

PENGARUH CAMPURAN PASIR DAN LIMBAH KARBIT TERHADAP PARAMETER PENURUNAN TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN UJI CBR DAN KONSOLIDASI DENGAN PEMADATAN LABORATORIUM

MIXED EFFECT OF SAND AND CALCIUM CARBIDE WASTE REDUCTION PARAMETERS OF CLAY SOIL USING CBR AND CONSOLIDATION TEST WITH LABORATORY COMPACTION

Oleh: Anissa Resmawan, UNY, FT, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan
Alamat: Kampus ft-uny Karangmalang Yogyakarta, email: Anissa_resmawan@yahoo.com
Dosen pembimbing: Dian Eksana Wibowo, M. Eng

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan campuran limbah karbit dan pasir pada tanah lempung terhadap nilai pengembangan (*swelling*), nilai *California Bearing Ratio* (CBR), dan nilai Konsolidasi tanah lempung. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan mencampur tanah lempung dengan bahan tambah yaitu limbah karbit dan pasir untuk mengetahui nilai pengembangan tanah (*Swelling*), CBR untuk mengetahui daya dukung tanah serta pengujian Konsolidasi untuk mengetahui nilai penurunan tanah dengan parameter nilai Cc, Cr, dan Cv. Sedangkan pada pengujian awal tanah lempung terdiri dari uji kadar air, berat jenis, batas-batas Atterberg dan Distribusi ukuran butir. Berdasarkan hasil analisa data penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan campuran limbah karbit dan pasir pada tanah lempung maka nilai pengembangan tanah (*swelling*) menurun serta nilai CBR dan Konsolidasi tanah lempung semakin meningkat. Nilai pengembangan tanah pada kadar 0 %, 5 %, 10 % dan 15 % secara berurutan 1,9 %; 0,22 %; 0,19 %; dan 0,008 %. Nilai CBR_{Soaked} terbaik tanah terdapat pada campuran 5 % dengan nilai penetrasi 0,1" dan 0,2" adalah 9,08 dan 6,32. Nilai CBR *Unsoaked* terbaik tanah terdapat pada campuran 15 % dengan nilai penetrasi 0,1" dan 0,2" adalah 15,26 dan 12,59. Sedangkan nilai Indeks Pemampatan (Cc) terkecil pada kadar campuran 15 % yaitu 0,133 dan tertinggi pada kadar 5 % yaitu 0,45. Nilai Koefisien Pengembangan (Cr) terkecil terdapat pada campuran 10 % yaitu 0,11 dan terbesar 0 % yaitu 0,036. Nilai Koefisien Konsolidasi (Cv) terbesar pada campuran 0 % yaitu 0,42 cm²/menit dan terkecil 15 % yaitu 0,02 cm²/menit.

Kata Kunci: Limbah karbit dan pasir, CBR, Konsolidasi.

Abstract

This study aimed to determine the effect of a mixture of waste carbide and sand on clay against development value (swelling), the value of California Bearing Ratio (CBR), and the value of Consolidated clay.

This research method using the experimental method is by mixing clay with added material is waste carbide and sand to determine the value of land development (swelling), CBR to determine the capacity as well as testing Consolidation to determine the value of land subsidence with parameter values Cc, Cr, and Cv. While the initial testing clays consists of test moisture content, density, limits of Atterberg and grain size distribution.

Based on the results of data analysis can be concluded that by adding a mixture of calcium carbide waste and sand on clay, the value of land development (swelling) decreases and the value of CBR and Consolidation of clay increasing. Value of development land at the rate of 0%, 5%, 10% and 15% respectively 1.9%; 0.22%; 0.19%; and 0.008%. Best CBR Soaked value of land contained in a mixture of 5% with a penetration value of 0.1 "and 0.2" are 9.08 and 6.32. Unsoaked CBR best value contained in the soil mix of 15% with a penetration value of 0.1 "and 0.2" are 15.26 and 12.59. While the value of compression index (Cc), the smallest in a mixture of 15% levels are 0.133 and the highest at 5% concentration of 0.45. Development coefficient value (Cr), the smallest found in a mixture of 10% is 0.11 and the largest 0% is 0,036. Consolidation coefficient (Cv), the largest in the mix 0% is 0.42 cm² / min and the smallest 15% is 0.02 cm² / min.

Keywords: Waste carbide and sand, CBR, Consolidation

PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu material penting dalam konstruksi yang selalu digunakan baik sebagai lapisan tanah dasar, tanah timbunan, dan lain sebagainya. Kekuatan tanah memegang peranan penting dalam mendukung suatu konstruksi. Tanah di satu lokasi mempunyai karakteristik yang berbeda dengan tanah di lokasi yang lain. Karakteristik tanah sangat mempengaruhi besarnya daya dukung tanah terhadap beban di atasnya. Jika karakteristik tanah dengan kandungan mineral tidak kuat untuk mendukung beban di atasnya, maka akan dapat mengakibatkan kerusakan konstruksi yang didukungnya. Tidak semua jenis tanah dapat digunakan secara langsung sebagai material konstruksi. Kerusakan-kerusakan pada jalan dan gedung pada suatu bangunan seringkali disebabkan oleh permasalahan tanah yang ada dibawah struktur suatu bangunan. Permasalahan tanah ini tidak hanya terbatas pada penurunan tanah saja, tetapi juga mencakup secara menyeluruh, salah satunya adalah penyusutan dan pengembangan tanah. Salah satu jenis tanah yang perlu diperhatikan adalah tanah lempung.

Tanah lempung merupakan tanah kohesif, yang memiliki kuat geser rendah, mudah mampat, memiliki sifat kembang susut yang tinggi, serta memiliki daya dukung yang rendah. Oleh karena itu sifat teknis yang berkaitan dengan tanah dasar harus diperhatikan agar suatu struktur bangunan yang dibangun di atasnya dapat stabil terhadap pengaruh tanah. Secara umum, metode perbaikan tanah dapat dinyatakan sebagai suatu metode yang

dipakai untuk memodifikasi sifat tanah sehingga perilaku teknisnya meningkat.

Teknik perbaikan tanah dilakukan pada hampir semua pekerjaan sipil. Lapisan pasir yang ditemukan kemungkinan sangat lepas atau lapisan lempung pada suatu lokasi sangat lunak dan tebal. Metode perbaikan tanah dapat dibagi menjadi dua: a) metode perbaikan tanah tanpa menambah suatu campuran tertentu, misalnya: pemadatan tanah, konsolidasi tanah, drainase, dan sebagainya, dan b) metode perbaikan tanah dengan menambah suatu campuran tertentu, seperti penambahan semen, kapur, dan sebagainya. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam usaha perbaikan tanah adalah metode stabilitas.

Stabilitas tanah merupakan suatu upaya untuk memperbaiki sifat teknis tanah sehingga dapat memenuhi syarat teknis tanah untuk lokasi suatu bangunan atau jalan. Di samping itu, stabilitas tanah diperlukan dalam rangka memperbaiki sifat tanah yang mempunyai daya dukung rendah, indeks plastisitas tinggi, dan pengembangan tinggi. Stabilitas tanah dapat dilakukan secara mekanik yaitu perbaikan menggunakan alat mekanis. Selain itu stabilitas fisik yaitu dengan mengubah sifat tanah dengan memanfaatkan reaksi tanah, seperti pemanasan, pendinginan serta menggunakan arus listrik. Dan juga stabilitas kimiawi yaitu dengan mengkombinasi tanah dengan bahan tambahan yang memiliki butiran lebih besar dan kasar seperti semen, gamping, abu batubara, abu sekam padi, termasuk limbah karbit. Fokus penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh pasir dan limbah karbit

sebagai usaha perbaikan tanah terhadap parameter penurunan tanah lempung. Limbah karbit merupakan pembuangan sisa-sisa dari proses penyambungan logam dengan logam (pengelasan) yang menggunakan gas karbit (gas asetelin= C_2H_2) sebagai bahan bakar. Berbagai penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa limbah karbit mengandung sekitar 60% unsur Kalsium Oksida (CaO), dimana unsur CaO tersebut memberikan perbaikan terhadap sifat-sifat tanah terutama tanah yang memiliki diameter butiran halus seperti tanah lempung. Komposisi kimia yang terkandung dalam limbah karbit antara lain yaitu 1,48 % SiO_2 ; 59,98 % CaO; 0,09 % Fe_2O_3 ; 0,675 MgO dan 28,71 % unsur lain (Benny Santoso, Indriyo Harsoyo dalam Novita, 2010). Pemilihan bahan tambah menggunakan limbah karbit ini dipilih karena banyaknya limbah karbit yang tidak digunakan atau dimanfaatkan secara maksimal. Selain itu pemilihan pasir yang juga digunakan sebagai bahan tambah pada campuran ini didasarkan pada sifat pasir yang non kohesif atau tidak mempunyai lekatan antar butir sehingga pasir mampu mengurangi lekatan pada tanah lempung.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui jenis tanah yang digunakan pada penelitian ini.
2. Mengetahui hasil pengujian CBR dan konsolidasi tanah asli dan tanah campuran.
3. Mengetahui pengaruh yang campuran limbah karbit dan pasir terhadap tanah asli.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Sesuai dengan tujuannya, maka metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan metode eksperimen. Data yang digunakan untuk analisa lebih lanjut, berupa data primer yang diperoleh dari hasil eksperimen yang dilakukan di laboratorium.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah, jurusan Pendidikan Teknis Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.

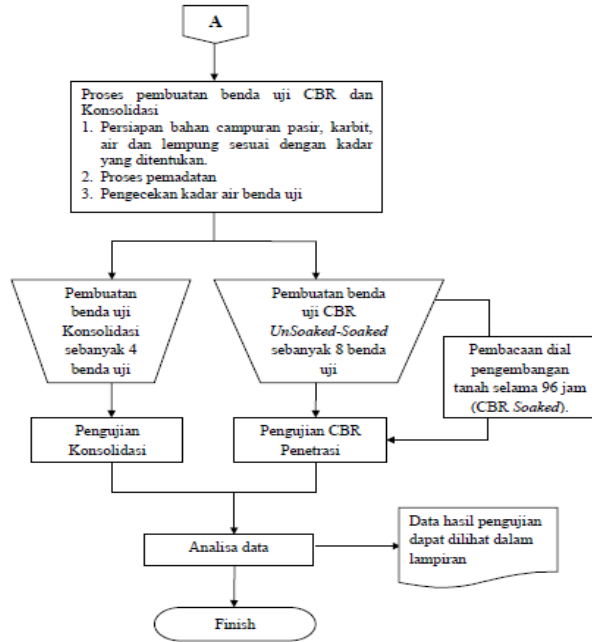
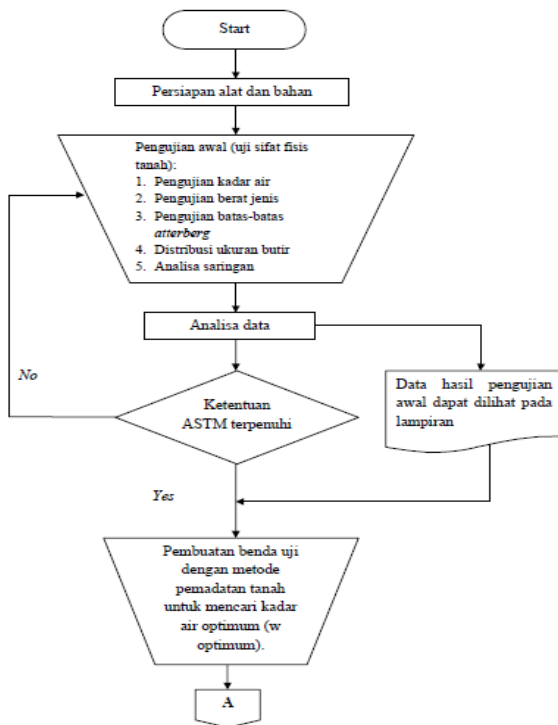
Prosedur Penelitian

Benda uji dibuat sebanyak 12 sampel (4 CBR *Soaked*, 4 CBR *Unsoaked* dan 4 Konsolidasi) dengan variasi campuran 0 %, 5 %, 10 % dan 15 % pada setiap pengujian *Swelling*, CBR dan Konsolidasi. Pengujian awal dilakukan pada kondisi tanah asli tanpa bahan campuran. Pengujian awal ini meliputi: uji kadar air, uji berat jenis, uji batas *Atterberg*, dan Distribusi ukuran butir. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis tanah yang digunakan pada penelitian ini. Setelah pengujian sifat fisis dilakukan, pengujian selanjutnya adalah pemadatan tanah untuk mencari w optimum tanah. Pengujian bertujuan untuk mencari kebutuhan air yang diperlukan pada saat pembuatan benda uji. Sama halnya dengan pengujian sifat fisis, pemadatan ini juga dilakukan pada saat kondisi tanah normal tanpa bahan campuran. Selanjutnya pembuatan

benda uji CBR *Soaked-Unsoaked* dan Konsolidasi. Formasi uji sampel terdiri dari:

- Lempung dengan kadar campuran 0 %.
- Lempung 95 % + campuran pasir dan limbah karbit 5 %.
- Lempung 90 % + campuran pasir dan limbah karbit 10 %.
- Lempung 85 % + campuran pasir dan limbah karbit 15 %.

Berikut adalah diagram alur tahapan penelitian:



Gambar 1. Diagram alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1) Pengujian awal

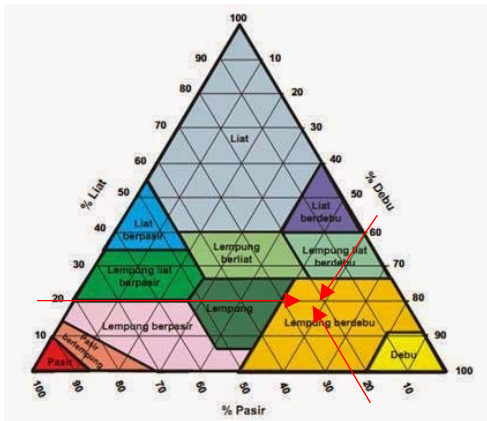
Dari penelitian yang telah dilakukan, didapat hasil sebagai berikut:

1. Uji Kadar air = 36,01 %
2. Uji Berat jenis = 2,65
3. Uji Batas cair = 63,17 %
4. Uji Batas plastis = 30,12 % dengan Indeks Plastisitas = 32,96 %
5. Uji Batas Susut = 15,04 %
6. Distribusi Ukuran butir dapat dilihat dalam tabel 1.

Tabel 1. Persentase/Fraksi Tanah Desa Sumberharjo, Prambanan, Jawa Tengah

Presentase Fraksi/Jenis Tanah	Tanah Desa Sumberharjo
Fraksi kasar (partikel > 0,075 mm)	22,2 %
Fraksi halus (partikel < 0,075 mm)	77,28 %
Ukuran Partikel	Presentase
Kerikil (> 4,75 mm)	0 %
Pasir (0.075 – 4,75 mm)	22,2 %
Lanau (2 μm - 0,075 mm)	57,8%
Lempung (< 2 μm)	20%

Sedangkan berdasarkan diagram identifikasi jenis tanah berdasarkan butir dengan system klasifikasi USCS tanah lempung yang digunakan termasuk dalam jenis tanah lempung berdebu.

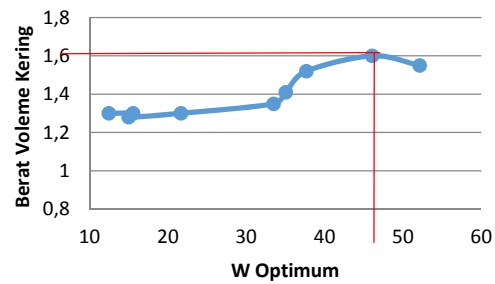


Gambar 2. Diagram identifikasi jenis tanah berdasarkan butir

2) Pemadatan Tanah

Pada uji pemadatan standar ini tanah dipadatkan dalam suatu *mould* dengan diameter 10,30 cm, tinggi 11,64 cm dan volume 968,59 cm³. *Mould* di klem pada sebuah plat dasat dan pada bagian atas mould diberi sambungan. Untuk memperoleh kadar air optimum, dilakukan 10 kali percobaan pemadatan dengan penambahan air 0 ml, 100 ml, 200 ml, 300 ml, 400 ml, 500 ml, 600 ml, 700 ml, 800 ml, dan 900 ml. Setiap pemadatan dilakukan dengan menggunakan penumbuk khusus. Berat penumbuk adalah 4,26 kg dengan tinggi jatuh 300 mm. Pemadatan dilakukan dengan 3 lapisan yang sama dengan setiap lapisan dilakukan 25 kali pukulan. Pada uji pemadatan ini tanah yang digunakan adalah tanah yang lolos saringan No. 4. Berikut ini data-data dan hasil

hitungan yang diperoleh dari pengujian pemadatan standar.



Gambar 3. Grafik hubungan Kadar air dengan γ_d Pemadatan standar

Dari Gambar 3 didapatkan kadar air optimum pada pengujian standar yaitu sebesar 46 % dengan nilai γ_d (berat volume kering) sebesar 1,59 gr/cm³ dan nilai γ_b (berat volume basah) sebesar 1,61 gr/cm³.

Dari hasil data kadar air optimum yang diperoleh dari pengujian pemadatan tersebut, maka untuk menghitung kadar jenuh air yang akan digunakan untuk membuat benda uji CBR dan Konsolidasi adalah sebagai berikut:

Diketahui:

- Kadar air optimum (W optimum) = 46 %
- Kadar air tanah (W_n) = 24,45 %
- Berat tanah = 5 kg = 5000 gram

Perhitungan:

$$W \text{ optimum} - W_n = 46 - 24,45 = 21,55 \%$$

$$\text{Kebutuhan air} = 21,55 \% \times \frac{5000}{1+0,2445} = 1077,5$$

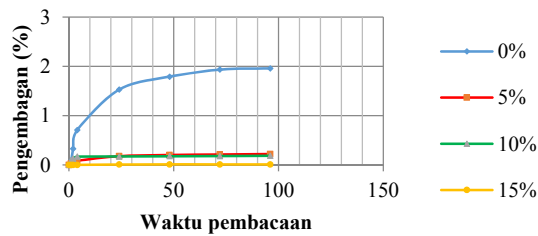
cc

Jadi, keadaan jenuh air tanah lempung ini adalah saat kadar air lempung tersebut 1007,5 cc.

3) Pengembangan (*Swelling*)

Pengujian ini dilakukan untuk mencari pengembangan tanah dan rasio kekuatan suatu tanah. Nilai CBR Pengembangan atau *Swelling* didapatkan dari bacaan arloji pengembangan dengan beda waktu 0, 1, 2, 4, 24, 48, 72 dan 96 jam.

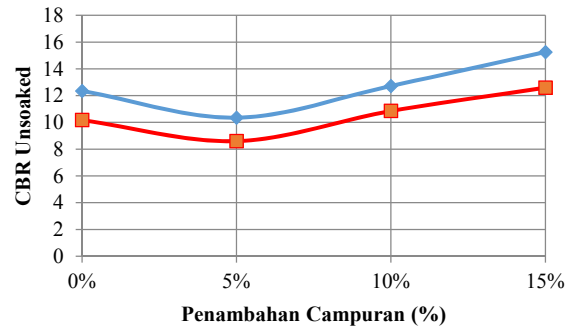
Berikut adalah grafik pengembangan tanah:



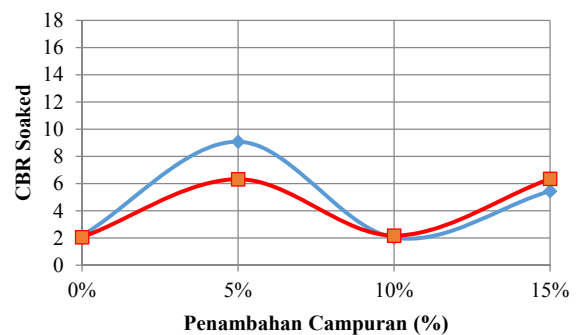
Gambar 4. Grafik perbandingan pengembangan (*swelling*)

4) California Bearing Ratio (CBR)

Pengujian CBR bertujuan untuk mengukur perlawanan kekuatan tanah dengan cara mempenetrasikan piston standar ke dalam tanah uji, yang kemudian dibaca gaya perlawanan tanah setiap tahapan penetrasi. Kemudian hasil pembacaan dibuat grafik hubungan antara penetrasi dan gaya tekanan perlawanan tanah. CBR ini juga terdapat 2 penetrasi, yaitu CBR Penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci. Berikut data yang diperoleh dari hasil pengujian:



Gambar 5. Hasil perbandingan grafik CBR 0,1 inci dan 0,2 inci *Unsoaked*



Gambar 6. Hasil perbandingan grafik CBR 0,1 inci dan 0,2 inci *Soaked*

5) Konsolidasi

Pengujian ini dilakukan dengan membaca dial penurunan tanah setelah tanah diberi beban secara berurutan 0,816 kg; 1,632 kg; 3,264 kg; 6,528 kg. pada terakhir pembacaan dial beban dikurangi menjadi seberat 0,408 kg. Benda uji pada pengujian ini dalam kondisi terendam air. Penambahan air dilakukan secara berkala apabila air dalam alat pengujian berkurang. Pengujian ini dilakukan dengan membaca arloji penurunan pada alat uji konsolidasi yang kemudian hasilnya dibuat grafik untuk memperoleh besarnya nilai indeks pemampatan (C_c), indeks pemampatan kembali (C_r) dan nilai koefisien konsolidasi (C_v). Berikut adalah data pengujian konsolidasi:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Penurunan Konsolidasi Tanah

Kadar Campuran	Indeks pemampatan (Cc)	Koefisien pengembangan tanah (Cr)	Koefisien konsolidasi (Cv) / cm ² /menit
0 %	0,350	0,036	0,42
5 %	0,450	0,030	0,14
10 %	0,232	0,011	0,09
15 %	0,133	0,022	0,02

B. Pembahasan

Berdasarkan tabel dan grafik, dapat diketahui uji Pengembangan (*swelling*) tanpa bahan campuran diperoleh pengembangan tanah maksimum sebesar 1,96 %. Sedangkan untuk benda uji dengan kadar campuran 5 %; 10 % dan 15 % didapat hasil pengembangan maksimal sebanyak 0,22 %; 0,19 %; 0,008 %. Kecenderungan penurunan dari nilai *swelling* tanah seiring dengan pertambahan persen campuran limbah karbit dan pasir.

Untuk nilai CBR *Unsoaked* pada uji penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci penambahan campuran tanah 5 % mengalami penurunan dari nilai CBR tanah asli, namun pada kadar campuran tanah 10 %, dan 15 % nilai CBR *Unsoaked* tanah mengalami perubahan peningkatan melebihi tanah asli. Untuk nilai CBR *Soaked* pada penambahan campuran 5 %, mengalami peningkatan, namun pada penambahan campuran 10 % mengalami penurunan. Sedangkan pada penambahan campuran 15 % mengalami peningkatan kembali. Dapat dilihat dalam tabel dan grafik data pengujian, nilai CBR *Soaked* ataupun *Unsoaked* tidak konsisten. Hal ini dapat disebabkan oleh pencampuran benda uji yang tidak merata. Selain

itu pengaruh waktu pengujian benda uji juga dapat mempengaruhi hasil pengujian.

Berdasarkan hasil pengujian konsolidasi, didapat data indeks pemampatan (Cc) paling kecil pada campuran 15 % yaitu 0,133. Sedangkan pada tanah dengan campuran 5 % justru memiliki nilai Cc paling tinggi yaitu 0,45 lebih besar dari nilai Cc pada campuran tanah 0 % dan 10 %. Untuk nilai Koefisien pengembangan (Cr) tanah dengan campuran 10 % adalah yang terkecil yaitu 0,011. Sedangkan paling besar terjadi pada campuran 0 %. Untuk nilai Koefisien konsolidasi (Cv) terbesar ada pada tanah dengan campuran 0 % yaitu 0,42 cm²/menit dan nilai Cv terkecil ada pada tanah dengan campuran 15 % yaitu 0,02 cm²/menit. Seperti yang diketahui, semakin besar nilai koefisien konsolidasi maka semakin cepat pula proses konsolidasi yang terjadi pada tanah. Sama halnya pada pengujian CBR tanah, nilai Indeks pemampatan (Cc), Koefisien Pengembangan (Cr), dan Koefisien Konsolidasi (Cv) tanah pada pengujian ini juga tidak konsisten. Hal ini dapat disebabkan karena komposisi campuran tanah yang berbeda-beda akan menghasilkan kekuatan yang berbeda-beda pula.

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan penambahan pasir dan limbah karbit memberikan efek yang cukup positif terhadap daya dukung ataupun penurunan tanah lempung khususnya pada campuran tanah antara 10 % - 15 % baik pada kondisi terendam ataupun tidak. Selain itu pengujian ini juga mampu mendukung pengujian relevan yang telah dilakukan sebelumnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian CBR dan Konsolidasi yang telah dilakukan terhadap tanah lunak Desa Sumberharjo, Prambanan, Jawa Tengah, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jenis tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi (USCS) dan termasuk tanah A-7-5 (AASHTO) yaitu tanah berlempung sedang sampai buruk.
2. Berdasarkan penelitian dan hasil pengujian didapat data Pengembangan (*swelling*) tanah pada tanah dengan campuran 0 %; 5 %; 10 % dan 15 % secara berurutan 1,96 %; 0,22 %; 0,19 %, dan 0,008 %.

Nilai CBR *Soaked* untuk penetrasi 0,1 inci didapat hasil 2,18 %; 9,08 %; 2,03 % dan 5,45 %. Untuk penetrasi 0,2 inci didapat hasil 2,06 %; 6,32 %; 2,18 % dan 6,35 %.

Nilai CBR *Unsoaked* untuk penetrasi 0,1 inci didapat hasil 12,35 %; 10,35 %, 12,72 % dan 15,26 %. Untuk penetrasi 0,2 inci didapat hasil 10,17 %; 8,6 %; 10,85% dan 12,59%.

Pada pengujian konsolidasi, nilai Indeks Pemampatan (C_c) tanah asli atau dengan bahan campuran 0 %; 5 %; 10 %, 15 % didapat hasil secara berurutan 0,35; 0,45; 0,232; dan 0,133. Nilai Koefisien pengembangan (C_r) tanah asli atau dengan bahan campuran 0 %; 5 %; 10 %, 15 % didapat hasil secara berurutan 0,036; 0,030; 0,011; dan 0,022. Nilai Koefisien konsolidasi (C_v) tanah asli atau dengan bahan campuran 0 %; 5 %; 10 %,

15 % didapat hasil secara berurutan 0,42 cm^2/menit ; 0,14 cm^2/menit ; 0,09 cm^2/menit ; dan 0,02 cm^2/menit .

3. Secara umum dapat disimpulkan bahwa, dengan penambahan bahan campuran limbah karbit dan pasir mampu mengurangi/mereduksi potensi pengembangan (*swelling*), menambah daya dukung tanah maupun mengurangi penurunan tanah seiring dengan penambahan campuran limbah karbit dan pasir. Selain itu tanah lempung mengalami perbaikan sifat teknik setelah dicampur dengan bahan tambah tersebut dengan oprtimasi penambahan campuran antara 10%-15%.

B. Saran

Adapun saran berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap tanah lempung pada uji CBR dan Konsolidasi, adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambah jumlah benda uji agar data yang dihasilkan lebih baik dan dapat dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya.
2. Perlu dilakukan pula penelitian lanjutan mengenai lama waktu perendaman yang efektif benda uji yang mempengaruhi kekuatan benda uji.
3. Penambahan air secara berkala harus dilakukan saat merendaman benda uji pada pengujian pengembangan tanah (*swelling*). Hal ini dilakukan agar benda uji selalu dalam kondisi terendam agar tidak mempengaruhi hasil pengembangan tanah.
4. Pengujian benda uji akan lebih baik dilakukan sesaat setelah benda uji selesai dibuat.

5. Pembuatan benda uji konsolidasi akan lebih baik apabila menggunakan tanah yang sudah dipadatkan menggunakan alat pemadat. Agar semua benda uji padat secara merata dan rongga pori tanah berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

Hardiyatmo, Hary Christady, Dr. Ir. M.Eng., DEA. 2006. "Mekanika Tanah I", Edisi Keempat, Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada

Hardiyatmo, Hary Christady, Dr. Ir. M.Eng., DEA. 2010. "Mekanika Tanah II", Edisi Kelima, Yogyakarta: Fakultas Teknik Sipil Universitas Gajah Mada

Endaryanta, MT, 2009. "Panduan Praktikum Mekanika Tanah – 1", Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Endaryanta, MT, 2012. "Panduan Praktikum Mekanika Tanah – 2", Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Endaryanta, MT, 2016. "Bahan Ajar (Diktat) Mekanika Tanah – 2", Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

Wesley, Laurence D. 2012. "Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan & Residu". Terjemahan oleh Laurence D Wesley.

Redana, I Wayan. "Mekanika Tanah", Kampus Universitas Udayana Denpasar: Udayana University Press

Seta, W., 2001. Perilaku Tanah Ekspansif yang Dicampur dengan Pasir untuk Subgrade. Tesis tidak di terbitkan. Semarang: Magister Teknik Konsentrasi Transportasi Universitas Diponegoro

Harsoyo dan Benny, 1986. Percobaan tentang Manfaat Limbah Karbit untuk Stabilitas Tanah. Surabaya: Universitas Kristen Petra

Ryan, dkk. 2015. Perubahan Nilai CBR Tanah Lempung Tanon yang Ditambah Abu Ampas Tebu. Surakarta: e-Jurnal Matriks Teknik Sipil

Sutikno dan Denny. 2010. Studi Stabilitas Tanah Ekspansif dengan Penambahan Pasir untuk Tanah Dasar Konstruksi Jalan Vol. 9 No. 1

Ninik dan Wahyuni. 2007. "Perbaikan Tanah Lempung dari Grobogan Purwodadi dengan Campuran Semen dan Abu Sekam Padi. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 1. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil UKRIM Yogyakarta.

Denny dan Machfud. Penambahan Kapur Gamping Madura Pada Tanah Lempung Di Daerah Martajasah Bangkalan Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) Test. (<http://ejournal.unesa.ac.id/>)

Abdul Hakam. 2010. Jurnal Rekayasa Sipil: Penambahan Lempung untuk Meningkatkan Nilai CBR Tanah Pasir Padang Vol 6., No. 1. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.

Nafisah dan Hendra. 2013. Pemanfaatan Limbah Karbit untuk Meningkatkan Nilai CBR Tanah Lemung Desa Cot Seunong (172G). Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Oetomo, James. Februari 2014. "Uji Konsolidasi-Koefisien Konsolidasi". <https://james-oetomo.com/2014/02/02/uji-konsolidasi-koefisien-konsolidasi/>.