



FLY ASH DAN KAPUR SEBAGAI BAHAN STABILISASI PADA TANAH GAMBUT DI KABUPATEN BULUNGAN

Fuad Harwadi¹, Nurmalasari^{*2}

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan
e-mail: fuadharwadi@gmail.com, *malanurmala180599@gmail.com

ABSTRACT: Soil is a material that plays an essential role in the construction world. Peat soils have a bearing power and poor characteristics, so they need additional strength and improved support for stabilizing these soils, one of which is by adding a stabilizer material (fly ash and lime). The addition of fly ash and lime is one effective way of soil stabilization because fly ash has the properties of pozzolan so that it can bind soil minerals to be solid with the aid of the addition of lime. This research test aims to investigate the effect of adding fly ash and lime to CBR's physical properties and values on peat soils in Bulungan Regency. Physical property parameters score and CBR score were taken from the results of tests performed in a mixture of 20%, 40%, and 60% with 20 days, 30 days, 40 days, and 60 days respectively. The results of the tests showed increasing the volume of weight, density, pH of the soil, size of soil grains, the CBR score, and the decreasing score of water content and fiber levels. The best supporting score was obtained in addition to 60% stabilizer material and 60 days of tapering

Keywords: Fly Ash, Lime, Stabilization, Fissionical Nature of Soil, CBR

ABSTRAK: Tanah merupakan salah satu material yang memiliki peran penting dalam suatu dunia konstruksi. Untuk itu maka diperlukan tanah yang memiliki karakteristik serta daya dukung yang baik. Tanah gambut merupakan jenis tanah yang memiliki daya dukung dan karakteristik yang kurang baik, sehingga untuk menambah kekuatan dan memperbaiki daya dukungnya perlu dilakukan upaya stabilisasi pada tanah tersebut, salah satunya adalah dengan melakukan penambahan bahan stabilizer (fly ash dan kapur). Penambahan fly ash dan kapur merupakan salah satu cara stabilisasi tanah gambut yang efektif, karena fly ash memiliki sifat pozzolan sehingga dapat mengikat mineral tanah menjadi padat dengan bantuan penambahan kapur. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan stabilizer (fly ash dan kapur) dan masa peram terhadap sifat fisis dan nilai CBR pada tanah gambut di Kabupaten Bulungan. Nilai dari parameter sifat fisis dan nilai CBR diambil dari hasil pengujian yang dilakukan dengan variasi campuran 20%, 40%, dan 60% dengan masa peram 20 hari, 30 hari, 40 hari dan 60 hari. Dari hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan adanya peningkatan nilai berat volume, berat jenis, pH tanah, ukuran butiran tanah, juga nilai CBR, dan penurunan nilai kadar air dan kadar serat. Dengan nilai daya dukung maksimum atau yang paling baik diperoleh di penambahan 60% bahan stabilizer dan 60 hari masa peram.

Kata kunci: Fly Ash, Kapur, Sabilisasi, Sifat Fisis Tanah, CBR

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu material yang berperan penting dalam dunia konstruksi. Untuk itu maka diperlukanlah tanah yang memiliki karakteristik serta daya dukung yang baik. Terdapat berbagai macam jenis tanah yang ada di Indonesia, salah satunya adalah tanah gambut (*peat soil*). Untuk mengetahui kekuatan dasar tanah gambut dan daya dukung tanah gambut perlu dilakukan pemeriksaan uji fisis dan mekanis tanah gambut sebelum melakukan proses perbaikan tanah.

Darwis (2017), menyatakan bahwa metode stabilisasi merupakan salah satu metode perbaikan tanah yang dilakukan dengan mencampurkan bahan tambahan tertentu ke dalam tanah yang bertujuan untuk meningkatkan parameter – parameter tanah sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat meningkatkan daya dukung dari tanah. Dalam penelitian ini akan menggunakan bahan abu terbang batubara (fly ash) dan kapur. Dalam penelitian ini, peneliti akan memanfaatkan PLTU di Kabupaten Bulungan yaitu PLTU Sumber Alam Sekurau. Dengan penggunaan limbah abu terbang batubara (*fly ash*) peneliti berharap dapat membantu dalam mengatasi bahaya pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah dan memanfaatkan limbah fly ash menjadi salah satu solusi dalam memperbaiki tanah gambut di Kabupaten Bulungan

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah gambut yang berada di wilayah perbatasan Provinsi Kalimantan Utara Teluk Selimau, Kabupaten Bulungan Tanjung Selor.

2.2. Penentuan Sifat Fisis Tanah

1.) Kadar Abu (*Ash Content*)

Kadar abu adalah salah satu parameter sifat fisis tanah gambut yang terbilang penting. Menurut SNI 13-6793-2002 kadar abu tanah gambut dibedakan menjadi 3 yaitu Low Ash (5%), Medium Ash (5% - 15%) dan High Ash (>15%). Menurut *American Society for Testing Material* (ASTM D-3174-02) nilai dari kadar organik yang diuji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{(C \times 100)}{B} \quad (1)$$

Keterangan :

C = massa abu (gr)

B = massa tanah kering (gr)

2.) Kadar Organik (*Organic Content*)

Menurut Fafnanta (2014), kandungan organik ada-lah zat- zat sisa yang berasal dari pembusukan material organik tumbuhan – tumbuhan dan proses dekomposisi yang terjadi. Menurut *American Society for Testing Material* (ASTM D-3174-02) Nilai dari kadar organik yang diuji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Organik} = 100\% - \text{Kadar Abu (\%)} \quad (2)$$

3.) Kadar Serat

Sutriatno (2018) mendefinisikan kadar serat tanah merupakan perbandingan antara berat tanah yang tidak larut oleh zat kimia *hexametaphosphate* dengan berat kering tanah. Menurut *American Society for Testing Material* (ASTM D-4427-1997) Nilai dari kadar serat yang diuji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$M_s = \frac{100}{100+w} \times 100\% \quad (3)$$

Untuk mencari nilai kadar serat:

$$\text{Kadar serat (\%)} = \frac{M_f}{M_s} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

M_s = berat awal tanah (gr)

M_f = berat kering dari serat (gr)

w = kadar air rata-rata (%)

4.) Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air tanah gambut berkisar diantara 100-1300% dari berat keringnya sendiri yang berarti bahwa tanah gambut mampu menyerap air hingga 13 kali dari bobotnya sendiri sehingga dapat menyebabkan tanah gambut menjadi lembek dan daya menahan bebannya pun menjadi rendah. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 1965-2008). Nilai dari kadar air yang diuji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\omega = \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

ω	= kadar air (%)	w_3	= berat cawan (gr)
w_1	= berat cawan dan tanah basah (gr)	$w_1 - w_2$	= berat air (gr)
w_2	= berat cawan dan tanah kering (gr)	$w_1 - w_3$	= berat tanah kering (gr)

5.) Ukuran Butiran Tanah

Sifat suatu tanah banyak yang ditentukan oleh ukuran butiran dan distribusinya dan menjadi acuan dalam mengklasifikasi tanah. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 3423 : 2008).

6.) Berat isi/Berat volume (*Unit Weight*)

Hasil pengujian beberapa peneliti yang dirangkum oleh Mac Farlene (1965) dalam Sidhi, K dkk (2019), menunjukkan bahwa berat volume tanah gambut berkisar antara 0,9 – 1,25 t/m³, sedangkan untuk gambut tropis berat volumenya berkisar antara 0,96 – 1,04 t/m³. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-3637-1994).

$$\text{Berat volume } (\gamma) = \frac{W}{V} \text{ (gr/cm}^3 \text{ atau t/m}^3\text{)} \quad (6)$$

Keterangan :

W	= berat tanah (gr/cm ³)
V	= volume ring bagian dalam (cm ³)

7.) Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Specific gravity tanah gambut itu lebih besar dari 1,0 dan menurut Hardiyatmo (2002) Nilai *specific gravity* tanah gambut berkisar antara 1,25 – 1,80. *Specific gravity* tidak memiliki satuan atau dimensi. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 1964-2008).

- Perhitungan berat jenis tanah berdasarkan temperatur air, Tx sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis} = \frac{w_t \times T_x}{[w_t + (w_4 - w_3)]} \quad (7)$$

Keterangan :

W_t	= Berat contoh tanah kering oven (gr)
W_4	= Berat piknometer berisi air pada temperatur T_x (gr)
W_3	= Berat piknometer berisi air dan tanah pada temperatur T_x (gr)
T_x	= temperatur air dalam piknometer ketika berat W_3 (°C)

- Sebaliknya jika tidak diperlukan, nilai berat jenis yang dilaporkan harus didasari air pada temperatur 20 °C. Nilai yang didasari air pada temperatur 20 °C harus dihitung dari nilai air pada temperatur yang diamati T_x , sebagai berikut:

$$\frac{\text{Berat jenis, } T_x}{20^\circ\text{C}} = \frac{K \times \text{Berat jenis, } T_x}{T_x} \quad (8)$$

Keterangan :

- K = suatu angka yang diperoleh dengan membandingkan kerapatan relatif air pada temperatur T_x dengan kepadatan relatif air pada temperatur 20 °C.
 W_4 = Berat piknometer berisi air pada temperatur T_x (gr)
 W_3 = Berat piknometer berisi air dan tanah pada temperatur T_x (gr)
 T_x = temperatur air dalam piknometer ketika berat W_3 (°C)

8.) pH Tanah

Sutriatno,A (2018) menjelaskan bahwa tanah gambut memiliki sifat keasaman karena kandungan karbondioksida dan keasaman yang timbul pada saat proses pembusukan. Menurut Lea (1956) dalam Nuraisah (2018) air gambut pada umumnya terbebas dari air laut dan mempunyai pH antara 4-7. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan standarisasi *American Society for Testing Material* (ASTM D-2976-71).

2.3. Penentuan Sifat Mekanis Tanah

Jelistic & Leppanen (1992) dalam Rumahorbo, E.K. (2021) , menjelaskan bahwa sifat mekanis tanah gambut memiliki daya dukung yang rendah dengan kemampumampatannya yang tinggi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa daya dukung tanah tanah gambut lebih rendah dari *soft clay*.

1.) Nilai CBR Tanah

Menurut Standard Nasional Indonesia (SNI 1744:2012), CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu jenis material dan beban standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Tujuan dilakukan pengujian CBR adalah untuk mengetahui besarnya nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan sehingga dapat ditentukan kekuatan lapisan tanah dasar yang nantinya akan digunakan untuk menentukan tebal perkerasan yang diperlukan di atas lapisan dengan nilai CBR tertentu.

Tabel 1 Klasifikasi Nilai CBR Tanah

CBR (%)	Tingkatan Umum	Kegunaan
0 – 3	<i>Very poor</i>	<i>Subgrade</i>
3 – 7	<i>Poor to fair</i>	<i>Subgrade</i>
7 – 20	<i>Fair</i>	<i>Subbase</i>
20 – 50	<i>Good</i>	<i>Base or subbase</i>
>50	<i>Exelent</i>	<i>Base</i>

Sumber : Bowles (1992) dalam Hasugian A. (2020)

Dalam SNI 1744-2012, pengujian CBR di Laboratorium dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu CBR terendam dan CBR tidak terendam. Ada dua macam pengukuran CBR yaitu :

- Nilai CBR tekanan penetrasi pada 0.254 m (0,1'') terhadap penetrasi standar besarnya 70,37 kg/cm² (1000 psi)

$$CBR = \frac{PI (kg/cm^2)}{70,37} \times 100\% \quad (9)$$

- Nilai CBR tekanan penetrasi pada 0.508 m (0,2'') terhadap penetrasi standar besarnya 105,56 kg/cm² (1500 psi)

$$CBR = \frac{PI (kg/cm^2)}{105,56} \times 100\% \quad (10)$$

Nilai CBR, dinyatakan dalam persen, dan diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$CBR = \frac{\text{Beban terkoneksi}}{\text{Beban standar}} \times 100\% \quad (11)$$

2.4. Metode Perbaikan Tanah

Yulianto F.E (2016) mendefinisikan metode perbaikan tanah merupakan suatu cara atau upaya dalam meningkatkan daya dukung tanah lunak (*soft soil*) dari tanah yang memiliki karakteristik bermutu rendah menjadi lebih baik hingga tanah tersebut mampu untuk menahan beban yang berada di atasnya. Yulianto F.E (2016) menyatakan bahwa metode perbaikan tanah yang sering digunakan dalam dunia konstruksi saat ini dikelompokkan menjadi 3(tiga) jenis, yaitu metode stabilisasi, metode mekanik dan metode fisik. Pada penelitian ini metode perbaikan yang dipilih yaitu stabilisasi.

Hardiyatmo (2006) dalam Ikhlaskkk (2022) menjelaskan tentang perbaikan tanah definisikan 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.

1.) Abu Terbang Batubara (*Fly Ash*)

Fly ash adalah abu sisa pembakaran batubara, berupa butiran halus ringan, bundar, dan bersifat pozzolanik (SNI 03-6414-2002).

2.) Kapur

Ma'ruf & Permana (2017) mendeskripsikan bahwa kapur merupakan material stabilisasi yang telah lama digunakan untuk meningkatkan daya dukung dari tanah lempung lunak dan menurunkan indeks plastisitas pada tanah mengembang.

2.5. Metode Pengambilan Sampel Tanah

2.5.1 Sampel Tanah Terganggu (*Disturbed Soil*)

Tanah terganggu (*disturbed soil*) adalah tanah yang memiliki distribusi ukuran partikel sama dengan seperti di tempat asalnya, tetapi strukturnya telah cukup rusak atau hancur seluruhnya. Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturbed soil*) digunakan untuk pembuatan benda uji atau campuran tanah yang distabilisasi dengan penambahan maupun substitusi *stabilizer*, kemudian dilakukan pengujian sifat fisis dan mekanis tanah tersebut.

Pengambilan sampel tanah terganggu dilakukan pada kedalaman sekitar 10-50 cm dari permukaan tanah, hal ini dilakukan karena dibagian atas permukaan tanah biasanya ditumbuhi semak-semak, hingga pada bagian atasnya dilakukan pembersihan terlebih dahulu, baru kemudian dilakukan pengambilan dengan sekop. Tanah yang telah digali kemudian dimasukkan kedalam karung plastik dan kemudian diikat. Sampel tanah terganggu ini nantinya akan digunakan untuk pencampuran dengan abu terbang batubara (*fly ash*) dengan kapur (proses stabilisasi).

2.5.2 Sampel Tanah Tidak Terganggu (*Undisturbed Soil*)

Tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*) adalah tanah yang terletak dibawah permukaan tanah yang memiliki struktur berbeda dari tanah terganggu (*disturbed soil*) karena tanah tersebut masih belum terganggu oleh faktor luar dan masih bersifat alami sesuai dengan kondisi asli. Pengambilan sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*) digunakan untuk pengujian sifat fisis tanah yaitu kadar organik, berat jenis, berat volume, kadar air, tingkat keasaman tanah serta sifat fisis tanah lainnya. Selain pengujian sifat fisis sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*), sampel tanah juga digunakan untuk pengujian sifat mekanis tanah yaitu CBR (*California Bearing Ratio*).

Dalam penelitian kali ini, peralatan yang digunakan dalam pengambilan sampel tanah ini adalah pipa PVC dengan panjang kurang lebih 50 cm, pisau dan sekop.

2.6. Kontrol Organik Tanah Gambut

Sebelum melakukan pengujian sifat fisis dan mekanis tanah gambut, sampel tanah yang diambil harus melalui pengujian kadar abu dan kadar organik untuk mengetahui kandungan organik dalam tanah tersebut. Menurut ASTM (1985) dalam Desiani (2017) apabila kandungan organik dalam tanah melebihi 75% atau menurut Mankinen (1982) kandungan organiknya melebihi 50% maka tanah tersebut dikategorikan sebagai tanah gambut.

Setelah pengujian kadar abu dan kadar organik dilakukan maka dapat diketahui apakah tanah tersebut telah memenuhi syarat untuk dikatakan sebagai tanah organik atau tidak. Bila sampel tanah tidak mengandung bahan organik melebihi 75% (ASTM, 1985) atau minimal 50% (Mankinen, 1982) maka peneliti harus melakukan proses pengambilan sampel kembali tetapi apabila sampel tanah telah memenuhi syarat minimum kandungan bahan organik maka penelitian dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu pengujian sifat fisis dan mekanis tanah gambut asli.

2.7. Uji Laboratorium Kondisi Tanah Gambut Asli Sebelum Distabilisasi

1.) Sifat-sifat fisis meliputi:

- Uji kadar serat
- Uji Kadar air
- Ukuran Butiran Tanah
- Uji Berat Volume
- Berat Jenis
- Uji keasaman

2.) Sifat mekanis meliputi:

- Uji *California Bearing Ratio* (CBR)

Dalam proses penelitian digunakan 1 (satu) hingga 2 (dua) sampel untuk tiap pengujian fisis maupun CBR, dimana nilai akhir yang diperoleh merupakan nilai rata-rata dari kedua sampel dengan syarat nilai uji tidak jauh berbeda, namun apabila nilai yang diperoleh pada kedua sampel terpaut perbedaan yang sangat jauh maka akan dilakukan pengujian kembali. Dalam ilmu geometry dari dua hasil pengujian akan digunakan nilai dengan kondisi yang terburuk.

2.8. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran *stabilizer* (abu terbang batubara dan kapur) yang dicampurkan dengan tanah gambut. Dimana bahan-bahan tersebut dimasukkan kedalam kotak dengan menggunakan material plywood 9 mm yang dilapisi dengan palstik kedap air.

Tabel 2 Perkiraan Jumlah Kebutuhan Tanah

Pengujian	Kebutuhan Tanah	Jumlah Sampel	Jumlah Pengujian	Total
Kadar Abu dan Kadar Organik	500 gram	2	1	1000
Kadar Serat	100 gram	2	4	800
Kadar Air	100 gram	2	4	800
Analisa Saringan	1000 gram	1	4	4000
Berat Volume	100 gram	2	4	800
Berat Jenis	100 gram	2	4	800
Keasaman	10 gram	2	4	80
CBR	15000 gram	1	4	60000
Total Kebutuhan Tanah				68280 gram
Dibulatkan				70000 gram

Dari hasil perhitungan diatas, apabila nilai berat volume tanah (γ) diperkirakan sebesar 1 gram/cm³. Maka volume kotak yang dibutuhkan adalah:

Diketahui : Berat Volume (γ) : 1 gram/cm³
 Berat Tanah : 70000 gram

Maka volume kotak :

$$V = \frac{w}{\gamma} \quad (12)$$

$$V = \frac{70000 \text{ gram}}{1 \text{ gr/cm}^3}$$

$$V = 70000 \text{ cm}^3$$

Dimana :

γ : Berat Volume (gram/cm³)

w : Berat Tanah (kg)

V : Volume Kotak (m³)

Dari hasil perhitungan diatas maka diperoleh kebutuhan volume kotak sebesar 70000 cm³, namun volume kotak akan dibuat lebih besar karena nilai diatas karena belum termasuk dengan penambahan *stabilizer* yang ada. Maka dari itu volume kotak akan dibulatkan menjadi 120000 cm³. Dengan volume kotak sebesar 120000 cm³ maka rencana ukuran kotak akan dibuat dengan ukuran 60 cm x 50 cm x 40 cm.

Tabel 3 Berat Tanah dan Komposisi Campuran Bahan Stabilizer

Kotak Uji	Tanah Gambut	Penambahan Stabilizer	
	(kg)	(%)	(kg)
A	70	20	14
B	70	40	28
C	70	60	42

2.9. Uji Laboratorium Kondisi Tanah Gambut Setelah Distabilisasi

1.) Sifat-sifat fisis meliputi:

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| a. Uji kadar serat | d. Uji Berat Volume |
| b. Uji Kadar air | e. Uji Berat Jenis |
| c. Ukuran Butiran Tanah | f. Uji Keasaman |

2.) Sifat Mekanis meliputi:

- a. Uji *California Bearing Ratio* (CBR).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli

1.) Kadar Abu

Nilai kadar abu tanah gambut asli Teluk Selimau sebesar 3,435 % dan menunjukkan bahwa kadar abu < 5 % sehingga dapat diklasifikasi sebagai tanah gambut *low ash-peat*.

2.) Kadar Organik

Beberapa sumber menyatakan bahwa sebuah tanah dapat dikategorikan sebagai tanah gambut apabila kandungan organiknya > 75 % (ASTM, 1992) atau > 50% (Mankinen, 1982). Berdasarkan Persamaan (2.2) nilai kadar organik yang diperoleh dari tanah gambut asli Teluk Selimau adalah 96,565%.

3.) Kadar Serat

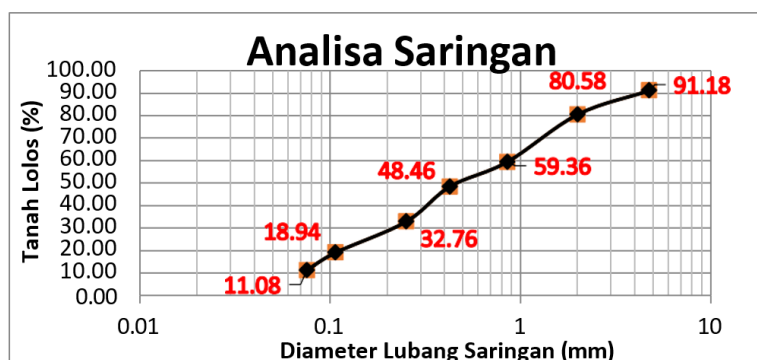
Menurut ASTM D 4427 (1997) dalam Nuraisah (2018), kadar serat tanah gambut dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu *fibric peat* > 67%, *hemic peat* 33% – 67% dan *sapric peat* < 33%. Berdasarkan nilai rata-rata berat kering yang diperoleh yaitu sebesar 46,5 gram, maka klasifikasi tanah gambut asli di Kabupaten Bulungan termasuk tanah gambut dengan kadar serat *hemic peat* (33 % - 67 %).

4.) Kadar Air

Menurut ASTM D-4427-1997, kadar air tanah gambut dibedakan menjadi 4 (empat), yaitu *Extremely Absorbent* > 1500%, *Highly Absorbent* 800% - 1500%, *Moderately Absorbent* > 300 dan < 800%, dan *Slightly Absorbent* ≤ 300%. Berdasarkan pedoman tersebut dalam penelitian ini tanah gambut Teluk Selimau termasuk jenis tanah gambut *Highly Absorbent* dengan nilai kadar air 1048%.

5.) Analisa Saringan

Perhitungan pengujian analisa saringan tanah gambut asli yang lolos saringan No.200 dapat dilihat pada grafik berikut. Dan ditemukan banyaknya sampel tanah yang lolos saringan No.200 yaitu sebanyak 11,08 gram.



Gambar 1 Grafik Hasil Analisa Saringan

6.) Berat Volume Tanah

Dalam pengujian berat volume tanah gambut asli daerah tanah Teluk Selimau Kabupaten Bulungan didapatkan nilai berat volume dari tanah gambut asli adalah sebesar 1,00 gram/cm³.

7.) *Specific Gravity*

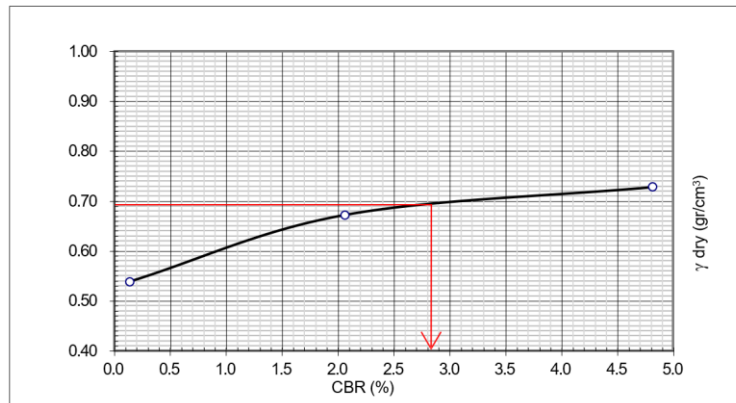
Dalam pengujian *specific gravity* tanah gambut asli (sebelum distabilisasi) daerah tanah Teluk Selimau Kabupaten Bulungan didapatkan nilai berat volume 0,770.

8.) Pengujian pH Tanah

Hasil perhitungan pengujian pH tanah gambut asli menunjukkan hasil sebesar 3,69. pH tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini tergolong lebih kecil dari penelitian sebelumnya hal ini dipengaruhi karena kondisi cuaca dan juga musim sehingga mengakibatkan peningkatan unsur hara mikro seperti Alkali (Al), Mangan (Mn), dan Besi (Fe) meningkat.

9.) *California Bearing Ratio* (CBR)

Dalam pengujian CBR tanah gambut asli diperoleh nilai densitas kering maksimum 0,73 gram/cm³. Menurut SNI 1744 (2012), CBR design ditentukan pada presentase densitas kering maksimum yang diperlukan, umumnya pada presentase minimum yang disyaratkan sesuai spesifikasi. Dalam pengujian ini digunakan presentase sebesar 95%. Maka 95% dari 0,73 gram/cm³ adalah 0,691 gram/cm³. Pada densitas kering 0,691 gram/cm³ nilai CBR yang diperoleh adalah 2,61 %. Grafik hasil CBR tanah asli dapat dilihat pada Grafik 2.

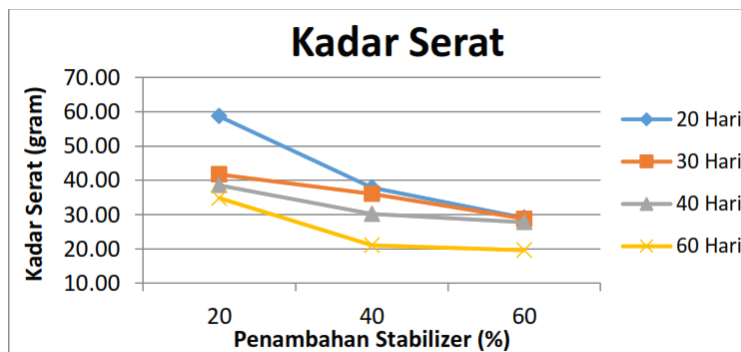


Gambar 2 Grafik Hasil CBR Tanah Asli

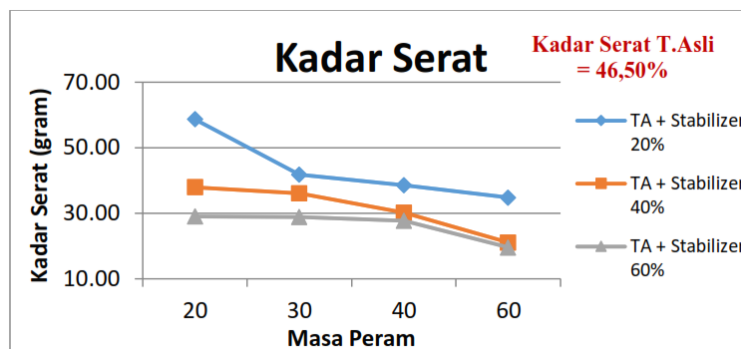
3.2 Hasil Pengujian Pada Tanah yang Telah Distabilisasi

1.) Kadar Serat

Penambahan prosentase *stabilizer* dan masa peram memiliki pengaruh terhadap banyaknya serat yang tertahan dalam pengujian kadar serat tanah. Kadar serat tanah rata – rata mengalami penurunan pada setiap prosentase campuran *stabilizer* dan variasi lamanya masa peram stabilisasi.



Gambar 3 Pengaruh Penambahan Prosentase *Stabilizer* Terhadap Kadar Serat Tanah Gambut Yang Distabilisasi

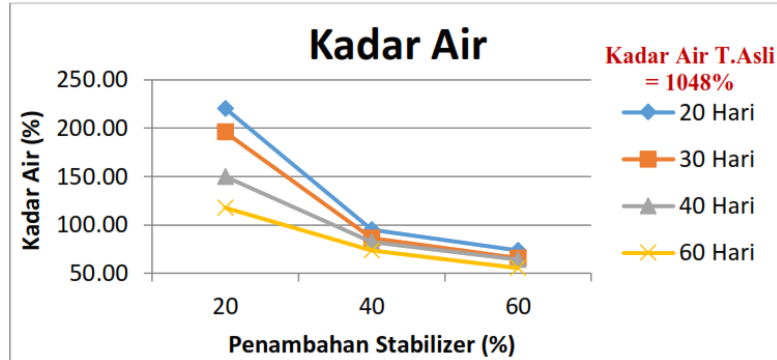


Gambar 4 Pengaruh Masa Peram Terhadap Kadar Serat Tanah Gambut Yang Distabilisasi

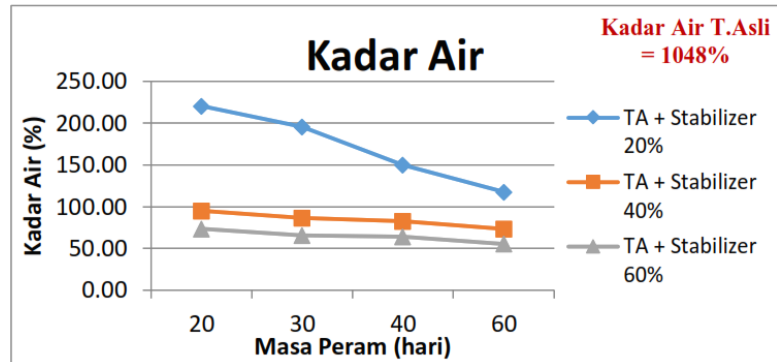
Hal yang mempengaruhi menurunnya kadar serat pada tanah setelah ditambahkan bahan campuran *stabilizer* adalah bahan *stabilizer* (*fly ash* dan kapur) yang dicampurkan akan merusak serat-serat di dalam tanah, selama proses pencampuran serat-serat dalam tanah gambut juga akan terganggu, dan banyaknya prosentase *stabilizer* secara tidak langsung juga akan lebih mendominasi dalam campuran tanah dan bahan stabilisasi, sehingga semakin banyak campuran *stabilizer* maka serat yang ada juga akan semakin sedikit. dan berdasarkan waktu peram akan mengoptimalkan proses di dalamnya.

2.) Kadar Air

Untuk tabel pengaruh penambahan prosentase *stabilizer* terhadap kadar air tanah gambut yang distabilisasi kadar air tanah yang distabilisasi dapat dilihat pada Grafik berikut.



Gambar 5 Pengaruh Penambahan Prosentase Stabilizer Terhadap Kadar Air Tanah Gambut Yang Distabilisasi

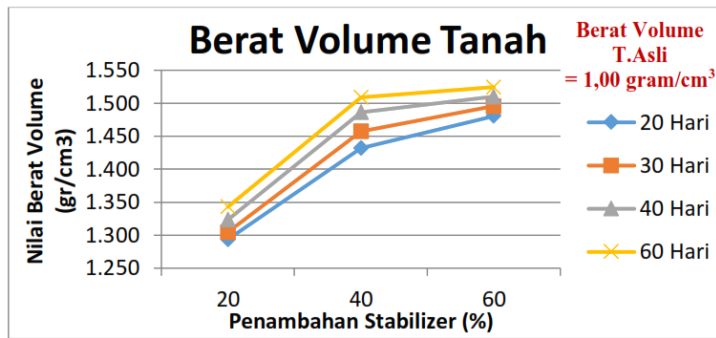


Gambar 6 Pengaruh Masa Peram Terhadap Kadar Air Tanah Gambut Yang Distabilisasi

Nilai penurunan maksimum kadar air tanah terjadi pada penambahan 60% di masa peram 60 hari yang menurun sebanyak 94,86% dari kondisi tanah asli. Hal ini terjadi karena reaksi kimia antara kapur (CaO) dengan air tanah untuk membentuk *Calcium Silica Hydrates* (CSH). Namun, karena gambut tidak mempunyai *silica* (SiO₂) maka dengan abu terbang batubara (*fly ash*) akan dapat membentuk gel CaSiO₃ (*kalsium silicat*) yang mampu mengisi pori gambut sehingga semakin banyak bahan *stabilizer* yang dicampurkan maka volume air yang diperlukan untuk membentuk gel CaSiO₃ juga semakin banyak dan membuat kadar air di dalam tanah akan menyusut atau berkurang. Dan reaksi antara tanah gambut dan bahan stabilisasi memerlukan waktu yang lebih untuk membentuk gel CaSiO₃ (*kalsium silicat*), sehingga makin lama masa peram kadar air pada tanah akan terus menyusut dan berkurang.

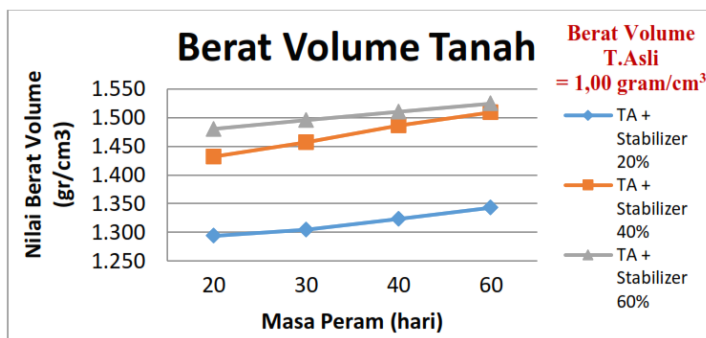
3.) Berat Volume

Berat volume (γ) tanah rata – rata mengalami peningkatan pada setiap prosentase campuran *stabilizer* seperti yang ditunjukkan pada Grafik 7 dan tabel pengaruh masa peram terhadap berat volume tanah gambut yang distabilisasi dapat dilihat pada Grafik 8.



Gambar 7 Pengaruh Penambahan Prosentase Stabilizer Terhadap Berat Volume Tanah Gambut Yang Distabilisasi

Sama seperti perilaku pada nilai kadar air, peningkatan nilai berat volume terjadi karena dengan penambahan *stabilizer* akan membentuk gel CaSiO_3 (*kalsium silicat*) dan mengisi pori-pori tanah, sehingga semakin banyak penambahan *stabilizer* maka pori-pori tanah yang sebelumnya terisi oleh udara dan air akan digantikan dengan gel CaSiO_3 yang dihasilkan dari reaksi tanah gambut dan bahan *stabilizer* (*fly ash* dan kapur).

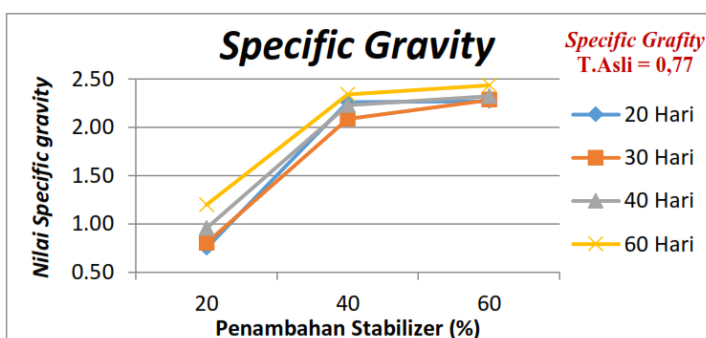


Gambar 8 Pengaruh Masa Peram Terhadap Berat Volume Tanah Gambut Yang Distabilisasi

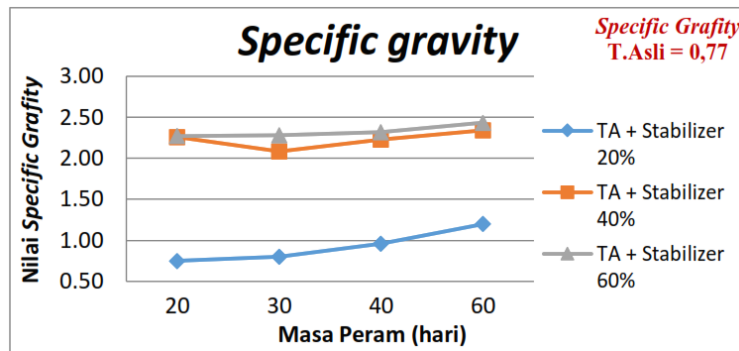
Berat volume tanah gambut mengalami peningkatan selama masa peram. Hal ini terjadi karena pembentukan gel CaSiO_3 (*kalsium silicat*) yang mampu mengisi pori gambut memerlukan waktu yang lebih banyak untuk terbentuk dan bahan *stabilizer* yaitu *fly ash* memiliki sifat pozzolanik berupa kemampuan mengikat sehingga semakin lama waktu peram akan mempengaruhi proses pengikatan menjadi lebih maksimal.

4.) *Specific Gravity*

Specific gravity tanah rata – rata mengalami peningkatan pada setiap prosentase campuran *stabilizer* dan pengaruh masa peram seperti yang ditunjukkan pada Grafik di bawah.



Gambar 9 Pengaruh Penambahan Prosentase Stabilizer Terhadap Nilai Specific Gravity Tanah Gambut Yang Distabilisasi

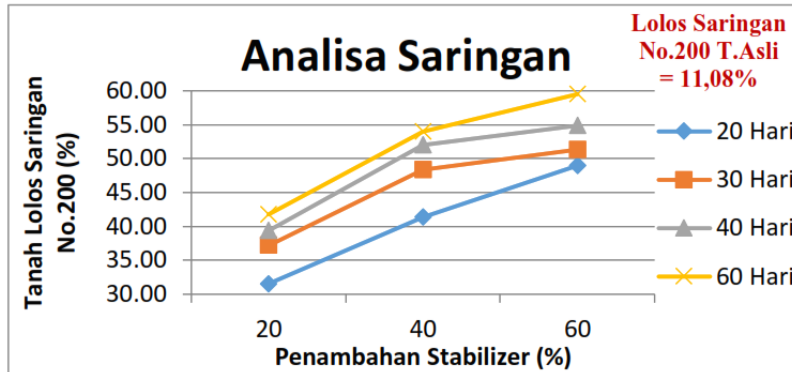


Gambar 10 Pengaruh Masa Peram Terhadap Nilai *Specific Gravity* Tanah Gambut Yang Distabilisasi

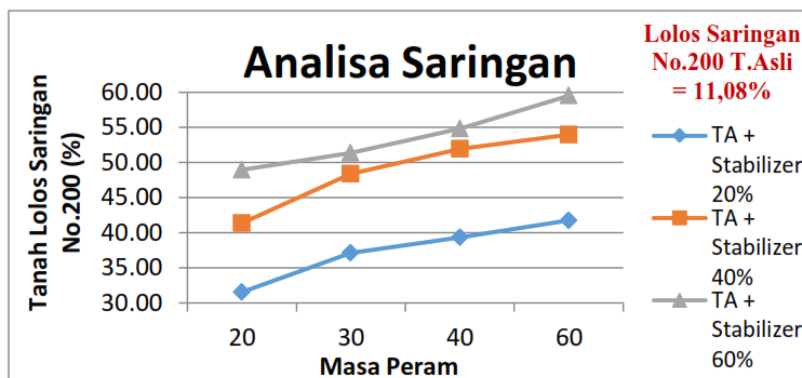
Nilai *specific gravity* terus mengalami peningkatan, hal ini mengindikasikan tanah gambut telah tercampur mineral sesuai dengan pernyataan MacFarlane (1959) dalam Yulianto, F.E. (2016) yang menyebutkan bahwa nilai *specific gravity* tanah gambut akan meningkat menjadi \square 2 apabila terkontaminasi oleh mineral. Peningkatan yang terjadi dipengaruhi karena selama waktu pemeraman kadar air di dalam tanah akan berkurang, bahan mineral akan semakin tercampur dan pengikatan oleh bahan *stabilizer* akan semakin maksimal sehingga nilai *specific gravity* akan meningkat dan daya dukung tanah akan semakin baik.

5.) Analisa Saringan

Ukuran butiran tanah yang lolos saringan No.200 mengalami peningkatan pada setiap prosentase campuran *stabilizer* dengan variasi masa peram seperti yang ditunjukkan pada Grafik be rikut.



Gambar 11 Pengaruh Penambahan Prosentase *Stabilizer* Terhadap Nilai Ukuran Butiran Tanah Gambut Yang Distabilisasi

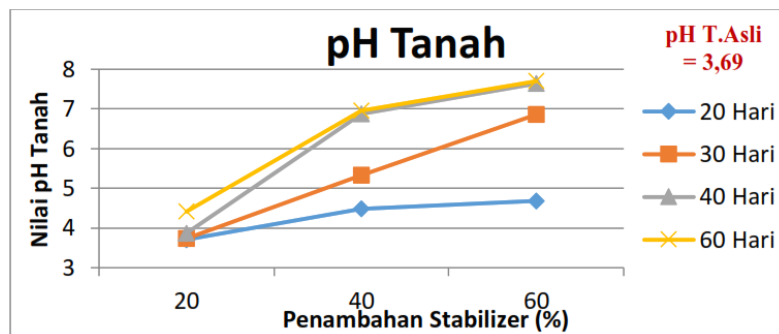


Gambar 12 Pengaruh Masa Peram Terhadap Nilai *Specific Gravity* Tanah Gambut Yang Distabilisasi

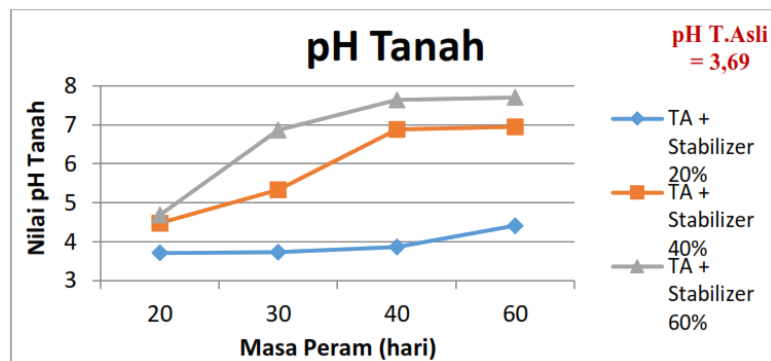
Setelah ditambahkan bahan campuran *stabilizer* adalah saat melakukan proses pencampuran, butiran-butiran yang awalnya kasar menjadi lebih halus dan gumpalan tanah akan hancur kemudian bercampur dengan bahan *stabilizer* (*fly ash* dan kapur). Bahan *stabilizer* yang digunakan merupakan material yang berbutir halus sehingga secara tidak langsung juga akan lebih mendominasi dalam campuran tanah dan bahan stabilisasi, sehingga semakin banyak campuran *stabilizer* maka ukuran butiran yang lebih halus dan lolos saringan No.200 juga akan semakin banyak.

6.) Uji pH Tanah

pH tanah mengalami peningkatan pada setiap prosentase campuran *stabilizer* dengan variasi masa peram seperti yang ditunjukkan pada Grafik dibawah.



Gambar 13 Pengaruh Penambahan Prosentase Stabilizer Terhadap pH Tanah Gambut Yang Distabilisasi

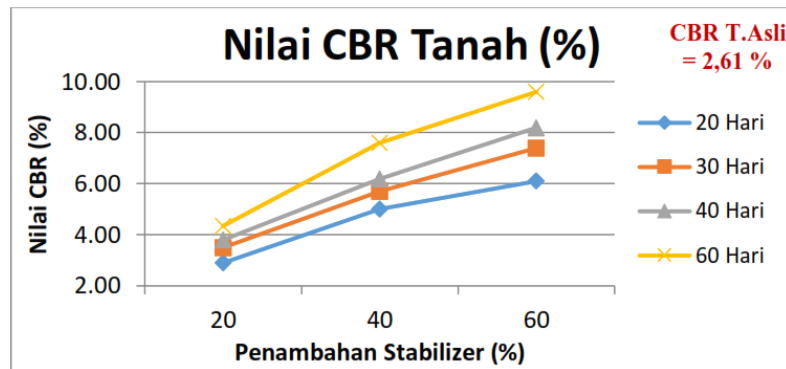


Gambar 14 Pengaruh Masa Peram Terhadap pH Tanah Gambut Yang Distabilisasi

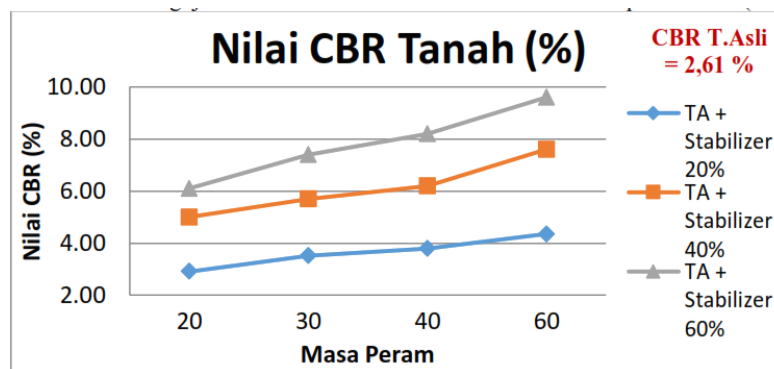
Nilai pH tanah gambut yang telah distabilisasi terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah *stabilizer*, hal ini karena pada campuran bahan *stabilizer* (*fly ash* dan kapur) terdapat unsur hara *Magnesium* (Mg) dan *Calcium* (Ca) yang biasa digunakan untuk meningkatkan pH tanah. Dengan menambahkan bahan *stabilizer* maka pH unsur hara *Magnesium* (Mg) dan *Calcium* (Ca) akan meningkat dan menetralkan unsur hara *Alkali* (Al), sehingga semakin banyak campuran bahan *stabilizer* yang diberikan dan lamanya masa peram yang dilakukan maka pH tanah akan meningkat atau lebih baik.

7.) CBR (*California Bearing Ratio*)

Hubungan antara penambahan prosentase *stabilizer* dan masa peram terhadap nilai CBR dapat dilihat pada Grafik di bawah.



Gambar 15 Pengaruh Penambahan Prosentase Stabilizer Terhadap Nilai CBR Tanah Gambut Yang Distabilisasi



Gambar 16 Pengaruh Masa Peram Terhadap Nilai CBR Tanah Gambut Yang Distabilisasi

Peningkatan nilai CBR ini disebabkan terjadinya pengikatan akibat reaksi kimia antara air tanah untuk membentuk *Calcium Silica Hydrates* (CSH) dengan bantuan abu terbang batubara (*fly ash*) yang mengandung *silica* (SiO_2) dan *Calcium Oksida* (CaO) pada kapur akan dapat membentuk gel CaSiO_3 (*kalsium silicat*) yang mampu mengisi pori gambut. Penambahan ini menyebabkan pengikatan antar partikel tanah gambut dengan *fly ash* dan kapur yang semakin banyak sehingga kepadatan tanah akan meningkat dan daya dukung tanah menjadi lebih baik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini maka kesimpulan yang didapatkan adalah penambahan prosentase stabilizer (*fly ash* dan kapur) dengan tanah gambut Teluk Selimau memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan sifat fisis dan CBR pada tanah tersebut menjadi lebih baik begitu pula dengan pengaruh lamanya masa peram pada tanah yang meningkatkan nilai sifat fisis dan nilai CBR tanah gambut sehingga memiliki daya dukung yang lebih baik dari sebeumnya. Prosentase penambahan stabilizer yang maksimal untuk meningkatkan sifat fisis dan nilai CBR tanah gambut asli Teluk Selimau yaitu penambahan 60%. Lamanya masa peram yang paling baik untuk mendapatkan hasil yang maksimum pada tanah gambut yang distabilisasi adalah 60 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles. 1996. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Diterjemahkan oleh Johan K. Hainin (Jilid 1). Jakarta : Erlangga.
- Desiani, A. 2017. *Kajian pengaruh Maeri Organik Pada Sifat Fisis Tanah Lunak*. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik. Bandung : Universitas Kristen Maranatha.

- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah 1*, (Edisi Kelima). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hasugian, A. 2020. *Pengaruh Variasi Lama Perendaman Terhadap Nilai CBR Tanah Gambut Desa Nagasaribu Kecamatan Lintong Nihuta Kabupaten Humbang Hasundutan*. Universitas Sumatera Utara
- Ma'ruf, M.A., L, & Permana,R. 2017. *Pengaruh Masa Peram Terhadap Karakteristik Tanah Gambut Kering Yang Dicampur Kapur dan Fly Ash*. Banjarbaru : Universitas Lambung Mangkurat.
- Nuraisah. 2018. *Penggunaan Stabilizer (Abu Terbang Batubara Dan Kapur) Sebagai Bahan Perbaikan Tanah Gambut di Teluk Selimau*. Tanjung Selor : Universitas Kalimantan Utara.
- Rumahorbo, E.K. 2021. *Pengaruh Lama Waktu Perendaman Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Serta Tinjauan Nilai Kuat Tekan Bebas Dengan Pengujian Unconfined Compression Test (UCT) Tanah Gambut Desa Lau Mulgap Kecamatan Mardingding Kabupaten Karo*. Universitas Sumatera Utara.
- Sidhi, K dkk. 2019. *Kajian Karakteristik dan Kuat Geser Tanah Gambut dengan Penambahan Semen Tipe 1 Sebagai Bahan Perbaikan Tanah*. Semarang : Universitas Katolik Soegijapramata.
- SNI 03-3637. 1994. *Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Indonesia.
- SNI 03-6414. 2002. *Pengertian dan Manfaat Fly Ash*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Indonesia.
- SNI 1744. 2012. *Metode Uji CBR Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Indonesia.
- SNI 1964. 2008. *Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Indonesia.
- SNI 13-6793. 2002. *Metode Pengujian Kadar Air, Kadar Abu Dan Bahan Organik dari Tanah Gambut dan Tanah Organik Lainnya*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Indonesia.
- SNI 3423. 2008. *Cara Uji Analisis Ukuran Butiran Tanah*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. Indonesia.
- Sutriatno. A. 2018. *Pengaruh Stabilisasi Kimiawi Pada Tanah Gambut di Daerah Rawa Pening Dengan Bahan Aditif Difa dan Kapur Terhadap Nilai CBR*. Universitas Islam Indonesia.
- Yulianto, F.E. 2016. *Model Laboratorium Untuk Menentukan Zona Efektif Pada Tanah Gambut Berserat Yang Distabilisasi Dengan Campuran Kapur Dan Abu Terbang*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.