

Pengaruh Penambahan Garam dan Limbah Karbit pada Tanah Lempung terhadap Kepadatan Kering Maksimum dan CBR

Laurentia Natasha Prisca

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma
Jalan Margonda Raya No. 345c, E-mail : priscalaurentia@gmail.com

Sri Wulandari

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma
Jalan Margonda Raya No. 345c, E-mail : sri_wulandari@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Tanah lempung memiliki sifat plastisitas yang tinggi. Salah satu upaya peningkatan daya dukung tanah adalah dengan stabilisasi tanah menggunakan bahan stabilisasi. Penelitian ini melakukan uji pada tanah lempung yang distabilisasi dengan limbah karbit dan garam. Limbah karbit mengandung kapur yang dapat memicu reaksi pozzolan pada tanah lempung dan penambahan garam dapat mempercepat terjadinya reaksi pozzolan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan garam dan limbah karbit pada tanah lempung terhadap kepadatan kering maksimum dan CBR tanah. Sampel tanah diambil dari Desa Hambalang, Sentul. Terdapat dua variasi sampel tanah yang diuji dan dibandingkan terhadap tanah asli. Variasi 1 adalah tanah asli dicampur 2% garam dan 10% limbah karbit. Variasi 2 adalah tanah asli dicampur 2% garam dan 15% limbah karbit. Masing-masing sampel yang sudah dicampur bahan stabilisasi diperam selama 28 hari dalam wadah tertutup dan terhindar dari sinar matahari langsung. Peningkatan kekakuan optimum tanah terjadi pada tanah variasi 1, yaitu dengan nilai berat isi kering maksimum sebesar $1,427 \text{ g/cm}^3$, sedangkan nilai berat isi kering maksimum pada sampel tanah asli dan tanah variasi 2 masing-masing sebesar $1,397 \text{ g/cm}^3$ dan $1,386 \text{ g/cm}^3$. Nilai CBR pada sampel tanah variasi 1 sebesar 8,772% meningkat 5,298% dari nilai CBR tanah asli (3,474%).

Kata-kata Kunci: CBR terendam, kepadatan kering maksimum, garam dapur, limbah karbit.

Abstract

Clay soil is classified as high plasticity soil. One of the ways to increase the carrying capacity of the soil is by stabilizing the soil. This study conducted tests on clay soil which was stabilized with calcium carbide residue (CCR) and salt. CCR contains lime which can trigger a pozzolanic reaction in clay and the addition of salt can accelerate the pozzolanic reaction. The purpose of this study is to determine the effect of adding salt and CCR on clay soil on maximum dry density and CBR. Soil samples were taken from Desa Hambalang, Sentul. There are two variations of soil samples. Variation 1 is the soil mixed with 2% salt and 10% CCR. Variation 2 is the soil mixed with 2% salt and 15% CCR. The sample is kept in a closed container for 28 days. The increase in optimum soil stiffness occurs in soil variation 1, with a MDD value of $1,427 \text{ g/cm}^3$, while the MDD value in originated soil samples and variation 2 are $1,397 \text{ g/cm}^3$ and $1,386 \text{ g/cm}^3$ respectively. The CBR value in the variation 1 soil sample was 8.772%, increasing 5.298% from the CBR value of the original soil (3.474%).

Keywords: Calcium carbide residue, maximum dry density, salt, soaked CBR.

1. Pendahuluan

Tanah lempung adalah jenis tanah yang memiliki tingkat plastisitas yang tinggi, terutama pada tanah lempung ekspansif. Nilai indeks plastisitas tanah mempengaruhi nilai CBR, dimana semakin besar nilai indeks plastisitas maka nilai CBR semakin rendah (Aderinola dkk, 2017 dan Nujid dkk, 2019). Nilai CBR erat kaitannya dengan karakteristik kepadatan tanah. Salah satu upaya untuk meningkatkan kepadatan tanah adalah dengan melakukan stabilisasi tanah.

Penambahan bahan-bahan stabilisasi pada tanah lempung dapat memperbaiki sifat-sifat fisis tanah dan meningkatkan kepadatan tanah. Bahan stabilisasi tanah

yang biasa digunakan di antaranya adalah kapur dan garam. Penggunaan limbah sebagai bahan stabilisasi tanah juga dapat dilakukan, seperti limbah karbit. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa garam dapat menurunkan nilai indeks plastisitas tanah, sedangkan limbah karbit dapat memicu terjadinya reaksi pozzolan pada tanah.

Garam dapur adalah bahan stabilisasi yang mudah dicari dan juga ekonomis. Penambahan garam (NaCl) pada tanah lempung ekspansif sebanyak 1,5% dapat menurunkan nilai batas cair, batas plastis, serta indeks plastisitas tanah sebanyak 60,42%, 42,86%, dan 71,26% (Duroteye dkk, 2016). Penambahan garam dalam bentuk kering dapat mengisi ruang pori tanah

lempung, sehingga dapat meningkatkan daya dukung tanah. Menurut Osula, dalam Arief (2006), penambahan garam yang optimum berkisar antara 1,5% - 2,0% dan lebih dari 2,0% penambahan garam dapat menurunkan daya dukung tanah. Sudjianto (2007) dan Herman dan Joetra (2015) menunjukkan dalam penelitiannya, bahwa penambahan garam pada tanah lempung dapat menurunkan nilai indeks plastisitas tanah. Penurunan nilai indeks plastisitas tanah berpengaruh terhadap potensi kembang-susut tanah ekspansif.

Dubey dan Jain (2015) mencampur garam kristal dengan berbagai variasi komposisi, yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Berdasarkan penelitiannya, penambahan garam sebanyak 8% memberikan efek signifikan terhadap peningkatan nilai kohesi dan sudut geser tanah ekspansif. Nilai CBR tanah yang dicampur dengan garam sebanyak 1,5% memberikan nilai peningkatan optimum (Duroteye dkk, 2016). Yunus dkk (2017) menunjukkan dalam penelitiannya bahwa penambahan garam pada tanah yang distabilisasi dengan kapur dapat meningkatkan nilai parameter tegangan efektif tanah lempung organik.

Bahan stabilisasi lain yang juga ekonomis adalah dengan memanfaatkan limbah karbit. Limbah karbit merupakan limbah hasil produksi asetilen yang mengandung banyak kapur (CaO). Sifat-sifat limbah karbit dapat dianggap juga menyerupai sifat kapur. Penambahan limbah karbit sebanyak 8% dapat menurunkan nilai indeks plastisitas secara signifikan (Hatmoko dan Suryadharma, 2016). Batas cair serta indeks plastisitas tanah menurun nilainya seiring peningkatan nilai batas plastis dan peningkatan bahan campuran kapur pada tanah lempung. Rentang optimum penambahan kapur pada nilai batas plastis tanah adalah 6% sampai 8% (Abdelmajid dan Muzahim, 2008).

Horpibulsuk dkk (2013) menyelidiki karakteristik kekuatan tanah lempung yang distabilisasi oleh limbah karbit dan *fly ash* pada tiga zona perbaikan, yaitu aktif, *inert*, dan *deterioration*. Pada penelitian ini, tanah diuji kuat tekan bebas sebagai indikator praktis. Variasi penambahan limbah karbit, yaitu 5% mewakili zona aktif (0% - 7%), 10% mewakili zona *inert* (7% - 12%), dan 20% mewakili zona *deterioration* (>20%). Hasil penelitian menunjukkan pada zona aktif, bahan pozzolan alami cukup bereaksi dengan limbah karbit, sehingga tidak diperlukan penambahan *fly ash*. Pada zona *inert*, penambahan limbah karbit tidak meningkatkan kekuatan tanah secara signifikan. Penambahan *fly ash* pada zona *inert* diperlukan untuk menambahkan kuat tekan bebas tanah. Penambahan kekuatan pada zona *deterioration* tidak direkomendasikan, karena kandungan kapur bebas dapat menghalangi pengembangan kekuatan tanah oleh reaksi pozzolan.

Berdasarkan penelitian terdahulu, limbah karbit, yang mengandung kapur, dapat memicu reaksi pozzolan pada tanah lempung. Penambahan garam juga dapat memicu terjadinya reaksi pozzolan. Semikolennykh dalam jurnal Ihejrika dkk. (2014) menunjukkan reaksi limbah karbit dan air akan membentuk gas asetilen.

Limbah karbit berperan sebagai sumber gas asetilen setelah reaksinya dengan air. Asetilen adalah penghambat denitrifikasi karena menghambat aktivitas enzim pengoksidasi amonia yang terlibat dalam proses nitrifikasi. Kandungan utama pada limbah karbit umumnya adalah kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) yang bereaksi seiring waktu dengan karbon dioksida membentuk kalsium karbonat yang tidak beracun.

Awal dihasilkannya limbah karbit berupa koloid (semi cair) karena gas ini mengandung gas dan air. Gas pada limbah karbit akan menguap selama 3-4 hari dan air limbah karbit akan mengering menjadi gumpalan yang dapat menjadi serbuk (Dewi, 2016). Menurut penelitian Lavoie dalam Jurnal Ihejrika dkk. (2014), pH berkurang dari 11,2 menjadi 6,3 dalam 25 hari di lingkungan gua alami dan dalam 10 hari di bawah area terbuka. Limbah karbit akan kehilangan toksisitasnya dalam waktu singkat, dan efek toksik hanya terwujud dalam area kecil di dalam gua.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan garam dan limbah karbit terhadap sifat fisis tanah. Tanah lempung diambil dari Desa Hambalang, Sentul.

2. Tanah dan Sifat Geoteknik Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong antar partikel padat tersebut. Tanah diklasifikasikan berdasarkan ukuran partikelnya, yaitu kerikil, pasir, lanau, dan lempung. Kerikil dan pasir tergolong tanah berbutir kasar, sedangkan lanau dan lempung tergolong tanah berbutir halus.

Tanah lempung ada yang memiliki sifat tanah ekspansif. Tanah ekspansif adalah tanah yang memiliki potensi kembang-susut yang besar. Tanah akan mengalami perubahan volume yang signifikan ketika terjadi perubahan kadar air di dalamnya. Proses kembang-susut tanah tidak sepenuhnya proses reversibel. Potensi kembang susut tanah ekspansif ditentukan oleh kondisi kadar air mula serta nilai angka pori tanah. Parameter yang sering digunakan untuk menentukan potensi kembang-susut tanah adalah indeks plastisitas.

Clay shale adalah tanah hasil pelapukan atau transportasi batuan sedimentasi tipe mekanik dengan material penyusun utamanya adalah batuan berukuran lempung. *Clay shale* merupakan material geologi dengan karakteristik tanah berada di antara tanah dan batuan. Ariesnawan (2015), berdasarkan penelitiannya terhadap tanah *clay shale* menunjukkan bahwa kandungan lempung dalam *clay shale* sangat mempengaruhi karakteristik fisik, mekanik, dan dinamik tanah. Jenis mineral lempung pada *clay shale* menyebabkan perbedaan karakteristik penyerapan air dan berat spesifik. Mineral lempung *illite* dan *montmorillonite* pada *clay shale* mempunyai sifat penyerapan air yang tinggi.

Daya dukung suatu tanah dipengaruhi oleh berbagai sifat-sifat fisis dan mekanis tanah. Sifat-sifat geoteknik tanah, seperti analisis gradasi butiran, plastisitas, kompresibilitas, dan kuat geser dapat diketahui melalui pengujian laboratorium yang memadai (Das, 2007).

2.1 Analisis gradasi butiran

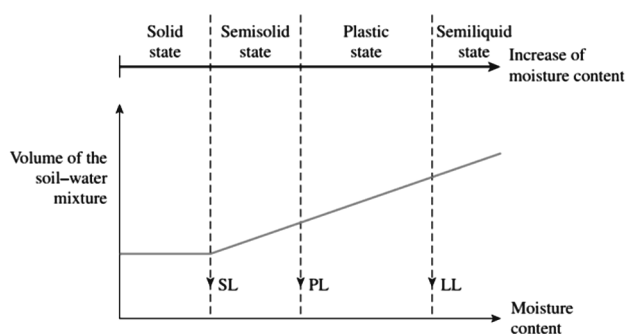
Analisis gradasi butiran dilakukan untuk mengetahui penyebaran (distribusi) butiran tanah. Penyebaran tanah berbutir kasar (ukuran butiran lebih besar dari 0,075 mm) dapat diketahui melalui analisis ayakan, sedangkan untuk menentukan penyebaran ukuran butiran yang ukurannya lebih kecil dari 0,075 mm dilakukan melalui analisis hidrometer. Analisis hidrometer dilakukan dengan mencampur tanah dengan air suling yang ditambah dengan bahan dispersi. Bahan dispersi yang digunakan adalah sodium heksametaphosfa dan larutan garam. Analisis hidrometer berdasarkan pada prinsip sedimentasi partikel tanah di dalam air.

2.2 Batas-batas Atterberg

Sifat fisis tanah juga dapat diketahui melalui indeks plastisitas tanah. Nilai indeks plastisitas tanah dapat diketahui melalui pengujian batas-batas Atterberg. Batas-batas Atterberg ini menunjukkan batas antara masing-masing keadaan tanah. Batas cair adalah nilai kadar air pada transisi sifat cair ke sifat plastis tanah. Batas plastis adalah nilai kadar air pada kondisi transisi sifat plastis ke sifat semi-padat tanah. Batas susut adalah nilai kadar air pada kondisi transisi sifat semi-padat ke sifat padat tanah. Selisih antara nilai batas cair dan batas plastis tanah didefinisikan sebagai indeks plastisitas. Indeks plastisitas tanah penting untuk mengetahui klasifikasi tanah berbutir halus. Burmister (1949) dalam Das (2006) memberikan tabel klasifikasi tanah berdasarkan nilai indeks plastisitasnya, ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Klasifikasi tanah berdasarkan indeks plastisitas tanah (Das, 2006)

Indeks Plastisitas (PI)	Deskripsi
0	Non-plastis
1 - 5	Sedikit plastis
5 - 10	Plastisitas rendah
10 - 20	Plastisitas sedang
20 - 40	Plastisitas tinggi
>40	Plastisitas sangat tinggi



Gambar 1. Definisi batas-batas Atterberg
(Sumber : Das, 2006)

$$PI = LL - PL \quad (1)$$

2.3 Pemadatan tanah

Pemadatan adalah suatu proses untuk merapatkan butiran tanah dengan menghilangkan rongga udara dalam tanah dimana membutuhkan energi mekanik. Derajat kepadatan tanah diukur dari nilai berat isi kering tanah. Pemadatan juga dapat meningkatkan daya dukung tanah. Tujuan pemadatan di laboratorium adalah untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum pada energi standar dengan cara memberikan kadar air yang optimum. Kadar air optimum pada tanah berbutir halus diperkirakan berkisar pada nilai kadar air batas plastis. Sampel uji pemadatan untuk tanah berbutir halus terdiri dari 5 buah sampel, masing-masing berbeda penambahan airnya. Satu contoh sampel dengan kadar air optimum, dua contoh berada di bawah kadar air optimum, dan dua contoh di atas kadar air optimum. Perbedaan kadar air masing-masing contoh uji berkisar 3%.

2.4 Klasifikasi tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Terdapat dua sistem klasifikasi yang dipakai, yaitu Sistem Klasifikasi AASHTO dan Sistem Klasifikasi Unified. Sistem Klasifikasi AASHTO dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*, sedangkan Sistem Klasifikasi Unified diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang. Sistem Klasifikasi AASHTO umumnya dipakai oleh departemen jalan raya di semua negara bagian di Amerika Serikat. Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7.

3. Material dan Metode Penelitian

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini diambil di Desa Hambalang, Sentul. Sampel tanah yang digunakan terdiri dari sampel tak terganggu dan sampel terganggu. Sampel tanah tak terganggu digunakan untuk mengetahui kadar air asli tanah. Bahan-bahan stabilisasi yang digunakan adalah garam dapur dan limbah karbit. Limbah karbit didapat dari bengkel-bengkel las karbit di daerah Depok dan Cibinong, Bogor.

Campuran garam dan limbah karbit yang digunakan terdiri dari dua (2) variasi. Variasi 1 adalah campuran tanah dengan 2% garam dan 10% limbah karbit. Variasi 2 adalah campuran tanah dengan 2% garam dan 15% limbah karbit. Sampel tanah disimpan (*curing*) selama 28 hari dalam wadah tertutup dan terhindar dari sinar matahari langsung, sebelum dilakukan pengujian.

Pengujian dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap pengujian awal dan pengujian inti. Pada tahap pengujian awal dilakukan pengujian sifat fisis tanah menggunakan sampel tanah tak terganggu dan sifat mekanis tanah asli. Sampel tanah yang diuji pada tahap

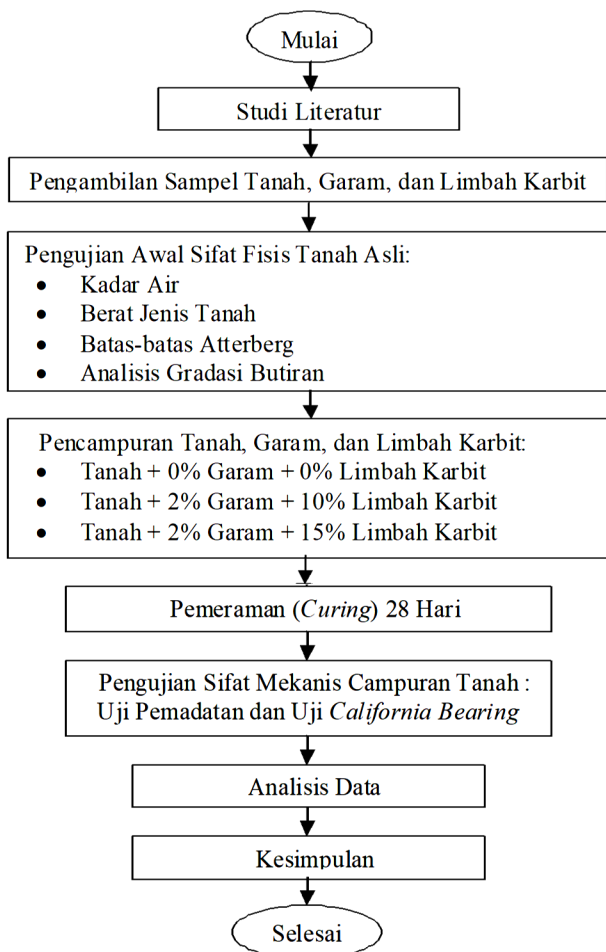
ini tidak melewati proses penyimpanan terlebih dahulu. Tanah diperam selama 28 hari dan disimpan dalam wadah plastik yang tertutup rapat dan terhindar dari cahaya matahari langsung. Tahap pengujian ini dilakukan pada sampel tanah variasi 1 dan variasi 2. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian mekanis tanah, meliputi uji pemadatan standar dan uji *California Bearing Ratio* (CBR). Pengujian CBR dilakukan dengan metode perendaman. Diagram alir metode penelitian ditunjukkan pada **Gambar 2**.

4. Sifat Fisis Sampel Tanah Asli

Karakteristik tanah, berupa sifat fisis dan mekanis tanah, dapat diketahui dengan melakukan uji laboratorium. Sifat fisis sampel tanah asli ditunjukkan pada **Tabel 3**. Menurut klasifikasi AASHTO, tanah asli termasuk tanah A-7-5, yaitu tanah berlempung. Nilai indeks plastisitas tanah sebesar 22,16% tergolong sebagai tanah dengan plastisitas tinggi. Berdasarkan nilai tersebut, tanah dapat dikategorikan sebagai tanah lempung ekspansif.

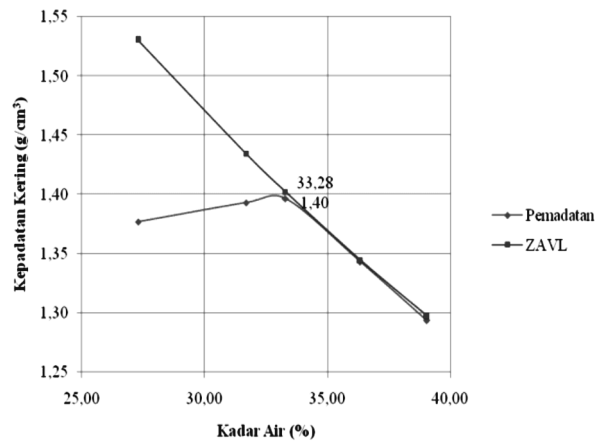
5. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sifat mekanis pada sampel tanah asli dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis tanah asli sebelum distabilisasi menggunakan campuran garam dan limbah karbit. Pengujian yang dilakukan adalah uji

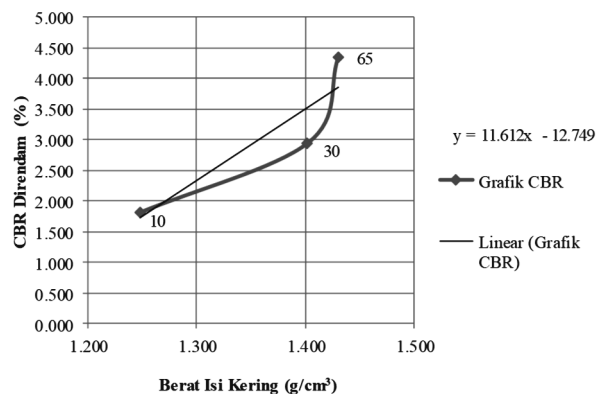


Gambar 2. Diagram alir penelitian

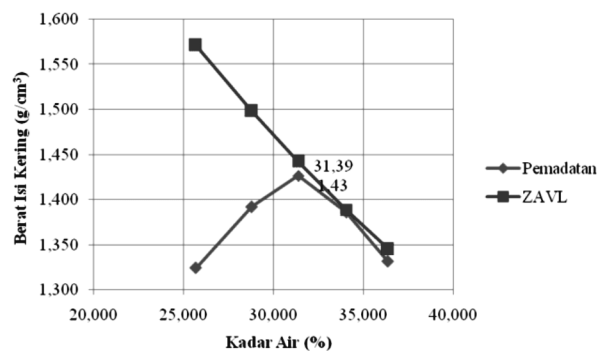
pemadatan standar (*standard proctor test*) dan uji *California Bearing Ratio* (CBR). Pengujian pemadatan di laboratorium dilakukan untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum pada energi standar dengan jalan memberikan kadar air optimum. Sampel tanah dibagi menjadi 5 buah sampel masing-masing diberikan penambahan air yang berbeda-beda. Satu buah sampel (sampel 3) diberikan penambahan air mendekati kadar air optimum berdasarkan nilai batas plastis tanah. Sampel 1 dan 2 adalah sampel tanah yang memiliki kadar air di bawah kadar air optimum, dengan selisih 6% dan 3% di bawah kadar air



Gambar 3. Grafik hubungan kadar air dan kepadatan kering sampel tanah asli



Gambar 4. Grafik hasil uji CBR sampel tanah asli



Gambar 5. Grafik hubungan kadar air dan kepadatan kering (tanah variasi 1)

Tabel 2. Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO

Klasifikasi Umum		Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)					
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos)							
No. 10	Maks 50						
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No. 200	Maks 15	Maks 20	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos							
ayakan No. 40		Maks 6	NP				
Batas Cair (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)				Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah			Baik sekali sampai baik				
Klasifikasi Umum		Tanah Lanau - Lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)					
Klasifikasi Kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7			A-7
							A-7-5*
							A-7-6**
Analisis ayakan (% lolos)							
No. 10							
No. 40							
No. 200	Min 36	Min 36		Min 36			Min 36
Sifat fraksi yang lolos							
Ayakan No. 40							
Batas Cair (LL)	Maks 40	Maks 41		Maks 40			Min 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 10	Maks 10		Min 11			Min 11
Klasifikasi Umum		Tanah Lanau - Lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)					
Klasifikasi Kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7			A-7
							A-7-5*
							A-7-6**
Tipe material yang paling dominan		Tanah berlanau		Tanah berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah		Biasa sampai jelek					
*Untuk A-7-5, $PI \leq LL - 30$							
**Untuk A-7-6 $PI > LL - 30$							

Sumber : Das, 2006

Tabel 3. Sifat fisis sampel tanah asli

Parameter	Nilai
Kadar Air Sampel Tak Terganggu (%)	41,03
Kadar Air Sampel Terganggu (%)	41,06
Berat Jenis	2,63
Batas Cair (LL) (%)	62,17
Batas Plastis (PL) (%)	40,01
Indeks Plastisitas (IP) (%)	22,16
Batas Susut (SL) (%)	23,73
Klasifikasi menurut AASHTO	A-7-5

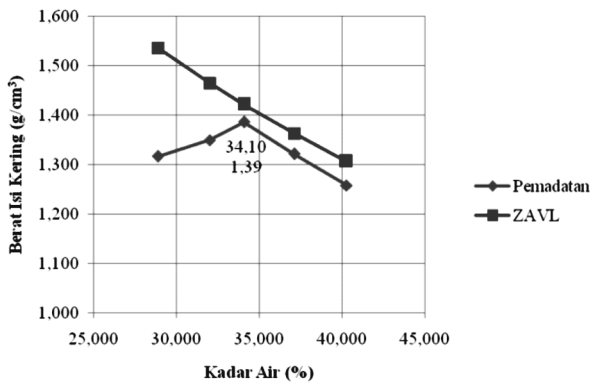
optimum. Sampel 4 dan 5 adalah sampel tanah yang memiliki kadar air di atas kadar air optimum, dengan selisih 3% dan 6% di atas kadar air optimum.

Pencampuran garam dan limbah karbit pada sampel tanah lempung terdiri dari 2 variasi, yaitu tanah variasi 1 dan tanah variasi 2. Tanah variasi 1 adalah tanah dengan penambahan garam 2% dan limbah karbit sebanyak 10%. Tanah variasi 2 adalah tanah dengan penambahan garam 2% dan limbah karbit sebanyak 15%. Pengujian dilakukan setelah sampel disimpan selama 28 hari untuk membentuk reaksi pozzolan pada tanah. Pengujian pemadatan standar yang dilakukan pada sampel tanah variasi 1 dan variasi 2 ditunjukkan pada **Gambar 5** dan **6**.

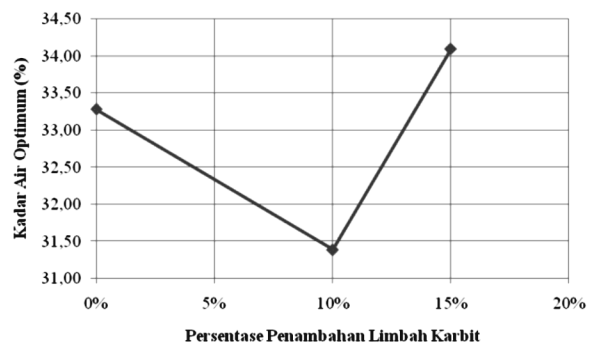
Berdasarkan hasil pengujian pemadatan standar, tanah dengan penambahan limbah karbit 10% mendapat nilai berat isi kering (MDD, *Maximum Dry Density*) sebesar 1,427% dengan nilai kadar air optimum (OWC, *Optimum Water Content*) 31,387%. Tanah variasi 2

Tabel 4. Perbandingan nilai berat isi kering maksimum, kadar air optimum, dan CBR pada sampel tanah asli, tanah variasi 1, dan tanah variasi 2

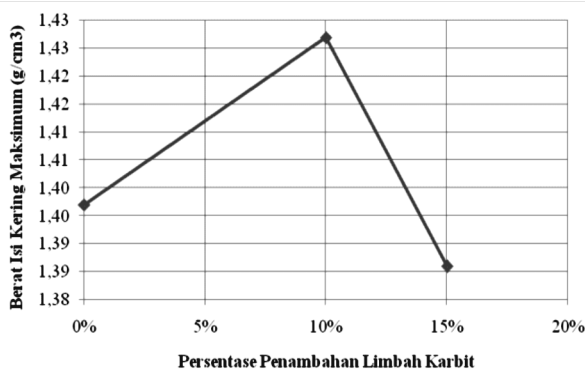
Parameter		Sampel		
		Tanah Asli	Variasi 1	Variasi 2
Berat Isi Kering Maksimum	(g/cm ³)	1,397	1,427	1,386
Kadar Air Optimum	(%)	33,282	31,387	34,095
CBR (soaked)	(%)	3,474	8,772	4,716



Gambar 6. Grafik hubungan kadar air dan kepadatan kering (tanah variasi 2)



Gambar 8. Grafik hubungan nilai kadar air optimum dengan persentase penambahan limbah karbit



Gambar 7. Grafik hubungan nilai berat isi kering maksimum dengan persentase penambahan limbah karbit

kadar air optimum 34,095%. **Gambar 7** dan **8** menunjukkan pengaruh penambahan limbah karbit pada nilai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum. Pengaruh penambahan garam dan limbah karbit dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Pengaruh penambahan garam dan limbah karbit terhadap nilai CBR tanah dengan metode pengujian rendaman mengalami kenaikan optimum pada sampel tanah variasi 1. Nilai CBR pada sampel tanah variasi 2 mengalami kenaikan dari nilai CBR tanah asli, namun nilainya lebih kecil dari nilai CBR tanah variasi 1. Masing-masing nilai CBR pada tanah asli, variasi 1, dan variasi 2 adalah 3,474%, 8,772%, dan 4,716%. Hubungan nilai CBR (terendam) dengan variasi campuran limbah karbit dapat dilihat pada **Gambar 12**.

dengan penambahan limbah karbit sebanyak 15% mendapat nilai berat isi kering sebesar 1,386% dan

Peningkatan nilai CBR terjadi karena adanya reaksi kimia antara mineral lempung dengan kandungan



Gambar 9. Dokumentasi sampel CBR setelah perendaman (tanah variasi 1)



Gambar 10. Dokumentasi sampel CBR setelah perendaman (tanah variasi 2)



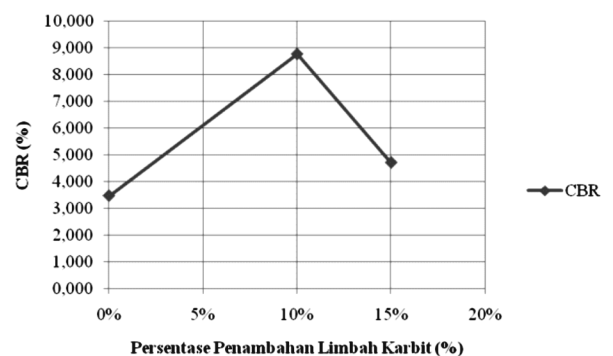
Gambar 11. Dokumentasi penetrasi uji CBR setelah perendaman

garam dan limbah karbit. Reaksi sementasi pada tanah terjadi selama proses pemeraman. Limbah karbit yang bercampur dengan air pada proses pemadatan dan uji CBR membentuk senyawa baru, yaitu senyawa kalsium hidroksida. Kation yang dihasilkan oleh senyawa kalsium hidroksida bereaksi dengan mineral lempung sehingga membentuk senyawa tanah yang lebih stabil.

Penambahan limbah karbit, yang mengandung kapur cukup tinggi, dapat meningkatkan kekakuan tanah yang dapat dilihat dari nilai CBR. Hal ini disebabkan oleh pembentukan bahan-bahan yang mengandung semen, yang dihasilkan dari reaksi pozzolan antara mineral lempung dan kandungan limbah karbit dan garam.

6. Kesimpulan

Sampel tanah asli pada penelitian ini adalah tanah lempung ekspansif. Penambahan garam dan limbah karbit sebagai bahan stabilisasi tanah memberikan pengaruh pada sampel tanah asli setelah dilakukan



Gambar 12. Grafik hubungan nilai CBR terendam dengan variasi campuran limbah karbit

pemeraman selama 28 hari. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berat isi kering maksimum tanah mengalami kenaikan optimum pada sampel tanah variasi 1 (tanah asli dicampur 2% garam dan 10% limbah karbit), yaitu dari $1,397 \text{ g/cm}^3$ (tanah asli) menjadi $1,427 \text{ g/cm}^3$ (tanah variasi 1).
2. Nilai CBR tanah dengan perendaman mengalami peningkatan pada penambahan limbah karbit 10% dan 2% garam, yaitu dari 3,474% (tanah asli) menjadi 8,772% (tanah variasi 1).
3. Penambahan limbah karbit yang optimum pada tanah yang dicampur dengan 2% garam adalah sebesar 10% dari berat tanah.

7. Daftar Pustaka

- Aderinola, O. S., dkk, 2017, Correlation of California Bearing Ratio Value of Clays with Soil Index and Compaction Characteristics, *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, Vol 4. No.4, 12-22.
- Abdelmajid, L. dan Muzahim, A., 2008, Effect of Hydrated Lime on the Engineering Behaviour and the Microstructure of Highly Expansive

- Clay, *The 12th International Conference of International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG)*.
- Arief, T. D., 2006, Stabilisasi Tanah Liat Sangat Lunak dengan Garam dan PC (*Portland Cement*), *Civil Engineering Dimension*, Vol 8, No: 1, 20-24.
- Ariesnawan, R. A., 2015, *Karakteristik Mekanik dan Dinamik Clay Shale Kabupaten Tuban terhadap Perubahan Kadar Air*, Master Thesis, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Das, B. M., 2006, *Principle of Geotechnical Engineering*, 7th Edition, Cengage Learning.
- , 2007, *Principles of Foundation Engineering : Seventh Edition*, Cengage Learning.
- Dewi, N. R., dkk, 2016, Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan *Fly Ash* sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (Studi Kasus : PT. Varia Usaha Beton), *Jurnal Presipitasi*, Vol. 13 No. 1, 34-43.
- Dubey, P. dan Jain, R., 2015, Effect of Common Salt (NaCl) on Engineering Properties of Black Cotton Soil, *International Journal of Science Technology & Engineering*, Volume 2, No : 01, 64-68.
- Duroteye, T. O., dkk, 2016, Effect of Common Salt on the Engineering Properties of Expansive Soil, *International Journal of Engineering and Technology*, Volume 6 No : 7, 233-241.
- Hatmoko, J. T. dan Suryadharma, H, 2017, Shear Behavior of Calcium Carbide Residue-Bagasse Ash Stabilized Expansive Soil, *Procedia Engineering* 171, 476-483.
- Herman dan Joetra W., 2015, Pengaruh Garam Dapur (NaCl) terhadap Kembang Susut Tanah Lempung, *Jurnal Momentum*, Vol 17, No : 1, 13-20.
- Horpibulsuk, S., dkk, 2013, Strength Development in Silty Clay Stabilized with Calcium Carbide Residue and Fly Ash, *The Japanese Geotechnical Society, Soils and Foundations*, Elsevier, 53 (4) : 477-486.
- Ihejirika, dkk., 2014, Impact of Calcium Carbide Waste Dumpsites on Soil Chemical and Microbial Characteristics, *International Journal of Environmental Science and Toxicology Research* Vol. 2(6) pp. 124-129.
- Nujid, M.M., dkk, 2019, Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) with Plasticity Index of Marine Stabilizes Soil with Cockle Shell Powder, *Journal of Physics: Conference Series*.
- Sudjianto, A. T., 2007, Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Garam Dapur (NaCl), *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 8, No: 1, 53-63.
- Yunus, N. Z. M., dkk, 2017, *Strength Improvement of Lime-Treated Clay with Sodium Chloride*, *Geotechnical Research*, Volume 4 Issue : GR4, 192-202.