaan tergenang air. Biasanya tanah seperti ini mempunyai nilai indeks plastisitas tinggi dan kurang tahan terhadap perubahan cuaca dan air tanah (*durabilitas*). Oleh karena itu perlu perbaikan tanah agar kualitas tanah tersebut meningkat dari yang sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya, kadar air tanah asli nilainya 50,64 % yaitu pada penelitian Anggauma Z. Thamzil (2011). Hal ini kemungkinan terjadi karena pada saat pengambilan sampel dengan cuaca berbeda. Bisa jadi pada penelitian terdahulu sedang mengalami musim hujan saat pengambilan sampel tersebut. Sebagai perbandingan, pengujian tidak hanya dilakukan pada sampel tanah asli melainkan pada sampel tanah yang telah dicampur dengan zeolit dengan variasi campuran yang berbeda-beda. Dibawah ini ialah kadar air tanah yang telah dicampur zeolit.

Tabel 1. Hasil pengujian kadar air yang telah dicampur zeolit.

	Z0	Z6	Z8	Z10	Z12	Z14
Kadar air (%)	47,01	42,19	39,70	37,61	36,16	35,23

Pada Tabel 1 dapat dilihat perbedaan hasil kadar air disetiap variasi campuran zeolit. Agar lebih jelas terlihat, hasil diatas ditampilkan dalam bentuk gambar. Hubungan kadar air dan variasi zeolit dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Hubungan antara kadar air dengan masing-masing variasi zeolit.

Dari hasil pada Tabel 6 dan Gambar 9, bahwa selisih kadar air tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan zeolit ialah sebesar 11,78 %. Sedangkan selisih kadar air pada tanah yang telah dicampur zeolit dari variasi 6 % hingga 14 % ialah sebesar 6,96 %. Dari pengujian dengan hasil diatas, variasi zeolit dengan kadar 6%, 8%, 10%, 12% dan 14% memiliki kecenderungan menurunkan nilai kadar air jika semakin banyak campuran zeolit pada tanah tersebut. Dari data yang tertera pada Tabel 6 dan Gambar 9 dapat di prediksi jika penelitian selanjutnya menggunakan variasi campuran yang dimulai dengan 16% hingga 24 % dengan selisih campuran 2% maka nilai kadar air di variasi 24% kemungkinan sebesar 26,27 %. Mengingat sifat dari zeolit itu mengikat air pada pengujian dengan hasil diatas terbukti bahwa molekul H_2O sebagian besar tidak bercampur dengan tanah melainkan dengan zeolit itu sendiri. Akan tetapi pada suhu panas H_2O akan dilepaskan kembali. Sehingga tanah memiliki kestabilan yang cukup baik. Penjelasan akan sifat zeolit tersebut bersumber dari PT. Minatama Mineral Perdana. Perusahaan ini berada di Tarahan, Lampung Selatan.

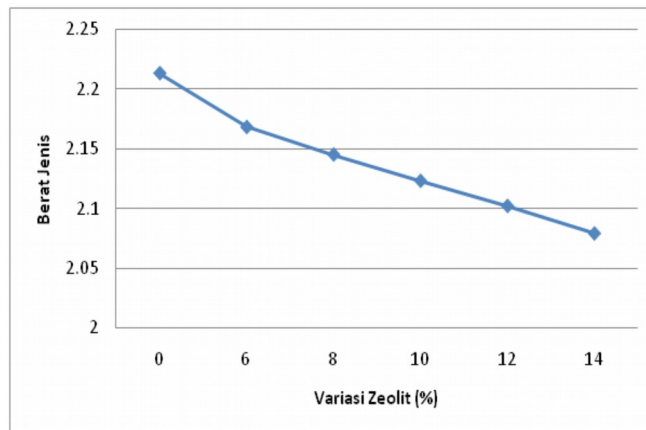
4.1.2. Uji Berat Jenis (Gs) ASTM D 854-02

Selain pengujian berat jenis pada tanah asli, pengujian tanah dengan variasi zeolit yang berbeda-beda juga turut dilakukan untuk mengetahui pengaruh zeolit terhadap berat jenis tanah ini. Dibawah ini ialah tabel hasil dari pengujian berat jenis yang telah dicampur dengan zeolit.

Tabel 2. Hasil pengujian berat jenis tanah yang telah dicampur zeolit.

	Z0	Z6	Z8	Z10	Z12	Z14
Berat Jenis	2,213	2,168	2,145	2,123	2,102	2,079

Berdasarkan Tabel 2, tidak hanya kadar air yang memiliki hasil semakin kecil terhadap semakin banyak nya jumlah campuran zeolit, begitu pun berat jenis nilainya semakin menurun dengan variasi yang semakin bertambah persentasenya. Dibawah ini adalah gambar hubungan nilai berat jenis dengan variasi zeolit.



Gambar 2. Hubungan nilai berat jenis di setiap variasi campuran zeolit.

Dari Tabel 2 dan Gambar 2, dapat kita lihat bahwa penurunan terjadi pada pengujian ini akan tetapi selisih penurunan tersebut nilainya kecil maka dapat dikatakan tidak ada perubahan nilai berat jenis pada pengujian ini.

4.1.3. Uji Analisis Saringan ASTM D 422

Dari uji analisis saringan, persentase tanah yang lolos saringan No. 200 adalah 85,87 %.

4.1.4. Uji Hidrometer ASTM D 442-63

Nilai dari hasil pengujian hidrometer pada tanah ini ialah sebesar 0,0014 mm - 0,0292mm. Klasifikasi berdasarkan diameter butiran lolos saringan No. 200:

- Lempung :Butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,02 mm.
- Lanau :Butiran dengan diameter 0,05–0,02 mm.
- Pasir :Butiran dengan diameter 2,0–0,05 mm.
- Kerikil :Butiran dengan diameter > 2 mm.

Dari klasifikasi tanah diatas, nilai hidrometer pengujian tanah ini menunjukkan bahwa tanah yang diuji ialah tanah lempung.

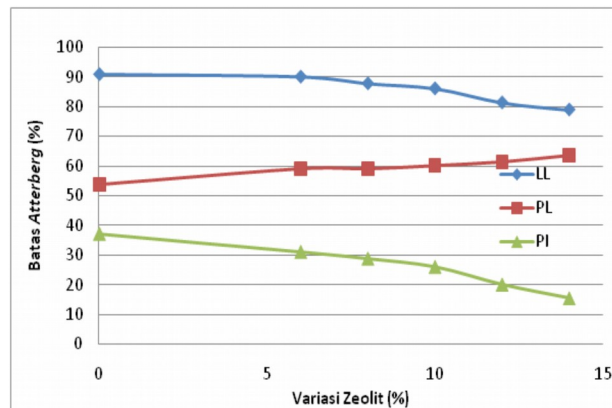
4.1.5. Uji Batas Atterberg ASTM D 4318-93

Pengujian batas *Atterberg* mencakup dua pengujian yaitu pengujian batas cair dan batas plastis. Adapun hasil pengujian batas *Atterberg* pada sampel tanah asli ini dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Hasil pengujian batas *Atterberg* tanah asli.

	LL	PL	PI
Tanah Asli	90,92%	53,78%	37,14%
Zeolit 6%	90,07%	59,04%	31,03%
Zeolit 8%	87,77%	59,03%	28,75%
Zeolit 10%	86,06%	60,08%	25,98%
Zeolit 12%	81,29%	61,33%	19,96%
Zeolit 14%	78,85%	63,50%	15,35%

Berdasarkan hasil diatas nilai batas plastis (PL) pada tanah asli tanpa pencampuran sebesar 53,78 %, artinya kadar air yang dibutuhkan oleh tanah tersebut untuk mentransisi tanah dari keadaan semi-padat ke keadaan plastis adalah sebesar 53,78 %, sedangkan untuk nilai batas cair (LL) sebesar 90,92 %, artinya kadar air yang dibutuhkan oleh tanah asli tersebut untuk mentransisi tanah dari keadaan plastis ke keadaan cair adalah sebesar 90,92 %. Indeks Plastisitas (PI) didapat dari selisih nilai kadar air PL dan LL, serta dinyatakan dalam persen. Dibawah ini gambar pengujian dari masing-masing kadar zeolit.



Gambar 3. Hubungan batas *atterberg* dengan masing-masing variasi zeolit serta tanpa campuran zeolit.

Hasil uji batas-batas *Atterberg* seperti terlihat pada Tabel 9 dan Gambar 11, menunjukkan penambahan variasi zeolit sebanyak 6%, 8%, 10%, 12% dan 14% pada tanah asli mempunyai kecenderungan menurunkan nilai indeks plastisitas (PI). Indeks plastisitas adalah batas cair dikurangi batas plastis, hubungan tersebut menunjukkan bahwa nilai PI sangat tergantung pada nilai batas cair dan batas plastis. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, penambahan kadar campuran zeolit dapat menurunkan nilai batas cair (LL) dan menaikkan batas plastis (PL), sehingga menyebabkan nilai PI akan menurun. Nilai PI ini sangat menentukan klasifikasi potensi pengembangan tanah. Semakin besar nilai PI dari campuran tanah, maka akan semakin besar potensi pengembangan tanah tersebut. Semakin menurun nilai PI dari campuran tanah, maka potensi pengembangan akan semakin berkurang. Walaupun penurunan indeks plastisitas yang terjadi tidak terlalu signifikan, namun secara kualitatif kondisi tanah menjadi lebih baik.

4.1.6 Uji Pemadatan Tanah ASTM D 1556

Dari pengujian pemadatan tanah yang dilakukan pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur zeolit, akan didapat nilai kadar air optimum serta berat isi kering maksimum dalam tanah yang kemudian nilainya akan digunakan dalam penambahan air pada pengujian CBR, baik itu pengujian CBR pada tanah asli ataupun pengujian CBR pada tanah campuran. Adapun nilai hasil pengujian pemadatan tanah tanpa campuran zeolit adalah sebagai berikut :

- Kadar air optimum (ω) tanah sebesar 33 % (*Mold Standar*) dan 32,2 % (*Mold Modified*)

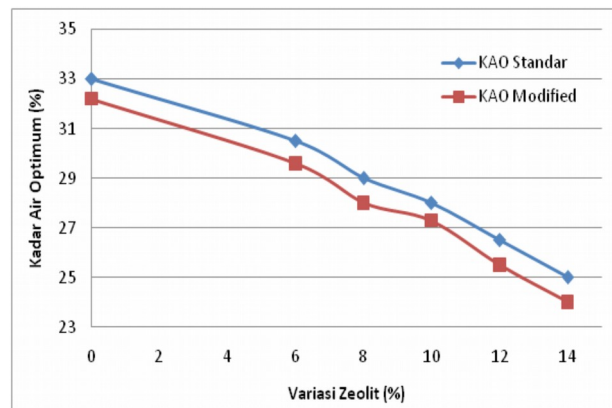
b. Berat isi kering maksimum (MDD/γ_d) sebesar 1.21 gr/cm^3 (*Mold Standar*) dan $1,22 \text{ gr/cm}^3$ (*Mold Modified*)

Hasil dari pengujian tersebut dapat menentukan besaran kebutuhan air pada tanah yang akan dilakukan uji CBR. Sedangkan untuk nilai hasil pengujian pemadatan tanah yang dicampur zeolit terdapat pada tabel dibawah.

Tabel 4. Hasil pengujian pemadatan tanah yang dicampur zeolit.

Pengujian	Variasi zeolit (%)									
	Standar					Modified				
	Z6	Z8	Z10	Z12	Z14	Z6	Z8	Z10	Z12	Z14
Kadar air optimum (%)	30,5	29,0	28,0	26,5	25,0	29,6	28,0	27,3	25,5	24,0
Berat isi kering (gr/cm^3)	1,23	1,24	1,25	1,265	1,28	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28

Lihat Tabel 4, diatas merupakan hasil dari pengujian uji pemadatan tanah. Agar terlihat jelas lihat Gambar 4. Dibawah ini ialah gambar hubungan kadar air optimum disetiap variasi campuran.



Gambar 4. Hubungan Kadar air optimum di setiap variasi campuran zeolit.

Lihat Tabel 4 dan Gambar 4, pemadatan yang dilakukan terdapat 2 jenis pemadatan yaitu standar dan modified, diatas merupakan perbedaan kadar air optimum pada pemadatan standar dan modified. Yang membedakan pemadatan tersebut ialah volume *mold* yang standar memiliki volume sebesar $894,90 \text{ cm}^3$, sedangkan volume *mold* pemadatan modified sebesar $3220,80 \text{ cm}^3$. Semakin banyak pencampuran zeolitnya maka kadar air optimum disetiap variasi semakin mengecil.

4.1.7. Uji CBR tanah ASTM D 4429-04

Sebelum memasuki uji CBR tanah yang dicampur dengan zeolit, pengujian CBR tanah asli rendaman dan tanpa rendaman dilakukan sebagai nilai pembandingan terhadap tanah yang dicampur dengan zeolit. Untuk pengujian CBR tanah asli rendaman maupun tanpa rendaman, tanah asli tidak melalui proses pemeraman melainkan langsung memasuki uji CBR setelah sampel di tumbuk.

Uji CBR tanah dibawah ini menggunakan pemadatan standar dan modified.

a. CBR Tanpa Rendaman Pemadatan Standar sebesar 6,6% dan Pemadatan Modified sebesar 7,26%.

b. CBR Rendaman Pemadatan Standar sebesar 0,81% dan Pemadatan Modified sebesar 0,87%.

Setelah didapatkan nilai CBR tanah asli pengujian dilanjutkan dengan pengujian tanah asli yang telah dicampur dengan variasi zeolit.

Tabel 5. Hasil pengujian sampel tanah asli.

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar air (ω)	47,01 %
2	Berat Jenis (G_s)	2.213
3	Batas <i>Atterberg</i> :	
	a. Batas Cair (LL)	90,92 %
	b. Batas Plastis (PL)	53,78 %
	c. Indeks Plastisitas (PI)	37,14 %
4	Gradasi lolos saringan # 200	85,87 %
5	Pemadatan Standar::	
	a. Kadar air optimum	33 %
	b. Berat isi kering maksimum	1.21 gr/cm ³
	Pemadatan Modified:	
	a. Kadar air optimum	32,2
	b. Berat isi kering maksimum	1,22 gr/cm ³
6	Pemadatan Standar:	
	CBR Tanpa Rendaman	6,6%
	CBR Rendaman	0,81%
	Pemadatan Modified:	
	CBR Tanpa Rendaman	7,26%
	CBR Rendaman	0,87%

4.2. Klasifikasi Sampel Tanah Asli

4.2.1. Sistem Klasifikasi AASTHO

Hasil pengujian batas *Atterberg* didapat nilai Batas Cair (LL) adalah 90,92 % (≥ 41 %), Batas Plastis (PL) adalah 53,78 % dan Indeks Plastisitas (PI) adalah 37,14 % (≥ 11 %) serta butiran lolos saringan No. 200 adalah 85,87 %, Selanjutnya dengan menggunakan Tabel AASHTO, maka tanah ini digolongkan sebagai kelompok tanah A-7 (tanah berlempung) dan jika ditinjau dari rumus $PI \leq LL - 30$ ($PI \leq 37,14$ %) maka sampel tanah termasuk sub kelompok A-7-5. Tanah golongan ini termasuk golongan buruk dan kurang baik digunakan sebagai tanah dasar pondasi.

4.2.2. Sistem Klasifikasi *Unified* (USCS)

Sistem klasifikasi ini paling banyak diaplikasikan pada pengujian tanah. Sistem klasifikasi USCS merupakan sistem pengelompokan berbasis hasil-hasil percobaan Laboratorium. Adapun hasil dari pengujian Laboratorium menunjukkan data parameter-parameter tanah yang diperoleh adalah :

- Tanah yang lolos saringan No. 200 = 85,87 %
- Batas Cair (LL) = 90,92 %
- Indeks Plastisitas (PI) = 37,14 %

Dari data parameter tanah yang diperoleh diatas maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

Berdasarkan nilai persentase lolos saringan No. 200, sampel tanah di atas memiliki persentase lebih besar dari 50 %, maka berdasarkan Tabel klasifikasi USCS tanah ini secara umum dikategorikan golongan tanah berbutir halus.

4.3. Hasil Pengujian CBR Rendaman pada Pemadatan Standar dan Modified

4.3.1. Uji CBR Laboratorium

CBR merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian ini menggunakan pemadatan standar dan modified. Sebagai Perbandingan, CBR tanah asli pada pemadatan standar dan modified juga dilakukan pengujiannya dengan sampel yang direndam dan tanpa proses perendaman. Dibawah ini hasil pengujian tersebut.

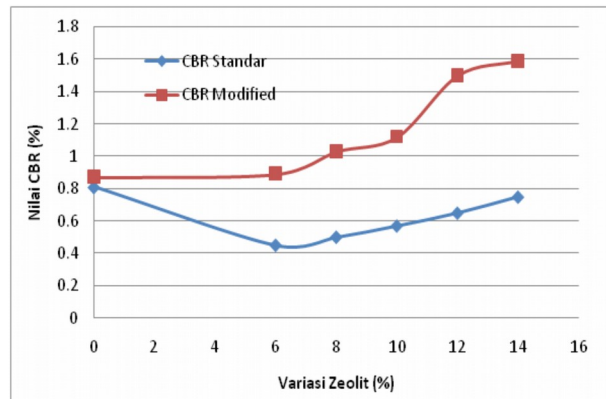
- CBR Tanpa Rendaman Pemadatan Standar sebesar 6,6% dan Pemadatan Modified sebesar 7,26%.
- CBR Rendaman Pemadatan Standar sebesar 0,81% dan Pemadatan Modified sebesar 0,87%.

Pengujian dengan hasil di atas sebagai pembanding antara tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan beberapa variasi zeolit. Pengujian ini juga hanya melihat perubahan sampel campuran zeolit yang melalui proses perendaman. Jadi, pada pengujian ini tidak melihat perubahan sampel tanah campuran zeolit yang tidak direndam. Dibawah ini ialah hasil dari perhitungan CBR tanah yang dicampur zeolit dengan proses perendaman selama 4 hari.

Tabel 6. Hasil pengujian CBR tanah asli rendaman dengan pemadatan standar dan modified.

CBR(%)	Z0	Z6	Z8	Z10	Z12	Z14
Standar	0,81	0,45	0,5	0,57	0,65	0,75
Modified	0,87	0,89	1,03	1,12	1,5	1,59

Dari Tabel 12, terlihat kejanggalan pada nilai CBR tanah asli dengan nilai CBR tanah asli yang dicampur zeolit. Pada hasil tersebut nilai CBR tanah asli memiliki nilai yang besar dibanding tanah yang telah dicampur zeolit khususnya pada *standar proctor*. Agar terlihat lebih jelas nilai diatas, dibawah ini terdapat gambar yang menghubungkan nilai CBR rendaman Pemadatan Standar dan Modified terhadap variasi campuran zeolit yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5. Hubungan nilai CBR rendaman Pemadatan Standar dan Modified terhadap variasi campuran Zeolit.

Dari hasil pengujian di laboratorium seperti ditunjukkan pada Gambar 5 diatas memperlihatkan grafik CBR standar dan modified dengan masing-masing waktu perendaman selama 4 hari. Terlihat adanya kecenderungan peningkatan nilai CBR dari nilai CBR tanah asli seiring dengan bertambahnya kadar campuran zeolit. Hal ini disebabkan akibat penambahan kadar campuran zeolit, menyebabkan terjadinya penggumpalan yang akan meningkatkan daya ikat antar butiran dan akhirnya akan meningkatkan kemampuan saling mengunci (*interlocking*) antar butiran tanah. Akan tetapi pengujian ini termasuk dengan nilai CBR yang buruk karena pada penelitian terdahulu yang menggunakan campuran ISS 2500 dengan campuran sebanyak 6 % menunjukkan nilai CBR 3,4 %, skripsi Andre Frandustie (2010). Pada penelitian ini nilai CBR dengan kadar campuran zeolit sebanyak 6 % senilai 0,45 % yang berarti jauh sekali dari penelitian terdahulu yang menggunakan bahan ISS 2500. Kenaikkan nilai CBR pada penelitian ini merupakan hasil yang cukup baik walaupun dengan nilai yang termasuk kecil. Hal ini terjadi kemungkinan terdapat penyerapan air berlebih pada zeolit mengingat sifat zeolit yaitu mengikat air. Nilai yang cukup kecil ini juga kemungkinan terjadi akibat kesalahan pada penumbukan yang tidak merata dan kemungkinan terjadi karena pada pengujian ini menggunakan pipa paralon yang permukaan alasnya tidak rata. Hal itu akan mengakibatkan terlalu banyak air yang diserap oleh tanah yang telah dicampur dengan zeolit.

Pada hasil CBR yang terlihat dari Gambar 14 diatas menunjukkan bahwa terjadinya grafik peningkatan nilai CBR setelah dilakukan waktu perendaman selama 4hari. Secara umum, nilai CBR mengalami peningkatan konstan, karena selain disebabkan distribusi zeolit lebih merata akibat proses pencampuran, zeolit dengan komposisi kimianya memiliki kemampuan yang sangat besar untuk melakukan ionisasi pertukaran antara ion

zeolit dengan ion partikel tanah sehingga partikel air tidak dapat menyatu dengan partikel tanah lagi dan ikatan antar partikel tanah menjadi lebih kuat serta lebih kedap air sehingga akan menghasilkan campuran yang lebih tahan terhadap perubahan bentuk akibat pengaruh air. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya persentase zeolit akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan nilai CBR dari tanah yang telah terstabilisasi khususnya untuk perlakuan perendaman.

Karena nilai CBR tanah asli yang direndam lebih besar dari nilai CBR tanah asli yang telah dicampur dengan zeolit. Maka dari itu pengujian ini dapat dikatakan tidak sesuai dengan fungsi zeolit sebagai bahan stabilitas tanah. Hal ini dikarenakan pengujian menggunakan *mold* yang terbuat dari paralon dengan ukuran yang sama dengan ukuran *mold* yang terdapat di laboratorium mekanika tanah di UNILA yaitu diameter sebesar 10,0 cm dan tinggi 11,4 cm untuk pengujian CBR *mold* standar. Sedangkan untuk pengujian CBR modified diameter *mold* sebesar 15,2 cm dan tinggi 17,6 cm.

Pada pengujian ini *mold* paralon dibuat dengan cara manual (bukan pabrikasi) dengan permukaan paralon yang tidak merata. Hal ini menyebabkan tanah meresap air terlalu banyak yang mengakibatkan tanah lempung menjadi terlalu mengembang yang menghasilkan nilai CBR yang rendah. Penggunaan *mold* paralon ini dikarenakan keterbatasan alat yang terdapat pada Laboratorium Mekanika Tanah di UNILA.

Maka dari itu diperlukan pengujian ulang untuk mendapatkan hasil yang dapat dikatakan berhasil. Pada pengujian yang ke 2 ini, pengujian dilakukan melalui proses pemeraman 3 hari dan perendaman 4 hari dengan variasi campuran zeolit 10% dan 14%. Dibawah ini ialah Tabel hasil nilai CBR dari variasi tersebut.

Tabel 7. Nilai CBR rendaman tanah asli dan variasi zeolit 10% dan 14%.

CBR (%)	Z0	Z10	Z14
Standar	0,81	1,5	1,8
Modified	0,87	2,3	2,78

Lihat Tabel 7, nilai CBR tersebut menunjukkan peningkatan nilai dari tanah yang tidak dicampur dengan zeolit dengan tanah yang telah dicampur zeolit. Pada pengujian ini hasil dial pada alat uji CBR mengalami peningkatan tidak seperti pengujian awal yang hasil ujinya mengalami penurunan dari nilai CBR tanah asli yang tidak dicampur dengan zeolit.

Pada *mold* standar dapat dipastikan nilai CBR kecil dibandingkan dengan nilai CBR pada *mold* modified dikarenakan jumlah lapisan yang berbeda. Lapisan *mold* standar 3 lapisan sedangkan *mold* modified 5 lapisan pada setiap *mold*. Pada pengujian ini juga membuktikan bahwa zeolit dapat menjadi bahan stabilitas campuran tanah yang kurang baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium, penambahan zeolit dengan masa pemeraman dan perendaman tersebut dapat meningkatkan nilai CBR. Nilai CBR tertinggi didapat pada sampel tanah lempung dengan campuran zeolit 14% yang menggunakan pemadatan

modified dengan pemeraman 14 hari dan perendaman 4 hari yaitu sebesar 2,78%. Hal ini dikarenakan pengaruh zeolit yang dapat mengikat partikel tanah lempung. Jadi, semakin banyak campuran zeolit maka semakin naik pula daya dukung tanahnya. Akan tetapi, nilai CBR pada penelitian ini tidak dapat digunakan sebagai *subgrade* pada konstruksi jalan karena nilai CBRnya $\leq 6\%$.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., 1989, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. Endah Noor, B. Mochtar, 1985, *Mekanika tanah. (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid I, Penerbit Erlangga, Surabaya.
- Frandustie, Andri, 2011, *Pemanfaatan Sekam Padi Pada Stabilisasi Tanah Organik Dengan Menggunakan Semen*, Universitas Lampung. Lampung.
- Hardiatmo, Hary Christady, 1992, *Mekanika Tanah Jilid I*, Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.
- Terzaghi, Karl, 1987, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Edisi Kedua Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Thamzil, A.Z., 2011, *Studi Daya Dukung tanah Lempung Plastisitas Rendah Dengan Menggunakan ISS 2500*, Universitas Lampung, Lampung.

