

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH ABU CANGKANG SAWIT (POFA) TERHADAP NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) UNTUK STABILISASI TANAH LEMPUNG

HIDAYATUSSA'DIAH, Yayuk APRIYANTI*, Ferra FAHRIANI

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung, Bangka, Indonesia

*Email korespondensi: yayukapriyanti26@gmail.com

[diterima: 4 Desember 2020, disetujui: 30 Desember 2020]

ABSTRACT

Clay soils are considered to be soils with low bearing capacity. To improve soil conditions, soil stabilization techniques can be applied. One of the soil stabilization techniques is to mix the Palm Oil Fuel Ash (POFA) in clay soil. This study aims to determine the effect of mixing POFA in clay soil on the California Bearing Ratio (CBR) value. The proportions of POFA mixture in the clay soil used were 5%, 10% and 15%. Soils are classified according to the AASHTO classification system. The results of the sieve analysis showed that the percentage of soil that passed sieve number 200 was 70.875% (included in the silt to clay soil group). With a Liquid Limit (LL) value of 34.08% and a Plasticity Index (PI) value of 13.496%, the soil is classified as A-6 which is a clay group with moderate to poor subgrade quality. Based on the results of laboratory CBR testing, it is known that the addition of POFA to clay soil can affect the CBR value. The CBR value increased with the addition of POFA by 5% to 10%. However, there was a decrease in CBR value in the proportion of adding 15% of POFA. The proportion of POFA mixture on clay which gave the highest CBR value was 10%. In this composition the CBR value increased 476,648% from the CBR of the original clay.

Key words: AASHTO, palm sell ash, CBR, clay

INTISARI

Tanah lempung, dianggap sebagai tanah dengan daya dukung yang rendah. Untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut, teknik stabilisasi tanah dapat diterapkan. Salah satu teknik stabilisasi tanah adalah dengan melakukan pencampuran abu cangkang sawit (*Palm Oil Fuel Ash-POFA*) pada tanah lempung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pencampuran POFA dalam tanah lempung terhadap nilai *California Bearing Ratio (CBR)* tanah. Proporsi campuran POFA pada tanah lempung yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15%. CBR dalam penelitian ini dilakukan dalam kondisi basah (*soaked*) dengan waktu perendaman 4 hari, jumlah sampel 24 buah. Tanah diklasifikasikan dengan sistem klasifikasi AASHTO. Hasil pengujian anlaisis saringan menunjukkan persentase tanah lolos saringan nomor 200 sebesar 70,875% (masuk dalam kelompok tanah lanau hingga lempung). Dengan nilai *Liquid Limit (LL)* 34,08% dan nilai *Plasticity Index (PI)* 13,496%, maka tanah masuk kedalam klasifikasi A-6, yaitu kelompok tanah lempung dengan kualitas tanah dasar sedang sampai buruk. Berdasarkan hasil pengujian CBR laboratorium diketahui bahwa penambahan POFA pada tanah lempung dapat mempengaruhi nilai CBR. Nilai CBR meningkat dengan penambahan POFA sebesar 5% sampai 10%. Namun demikian, terjadi penurunan nilai CBR pada proporsi penambahan 15% POFA. Proporsi campuran POFA pada tanah lempung yang memberikan nilai CBR tertinggi adalah 10%. Pada komposisi ini nilai CBR meningkat 476.648% dari CBR tanah lempung asli.

Kata kunci: AASHTO, abu cangkang sawit, CBR, tanah lempung

PENDAHULUAN

Stabilisasi tanah merupakan suatu metode rekayasa tanah yang bertujuan untuk meningkatkan dan atau mempertahankan sifat-sifat tertentu pada tanah, agar selalu memenuhi syarat teknis yang dibutuhkan. Pada pekerjaan pembuatan *sub-base* untuk jalan, diperlukan data tanah yang ditentukan termasuk ukuran partikel, indeks plastisitas, klasifikasi tanah, kerapatan kering maksimum, kadar air optimum, dan persentase *California Bearing Ratio (CBR)* (Darwis, 2017).

Salah satu perbaikan yang dapat digunakan untuk stabilisasi tanah lempung adalah dengan perbaikan secara kimiawi. Stabilisasi secara kimiawi dilakukan dengan menambahkan bahan kimia tertentu dengan material tanah, sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dengan bahan pencampurnya, yang akan menghasilkan material baru yang memiliki sifat teknis yang lebih baik.

Dalam stabilisasi tanah, aspek biaya juga perlu dipertimbangkan. Salah satu cara agar biaya stabilisasi tanah menjadi murah adalah dengan memanfaatkan limbah-limbah industri yang jarang digunakan. Berdasarkan peraturan Pemerintah No. 18/ 1999 Jo. PP 85/ 1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan/ atau kegiatan manusia. Menurut saktiyono (2008) definisi limbah secara singkat adalah sisa-sisa proses produksi. Salah satu limbah yang dapat digunakan dalam teknik perbaikan tanah adalah limbah padat dari industri kelapa sawit yang berupa abu cangkang kelapa sawit. Limbah padat yang berupa cangkang, serabut dan tandan kosong, akan dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada boiler. Hasil dari proses pembakaran tersebut, kemudian menghasilkan limbah akhir berupa abu cangkang sawit.

Abu cangkang sawit juga disebut sebagai *Palm Oil Fuel Ash (POFA)* yang dihasilkan dari pembakaran limbah padat kelapa sawit pada suhu sekitar 800 – 1000 °C pada pembangkit listrik tenaga uap di pabrik kelapa sawit (Tangchirapat dalam Yuliana, 2013). Industri kelapa sawit menghasilkan limbah padat seperti serat, cangkang dan tandan kosong. Proses ekstraksi 100ton tandan buah

segar akan menghasilkan 20 ton cangkang, 7 ton serat, serta 25 ton tandan kosong (Tay dalam Yuliana, 2013).

POFA dapat dijadikan bahan stabilisasi tanah Karena mengandung silikon dioksida (SiO_2) dan berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengganti semen (Yuliana, 2013). Apabila tanah lempung dicampur dengan abu cangkang sawit maka ikatan antara butiran tanah semakin kuat sehingga tanah menjadi stabil atau daya dukungnya meningkat.

Komposisi dari abu cangkang sawit sebagian besar tersusun dari unsur-unsur *Si*, *Al*, *Fe*, *Ca*, serta *Mg*, *S*, *Na* dan unsur kimia lainnya. Adapun besarnya komposisi kimia abu cangkang sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia abu cangkang sawit

Parameter	Satuan	Kadar
SiO_2	%	64,36
Al_2O_3	%	4,36
Fe_2O_3	%	3,41
CaO	%	7,92
MgO	%	4,58
SO_3	%	0,04
K_2O	%	5,57

Sumber: Yuliana, 2013

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa jumlah kandungan SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 dari POFA lebih dari 70%, menurut ASTM C618 (ASTM 2001) hal ini berarti bahwa POFA termasuk kedalam bahan pozzolan tipe F. (Yuliana, 2013).

Penelitian Kusuma (2015) menunjukkan bahwa POFA dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas (*qu*) tanah lempung hingga mencapai 329,16% dengan persentase campuran POFA 15%. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa POFA dapat meningkatkan nilai *CBR* tanah mengembang dengan persentase campuran 9% (Panjaitan, 2014), dapat meningkatkan nilai *CBR* tanah lempung dengan persentase campuran 6 % (Sarifah, 2017), serta dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah lempung (Refi, 2016).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari POFA dengan komposisi campuran 5%, 10% dan 15% terhadap nilai *CBR* pada tanah lempung. Penggunaan campuran POFA dengan proporsi tertentu diharapkan mampu meningkatkan nilai *CBR* tanah asli.

KLASIFIKASI TANAH SISTEM AASTHO

Sistem klasifikasi AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perancangan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut. Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah kedalam 8 (delapan) kelompok, yaitu kelompok A-1 sampai A-8 (termasuk sub-sub kelompok tanah-tanah dalam tiap kelompoknya) dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris (Hardiyatmo, 2012).

Tanah granuler diklasifikasikan kedalam A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir bersih bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler (kurang dari 35% lolos saringan nomor 200), tapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung-lanau. Beda keduanya didasarkan pada batas-batas *Atterberg*.

NILAI CBR LAPISAN PERKERASAN JALAN

Sukirman (1995) menjelaskan sifat penyebaran gaya, dengan muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin kecil.

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas, dengan kepadatan dan daya duung yang dimiliki lapisan permukaan dengan nilai *CBR* >90%.

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Material yang digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis

atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan nilai *CBR* >50% dan *Plasticity Index* (PI) <4% (Sukirman, 1995).

Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi atas dan lapisan tanah dasar. Lapisan pondasi bawah harus cukup kuat dan mempunyai nilai *CBR* >20% dan *Plasticity Index* (PI) ≤10% (Sukirman, 1995).

Lapisan tanah dasar adalah lapisan yang terletak di bawah lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah asli baik, tanah yang di datangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang di stabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Untuk lapisan tanah dasar harus memiliki nilai *CBR* >7%.

Tabel 2. Klasifikasi Nilai *CBR*

<i>CBR</i> (%)	Keterangan
0-3	Sangat Buruk
3-7	Buruk
7-20	Sedang
20-50	Baik
>50	Sangat Baik

Sumber : Wesley, 1977

Pengujian *CBR* bertujuan untuk menentukan kekokohan permukaan lapisan tanah yang umumnya akan dipakai sebagai *sub-base* (urugan) atau *sub-grade* (lapisan tanah dasar) konstruksi jalan (Budi, 2011)

Berdasarkan SNI 1744:2012, *CBR* didefinisikan sebagai perbandingan antara beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

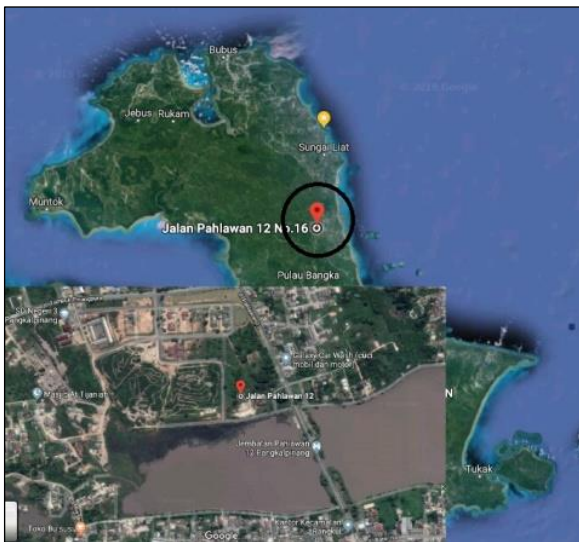
Nilai beban terkoreksi harus ditentukan untuk setiap benda uji pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci) dan 5,08 mm (0,02 inci). Nilai *CBR*, dinyatakan dalam persen, diperoleh dengan membagi nilai beban terkoreksi dengan beban standar secara berurutan sebesar 13 kN (3000 lbs) dan 20 kN (4500 lbs), dan dikalikan 100.

$$CBR = \frac{\text{Beban terkorreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100 \quad (1)$$

Uji *CBR* terendam (*Soaked CBR*) digunakan untuk mengetahui kekuatan material pada saat kehilangan kekuatannya akibat pembasahan. Benda uji *CBR* sebelumnya harus direndam dulu selama 4 hari. Pada tanah dasar (*subgrade*) kohesif, saat perendaman juga diukur pengembangannya. Saat perendaman, permukaan air rendaman harus terletak kira-kira 2,5 cm dari puncak permukaan benda uji.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan limbah abu cangkang sawit yang berasal dari PT. Putra Bangka Mandiri sebagai bahan untuk stabilisasi tanah lempung. Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tanah lapis permukaan yang berlokasi di kelurahan Kacang Pedang, Kota Pangkalpinang. Pengujian material seluruhnya dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.



Sumber: Google Map, 2019

Gambar 1. Peta lokasi Pengambilan sampel tanah lempung asli

Pada penelitian ini data propertis tanah, nilai *Optimum Moisture Content* (OMC) dan *Maximum Dry Density* diambil dari data sekunder kecuali data analisa saringan. Untuk klasifikasi tanah menggunakan sistem klasifikasi AASHTO.

Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian *CBR* soaked tanah lempung dan tanah lempung dengan bahan stabilisasi abu cangkang sawit dengan persentase 5%, 10% dan 15%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Propertis Tanah

Pada penelitian ini data propertis yang digunakan adalah data sekunder seperti yang tercantum di Tabel. 3.

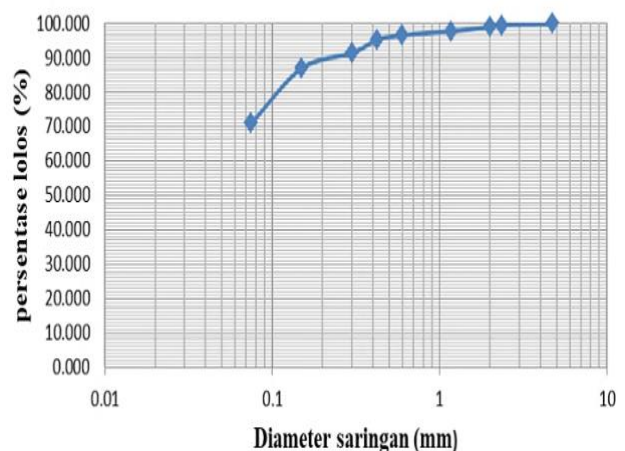
Tabel 3. Data Propertis Tanah

Nama	Nilai
Kadar air	29,010%.
Berat jenis	2,655
Batas cair (<i>LL</i>)	34,08 %.
Batas plastis (<i>PL</i>)	20,584 %.
Indeks plastisitas (<i>PI</i>)	13,496 %
Optimum Moisture Content (<i>OMC</i>)	18,2 %
<i>Maximum Dry Density</i> (<i>MDD</i>)	1,78 gr/cm ³

Sumber: Marlina, 2020

Pengujian analisis saringan

Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan, diperoleh nilai berat tanah tertahan pada saringan no 200 adalah 145,8 gram, sedangkan nilai persen lolos saringan nomor 200 sebesar 70,875 % lebih besar dari 35% (Gambar 1).



Gambar 1. Hubungan persen lolos terhadap diameter saringan

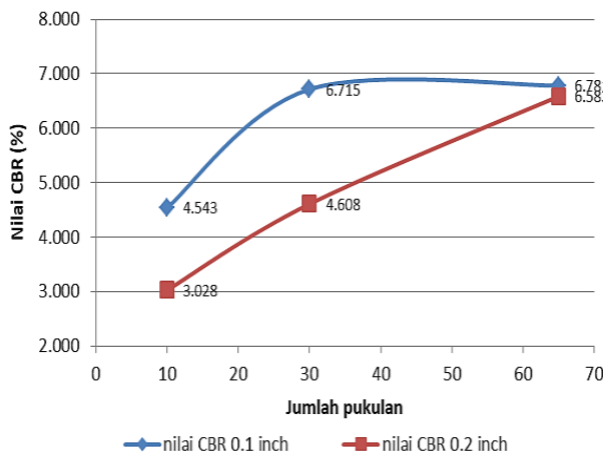
Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah ini dipergunakan untuk menentukan jenis tanah. Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan, diperoleh persentase lolos saringan nomor 200 sebesar >35%. Menurut klasifikasi AASHTO, jika persentase lolos saringan nomor 200 >35%, maka tanah di kelompokkan dalam tanah lanau hingga lempung. Pengklasifikasian selanjutnya dilihat dari sifat fraksi lolos saringan nomor 40 atau dilihat dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis. Berdasarkan pengujian batas cair, diperoleh hasil sebesar 34,08%. Mengacu pada tabel sistem klasifikasi, maka tanah masuk kedalam klasifikasi A-6 dengan persyaratan maksimum nilai *LL* adalah 40%. Nilai indeks plastisitas didapat dari selisih antara batas cair dan batas plastis, yaitu 13,496%. Dalam tabel klasifikasi AASHTO, tanah masuk dalam kelompok A-6 dengan syarat indeks plastisitas minimal 11%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa jenis tanah yang digunakan menurut sistem klasifikasi AASHTO merupakan tanah lempung kelompok A-6 dengan penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk.

Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

Pengujian CBR tanah lempung asli

Jenis tanah lempung yang digunakan yaitu tanah lempung klasifikasi AASHTO kelompok A-6. Kadar air yang digunakan untuk benda uji adalah kadar air optimum (*OMC*) .

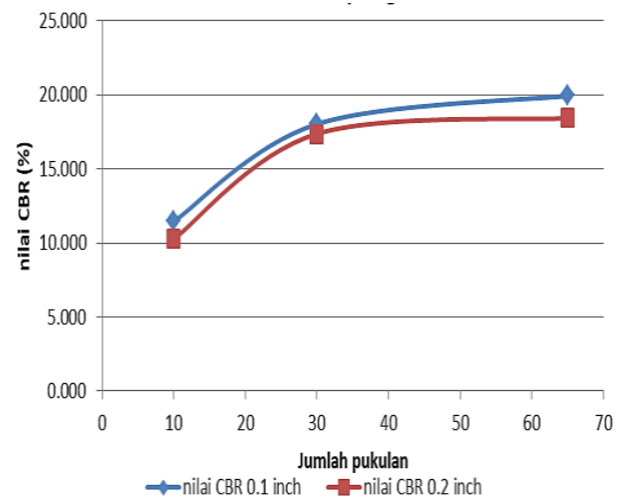


Gambar 2. Grafik perbandingan nilai CBR tanah lempung asli

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa hasil pengujian CBR pada tanah asli menghasilkan nilai CBR maksimum sebesar 6.781% pada jumlah pukulan 65 kali. Menurut Wesley (1977), nilai CBR 6.781% tanah lempung asli masuk dalam kategori yang memiliki daya dukung buruk karena nilai nilai CBR <7%.

Pengujian CBR tanah lempung asli + 5% POFA

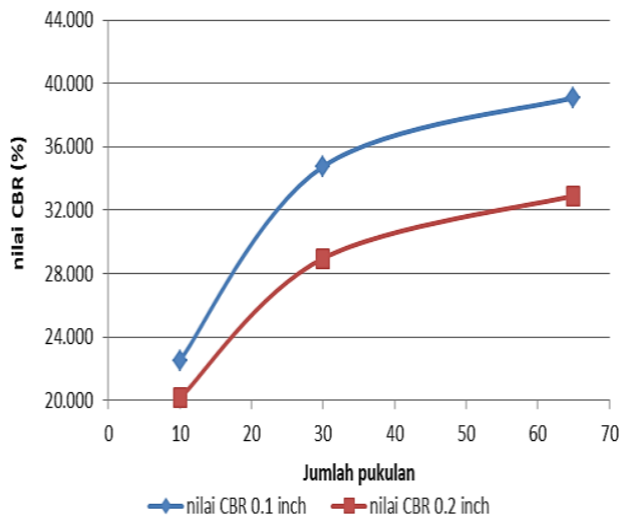
Nilai CBR dengan campuran 5% abu cangkang sawit maksimum sebesar 19.948% pada penetrasi 0,1 inch dan pukulan 65 kali. Mengacu pada klasifikasi nilai CBR yang terdapat dalam Tabel 2, maka nilai yang diperoleh menunjukkan kondisi tanah kategori sedang dengan nilai CBR 19.948% > 7-20%.



Gambar 3. Grafik nilai CBR tanah lempung + 5% POFA

Pengujian CBR tanah lempung asli + 10% POFA

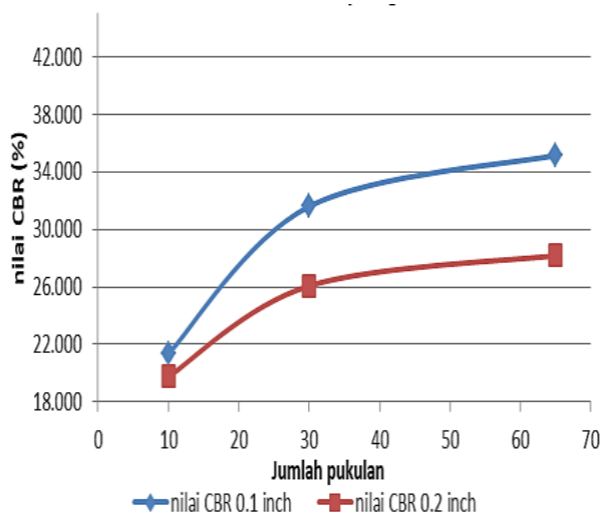
Nilai CBR pada penetrasi 0,1 inch lebih besar daripada penetrasi 0,2 inch, sedangkan nilai CBR yang terbesar terdapat pada penetrasi 0,1 inch pukulan 65 kali dengan nilai CBR rata-rata sebesar 39,105%. Mengacu pada Tabel 2, maka tanah lempung dengan campuran abu cangkang sawit 10% ini dapat dikategorikan jenis tanah baik, karena nilai CBR berada dalam rentang 20% < CBR 10% POFA = 39.105% < 50%.



Gambar 4. Grafik nilai CBR tanah lempung + 10% POFA

Pengujian CBR tanah lempung asli + 15% POFA

Pada pengujian CBR dengan campuran abu cangkang sawit 15%, nilai CBR terbesar diperoleh pada penetrasi CBR 0,1 inch, pukulan 65 kali. Nilai CBR rata-rata sebesar 35,155%. Menurut Wesley (1977), tanah campuran POFA tersebut dapat dikategorikan sebagai tanah baik karena nilai CBR 20% < CBR rata-rata = 35.155% < 50%.

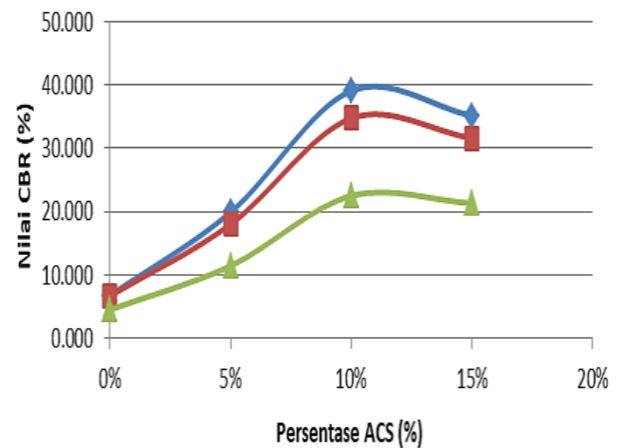


Gambar 5. Grafik nilai CBR tanah lempung + 15% POFA

Perbandingan pengujian CBR masing-masing sampel

Nilai CBR mengalami kenaikan pada kadar campuran POFA 5% dan 10%. Kenaikan nilai CBR pada sampel dengan

penambahan 5% dan 10% POFA disebabkan oleh bahan POFA yang memiliki kandungan silika dan dikategorikan sebagai bahan pozolan tipe F. Kenaikan juga terjadi pada setiap penambahan jumlah pukulan, semakin banyak jumlah pukulan nilai CBR mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan jumlah pukulan mempengaruhi kepadatan tanah. Semakin banyak jumlah pukulan, akan semakin kecil jumlah rongga udara yang ada di dalam material tanah dan kondisi tanah akan semakin padat. Dengan demikian, daya dukung tanah akan bertambah. Namun, pada kadar campuran POFA 15% nilai CBR mengalami penurunan (lihat Gambar 6).



Gambar 6. Grafik hubungan antara persentase POFA dan nilai CBR

Perhitungan persentase penurunan nilai CBR menggunakan data pada pukulan 65 kali:

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan} &= \frac{35,155 - 39,105}{39,105} \times 100\% \\ &= - 10,10\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada sampel dengan penambahan POFA 15%, nilai CBR mengalami penurunan 10,10% dari sampel sebelumnya. Pada campuran POFA 15%, berat abu cangkang sawit yang gunakan sebanyak 900 gram dari berat kering tanah yang digunakan yaitu 6000 gram. Kondisi ini yang menjadi salah satu penyebab berkurangnya kenaikan nilai CBR. POFA dalam campuran ini berperan sebagai bahan pengikat seperti bahan pozzolan yang dapat mempengaruhi kepadatan dan kekuatan tanah.

Kepadatan tanah akan bertambah karena POFA akan mengisi rongga udara pada tanah ketika proses pemadatan pada saat pembuatan sampel CBR. Namun, jika kandungan POFA terlalu banyak, maka bahan pengikat yang terdapat pada campuran juga akan semakin meningkat. Peningkatan bahan pengikat dalam campuran mempengaruhi perilaku campuran tanah pada saat perendaman dalam pengujian CBR. Pada tanah yang berlempung, proses perendaman akan mereduksi kekuatan tanah. Apabila campuran tanah dengan POFA direndam, maka kadar air campuran akan bertambah. Dengan bertambah kadar air dalam campuran akan menyebabkan POFA ikut beraksi dengan air, sehingga menyebabkan berkurangnya kekuatan tanah. Oleh karena itu, nilai CBR pada komposisi campuran POFA 10% merupakan kadar optimum komposisi yang baik digunakan sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan POFA pada tanah lempung dapat mempengaruhi nilai CBR, sehingga nilai CBR pada tanah dengan campuran POFA memenuhi syarat yang ditentukan sebagai tanah dasar, yaitu dengan syarat nilai CBR > 7%. Nilai CBR meningkat pada persentase 5% hingga 10% penambahan POFA, namun, mengalami penurunan nilai CBR pada persentase campuran POFA 15%. Komposisi campuran POFA yang dapat digunakan untuk stabilisasi tanah lempung berdasarkan nilai CBR tertinggi yaitu pada komposisi campuran tanah lempung dan 10% POFA, dengan persentase kenaikan nilai CBR campuran dari CBR tanah lempung asli sebesar 476,648%.

REFERENSI

- Budi, G.S., 2011, *Pengujian Tanah di Laboratorium (edisi pertama)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Darwis, 2017, *Dasar-dasar Teknik Perbaikan Tanah*, Pustaka AQ, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2012, *Mekanika Tanah 1 (edisi keenam)*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kusuma, R.I., dkk, 2015, *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Abu Sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Studi Kasus Jalan Desa Cibeulah, Pandeglang)*, Jurnal Fondasi, Volume 4 Halaman 69-80.
- Marlina, Fahrani, F., Apriyanti, Y., 2020. Utilization of palm kernel shell ash as stabilization materials for clay to settlement consolidation. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 599. doi:10.1088/1755-1315/599/1/012040
- Panjaitan, S.R.N., 2014. Pengaruh Perendaman Terhadap Nilai CBR Tanah Mengembang yang Distabilisasi Dengan Abu Cangkang Sawit, *Jurnal Teknik Sipil*. 28: 14-21.
- Refi, A dan Elvanisa, 2016. Pengaruh Variasi Abu Cangkang Sawit Terhadap Kembang Susut Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil ITP*. 3: 1-10.
- Sarifah, J., dan Pasabiru, B., 2017. Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Guna Meningkatkan Stabilitas Tanah Lempung. *Buletin Utama Teknik*. 13: 55-61.
- SNI 1743:2008, *Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1744:2012, *Metode Uji CBR Laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1964:2008, *Cara Uji Berat Jenis Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1965:2008, *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1966:2008, *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 1967:2008, *Cara Uji Penentuan Batas*

- Cair Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- SNI 3423:2008, *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Sukirman, S., 1995. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Wesley, L.D., 2012. *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu (edisi pertama)*, Andi, Yogyakarta.
- Yuliana, Rizqi, 2013, *Karakteristik Fisis dan Mekanis Abu Sawit (palm oil fuel ash) dalam Geoteknik*, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Riau.