

Penggunaan Campuran POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) Dan Gypsum Sebagai Stabilisasi Tanah Gambut Ditinjau Dari Nilai CBR (*California Bearing Ratio*)

Use Of A Mixture Of Pofa (Palm Oil Fuel Ash) And Gypsum As A Peat Soil Stabilization Viewed From The CBR Value (California Bearing Ratio)

Annisa Rizki Sulardi Fitriani^{1*}, Dila Oktarise Dwina², Oki Alfernando³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia
Email: ^{1*}annisarsf30@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas pemanfaatan campuran abu limbah pembakaran cangkang sawit (POFA) dan gypsum. Variasi penambahan POFA sebesar 0 persen, 45 persen, 50 persen, 55 persen, 60 persen, dan gypsum sebesar 10 persen terhadap berat tanah kering dengan waktu perendaman 4 hari. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui daya dukung tanah dengan penambahan material berupa POFA dan gypsum 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 desa gambut jaya termasuk tanah yang memiliki daya dukung yang jelek karena memiliki nilai (*California Bearing Ratio*) CBR 1,08 persen. Pada tanah campuran POFA dan gypsum diperoleh nilai CBR yang meningkat pada umur perendaman 4 hari sebesar 4,76 persen CBR tertinggi didapat pada variasi campuran 45 persen POFA dan 10 persen gypsum terhadap tanah kering dengan masa perendaman 4 hari.

Kata kunci: *California Bearing Ratio, Gypsum, Palm Oil Fuel Ash, Stabilisasi Tanah Gambut*

Abstract

This study discusses the utilization of a mixture of Palm Oil Fuel Ash (POFA) and gypsum. Variations in the addition of POFA by 0 percent, 45 percent, 50 percent, 55 percent, 60 percent, and gypsum by 10 percent by weight of dry soil with a soaking time of 4 days. The purpose of this study was to determine the carrying capacity of the soil with the addition of materials such as POFA and gypsum in terms of the California Bearing Ratio (CBR) value. The results obtained from this study are that native peat soil as soil with high organic content is included in group A-8 according to the AASHTO system and is symbolized by peat based on the USCS system. The soil sample at the Peat Jaya village location includes soil that has a poor carrying capacity because it has a CBR value of 1.08 percent. In POFA and gypsum mixed soil, the CBR value increased at 4 days of immersion age of 4.76 percent, the highest CBR was obtained in a mixture of 45 percent POFA and 10 percent gypsum for dry soil with 4 days of immersion.

Keywords: *California Bearing Ratio, Gypsum, Palm Oil Fuel Ash, Peat Soil Stabilization*

PENDAHULUAN

Tanah merupakan pondasi penting dalam pembangunan konstruksi, dan ketika tegangan diterapkan pada tanah, tanah akan

menekan dan berfungsi untuk mendistribusikan beban pada infrastruktur. Berdasarkan Balai Pengkaji Teknologi Pertanian Kota Jambi (2018) menyebutkan bahwa provinsi Jambi memiliki luas tanah

gambut terbesar yaitu 716.836 hektar dan merupakan penyebaran lahan gambut ketiga terluas di Pulau Sumatera setelah Sumatera Selatan dan Riau dengan sebaran lahan gambut relatif luas di empat kabupaten: Tanjung Jabung Timur dengan luas 266.000 ha, Batanghari dengan luas 258.000 ha, Tanjung Jabung Barat seluas 142.000 ha dan Sarolangun dengan luas 41.000 ha [1].

Material yang bisa digunakan untuk stabilisasi tanah salah satunya adalah limbah abu bakar kelapa sawit atau disebut dengan POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) [2]. POFA merupakan hasil pembakaran limbah padat kelapa sawit pada suhu sekitar 800 - 1000 oC pada pembangkit listrik tenaga uap di pabrik kelapa sawit.

Peneliti terkhusus meneliti penggunaan POFA dengan ukuran saringan lolos saringan No. 4, peneliti menggunakan bantuan alat *shave shaker* untuk membantu memisahkan butiran untuk bahan stabilisasi tanah. Berdasarkan pemaparan diatas, peneliti tertarik untuk melakukan sebuah penelitian. Penelitian ini dilakukan berdasarkan kondisi tanah yang ditinjau peneliti dimana perlu dilakukannya penelitian lebih dalam untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Material yang dapat dijadikan bahan tambahan alternatif pada POFA sebagai bahan stabilisasi tanah ialah gypsum. Gypsum ialah bahan material dengan kadar kalsium yang tinggi, sehingga sering dimanfaatkan untuk menjadi bahan perekat dalam dunia teknik sipil. Material tambahan gypsum ini diharapkan selain dapat mempengaruhi nilai fisik dan mekanis tanah, juga dapat mempermudah penerapannya di lapangan pada proses pencampuran.

Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha yang dilakukan untuk memperbaiki sifat –sifat teknis tanah dengan cara mencampur tanah dengan bahan tambah tertentu agar memenuhi syarat teknis tertentu. 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 [3]. Tujuan perbaikan tanah adalah untuk mendapatkan tanah dasar yang stabil pada semua kondisi musim dan selama umur rencana. Adapun metode-metode stabilisasi tanah antara lain 1) Stabilisasi secara mekanis; dan 2) Stabilisasi secara kimiawi.

Stabilisasi mekanis adalah metode stabilisasi dengan maksud untuk menambah kekuatan atau daya dukung tanah dengan mengatur gradasi tanah tersebut. Usaha ini biasanya menggunakan sistem pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, dan sebagainya [3].

Stabilisasi tanah secara kimiawi adalah metode stabilisasi dengan menambahkan bahan campuran yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah 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.

Limbah Pembakaran Cangkang Sawit

Limbah merupakan buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga)[4]. 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	Magnesim oksida (MgO) ₂	4,58 %
6	Sulfur trioksida (SO ₃)	0,04 %
7	Kalium oksida (K ₂ O)	5,57 %

Gypsum

Gypsum merupakan batuan sedimen, yang terbentuk dari proses kimia di alam dengan bantuan kapur dan sulfat, maka terjadi senyawa baru yang membentuk CaSO₄. Umumnya berwarna putih, namun terdapat warna lain tergantung kepada mineral pengontrolnya. *Gypsum* adalah mineral yang bahan utamanya terdiri dari *hydrated calcium sulfate*. Seperti pada mineral dan batu, gipsum akan menjadi lebih kuat apabila mengalami penekanan (Gypsum Association, 2007). Berat jenis gipsum antara 2,31 – 2,35, kelarutan dalam air 1,8 gr/liter pada 0 °C yang meningkat menjadi 2,1 gr/liter pada 40 °C, tapi menurun lagi ketika suhu semakin tinggi, adapun komposisi kimia pembentuk gypsum ialah *Calcium* (Ca) : 23,28 %, Hidrogen (H) : 2,34 %, *Calcium Oksida* (CaO) : 32,57 %, Air (H₂O) : 20,93 %, Sulfur (S) : 18,62 %

Pengujian Kadar Air

Menurut SNI 1965-2008, penentuan kadar air untuk tanah dan batuan dilakukan di laboratorium 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 [5]:

$$w = \frac{W1 - W2}{W2 - W3} \times 100\%$$

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).

Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Menurut SNI 1964-2008, berat jenis adalah angka perbandingan antara 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 [6]:

$$GS = \frac{Wt}{W5 - W3}$$

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

Batas Konsistensi Tanah (Batas-Batas *Atterberg*)

Pengukuran batas konsistensi tanah ini dilakukan secara rutin untuk sebagian besar penyelidikan yang meliputi tanah berbutir halus [3]. Dua angka yang paling penting adalah batas cair dan batas plastis yang disebut batas-batas *Atterberg*[7–10]. Kegunaan hasil uji Batas cair (*Liquid Limit*) ini dapat diterapkan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya (SNI 1965-2008). Nilai batas cair bisa didapat dari grafik hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan, atau bisa dengan rumus berikut [5]:

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

Batas plastis (*Plastic Limit*) didefinisikan sebagai kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana tanah apabila digulung sampai dengan diameter 1/8 in (3,2mm) menjadi retak-retak. Batas platis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah [11].

Indeks plastisitas (*Plasticity Index*) suatu tanah adalah bilangan dalam persen yang merupakan selisih antara batas cair dengan batas plastis suatu tanah. Pendekatan

untuk menentukan indeks plastisitas suatu tanah menggunakan rumus berikut:

$$PI = LL - PL$$

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

Analisis Saringan (Sieve Analyze)

Menurut SNI 3423-2008, Analisis saringan adalah penentuan persentase berat butiran tanah yang lolos dari satu set saringan. Analisis saringan bertujuan 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 [12]

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).

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).

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. Adapun persamaan yang digunakan dalam menghitung kadar abu dan

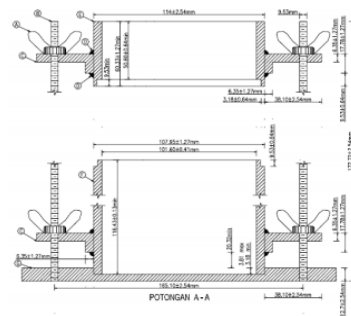
kadar organik sebagai berikut [12]:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{(C \times 100\%)}{B}$$
$$\text{Kadar Organik (\%)} = 100\% - \text{kadar abu}$$

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

Kepadatan Standar (Proctor)

Pengujian pemadatan di laboratorium dilakukan dengan menggunakan uji proctor. Pada uji proctor, tanah dipadatkan dalam sebuah cetakan silinder bervolume 943,3 cm³ dengan ukuran diameter cetakan tersebut adalah 101,6 mm. selama percobaan di laboratorium, 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. suatu jenis tanah yang dipadatkan dengan daya pemadatan tertentu, kepadatan yang dicapai tergantung pada banyaknya air (kadar air) tanah tersebut. Besarnya kepadatan tanah, biasanya dinyatakan dalam nilai berat isi kering (γ_d) nya.



Gambar 1. Alat Pengujian Kepadatan Standar

Untuk setiap percobaan, berat volume basah (γ) dari tanah yang dipadatkan tersebut dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\gamma_b = \frac{W}{V_m}$$

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

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.4 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 pemadatan standar diperlukan 5 sampel dan pengujian CBR diperlukan 3 sampel, sehingga total sampel yang diperlukan sebanyak 22 buah. Kemudian persentase variasi campuran POFA 40%, 45%, 55% dan 60% dan gypsum sebanyak 10% dari total berat tanah kering untuk mengetahui pengaruh persen penambahan POFA dan gypsum dan pengaruh dari perendaman 4 hari. Sampel tanah diambil dari Desa Gambut Jaya, 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. Pengujian yang dilakukan antara lain 1) Pengujian Kadar Air (*Moisture Content*), SNI-1965-2008; 2) Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*), SNI-1964-2008; 3) Pengujian batas plastis dan indeks plastisitas, SNI-1966-2008; 4) Pengujian analisa saringan (*Sieve Analyze*), SNI 3423-2008; 5) Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah, SNI 1743-2008; dan 6) Uji CBR Laboratorium, SNI 1744-2012.

Pengujian kadar air dilakukan untuk

menentukan kadar air tanah berdasarkan beratnya dengan cara perbandingan antara berat air tanah dan berat partikel tanah yang dinyatakan dalam persen. 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. Pengujian batas plastis dan indeks plastisitas digunakan menentukan nilai plastisitas tanah dan batas cair tanah dengan didapatkan data indeks plastisitas. Pengujian analisa saringan pada tanah gambut yang dilakukan untuk menentukan distribusi butiran. Tanah gambut disaring dengan menggunakan saringan No. 200. Pengujian kepadatan ringan dilakukan untuk menentukan nilai kepadatan tanah dan kadar air optimum tanah, guna untuk penambahan air pada pengujian CBR. Pengujian CBR laboratorium dilakukan untuk menentukan nilai daya dukung tanah yang telah diperlakukan di Laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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 berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah

Sampel	Kadar air	Kadar air rata-rata (w)	Satuan
1	601,587	596.694	%
2	611,368		
3	585,047		
4	588,774		

Setelah didapatkan nilai kadar air masing- masing sampel lalu didapat Kadar air rata-rata tanah gambut asli didapat dari 4 sampel sebesar 596.694. Menurut [9], kadar air tanah gambut bisa mencapai 300-3000%, untuk kadar air <100% berdasarkan berat umumnya telah mengalami proses kering tidak balik (*irreversible drying*).

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 (G_s)	1,71	1,77
Berat Jenis Rata-rata (G_s)	1,74	

Dari hasil pengujian 2 sampel diperoleh berat jenis rata-rata sebesar 1,74. menurut [14], 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.

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:

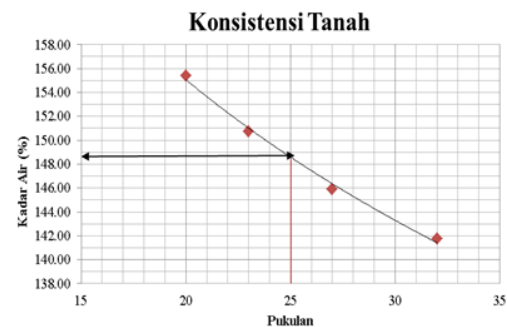
Pengujian batas cair (LL)

Tabel 4. Hasil Pengujian Batas Cair

Sampel	Kadar air	Kadar air rata-rata (w)	Satuan
1	141,78	148,700	%
2	145,92		
3	150,76		
4	155,41		

PI

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



Gambar 3. Grafik Batas Cair

Dapat dilihat pada penarikan garis dipukulan 25 diperoleh hasil batas cair (LL) sebesar 148,700%. Berdasarkan sistem klasifikasi tanah yaitu Unified soil classification system (USCS) [11], menunjukkan bahwa tanah gambut umumnya mempunyai batas cair $> 50\%$.

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 (%)	79,75	74,42
Kadar Air Rata-rata (G_s)	77,09	

Berdasarkan pengujian batas plastis, maka didapatkan rata-rata dari kedua sampel 77,09 %.

Indeks plastisitas (PI)

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

$$\begin{aligned}
 &= LL - PL \\
 &= 148,700 \% - 77,09\% \\
 &= 71,61\%
 \end{aligned}$$

Menurut [15] 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.

Analisa Saringan

Hasilnya 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.

Kadar Abu dan Kadar Organik

Pada pengujian ini memerlukan sampel tanah kering oven yang telah di uji kadar airnya, sampel tanah tersebut dioven kembali dengan suhu $\leq 400^{\circ}\text{C}$ selama ± 3 jam. Hasil dari pengujian bisa dilihat sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Pengujian Kadar Abu dan Kadar Organik

Pengujian kadar abu	Nilai	Satuan
Kadar Air	9,09	%
Kadar Abu	13,63	%
Nilai kadar organik	86,37	%

Didapat hasil persentase kadar abu 13,63% dan diperoleh kadar organik pada pengujian ini adalah 86,37%. Menurut ASTM D4427-92 (2002) jika kadar abu

berkisar antara 5%-15% maka tanah tersebut termasuk klasifikasi tanah gambut *medium ash peat*.

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 40,835 % hasil pengujian berat jenis dengan menggunakan POFA lolos saringan No.4 sebesar 2,279. 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%.

Pengujian Pemadatan Standar Tanah Asli

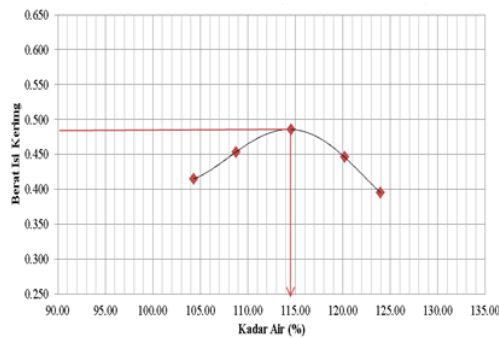
Pengujian pemadatan standar pada tanah gambut bertujuan untuk mendapatkan kadar air optimum yang digunakan sebagai penambahan kadar air untuk pengujian CBR (*California Bearing Ratio*). Nilai kadar air optimum untuk tanah asli bisa dilihat sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Pengujian Pemadatan Standar Tanah Asli

keterangan	Sampel				
Penambahan air (cc)	300	330	360	390	420
Berat isi kering (gr/cm ³)	0.415	0.453	0.486	0.446	0.395
Kadar air	104.30	108.74	114.59	120.19	123.93

Diperoleh kadar air optimum untuk tanah asli yaitu pada penambahan 360cc air

sebesar 114,59% dan berat isi kering tanah 0,486 (gr/cm³).



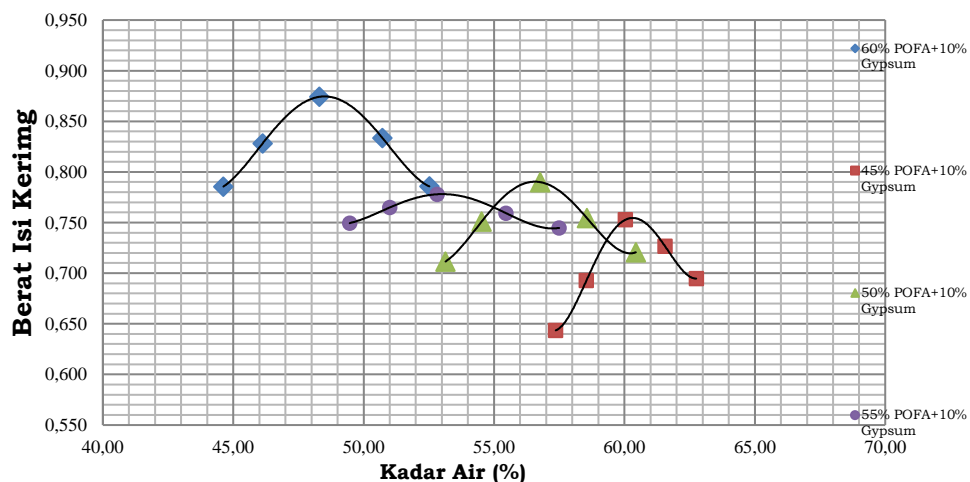
Gambar 4. Grafik Pemadatan Standar Tanah Asli

Pemadatan Standar Tanah Campuran berat isi kering tanah campuran, bisa dilihat sebagai berikut:
Diperoleh hasil kadar air optimum dan

Tabel 8. Hasil Pengujian Pemadatan Standar Tanah Campuran

No	Variasi	Berat isi kering (gr/cm ³)	Kadar air optimum (%)
1	45 % POFA + 10% Gypsum + 45 % Tanah	0.753	60.03
2	50% POFA + 10% Gypsum + 40 % Tanah	0.778	56.77
3	55% POFA + 10% Gypsum + 35% Tanah	0.790	52.82
4	60 % POFA + 10% Gypsum + 30%Tanah	0.874	48.30

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

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

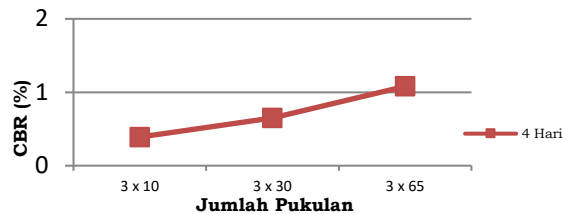
ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil Pengujian CBR Tanah Asli

Tumbukan	Waktu Perendaman 4 Hari
3 x 10 pk	0.39

3 x 30 pk	0.65
3 x 65 pk	1.08

Nilai CBR tanah tertinggi yaitu 1,08% pada 65 PK.



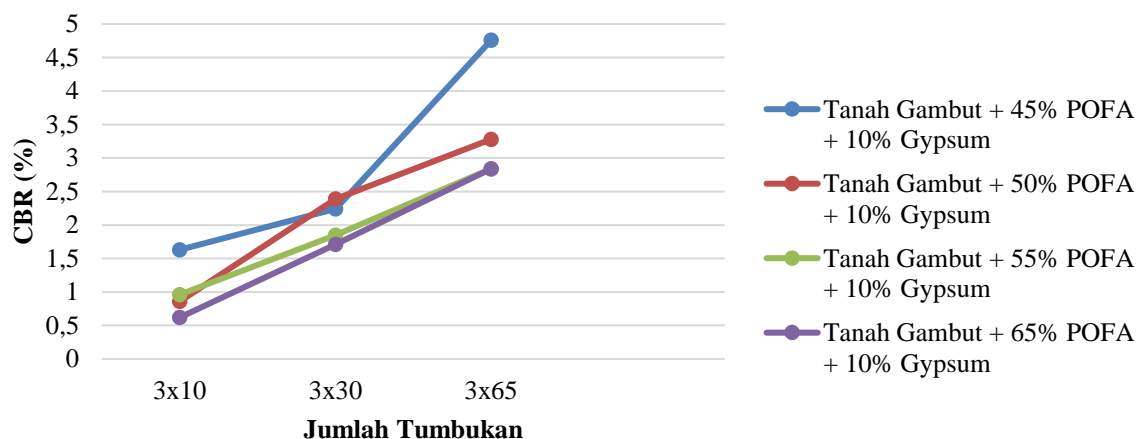
Gambar 6. Grafik Pengujian CBR Tanah Asli

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) Tanah Campuran Dengan Perendaman 4 Hari

Sampel yang disiapkan untuk perendaman 4 hari sebanyak 9 sampel dengan pembagian masing-masing sampel yaitu 45% POFA + 10% Gypsum (3 sampel), 50% POFA+10% Gypsum (3 sampel), 55% POFA +10% Gypsum (3 sampel), 60% POFA + 10% Gypsum (3 sampel). Untuk hasil pengujian ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 10. Hasil Pengujian CBR Campuran Perendaman 4 Hari

Tumbukan	3 x 10	3 x 30	3x 65	Campuran
Nilai CBR (%)	1,63	2,24	4,76	45% POFA + 10% Gypsum + 45% Tanah
	0,86	2,39	3,28	50% POFA + 10% Gypsum + 40 % Tanah
	0,96	1,85	2,84	55% POFA + 10% Gypsum + 35% Tanah
	0,62	1,71	2,04	60 % POFA + 10% Gypsum + 30% Tanah



Gambar 7. Grafik Pengujian CBR Campuran Pemeraman 0 hari

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap tanah asli dan tanah campuran dengan penambahan POFA dan gypsum maka disimpulkan bahwa penambahan POFA dan gypsum pada tanah gambut dengan POFA lolos saringan No.4 bisa meningkatkan nilai CBR tanah gambut yang dilihat dari tanah asli dimana POFA dan gypsum mengisi pori-pori pada tanah gambut, dengan nilai

terbesar pada variasi pertama yakni penambahan 45% POFA + 10% Gypsum. Selain itu, Pengujian perendaman berpengaruh di nilai CBR tanah gambut, dimana CBR pada perlakuan sampel perendaman 4 hari mendapatkan hasil CBR berturut-turut sebesar 4,76% pada variasi penambahan 45% POFA + 10% Gypsum, 3,28% pada variasi penambahan 50% POFA + 10% Gypsum, 2,84% pada variasi penambahan 55% POFA + 10% Gypsum, dan 2,04% pada variasi penambahan 60%

POFA + 10% Gypsum dari tanah asli yakni sebesar 1,08%. Sehingga dapat disimpulkan penambahan POFA dan gypsum pada tanah gambut dikeadaan terburuk tanah masih bisa menaikkan nilai CBR tanah gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Daerah Kota Jambi, *Revisi Rencana Strategis*. 2017.
- [2] C. An, F. Fatnanta, and O. Fuel, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA)," *Jom FTEKNIK Vol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–13.
- [3] G. Y. AUVINET, *Geotechnical Engineering in Spatially Variable Soft Soils*. 2019.
- [4] E. Novilyansa, A. Anwar, and M. Cambodia, "Analisis Kebutuhan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (Ipald) Dengan Variasi Jumlah Sambungan Rumah (Sr)," *Tek. Sains J. Ilmu Tek.*, vol. 5, no. 1, pp. 27–34, 2020, doi: 10.24967/teksis.v5i1.706.
- [5] S. 1965:2008 Standar, "Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di Laboratorium," 2008.
- [6] S. 1964:2008, "Cara Uji Berat Jenis Tanah," 2008.
- [7] C. T. Rompas, A. E. Turangan, and H. Riogilang, "Pengaruh Pencampuran Belerang Terhadap Kuat Geser Tanah," *J. Sipil Statik*, vol. 6, no. 10, 2018.
- [8] I. Hidayat and D. Yustra, "Analisis Lapis Tanah Dasar Jalan Baru Menggunakan Atterberg Limit Dan Batas Susut," *J. Online Sekol. Tinggi Teknol. Mandala*, vol. 17, no. 1, pp. 85–93, 2022.
- [9] W. Fathonah, R. I. Kusuma, E. Mina, and A. T. Ningsih, "Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas," *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 140–150, 2022.
- [10] Y. F. Onggara, D. Tjandra, and J. I. Suwono, "Analisa Stabilisasi Tanah Lunak Dengan Campuran Portland Cement Dan Fly Ash Untuk Diaplikasikan Pada Bangunan Rumah Tinggal 2 Lantai," *J. Dimens. Pratama Tek. Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 230–237, 2022.
- [11] SNI 3423:2008 Standar, "Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah," 2008.
- [12] SNI 13-6793-2002, "Metode Pengujian Kadar Air, Kadar Abu Dan Bahan Organik Dari Tanah Gambut Dan Tanah Organik Lainnya," p. 1, 2005.
- [13] S. 1744:2012, "Metode Uji CBR Laboratorium," 2012.
- [14] D. Cakrawisnu, D. O. Dwina, and A. Nurdin, "Pengaruh Campuran Palm Oil Fuel Ash (POFA) terhadap Stabilisasi Tanah Gambut Ditinjau dari Nilai CBR Tanah," vol. 9, no. 1, pp. 1–7, 2022, doi: 10.21063/JTS.2022.V901.01.
- [15] D. Z. Ikhlas, D. O. Dwina, A. Nurdin, and O. Alfernando, "Stabilisasi Tanah Gambut Menggunakan Pofa Sisa Pembakaran Cangkang Sawit Ditinjau dari Nilai CBR," *Portal J. Tek. Sipil*, vol. 14, no. 1, pp. 61–68, 2022.