



PENGARUH CAMPURAN BOTTOM ASH DAN LIMBAH KARBIT TERHADAP NILAI CBR SOAKED TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

Ratna Dewi, Nadia Nada Nisrina, Yulindasari Sutejo*

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

*Corresponding Author, Email : yulindasari@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif adalah salah satu tanah yang memiliki sifat-sifat buruk yang dapat menyebabkan permasalahan dalam pembangunan suatu konstruksi. Sifat-sifat buruk ini seperti sifat kembang dan susut yang besar, nilai indeks plastisitas yang tinggi yang mengakibatkan tanah dapat cepat berubah bentuk pada kondisi air tertentu. Pada kondisi ini perlu dilakukan perbaikan atau stabilisasi pada tanah lempung ekspansif dengan cara menambahkan bahan tambahan agar sifat-sifat buruk tersebut dapat diperbaiki. Bahan tambahan yang digunakan adalah limbah karbit dan bottom ash pabrik kertas, dengan variasi limbah karbit 10% dan bottom ash pabrik kertas 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%. Waktu pemeraman yang dilakukan adalah 0 hari, 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan adalah pengujian properties tanah dan pengujian mekanis berupa pengujian pemadatan tanah standar dan pengujian california bearing ratio (CBR) soaked. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan limbah karbit dan bottom ash dapat memperbaiki sifat buruk tanah ditandai dengan menurunnya nilai indeks plastisitas dan kadar air optimum tanah. Selain itu CBR soaked mengalami peningkatan seiring dengan penambahan limbah karbit dan bottom ash pabrik kertas. Kenaikan nilai CBR soaked juga dipengaruhi oleh lama waktu pemeraman. Nilai CBR soaked maksimum sebesar 55,24% dengan variasi limbah karbit 10% bottom ash 30% dan lama waktu pemeraman 14 hari. Nilai swelling pada pengujian CBR soaked juga mengalami penurunan, dengan nilai swelling terendah sebesar 0,3% pada variasi limbah karbit 10%, bottom ash 30% dan waktu pemeraman 14 hari.

Kata Kunci : Tanah Liat Ekspansif, Stabilisasi, Limbah Karbit, Abu Dasar, CBR Yang Direndam

ABSTRACT

Expansive clay soil is a soil with adverse properties that can cause problems in construction. These adverse properties include high swelling and shrinkage, and a high plasticity index, which causes the soil to deform rapidly under certain water conditions. In these conditions, it is necessary to improve or stabilize expansive clay soil by adding additives to correct these adverse properties. The additives used are carbide waste and paper mill bottom ash, with varying concentrations of 10% carbide waste and 10%, 15%, 20%, 25%, and 30% paper mill bottom ash. The curing times are 0, 3, 7, and 14 days. In this study, the tests conducted were soil properties testing and mechanical testing in the form of standard soil compaction testing and California bearing ratio (CBR) soaked testing. The results showed that the addition of carbide waste and bottom ash materials could improve poor soil properties indicated by a decrease in the plasticity index value and optimum soil water content. In addition, the soaked CBR increased along with the addition of carbide waste and bottom ash from paper mills. The increase in the soaked CBR value was also influenced by the curing time. The maximum soaked CBR value was 55.24% with variations of 10% carbide waste, 30% bottom ash and a curing time of 14 days. The swelling value in the soaked CBR test also decreased, with the lowest swelling value of 0.3% in variations of 10% carbide waste, 30% bottom ash and a curing time of 14 days.

Keywords : Expansive Clay, Stabilization, Waste Carbide, Bottom Ash, CBR Soaked

PENDAHULUAN

Tanah lempung ekspansif merupakan salah satu tanah yang sangat mudah dipengaruhi oleh air (Das, 2020). Hal ini menyebabkan tanah lempung ekspansif mempunyai beberapa sifat buruk seperti sifat mengembang dan menyusut yang besar dan memiliki nilai indeks plastisitas tinggi yang mengakibatkan pada kondisi air tertentu tanah dapat berubah bentuk. Pada kondisi seperti ini perlu dilakukan perbaikan pada tanah lempung ekspansif dengan cara menambahkan bahan tambahan agar sifat-sifat buruk tersebut dapat diperbaiki dan daya dukung dari tanah tersebut dapat meningkat (Darwis, 2018). Proses perbaikan tanah dengan cara ini disebut dengan metode perbaikan tanah dengan cara kimiawi atau perbaikan secara stabilisasi (Gunarso et al, 2017; Nainggolan & Dewi, R., 2021).

Penelitian ini menggunakan bahan stabilisasi berupa campuran dari *bottom ash* pabrik kertas yang merupakan hasil limbah dari PT. OKI Pulp & Paper yang terletak di Ogan Komering Ilir dan limbah karbit. *Bottom ash* pabrik kertas dipilih sebagai bahan tambahan karena memiliki kandungan unsur SiO yang tinggi. *Bottom ash* mengandung unsur SiO sebesar 47,298%, selain itu kandungan kimia lain pada *bottom ash* adalah Al sebesar 28,5%, Fe sebesar 2,5%, Mg sebesar 1,6%, Ca sebesar 0,4% dan Mn sebesar 0,1%. Penggunaan limbah *bottom ash* sebagai material stabilisasi tanah lempung juga telah banyak diteliti untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat teknis tanah (Sari, 2020; Mekar et al., 2017; Kim, 2015; Devi et al., 2018; Meidilla & Ridwan, 2017; Wulandari, 2020; Prahesti & Riyanto, 2021). Penelitian lain yang berfokus pada penambahan limbah kertas dalam proses stabilisasi tanah telah dilakukan oleh sejumlah peneliti. Kajian tersebut mencakup penelitian yang dilakukan oleh Ramandana et al., Jundulloh & Andajani, Al-Huda & Gunawan, serta Amarullah & Zardi. Selain itu, Purwati, Carl, dan Santoso & Suhilman juga menyoroti pemanfaatan limbah kertas sebagai bahan stabilisasi. Di sisi lain, beberapa penelitian lain memanfaatkan limbah karbit sebagai material tambahan, seperti yang dilakukan oleh Yus, Ridwan, serta Rumaisha, Yulindasari & Dewi, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik tanah lempung (Ramandana et al., 2020; Jundulloh & Andajani, 2017; Al-Huda & Gunawan, 2013; Amarullah & Zardi, 2019; Purwati, 2006; Carl, 1990; Santoso & Suhilman, 2007; Yus, 1998; Ridwan, 2017; Rumaisha, Yulindasari & Dewi, 2020).

Limbah karbit dipilih dalam penelitian ini karena memiliki kandungan kimia dominan yang dapat memperbaiki kondisi tanah yaitu CaO sebesar 95,37%. Pengujian dilakukan agar dapat melihat apakah bahan tambahan berupa *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit dapat digunakan dalam meningkatkan daya dukung tanah lempung ekspansif sebagai pendukung pondasi sebuah bangunan konstruksi.

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh penambahan campuran *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit dengan presentase dan waktu pemeraman 0, 3, 7 dan 14 hari terhadap peningkatan nilai *California Bearing Ratio (CBR) Soaked* pada tanah lempung ekspansif dan menganalisis perbandingan nilai *California Bearing Ratio (CBR) Soaked* tanah lempung ekspansif sebelum dan sesudah penambahan campuran *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit.

METODE PENELITIAN

Metodologi Penelitian pada penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Penelitian dilakukan dengan menambahkan variasi campuran bottom ash pabrik kertas dan limbah karbit pada tanah lempung ekspansif untuk mengetahui apakah campuran *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit dapat digunakan sebagai bahan campuran stabilisasi tanah.

Studi literatur merupakan tahapan yang dilakukan sebelum memulai penelitian, hal ini bertujuan untuk mengetahui gambaran awal mengenai acuan dalam penelitian. Studi literatur dalam penelitian ini berdasarkan pada jurnal-jurnal penelitian yang berkaitan dengan stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan campuran *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit, buku-buku mekanika tanah dan standar lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

Tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah lempung ekspansif yang diambil dari tanah yang diambil dari Desa Pedamaran, Kecamatan Pedamaran, Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI), Sumatera Selatan. Tanah yang diambil untuk penelitian ini adalah tanah dengan kondisi terganggu. Kemudian tanah tersebut dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian.

Benda uji *bottom ash* pabrik kertas pada penelitian ini diambil dari PT. OKI Pulp & Paper. Benda uji *bottom ash* dikirim ke dermaga Benteng Kuto Besak dari PT. OKI Pulp & Paper dengan bantuan transportasi *speedboat*. Selanjutnya benda uji *bottom ash* di bawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian. Benda uji limbah karbit pada penelitian ini didapatkan dari pasar Cinde Kota Palembang. Benda uji limbah karbit merupakan limbah dari hasil pengelasan menggunakan karbit.

Pengujian propertis (Budi, 2011) tanah asli dilakukan untuk mengetahui bahwa tanah yang diambil untuk digunakan pada penelitian ini adalah tanah lempung ekspansif. Selain itu pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari tanah sebelum dilakukan pencampuran dengan bahan campuran stabilisasi tanah. Pengujian propertis tanah yang dilakukan yaitu pengujian kadar air (ASTM D-2216), pengujian berat jenis (ASTM D-854), batas-batas Atterberg (ASTM D-4318), dan analisa butiran tanah: Mekanikal (ASTM D-422), Hidrometer (ASTM D-421). Jika hasil pengujian propertis tanah menunjukkan bahwa tanah asli adalah tanah lempung ekspansif, maka akan penelitian dapat dilakukan ke pengujian selanjutnya. Pengujian mekanis selanjutnya yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian pemadatan tanah standar (PTS) ASTM D-698 dan *California Bearing Ratio* (CBR) ASTM D-1883. Alat pengujian ini diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Pengujian Mekanis

Pada penelitian tanah campuran ini dilakukan berbagai pengujian yaitu pengujian berat jenis, pengujian batas-batas atterberg, pengujian pemadatan tanah standar (PTS), dan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR). Sampel tanah dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu maksimum 110°C selama kurang lebih 24 jam hingga kondisi tanah menjadi kering. Setelah kering tanah ditumbuk dan disaring sesuai dengan pengujian. Kemudian tanah yang sudah disaring dicampur dengan bahan campuran *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit. Dalam penelitian ini persentase campuran bottom ash pabrik kertas yang dipakai adalah 10%, 15%, 20%, 25% dan 30%, sedangkan persentase limbah karbit sebesar 10%. Persentase variasi ini didapatkan setelah menganalisis dari jurnal-jurnal penelitian sebelumnya terkait kedua bahan campuran diatas.

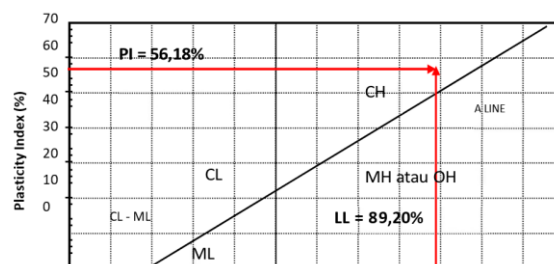
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian indeks propertis pada tanah asli yaitu pengujian kadar air tanah asli, pengujian berat jenis butiran tanah, pengujian batas-batas atterberg yang terdiri dari pengujian batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*) dan pengujian analisa menggunakan ayakan satu set dan analisa hidrometer butiran tanah. Tanah yang digunakan pada pengujian indeks propertis tanah asli adalah tanah yang didapatkan dari Desa Pedamaran, Kecamatan Pedamaran, Kabupaten Ogan Komering Ilir (OKI), Sumatera Selatan. Hasil pengujian indeks propertis atau sifat fisis tanah dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Pengelompokan tanah dengan sistem klasifikasi tanah berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*) adalah pengelompokan tanah berdasarkan besarnya nilai LL, nilai IP dan banyaknya tanah lolos saringan no. 200. Pada pengujian ini didapatkan nilai LL (*Liquid Limit*) 89,20%, nilai PI (*Plasticity Index*) sebesar 56,18% dan hasil pengujian analisa saringan mekanikal didapatkan persentase lolos saringan no.200 lebih dari 50%. Hasil plot nilai LL dan PI pada grafik pengelompokan tanah berdasarkan USCS pada Gambar 2 didapatkan hasil bahwa tanah dari pengujian ini termasuk kedalam kelompok tanah lempung anorganik dengan plastisitas yang tergolong tinggi atau biasa disingkat dengan simbol CH.

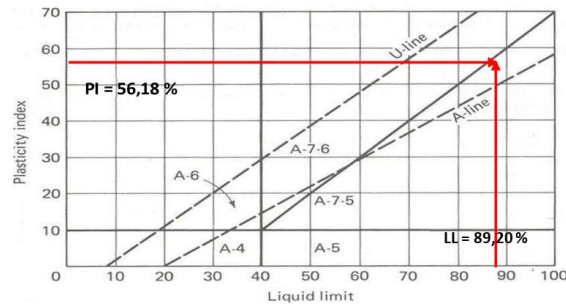
Tabel 1. Data Hasil Pengujian Sifat Fisis Pada Tanah Lempung

No.	Pengujian Tanah	Hasil Pengujian
1.	Kadar Air (w)	36,26%
2.	Berat Jenis Butiran Tanah (Gs)	2,66
3.	Batas Cair (LL)	89,20%
4.	Batas Plastis (PL)	33,02%
5.	Indeks Plastis (IP)	56,18%
6.	Lolos Saringan No. 40	96,17%
7.	Lolos Saringan No. 200	89,06%



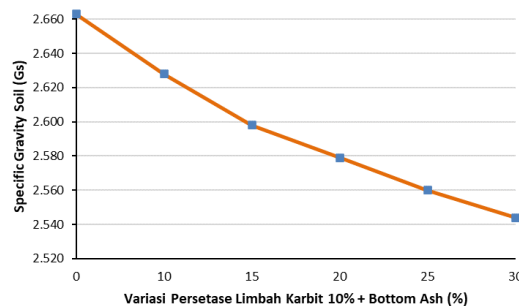
Gambar 2. Grafik Pengelompokkan Tanah Berdasarkan USCS

Klasifikasi tanah dengan sistem AASHTO bergantung pada nilai LL dan nilai PI serta nilai persentase lolos saringan no. 200, no. 40 dan no.10. Pada pengujian ini didapatkan nilai LL sebesar 89,20%, PI sebesar 56,18% dan persentase lolos saringan no. 10 sebesar 99,751%, saringan no.40 sebesar 96,17% dan no.200 sebesar 89,06%. Hasil LL dan PL diplot kedalam grafik pada Gambar 3 didapatkan bahwa tanah asli termasuk kedalam subkelompok A-7-5 dimana tanah termasuk tanah berlempung dengan penilaian sebagai tanah dasar tergolong sedang sampai buruk.



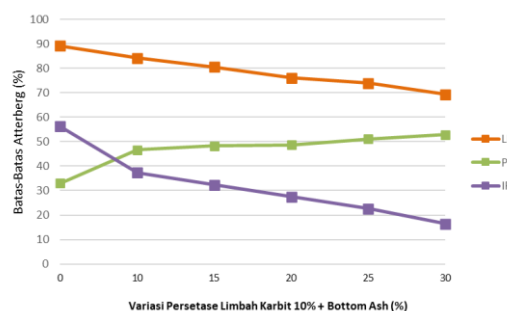
Gambar 3. Grafik Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem AASHTO

Pada pengujian atterberg limit didapatkan nilai IP tanah asli adalah sebesar 56,18%. Pada tanah lempung ekspansif, tanah tersebut memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi. Berdasarkan tabel 4.4 didapatkan bahwa dengan nilai indeks plastisitas tanah sebesar 56,18% maka potensi mengembang tanah asli termasuk kedalam klasifikasi sangat tinggi. Pengujian berat jenis butiran tanah campuran yang dilakukan memiliki prosedur percobaan yang sama pada tanah asli. Hasil pengujian berat jenis campuran terlihat pada Gambar 4.



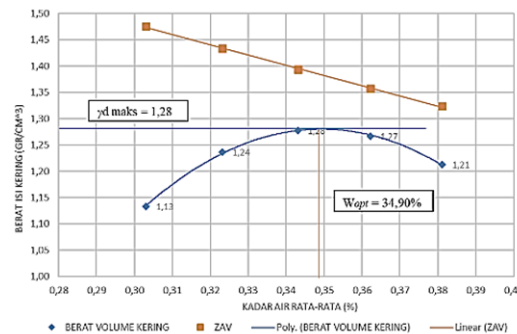
Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Berat Jenis Butiran Tanah Campuran

Pengujian batas-batas *atterberg* tanah dengan campuran bottom ash dan limbah karbit yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui nilai batas plastis (*plastic limit*), batas cair (*liquid limit*) dan indeks plastisitas (*plasticity index*). Hasil pengujian batas-batas atterberg dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Batas-Batas *Atterberg* Tanah Campuran

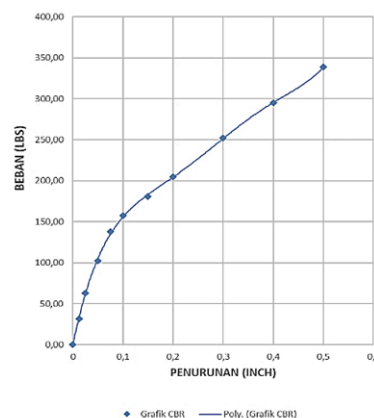
Pada penelitian ini pengujian mekanis tanah asli terdiri dari dua pengujian yaitu pengujian pemadatan tanah standar (PTS) dan *california bearing ratio* (CBR) *soaked*. Hasil yang didapatkan dari pengujian pemadatan tanah standar (PTS) tanah asli berupa nilai kadar air optimum tanah dan nilai berat isi kering. Nilai kadar air optimum ini berguna untuk menjadi dasar penggunaan kadar air dalam pengujian selanjutnya yaitu pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) *soaked*. Grafik hasil pengujian pemadatan tanah standar (PTS) tanah asli dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian PTS Tanah Asli

Pada grafik hasil pengujian pemadatan tanah standar (PTS) tanah asli didapatkan nilai dari kadar air optimum tanah asli yang cukup besar yaitu sebesar 34,90% serta nilai berat isi kering maksimum didapatkan sebesar 1,28 gr/cm³. selanjutnya akan dilakukan pengujian CBR tanah asli. Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) *Soaked* dilakukan dengan menggunakan nilai kadar air optimum hasil pengujian PTS. Pada penelitian ini pengujian CBR yang dilakukan adalah pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) *Soaked*, dimana tanah hasil pengujian CBR harus direndam selama 4 hari sebelum diuji dengan alat pembebanan atau biasanya disebut *electrical loading machine*. Grafik hasil pengujian CBR *soaked* dapat dilihat pada Gambar 8.

Sesuai dengan grafik hasil pengujian CBR *soaked* tanah asli pada Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa nilai CBR tanah asli adalah sebesar 5,25%. Tanah yang memiliki nilai CBR 3%-7% adalah tanah yang termasuk kedalam kategori buruk untuk dijadikan *subgrade* atau tanah dasar. Dan nilai pengembangan tanah atau *swelling* setelah direndam 4 hari di dalam air yaitu sebesar 3,5%. Karena itu dilakukan perbaikan tanah dengan cara penambahan bahan campuran yang berupa *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit untuk kekuatan tanah.

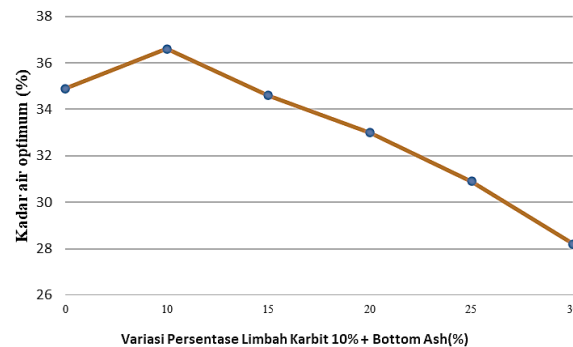


Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian CBR *Soaked* Tanah Asli

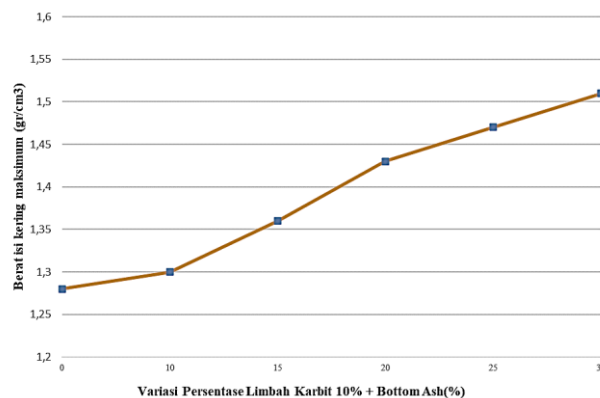
Pengujian-pengujian mekanis pada tanah campuran sama seperti pengujian mekanis pada tanah asli yaitu terdiri dari pengujian Pemadatan Tanah Standar (PTS) dan Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) *soaked*. Prosedur pengujian yang dilakukan juga sama seperti pengujian mekanis pada tanah asli. Pengujian pemadatan tanah standar (PTS) pada tanah campuran bertujuan untuk mengetahui nilai kadar optimum dan berat isi kering setelah tanah asli diberi bahan campuran *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit. Ilustrasi penurunan nilai kadar air optimum terhadap pertambahan persentase variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 8. Sedangkan ilustrasi peningkatan berat isi kering maksimum dapat dilihat pada Gambar 9.

Berdasarkan gambar menunjukkan bahwa pada tanah lempung ekspansif yang diberi bahan terjadi penurunan terhadap nilai kadar air optimum. Sebaliknya terjadi peningkatan pada nilai berat isi kering maksimum tanah. Kadar air optimum terendah yaitu sebesar 28,2% dan nilai berat isi maksimum tertinggi yaitu 1,51 gr/cm³ terdapat pada variasi limbah karbit 10% dan *bottom ash* 30%.

Pengujian CBR *soaked* pada tanah yang diberi bahan campuran berupa *bottom ash* pabrik kertas masing-masing persentase sebesar 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% serta limbah karbit sebesar 10%. Waktu pemeraman pada pengujian CBR ini adalah 0 hari, 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Pengujian CBR yang dilakukan adalah pengujian CBR dengan perendaman yaitu sampel CBR direndam selama 4 hari setelah itu diuji pembebanan dengan alat *electrical loading machine*. Hasil pengujian CBR pada tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 2.

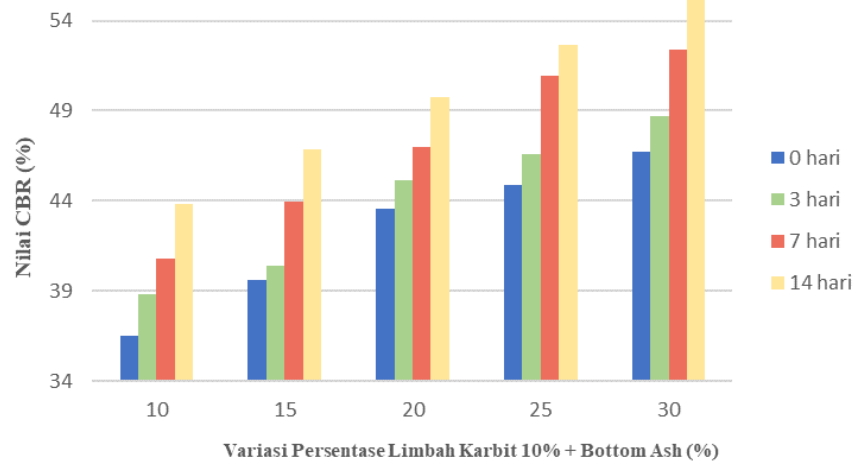


Gambar 8. Grafik Tanah Campuran Terhadap Kadar Air Optimum



Gambar 9. Grafik Tanah Campuran Terhadap Berat Isi Kering Maksimum

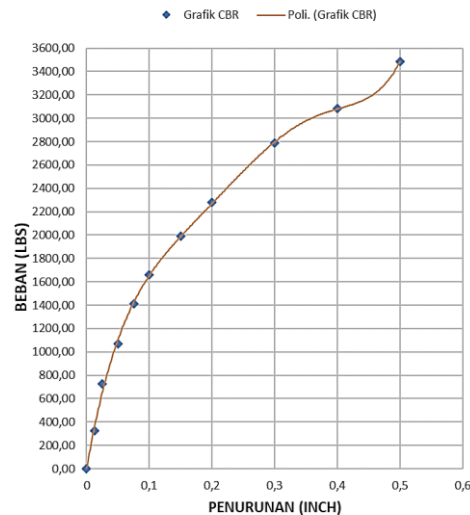
Dari hasil pengujian CBR *soaked* pada Tabel 2 menunjukkan bahwa tanah campuran mengalami peningkatan nilai CBR lebih dari 500% dibanding tanah asli. Nilai CBR *soaked* pada tanah campuran maksimum adalah pada variasi limbah karbit 10% dan bottom ash 30% yaitu sebesar 55,24% dengan lama waktu pemeraman yaitu 14 hari. Grafik CBR persentase campuran A60K10B30 dapat dilihat pada Gambar 10. Waktu pemeraman berpengaruh pada peningkatan nilai CBR *soaked*, semakin lama waktu pemeraman maka semakin meningkat nilai CBR *soaked* pada tanah campuran. Perbandingan nilai CBR *soaked* terhadap waktu pemeraman 0 hari, 3 hari, 7 hari dan 14 hari dapat di lihat pada Gambar 11.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Nilai CBR Terhadap Waktu Pemeraman

Tabel 2. Hasil pengujian *california bearing ratio* (CBR) *soaked* tanah campuran

Variasi	Pemeraman (Hari)	Nilai CBR 0,1"	Nilai CBR 0,2"	Nilai CBR (%)	Peningkatan Nilai CBR (%)
Tanah Asli	-	5,25	4,55	5,25	-
A80K10B10	0	36,48	33,86	36,48	594,9
	3	38,84	36,3	38,84	639,8
	7	40,81	39,45	40,81	677,3
	14	43,83	40,68	43,83	734,9
A75K10B15	0	39,63	36,83	39,63	654,9
	3	40,42	38,75	40,42	669,9
	7	43,96	40,15	43,96	737,3
	14	46,85	42,25	46,85	792,4
A70K10B20	0	43,57	45,14	43,57	729,9
	3	45,14	42,87	45,14	759,8
	7	46,98	43,3	46,98	794,9
	14	49,73	47,24	49,73	847,2
A65K10B25	0	44,88	42,69	44,88	754,9
	3	46,58	43,57	46,58	787,2
	7	50,91	49,25	50,91	869,7
	14	52,62	50,13	52,62	902,3
A60K10B30	0	46,72	44,44	46,72	789,9
	3	48,68	45,93	48,68	827,2
	7	52,36	49,34	52,36	897,3
	14	55,24	50,65	55,24	952,2



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian CBR A60K10B30 Pemeraman 14 Hari

Gambar 12 merupakan grafik nilai CBR *soaked* dengan waktu pemeraman 0 hari, 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Grafik di atas menunjukkan pada waktu pemeraman 0 hari nilai CBR tertinggi adalah 46,72% dengan variasi campuran limbah karbit 10% dan *bottom ash* 30%. Pada waktu pemeraman 3 hari nilai CBR tertinggi terjadi pada variasi campuran limbah karbit 10% dan *bottom ash* 30% yaitu sebesar 48,68%. Dan pada waktu pemeraman 7 hari dan 14 hari nilai CBR tertinggi yaitu sebesar berturut-turut 52,36% dan 55,24% dengan variasi campuran limbah karbit 10% dan *bottom ash* 30%.

Swelling atau pengembangan pada pengujian CBR adalah kemampuan tanah untuk menyerap air selama direndam selama 4 hari. Hal ini dapat dilihat melalui dial pengembangan yang dibaca selama 4 hari berturut-turut tiap 24 jam. Pada tanah asli hasil *swelling* yang didapatkan adalah sebesar 3,5%. Nilai *swelling* pada pengujian CBR *soaked* pada tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 3.

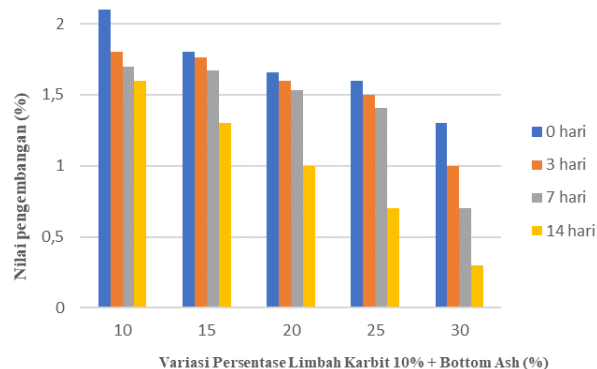
Pada Gambar 12 grafik nilai *swelling* pengujian CBR *soaked* pada tanah lempung ekspansif dengan bahan campuran *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit dengan waktu pemeraman 0 hari, 3 hari, 7 hari dan 14 hari. Dari hasil pengujian pada Gambar 14 didapatkan bahwa nilai *swelling* pada tanah campuran tertinggi yaitu pada variasi bahan campuran *bottom ash* 10 % dan limbah karbit 10% dengan nilai *swelling* 2,15, nilai *swelling* ini lebih rendah dibanding dengan nilai *swelling* pada tanah asli. Penurunan nilai *swelling* tertinggi yaitu pada waktu pemeraman 14 hari dengan variasi campuran *bottom ash* 30% dan limbah karbit 10% dengan nilai *swelling* sebesar 0,3%. Semakin rendah nilai *swelling* dari suatu tanah maka dapat dikatakan bahwa tanah tersebut semakin padat karena rongga antar tanah semakin berkurang hal ini lah yang mengakibatkan tanah tidak dapat menyerap air dan mengurangi kemampuan *swelling* atau pengembangan dari tanah tersebut.

Uji kandungan senyawa kimia tanah lempung ekspansif dilakukan dengan metode pengujian EDS atau Energy Dispersive Spectrometer di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. Uji kandungan senyawa kimia *bottom ash* pabrik kertas juga dilakukan dengan metode EDS namun dilakukan di UPT Laboratorium Terpadu dan Sentra

Inovasi Teknologi Universitas Lampung. Sedangkan uji kandungan senyawa kimia dari limbah karbit dilakukan dengan analisis x-ray di PT. Semen Batu Raja.

Tabel 3. Hasil Nilai *Swelling*/Pengembangan Pada Pengujian CBR *Soaked*

Variasi	Pemeraman (Hari)	Nilai Pengembangan (%)
Tanah Asli	-	3,5
A80K10B10	0	2,1
	3	1,8
	7	1,7
	14	1,6
A75K10B15	0	1,8
	3	1,76
	7	1,67
	14	1,3
A70K10B20,	0	1,66
	3	1,6
	7	1,53
	14	1
A65K10B25	0	1,6
	3	1,5
	7	1,41
	14	0,7
A60K10B30	0	1,3
	3	1
	7	0,7
	14	0,3



Gambar 12. Grafik Nilai *Swelling* Pada Pengujian CBR *Soaked*

Dari pengujian EDS tanah lempung ekspansif, persentase kandungan tertinggi yaitu oksigen sebesar 68,10% sedangkan kandungan silika dan kalsium pada tanah lempung ekspansif tergolong sangat rendah yaitu sebesar 7,78% dan 0,06% seperti pada Tabel 4. Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa bottom ash pabrik kertas memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yaitu sebesar 25%. Sedangkan kandungan tertinggi pada limbah karbit adalah kalsium oksida yaitu sebesar 52,71%, kandungan kimia lainnya pada limbah karbit dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah. Penambahan bahan campuran *bottom ash* pabrik kertas dan limbah karbit pada tanah lempung ekspansif diharapkan dapat mengikat butiran-butiran tanah karena kandungan silika pada *bottom ash* yang tinggi dan kandungan kalsium pada limbah karbit jika terlarut oleh air akan membentuk berupa silikat-aluminat yang dapat mengikat butiran tanah lebih kuat. Hasil pengujian scanning electron microscope (SEM) pada tanah lempung ekspansif dapat dilihat pada Gambar 4.13 dan hasil pengujian SEM pada *bottom ash* terdapat pada Gambar 14.

Tabel 4. Kandungan Senyawa Kimia Tanah Lempung Ekspansif

Unsur	Nama Komponen	Nilai Hasil Analisis (%)
O	Oksigen	68,10
Si	Silika	7,78
Al	Aluminium	8,23
Ca	Kalsium	0,06
Fe	Besi	1,33
C	Karbon	14,33
Ti	Titanium	0,17

(Sumber : Nainggolan, 2021)

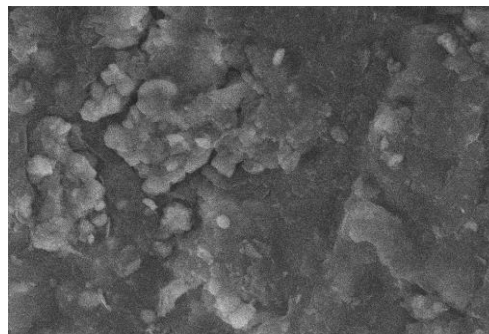
Tabel 5. Komponen Kimia Pada *Bottom Ash* Pabrik Kertas

Unsur	Nama Komponen	Nilai Hasil Analisis (%)
O	Oksigen	47,57
Si	Silika	25
Al	Aluminium	8,40
Ca	Kalsium	7,95
Fe	Besi	3,64
C	Karbon	2,94
K	Kalium	2,72
Na	Natrium	0,62
Mg	Magnesium	0,61

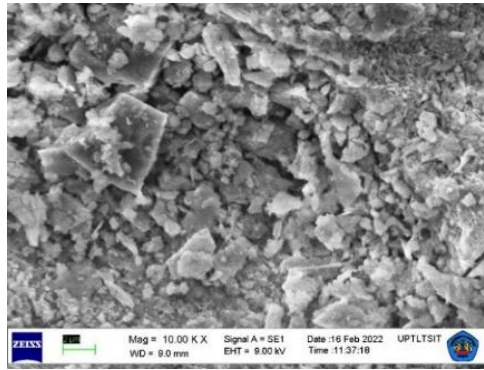
Tabel 6. Kandungan Senyawa Kimia Limbah Karbit

Unsur	Nama Komponen	Nilai Hasil Analisis (%)
SiO ₂	Silikon Dioksida	4,09
Al ₂ O ₃	Alumunium Oksida	3,13
Fe ₂ O ₃	Besi (III) Oksida	0,48
CaO	Kalsium Oksida	52,71
MgO	Magnesium Oksida	0,51
H ₂ O	Kadar Air	2,7
IR	<i>Insoluble Residue</i>	36,38

(Sumber : Rumaisha, 2020)



Gambar 13. Hasil Pengujian SEM Tanah Lempung Ekspansif Pembesaran 10.000 kali



Gambar 14. Hasil Pengujian SEM *Bottom Ash* Pembesaran 10.000 kali

KESIMPULAN

Berikut ini kesimpulan yang dapat diambil dari analisis dan pembahasan data dari pengujian *California Bearing Ratio (CBR) Soaked* yaitu: (1) Penambahan bahan campuran *bottom ash* dan limbah karbit pada tanah lempung ekspansif dapat mempengaruhi karakteristik sifat fisis dan mekanis dari tanah. Dari hasil pengujian didapatkan tanah mengalami penurunan nilai indeks plastisitas dan peningkatan nilai CBR soaked seiring dengan bertambahnya variasi persentase bahan campuran dan lama waktu pemeraman; (2) Pada pengujian CBR tanah lempung ekspansif dengan campuran *bottom ash* dan limbah karbit didapatkan bahwa Nilai CBR *soaked* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya variasi persentase campuran dan lama waktu pemeraman. Nilai CBR *soaked* maksimum yang didapatkan adalah sebesar 55,24% yaitu pada variasi campuran limbah karbit 10% dan *bottom ash* 30% dengan waktu pemeraman 14 hari; (3) Nilai CBR *soaked* tanah campuran mengalami peningkatan yang tinggi dibanding dengan tanah asli yang memiliki nilai CBR 5,25%. Persentase peningkatan nilai CBR tanah campuran tertinggi adalah sebesar 952,2% dengan nilai CBR yaitu 55,24%. Nilai swelling pada pengujian CBR tanah campuran mengalami penurunan sampai 90% dibanding nilai *swelling* tanah asli, dengan nilai *swelling* terendah sebesar 0,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Huda, N., & Gunawan, H., (2013). *Pemanfaatan Limbah Karbit untuk Meningkatkan Nilai CBR Tanah Lempung Desa Cot Seunong (172G)*. Universitas Sebelas Maret (UNS)-Surakarta Vol. 7 No. 7.
- Amarullah, I. N., & Zardi, M. (2019). *Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Stabilisasi Tanah Daerah Rawa*. Vol. 5, Issue 1 (Doctoral dissertation, Abulyatama University)
- ASTM D-2216, *Pengujian kadar air pada tanah dan batuan berdasarkan massa*
- ASTM D-854, *Pengujian berat jenis*
- ASTM D-4318, *Pengujian batas-batas Atterberg*
- ASTM D-422, *Pengujian analisa butiran tanah*

ASTM D-421, *Pengujian hidrometer*

ASTM D-698, *Pengujian pemadatan tanah standar (PTS)*

ASTM D-1883, *California Bearing Ratio (CBR)*

Budi, G. S., (2011). *Pengujian Tanah di Laboratorium*. Graha Ilmu, Yogyakarta.

Carl, E. L., (1990). *Paper mill Sludge as a Valuable Fuel. Energy Engineering and Management in the Pulp and Paper Industry Tappi Press Anthology of Published Papers*.

Das, Braja M., (2010). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Erlangga, Jakarta.

Darwis. (2018). *Dasar-Dasar Mekanika Tanah*. Pena Indis, Yogyakarta.

Devi, C. R., Surendhar, S., Vijaya Kumar, P., & Sivaraja, M., (2018). *Bottom ash as an Additive Material for Stabilization of Expansive Soil. International Journal of Engineering and Techniques*.

G. Djatmiko Soedarmo & S.J. Edy Purnomo., (1993). *Mekanika Tanah 1*. Penerbit Kanisius, Jakarta.

Gunarso, A., Nuprayogi, R., Partono, W., & Pardoyo, B., (2017). *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Campuran Larutan NaOH 7,5 % (Vol. 6, Issue 2)*. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jkts>.

Jundulloh, M., & Andajani, N., (2017). *Pengaruh Penambahan Limbah Karbit terhadap Peningkatan Nilai California Bearing Ratio (CBR) pada Tanah Lempung Ekspansif. Rekayasa Teknik Sipil (Vol. 02)*.

Kim, H. K., (2015). *Utilization of Sieved and Ground Coal Bottom Ash Powders as a Coarse Binder in High-Strength Mortar to Improve Workability*. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.065>

Mekar, R., Kinasti, A., Djoko, & Notodisuryo, N., (2017). *Pemanfaatan Limbah Pembakaran Batubara (Bottom Ash) Pada PLTU Suralaya sebagai Media Tanam dalam Upaya Mengurangi Pencemaran Lingkungan (Vol. 6, Issue 2)*.

Nainggolan, L. D. Y., & Dewi, R., (2021). *Pengaruh Penggunaan Serbuk Limbah Keramik Sebagai Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kuat Geser*. Undergraduate thesis, Sriwijaya University.

Panguriseng, Darwis., (2001). *Buku Ajar Stabilisasi Tanah*. Universitas 45 Makassar, Makassar.

Prahesti, M. W., Sholeh, M., & Riyanto, S. (2021). *Pengaruh Penambahan Bottom Ash Terhadap Nilai Cbr Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Di Badean, Bondowoso*. Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK), 2(2), 163-166.

- Purnama, Y., & Ridwan, M., (2018). *Pengaruh Penambahan Bottom Ash pada Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Lakarsantri Surabaya terhadap Nilai Daya Dukung Pondasi Dangkal*. Rekayasa Teknik Sipil, 2
- Purwati, S., Soetopo, R. S., Setiadji, Y. S., & Setiawan, Y. (2006). *Potensi dan alternatif pemanfaatan limbah padat industri pulp dan kertas*. Berita Selulosa, 41(2), 68-79.
- Ramandana, R. W., Fawaid, V. A., Rochim, A., & Fitriyana, L., (2020)., *Stabilisasi Tanah Lempung dengan Penambahan Limbah Kertas*. Undergraduate thesis, Universitas Islam Sutan Agung Semarang.
- Ridwan, M. (2017). *Kajian Efektivitas Penggunaan Limbah Karbit Terhadap Stabilitas Tanah Lempung dengan Pengujian CBR dan UCT*.
- Rumaisha, T. A., Yulindasari, Y., & Dewi, R., (2020). *Perubahan Nilai Kuat Geser Tanah Lempung Akibat Penambahan Abu Sekam Padi dan Limbah Karbit dengan Pengujian Triaxial Unconsolidated Undrained*. Undergraduate thesis, Universitas Sriwijaya.
- Santoso, C. B., and Suhilman, A. B., (2007). *Pengaruh limbah karbit dan fly ash terhadap kekuatan mortar*. Bachelor thesis, Petra Christian University.
- Sari, N. M., Yulindasari, Y., & Dewi, R., (2020). *Pengaruh Campuran Bottom Ash Pabrik Kertas pada Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah dengan Pengujian Triaxial UU*. Undergraduate thesis, Sriwijaya University.
- Witri Meidilla, D., & Ridwan, M., (2017). *Pengaruh Penambahan Abu Dasar (Bottom Ash) pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Test*. Rekayasa Teknik Sipil (Vol. 3).
- Wulandari, P. E., Yulindasari, Y., & Dewi, R., (2020). *Pengaruh Campuran Bottom Ash Pabrik Kertas pada Tanah Lempung Ekspansif terhadap Nilai CBR Tanah Rendaman*. Undergraduate thesis, Sriwijaya University.
- Yus, Y., (1998). *Pengaruh Penambahan Limbah Karbit terhadap Kembang Susut Lempung Expansif*. Yogyakarta: Tugas Akhir S1 Teknik Sipil UGM.



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License