

Stabilisasi Tanah Gambut Menggunakan Pofa Sisa Pembakaran Cangkang Sawit Ditinjau dari Nilai CBR

Del Zamre Ikhlas¹ Dila Oktarise Dwina² Ade Nurdin³ Oki Alfernando⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jambi

Jl. Raya Jambi-Ma. Bulian, KM.15, Mendalo Indah, Jambi

¹E-mail: delzamre1010@gmail.com

Abstrak — penelitian ini membahas pemanfaatan abu limbah pembakaran cangkang sawit (POFA). Variasi penambahan POFA yaitu 0%, 30%, 35%, 40%, 45%, terhadap berat tanah kering dengan waktu pemeraman 0 hari, 7 hari. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui daya dukung tanah dengan penambahan material berupa POFA di tinjau dari nilai CBR. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu tanah gambut asli sebagai tanah dengan kandungan organik yang tinggi termasuk kedalam golongan A-8 menurut sistem AASHTO dan disimbolkan dengan peat berdasarkan sistem USCS. Sampel tanah pada lokasi tangkit baru termasuk tanah yang memiliki daya dukung yang jelek karena memiliki nilai CBR 2,43%. Pada tanah campuran POFA diperoleh nilai CBR yang meningkat pada umur pemeraman 0 dan 7 hari sebesar 2,83%, 3,55% CBR tertinggi didapat pada variasi campuran 45% POFA terhadap tanah kering dengan masa pemeraman 7 hari yaitu sebesar 3,55%.

Kata-kata Kunci: POFA; stabilisasi; CBR.

Abstract — This study discusses utilization of palm shell burning waste ash (POFA). Variations in addition of POFA are 0%,30%,35%,40%,45%, on dry soil weight with curing time of 0 days, 7 days. The purpose was to determine the bearing capacity of soil with addition of material in form of POFA in terms of CBR value. The results of the research are on testing original peat soil with high organic content are included in group A-8 according to AASHTO system and symbolized by peat according to USCS system. The soil sample at Tangkit Baru includes soil that has poor bearing capacity because it has CBR value of 2.43%. In POFA mixed soils, gets CBR value which increases at 0 and 7 days of curing age of 2.83%, the highest 3.55% CBR is obtained in mixed variation of 45% POFA on dry soil with curing period of 7 days, which is 3.55 %.

Keywords: POFA; stabilization; CBR.

I. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu elemen terpenting dalam bidang konstruksi. di dalam konstruksi ditemukan jenis tanah yang kurang kuat dalam menerima beban di atasnya salah satunya adalah tanah gambut. Menurut Balai Pengkaji Teknologi Pertanian Kota Jambi (2018), tanah gambut tersebar sangat luas di Indonesia khususnya Provinsi Jambi. Tanah gambut merupakan tanah organik yang terbentuk dari sisa-sisa binatang atau tumbuhan dalam keadaan layu maupun tidak layu. Suatu usaha yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah secara kimiawi dengan menggunakan bahan-bahan tertentu disebut dengan stabilitas tanah. Agar tanah gambut bisa memenuhi persyaratan dan dapat digunakan dengan maksimal, salah satu cara mengatasinya adalah dengan meningkatkan nilai daya dukung tanah dengan menerapkan stabilisasi tanah menggunakan bottom ash abu tandan kelapa sawit (Dwina, dkk 2021). Material yang bisa digunakan untuk stabilisasi tanah salah

satunya adalah limbah abu bakar kelapa sawit atau disebut dengan POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) (Charles, 2015). POFA merupakan hasil pembakaran limbah padat kelapa sawit pada suhu sekitar 800 - 1000 °C pada pembangkit listrik tenaga uap di pabrik kelapa sawit (Tangchirapat, 2009). Penulis terkhusus meneliti penggunaan POFA dengan ukuran saringan lolos saringan No.50 tertahan No.100, penulis menggunakan bantuan alat *shave shaker* untuk membantu memisahkan butiran lolos saringan No.50 tertahan No.100 untuk bahan stabilisasi tanah. Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis melakukan sebuah penelitian. Berdasarkan kondisi tanah yang ada, penulis tertarik untuk meneliti lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Penelitian ini berlandaskan oleh pemanfaatan limbah kelapa sawit yang disebut dengan POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) sebagai bahan material campuran pada tanah dengan tujuan mengetahui pengaruh penggunaan POFA dengan ukuran saringan lolos saringan No.50 tertahan

No.100 yang dihasilkan dari pembakaran limbah padat kelapa sawit dalam meningkatkan stabilitas tanah gambut yang dilihat dari nilai CBR.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stabilisasi Tanah

Usaha yang dilakukan untuk memperbaiki sifat – sifat teknis tanah dengan cara mencampur tanah dengan bahan tambah tertentu agar memenuhi syarat teknis tertentu disebut juga dengan stabilisasi tanah. Dalam pembangunan jalan raya, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) kedalam tanah (Hardiyatmo, 2006). Tujuan perbaikan tanah ialah memperoleh tanah dasar yang stabil yang mampu bertahan di semua musim dan sesuai rencana umur tanah yang telah ditetapkan. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan menerapkan metode-metode berikut:

1. Stabilisasi secara mekanis

Stabilisasi mekanis adalah metode stabilisasi dengan maksud untuk menambah kekuatan atau daya dukung tanah dengan mengatur gradasi tanah tersebut. Menurut Bowles (1991), umumnya usaha ini menerapkan sistem pemadatan menggunakan beberapa jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, dan sebagainya.

2. Stabilitas secara kimiawi

Stabilisasi secara kimiawi adalah metode stabilisasi dengan menambahkan bahan campuran yang mampu mengubah sifat-sifat tanah yang kurang menguntungkan dan biasa digunakan untuk menstabilisasi tanah dengan butir halus. Bahan pencampur yang biasa digunakan yaitu *Portland cemen* (PC), abu sekam padi (HRA), aspal emulsi, gula, kapur, sodium, tetes tebu, Abu pembakaran cangkang kelapa sawit (POFA) dan lain lain.

2.2 Limbah Pembakaran Cangkang Sawit

Limbah pembakaran kelapa sawit yang biasa disebut dengan POFA (*Palm Oil Fuel Ash*). POFA adalah produk sampingan pabrik kelapa sawit yang dihasilkan dari pembakaran cangkang, serat dan tandan kosong, setelah ekstraksi minyak

dari sawit segar, sehingga pembakaran cangkang kelapa sawit menghasilkan uap, dan pemasok energi listrik.

Tabel 1. Komposisi kimia POFA

No	Modulus Elastisitas (psi)	POFA
1	Silika (SiO ₂)	64,36 %
2	Alumina (Al ₂ O ₃)	4,36 %
3	Fero oksida (Fe ₂ O ₃)	3,41 %
4	Kalsium oksida (CaO) ₂	7,92 %
5	Magnesium oksida (MgO) ₂	4,58 %
6	Sulfur trioksida (SO ₃)	0,04 %
7	Kalium oksida (K ₂ O)	5,57 %

2.3 Pengujian Kadar Air

Menurut SNI 1965-2008, kadar air untuk tanah dan batuan ditentukan di laboratorium. Penentuan dilakukan terhadap contoh tanah atau batuan yang diambil dari lapangan. Hasil dari uji kadar air ini diterapkan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya. Perhitungan kadar air pun menurut SNI 1965-2008 adalah:

$$w = \frac{W1 - W2}{W2 - W3} \times 100\% \quad (1)$$

dengan W = kadar air, W1 = berat cawan, dan tanah basah, W2 = berat cawan dan tanah kering, W3 = berat cawan, (W1-W2) = berat air, (W2-W3) = berat tanah kering (partikel padat).

2.4 Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Menurut SNI 1964-2008, berat jenis adalah nilai yang menunjukkan perbandingan berat isi butir tanah dan berat isi air suling pada temperatur dan volume yang sama. Persamaan yang dipakai untuk menghitung berat jenis pada suatu contoh tanah adalah:

$$GS = \frac{Wt}{W5 - W3} \quad (2)$$

dengan W2 = berat piknometer + contoh, W1 = berat piknometer, Wt = berat tanah (W2 – W1), W3 = berat piknometer + air + tanah pada temperature 20°C, W5 = Wt + W4

2.5 Batas Konsistensi Tanah (Batas-Batas *Atterberg*)

Pengukuran batas konsistensi tanah ini dilakukan secara rutin untuk sebagian besar penyelidikan yang meliputi tanah berbutir halus (Bowles, 1989). Dua angka yang paling penting adalah batas cair dan batas plastis yang disebut batas-batas *Atterberg*.

2.6 Batas cair (*Liquid Limit*)

Kegunaan hasil uji batas cair ini ialah untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya (SNI 1965-2008). Nilai batas cair bisa

didapat dari grafik hubungan kadar air dan jumlah pukulan, atau bisa dengan rumus berikut:

$$\% KA = \frac{\text{berat air}}{\text{berat tanah kering oven}} \times 100\% \quad (3)$$

2.7 Batas plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (*Plastic Limit*) disebut juga sebagai kadar air yang dinyatakan dalam persen. Batas plastis menunjukkan tanah yang digulung sampai dengan diameter 1/8 in (3,2mm) akan mengalami keretakan. Menurut Das (1988), batas plastis menunjukkan batas terendah dari tingkat keplastisan tanah. Perhitungan batas plastis dapat dihitung menggunakan persamaan 3.

2.8 Indeks plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (*Plasticity Index*) tanah ialah persen yang menunjukkan selisih antara batas cair dengan batas plastis tanah (Das,1988). Indeks plastisitas tanah dapat ditentukan menggunakan rumus berikut:

$$PI = LL - PL \quad (4)$$

dengan PI = indeks plastisitas, LL = batas cair, PL = batas plastis.

2.9 Analisis Saringan (*Sieve Analyze*)

Menurut SNI 3423-2008, Analisis saringan ialah penentuan persentase berat butiran tanah yang berhasil lolos dari satu set saringan. Tujuan analisis saringan untuk menentukan persentase ukuran butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan no. 200. Cara analisis saringan dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Analisa saringan fraksi yang tertahan saringan No. 10 (2,00 mm) Sejumlah contoh tanah 500 g yang tertahan saringan No.10 (2,00 mm) akan ditentukan jumlah dan distribusi butirnya, dipisahkan dalam rangkaian susunan saringan 75, 50, 25, 9,5 dan 4,75 (3 in, 2 in, 1 in, 3/8 in dan No.4).
2. Analisis Saringan fraksi yang lolos saringan No. 10 (2,00 mm) Contoh tanah yang lolos saringan 2,00 mm sebanyak 100-50 g dilakukan analisa hidrometer terlebih dahulu. Setelah langkah terakhir pengujian hidrometer selesai maka tanah kering yang tertahan pada saringan No.200 (0,075 mm) tersebut ditentukan jumlah dan distribusi

butirnya dengan menggunakan serial saringan No.40 (0,425 mm) sampai sa ringan No.200 (0,075 mm).

2.10 Pengujian Kadar Abu dan Kadar Organik
Pengujian ini merupakan tahapan untuk mendapatkan nilai kadar abu tanah. Pengujian kadar abu dan kadar organik bertujuan untuk mengklasifikasikan jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian ini menggunakan acuan SNI 13-6793-2002. Persamaan pengujian kadar abu dan kadar organik sebagai berikut :

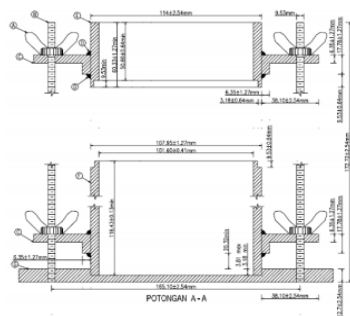
$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{(C \times 100\%)}{B} \quad (5)$$

$$\text{Kadar Organik (\%)} = 100\% - \text{kadar abu} \quad (6)$$

Dengan C = berat abu, B = berat benda uji kering oven.

2.11 Kepadatan Standar (*Proctor*)

Pengujian pemadatan menggunakan uji proctor. Pada uji ini, tanah dipadatkan dalam sebuah cetakan silinder bervolume 943,3 cm³ dengan ukuran diameter cetakan tersebut adalah 101,6 mm. selama percobaan di labolatorium, cetakan itu di kelem pada sebuah pelat dasar dan di atasnya diberi perpanjangan. Tanah dicampur air dengan kadar yang berbeda-beda kemudian dipadatkan dengan menggunakan penumbuk khusus. Kepadatan yang dicapai tergantung pada jumlah air (kadar air) yang terkandung dalam tanah. Kepadatan tanah dinyatakan dalam nilai berat isi kering (γ_d). Alat untuk pengujian proctor standar dapat dilihat pada gambar 1:



Gambar 1. Alat pengujian kepadatan standar

Untuk setiap percobaan, persamaan untuk menentukan berat volume basah (γ) dari tanah yang dipadatkan sebagai berikut:

$$\gamma_b = \frac{w}{V_m} \quad (7)$$

dengan γ_b = berat volume basah, W = berat tanah yang dipadatkan di dalam cetakan, V_m = volume cetakan.

Pada setiap percobaan, nilai kadar air dalam tanah yang dipadatkan dapat ditentukan di laboratorium. Setelah kadar air diketahui, berat volume kering (γ_d) dari tanah dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100 \% \quad (8)$$

dengan W = kadar air tanah, m_1 = masa tanah basah, m_2 = volume cetakan.

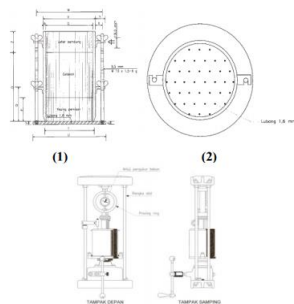
Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad (9)$$

dengan γ_d = berat volume kering, γ_b = berat volume basah, W = kadar air.

2.12 CBR (*California Bearing Ratio*)

Perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar menggunakan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama merupakan CBR laboratorium. CBR laboratorium umumnya digunakan untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan lapangan terbang untuk menentukan tebal perkerasan jalan. Pengujian CBR laboratorium dilakukan terhadap berbagai benda uji, biasanya dipengaruhi oleh kadar air pematatan dan densitas kering yang ingin dicapai. Pengujian CBR laboratorium sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) ini digunakan untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, pondasi bawah dan pondasi atas (SNI 03-1744-1989). Alat pengujian CBR laboratorium ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Alat pengujian CBR Laboratorium

Metode uji CBR pada SNI 1744:2012 menetapkan dua metode yaitu pada kadar air optimum dan pada rentang kadar air sesuai kadar air dan densitas kering yang ditentukan. Untuk CBR kadar air optimum, dipersiapkan 3 contoh uji yang dipadatkan dengan jumlah tumbukan per lapis 10 kali, 30 kali, dan 65 kali, dan untuk CBR pada rentang kadar air tertentu dipersiapkan paling kurang 5 contoh uji dipadatkan dengan jumlah tumbukan per lapis 56 kali. Perhitungan nilai CBR dapat dicari menggunakan persamaan dibawah yang kemudian dikorelasikan dengan grafik pematatan

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini merupakan metode penelitian eksperimen. Metode penelitian eksperimen merupakan suatu penelitian ilmiah dimana peneliti memanipulasi dan mengontrol satu atau dua variable bebas yang digunakan untuk memperoleh pengaruh dari perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalkan. Pada penelitian ini melakukan eksperimen untuk melihat apakah ada pengaruh dari tanah gambut apabila di stabilisasikan dengan penambahan bahan campuran berupa POFA dengan ukuran butiran lolos saringan No.50 tertahan No.100 terhadap CBR.

Penelitian ini meliputi pengujian sifat fisik tanah dan sifat mekanis tanah. Pengujian sifat fisik tanah yaitu pengujian kadar air diperlukan 4 sampel, pengujian berat jenis diperlukan 2 sampel, pengujian batas-batas *Atterberg* diperlukan 6 sampel, pengujian Analisa saringan diperlukan 2 sampel. Adapun pengujian sifat mekanis tanah yaitu, pengujian pematatan standar diperlukan 26 sampel dan pengujian CBR diperlukan 42 sampel, sehingga total sampel yang diperlukan sebanyak 82 buah. Kemudian persentase variasi campuran POFA 30%, 35%, 40% dan 45% dari total berat tanah kering untuk mengetahui pengaruh persen penambahan POFA dan pengaruh dari pemeraman 0 hari dan 7 hari. Sampel tanah diperoleh dari Desa Tangkit Baru, Kabupaten Muaro Jambi dan sampel POFA diambil di PT. Sumbertama Nusapertiwi yang berlokasi di Kabupaten Muaro Jambi. Sampel yang diambil dibawa dan diuji di UPTD Balai Laboratorium Bahan Kontruksi Kota Jambi.

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer yang mana diperoleh dari hasil pengujian yang telah dilakukan dilaboratorium,

mulai dari persiapan sampel hingga sampel yang siap diuji. Metode pengumpulan data tentunya dengan melakukan eksperimen dan percobaan pada benda uji. Adapun tujuan pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Kadar Air (*Moisture Content*), SNI-1965-2008
Pengujian kadar air dilakukan untuk menentukan kadar air tanah berdasarkan beratnya dengan cara membandingkan berat air tanah dan berat partikel tanah (satuan persen).
2. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*), SNI-1964-2008
Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan hasil dari perbandingan antara berat butir tanah dengan volume tanah padat atau berat air yang dengan isi sama dengan isi tanah padat tersebut pada suhu tertentu.
3. Pengujian batas plastis dan indeks plastisitas, SNI-1966-2008
Pengujian batas plastis dan indeks plastisitas digunakan menentukan nilai plastisitas tanah dan batas cair tanah dengan didapatkan data indeks plastisitas.
4. Pengujian analisa saringan (*Sieve Analyze*), SNI 3423-2008
Pengujian analisa saringan pada tanah gambut yang dilakukan untuk menentukan distribusi butiran. Tanah gambut disaring dengan menggunakan saringan No. 200.
5. Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah, SNI 1743-2008
Pengujian kepadatan ringan dilakukan untuk menentukan nilai kepadatan tanah dan kadar air optimum tanah, guna untuk penambahan air pada pengujian CBR.
6. Uji CBR Laboratorium, SNI 1744-2012
Pengujian CBR laboratorium dilakukan untuk menentukan nilai daya dukung tanah yang telah diperlakukan di Laboratorium.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Kadar Air Tanah

Pengujian menggunakan 4 buah sampel, setiap sampel diperoleh hasil yang berbeda-beda. maka diperoleh kadar air tanah gambut yang dinyatakan dalam persen, hasil dari perhitungan bisa dilihat dari Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian kadar air tanah

Sampel	Kadar air	Kadar air rata-rata (w)	Satuan
1	472,555		
2	531,420		
3	506,452	506,983	%
4	515,515		

Setelah didapatkan nilai kadar air masing-masing sampel lalu didapat Kadar air rata-rata tanah gambut asli didapat dari 4 sampel sebesar 506,983. Menurut (Widjaja, 1988), kadar air tanah gambut bisa mencapai 300-3000%, untuk kadar air <100% berdasarkan berat umumnya telah mengalami proses kering tidak balik (*irreversible drying*).

4.2 Berat Jenis Tanah

Nilai berat jenis diperoleh dari pengujian terhadap 2 sampel. maka diperoleh berat jenis Tanah. Hasil dari perhitungan bisa dilihat dari tabel berikut:

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis

Keterangan	Sampel	
	1	2
Berat jenis (<i>G_s</i>)	1,495	1,496
Berat Jenis Rata-rata (<i>G_s</i>)	1,496	

Dari hasil pengujian 2 sampel diperoleh berat jenis rata-rata sebesar 1,496. menurut (Wesley, 1977), berat jenis dengan nilai < 2 dapat diklasifikasikan sebagai tanah gambut. Semakin kecil berat jenis tanah maka kerapatan tanahnya akan semakin kecil dan memiliki angka pori yang besar, maka dari itu tanah gambut memiliki daya dukung yang rendah.

4.3 Batas Konsistensi Tanah (Batas-Batas *Atterberg*)

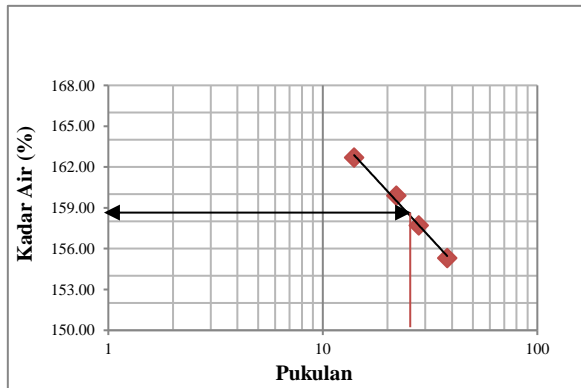
Pengujian batas konsistensi tanah menggunakan sampel tanah dengan lolos saringan No. 40 dan dalam keadaan kering udara. Hasil masing-masing pengujian bisa dilihat sebagai berikut:

1. Pengujian batas cair (LL)

Tabel 4. Hasil Pengujian Batas Cair

Sampel	Kadar air	Kadar air rata-rata (w)	Satuan
1	155,31		
2	157,70		
3	159,88	158,57	%
4	162,68		

Untuk hasil pengujian batas cair didapatkan dari penarikan garis pada grafik di pukulan 25. Grafik pengujian batas cair ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik batas cair

Dapat dilihat pada penarikan garis dipukulan 25 diperoleh hasil batas cair (LL) sebesar 158,570 %. Berdasarkan *Unified soil classification system* (USCS) (A. Casagrande, 1948), menunjukkan bahwa tanah gambut umumnya mempunyai batas cair >50%.

2. Pengujian batas plastis (PL)

Sampel yang diujikan untuk pengujian batas plastis sebanyak 2 sampel. Hasil dari pengujian bisa dilihat sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil pengujian batas plastis

Keterangan	Sampel	
	1	2
Kadar Air (%)	87,50	82,26
Kadar Air Rata-rata (Gs)	84,88	

Berdasarkan pengujian batas plastis, maka didapatkan rata-rata dari kedua sampel 84,88 %.

3. Indeks plastisitas (PI)

Dari hasil pengujian batas cair (LL) dan batas plastis (PL), maka indeks plastisitas tanah gambut yang didapat sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 PI &= LL - PL \\
 &= 158,570 \% - 84,88 \% \\
 &= 73,69 \%
 \end{aligned}$$

menurut bowles (1997) tanah tersebut termasuk plastisitas tinggi dan kohesif tinggi, karena indeks plastisitasnya >30%, untuk tanah gambut memiliki indeks plastisitas 35 – 95. Semakin besar indeks plastisitasnya maka semakin besar pula kemampuan tanah untuk meregang sebelum terjadi keruntuhan, dikarenakan kemampuan menahan beban besar sangat rendah.

4.4 Analisa Saringan

Dari Analisa saringan ini didapat bahwa seluruh butiran tanah gambut lolos pada saringan

tersebut. Klasifikasi tanah berdasarkan system USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah yang lolos saringan 200 >50% termasuk kedalam tanah berbutir halus Tanah yang digunakan adalah tanah kering oven dengan berat 500 gr.

4.5 Kadar Abu dan Kadar Organik

Pada pengujian ini memerlukan sampel tanah kering oven yang telah di uji kadar airnya sebanyak 94,52 gram, sampel tanah tersebut dioven Kembali dengan suhu $\leq 400^\circ$ selama ± 3 jam. Hasil dari pengujian bisa dilihat pad Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian kadar abu dan kadar organik

Pengujian kadar abu	Nilai	Satuan
Berat abu + cawan	88,29	Gram
Berat abu	0,88	Gram
Nilai kadar abu	12,38	%

Didapat hasil persentase kadar abu 12,38% dan diperoleh kadar organik pada pengujian ini adalah 87,62%. Menurut ASTM D4427-92 (2002) jika kadar abu berkisar antara 5%-15% maka tanah tersebut termasuk klasifikasi tanah gambut *medium ash peat*.

4.6 Sifat Fisik POFA (*Palm Oil Fuel Ash*)

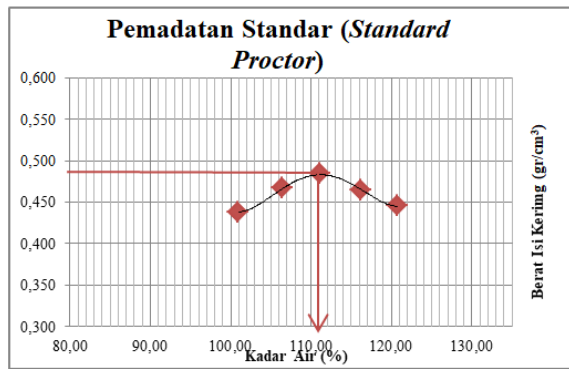
Pengujian sifat fisik POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) bertujuan untuk mengetahui kandungan kadar air, berat jenis dan gradasi butiran dari POFA yang akan digunakan sebagai bahan campuran untuk mentabilisasikan tanah gambut. Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik POFA yang telah dilakukan, diperoleh kadar air rata-ratanya sebesar 70,59 % hasil pengujian berat jenis dengan menggunakan POFA lolos saringan No.10 sebesar 2,03. Hasil dari pengujian gradasi butiran (analisa saringan) diperoleh POFA yang tertahan saringan No.200 sebesar 51,264% dan POFA yang lolos saringan No.200 sebesar 48,736%.

4.7 Pengujian Pemadatan Standar Tanah Asli

Pengujian pemadatan standar pada tanah gambut bertujuan untuk mendapatkan kadar air optimum yang digunakan sebagai penambahan kadar air untuk pengujian CBR. Nilai kadar air optimum untuk tanah asli bisa dilihat pada Tabel 7 dan Gambar4.

Tabel 7. Hasil pengujian pemadatan standar tanah asli

Uraian	Sampel				
	720	750	780	840	900
Penambahan air (cc)					
Berat isi kering (gr/cm ³)	0,438	0,466	0,483	0,465	0,445
Kadar air	101,00	106,47	111,15	116,19	120,75



Gambar 4. Grafik Pemadatan Standar Tanah Asli

Diperoleh kadar air optimum untuk tanah asli yaitu pada penambahan 780 cc air sebesar 111,15 % dan berat isi kering tanah 0,483 (gr/cm³).

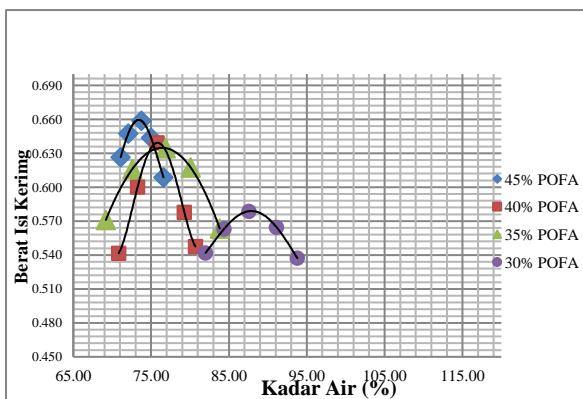
4.8 Pemadatan Standar Tanah Campuran

Diperoleh hasil kadar air optimum dan berat isi kering tanah campuran, bisa dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Pemadatan Standar Tanah Campuran

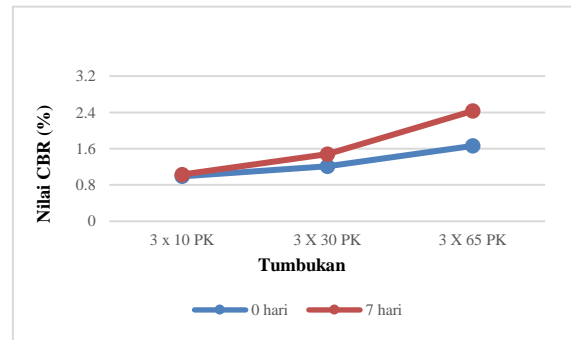
No	Variasi	Berat isi kering (gr/cm ³)	Kadar air optimum (%)
1	30 % POFA + 70 % Tanah	0,579	87,55
2	35 % POFA + 65 % Tanah	0,635	76,87
3	40 % POFA + 60 % Tanah	0,639	75,75
4	45 % POFA + 55 % Tanah	0,659	73,76

Kadar air yang telah diperoleh digunakan sebagai kadar air tambahan pada pengujian CBR dan berdasarkan variasinya masing-masing. Setiap penambahan air pada pengujian CBR tanah campuran sama seperti penambahan air pada pengujian CBR tanah.



Gambar 5. Grafik Pengujian Kadar Air Optimum Setiap Variasi

4.9 CBR (*California Bearing Ratio*) Tanah Asli Nilai CBR yang diambil dari pengujian yaitu pada penurunan 0,1inch dan 0,2inch. Untuk hasil pengujian CBR tanah asli ditunjukkan pada Gambar 6 dan Tabel 9.



Gambar 6. Grafik Pengujian CBR Tanah Asli

Tabel 9. Hasil Pengujian CBR Tanah Asli

Tumbukan	Waktu Pemeraman	
	0 Hari	7 Hari
3 x 10 pk	0,99	1,03
3 x 30 pk	1,21	1,48
3 x 65 pk	1,66	2,43

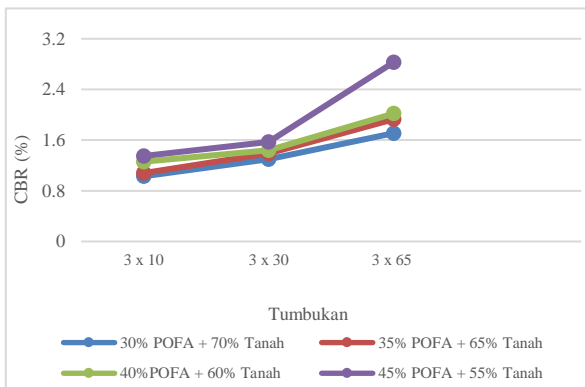
peningkatan nilai CBR, semakin lama pemeraman maka semakin tinggi CBR yang didapat, artinya nilai daya dukung tanah juga semakin meningkat. Nilai CBR tanah tertinggi yaitu 2,43% dengan lama pemeraman 7 hari dan pada 65 PK.

4.10 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) Tanah Campuran Dengan Masa Pemeraman 0 Hari

Sampel yang disiapkan untuk pemeraman 0 hari sebanyak 12 sampel dengan pembagian masing-masing sampel yaitu 30% POFA (3 sampel), 35% POFA (3 sampel), 40% POFA (3 sampel), 45% POFA (3 sampel). Untuk hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 10 dan Gambar 8.

Tabel 10. Hasil Pengujian CBR Campuran Pemeraman 0 Hari

Tumbukan	0 Hari			Campuran
	3 x 10	3 x 30	3x 65	
Nilai CBR (%)	1,03	1,30	1,71	30% POFA + 70% Tanah
	1,08	1,39	1,93	35% POFA + 65% Tanah
	1,26	1,44	2,02	40% POFA + 60% Tanah
	1,35	1,57	2,83	45% POFA + 55% Tanah

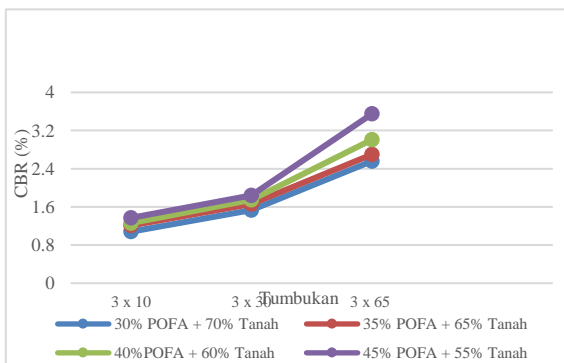


Gambar 7. Grafik Pengujian CBR Campuran Pemeraman 0 hari

4.11 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) Tanah Campuran Dengan Masa Pemeraman 7 Hari

Tabel 11. Hasil Penujian CBR Campuran Pemeraman 7 Hari

Tumbukan	3 x 10	3 x 30	3 x 65	Campuran
	1,08	1,53	2,56	30% POFA + 70% Tanah
Nilai CBR (%)	1,21	1,66	2,70	35% POFA + 65% Tanah
	1,26	1,75	3,01	40% POFA + 60% Tanah
	1,37	1,84	3,55	45% POFA + 55% Tanah



Gambar 8. Grafik Pengujian CBR Campuran Pemeraman 7 hari

V. KESIMPULAN

1. Hasil penambahan POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) saringan tertahan No.100 lolos No.50 menunjukkan semakin besar penambahan POFA maka nilai berat isi kering maksimum semakin naik dan kadar air optimum semakin menurun.

2. Dilihat dari nilai CBR pada pemeraman 0 hari dengan nilai tanah sebesar 1,66% menjadi 2,83% setelah dilakukannya campuran POFA paling tinggi yaitu 45% dari berat tanah kering, dimana terjadi peningkatan sebesar 0,70 kalilipat dari nilai CBR tanah gambut. nilai CBR yang didapatkan pada pemeraman 7 hari dengan nilai tanah sebesar 2,43% menjadi 3,55% setelah dilakukannya campuran POFA paling tinggi yaitu 45% dari berat tanah kering, dimana terjadi peningkatan sebesar 0,46 kalilipat dari nilai CBR tanah gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D4427-92. (2002). *Standard classification of peat samples by laboratory testing*. Amerika Serikat.
- Bowles, J. E., & Helnim, J. K. (1991). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. PT Erlangga. Jakarta.
- Bowles, J.E. (1989). *Sifat-sifat fisik dan geoteknis tanah*. Erlangga.
- Casagrande, A. (1948). *Classification and identification of soils*. Transactions ASCE, Vol. 113. pp. 901
- Charles AN, F. F. (2015). *Stabilisasi tanah lempung menggunakan palm oil fuel ash (POFA)*. Universitas Riau.
- Das, B. M. (1988). *Mekanika tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)* (Jilid I). Erlangga.
- Dwina, D. O., N. Nazarudin, D. Kumalasari, & E. Fitriani. (2021). Stabilisasi tanah gambut dengan penambahan material kapur dan fly ash dari sisa pembakaran Cangkang Sawit sebagai subgrade jalan. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 10, 24-32.
- Hardiyatmo, H.C. (2006). *Mekanika tanah 1* (Edisi Keempat). Gajah Mada University Press.
- SNI 1965-2008. (2008). Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 1964-2008. (2008). Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 3423 2008. (2008). Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 1744-2012. (2012). Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- SNI 03-1744-1989. (1989). Badan Standarisasi Nasional. Bandung
- SNI 13-6793-2002. Badan Standarisasi Nasional. Bandung
- Wesley, L. D. (1977). *Mekanika tanah* (Cetakan ke VI). Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Widjaja, A., I. P. G. (1988). Masalah tanaman di lahan gambut. *Cisarua*.