

POTENSI ABU ECENG GONDOK UNTUK PERBAIKAN NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TANAH LEMPUNG

Qunik Wiqoyah¹, Rahma Putri Azzahrah², Agus Susanto³, Anto Budi Listyawan⁴, Furqaan Harjanto⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: qq170@ums.ac.id

Abstrak

Tanah Desa Kemiri, Kecamatan Kebakkramat, Kabupaten Karanganyar termasuk tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH), dengan nilai Indeks Plastis sebesar 37,83%, serta memiliki nilai California Bearing Ratio (CBR) soaked yang kecil sebesar 2,5% sehingga harus dilakukan stabilisasi tanah, agar tanah mampu menahan beban lalu lintas yang ada di atasnya. Stabilisasi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah stabilisasi kimiawi dengan menggunakan abu eceng gondok dengan persentase 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat sampel tanah, untuk memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah tersebut. Hasil uji sifat fisis tanah campuran, meliputi kadar air, berat jenis, batas cair, indeks plastis dan persentase lolos saringan No.200 mengalami penurunan, sedangkan nilai plastic limit dan batas susut mengalami kenaikan. Berdasarkan metode klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), tanah asli dan campuran termasuk kelompok A-7-6. Berdasarkan USCS (Unified Soil Classification System), tanah asli dan campuran 2,5% termasuk CH, sedangkan tanah campuran 5% sampai 10% termasuk tanah dengan plastisitas rendah (CL). Pencampuran tanah dengan abu eceng gondok menaikkan nilai berat volume kering dan menurunkan kadar air optimum (w_{opt}), serta memperbesar nilai CBR soaked. Nilai CBR soaked pencampuran 10% abu eceng gondok mencapai 16% dan termasuk tanah yang baik untuk subgrade jalan. Berdasarkan hasil uji sifat fisis dan mekanis, maka abu eceng gondok terbukti dapat memperbaiki tanah di Desa Kemiri Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar.

Kata Kunci : Abu Eceng Gondok, CBR, Tanah Lempung, stabilisasi

ABSTRACT

The soil of Kemiri Village, Kebakkramat District, Karanganyar Regency is a clay soil with high plasticity (CH), with a Plastic Index value of 37.83%, and has a small soaked California Bearing Ratio (CBR) value of 2.5% so that soil stabilization must be carried out, so that the soil is able to withstand the traffic load on it. The stabilization carried out in this study is chemical stabilization using water hyacinth ash with a percentage of 0%, 2.5%, 5%, 7.5% and 10% of the weight of the soil sample, to improve the physical and mechanical properties of the soil. The results of the physical properties test of the mixed soil, including water content, specific gravity, liquid limit, plastic index and percentage passing sieve No. 200 decreased, while the plastic limit and shrinkage limit values increased. Based on the AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) classification method, the original soil and mixture are included in the A-7-6 group. Based on the USCS (Unified Soil Classification System), the original soil and mixture of 2.5% are included in CH, while the mixed soil of 5% to 10% is included in the soil with low plasticity (CL). Mixing soil with water hyacinth ash increases the dry volume weight and decreases the optimum water content (w_{opt}), as well as increasing the soaked CBR value. The soaked CBR value of 10% water hyacinth ash mixture reaches 16% and is considered good soil for road subgrade. Based on the results of physical and mechanical property tests, water hyacinth ash has been proven to help improve soil in Kemiri Village, Kebakkramat District, Karanganyar Regency.

Keywords: Water Hyacinth Ash, CBR, Clay, Stabilization

Pendahuluan

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tumbuhan air invasif yang tumbuh sangat cepat dan sering menimbulkan permasalahan lingkungan seperti penyumbatan aliran air, *eutrofikasi*, dan penurunan kualitas habitat perairan. Walaupun dianggap sebagai gulma, fenomena pertumbuhan berlebih eceng gondok ini justru menyimpan potensi sebagai sumber biomassa yang dapat diolah menjadi bahan bernilai tambah, antara lain menjadi abu setelah proses pembakaran. Abu eceng gondok (AEG) diketahui mengandung senyawa aktif seperti silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan kalsium oksida (CaO), yang memiliki karakteristik *pozzolan* yakni dapat bereaksi dengan senyawa

kalsium hidroksida dan air membentuk senyawa pengikat (CSH) yang berfungsi memperkuat struktur tanah. Menurut Alfari (2024), eceng gondok mengandung unsur SiO₂, Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K), Natrium (Na), Chlorida (Cl), Cupper (Cu), Mangan (Mg) dan ferum (Fe). Berdasarkan hal tersebut, abu eceng gondok berpotensi digunakan sebagai bahan stabilisasi kimia yang mampu meningkatkan sifat mekanis tanah.

Tanah lempung merupakan jenis tanah yang banyak tersebar di berbagai wilayah Indonesia dan sering menjadi tantangan dalam pembangunan infrastruktur. Karakteristik tanah lempung seperti plastisitas tinggi, permeabilitas rendah, dan kecenderungan perubahan volume akibat fluktuasi kandungan air menjadikannya kurang ideal sebagai lapisan dasar jalan atau pondasi struktur (Hardiyatmo, 2019). Tanah lempung yang memiliki banyak kekurangan ini dapat menyebabkan tidak mampunya tanah tersebut menopang beban di atasnya dan akan cepat mengalami kerusakan dikarenakan perkerasan jalan merupakan suatu konstruksi yang sangat dipengaruhi oleh *bearing capacity subgrade*. Semakin tinggi nilai *bearing capacity subgrade* maka akan semakin tipis tebal lapis perkerasan di atasnya. *Indicator bearing capacity* ditunjukkan dari besarnya nilai *Capacity Bearing Ratio* (Akbar, 2013).

Tanah lempung di Desa Kemiri Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar termasuk salah satu tanah lempung dengan sifat-sifat seperti yang dijelaskan di atas. Hasil uji awal yang dilakukan dengan mengambil sampel tanah lempung di Desa Kebakkramat, didapatkan data sebagai berikut : *Liquid Limit (LL)* = 55,25% ; *Plastic Limit (PL)* = 17,41% ; dan Nilai Indeks Plastisitas (*PI*) = 37,83%, maka dari itu tanah termasuk dalam kelompok CH dan dengan kondisi plastisitas tinggi, serta memiliki nilai *California bearing ratio (CBR) soaked* yang rendah yaitu 2,533%. Berdasarkan uji pendahuluan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa tanah di Desa Kemiri Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar memiliki kualitas dan daya dukung yang rendah. Rendahnya nilai CBR tanah lempung ini harus diperbaiki agar tanah mampu sebagai *subgrade* jalan raya. Perbaikan yang dilakukan diantaranya dengan stabilisasi tanah secara kimiawi.

Salah satu penelitian terdahulu yang serupa dilakukan oleh Sabilla dkk (2022) yaitu analisa pengaruh bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan abu gergaji kayu dan abu eceng gondok terhadap daya dukung fondasi dangkal. Namun, studi yang secara khusus meneliti abu eceng gondok sebagai bahan stabilisasi tanah lempung untuk perbaikan CBR masih sangat terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dalam penelitian ini akan dilakukan perbaikan tanah lempung kebakkramat dengan menggunakan bahan stabilisasi berupa abu eceng gondok (AEG), untuk memperbaiki sifat fisis dan mekanisnya.

Indeks Plastisitas (PI).

Indeks Plastisitas atau *Plasticity Index (PI)* adalah selisih antara Batas Cair (*Liquid Limit*) dan Batas Plastis (*Plastic Limit*) dari suatu tanah lempung /tanah berbutir halus. Nilai ini menunjukkan rentang kadar air (*moisture content*) di mana tanah berada dalam kondisi plastis yaitu tanah dapat diubah bentuk tanpa retak atau pecah. Semakin besar nilai PI, semakin tinggi kandungan lempung atau fraksi halus dalam tanah, dan semakin besar kadar airnya.

Tanah dengan PI tinggi cenderung memiliki sifat mudah mengembang atau menyusut ketika kadar air berubah, memiliki kompresibilitas lebih besar dan lebih mudah mengalami perubahan volume.

Kepadatan Tanah

Kepadatan tanah biasanya diwakili oleh nilai berat volume kering tanah. Semakin besar berat volume kering , maka semakin padat tanah tersebut.

Tanah dengan nilai berat volume kering lebih kecil dari 14 kN/m³ termasuk tanah longgar, sedangkan tanah dengan berat volume kering 14 – 17 kN/m³ termasuk tanah dengan kepadatan sedang, sedangkan tanah dengan berat volume kering lebih besar 17 kN/m³ tanah sangat padat. (Das,2021)

California Bearing Ratio (CBR)

CBR adalah uji untuk menentukan kekuatan daya dukung tanah dasar (*subgrade*) pada konstruksi jalan. Nilai CBR sangat penting dalam perencanaan ketebalan lapisan perkerasan jalan, baik itu untuk jalan tanah, jalan aspal, atau jalan beton. CBR merupakan perbandingan tekanan (*penetrasi*) yang diperlukan untuk menembus tanah dengan standar tekanan pada bahan referensi (biasanya batu pecah) pada kedalaman tertentu. (Feryan,2019).

Hubungan antara nilai CBR dan klasiikasi tanah dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan antara nilai CBR dan klasiikasi tanah (Turnbul,1968)

Nilai CBR (%)	Klasiikasi Tanah
< 3	sangat buruk (perlu perbaikan besar)
3 - 5	buruk (perlu perbaikan)
5 – 10	sedang (<i>subgrade</i> cukup)
10 - 20	baik (<i>subgrade</i> cukup baik)
20 – 50	sangat baik (kuat, Tanah keras, bisa langsung dipakai)
> 50	Istimewa (sangat kuat, base/subbase material)

Pengujian *California bearing ratio* (CBR) rendaman yaitu dengan mengambil contoh tanah sampel dipadatkan di dalam *mold*, kemudian *mold* yang berisi sampel tanah direndam didalam *waterbath* berisi air selama 4 hari sambil diukur pengembangannya (% *swelling*).

Persen pengembangan (*swelling percentage*)

Persen pengembangan (*swelling percentage*) adalah nilai yang menunjukkan kemampuan tanah mengembang (membesar volumenya) ketika menyerap air atau mengalami kenaikan kadar air. Persen pengembangan (*swelling percentage*) merupakan persentase perubahan tinggi (volume) dari sampel tanah setelah direndam dalam air, dibandingkan dengan tinggi awalnya sebelum direndam.

Swelling potential dapat diklasifikasikan berdasarkan nilai *swell percent* (*swelling %*). Hubungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara *swelling Percentage (%)* dengan potensi pengembangan. (Das, 2021)

<i>Swelling Percentage (%)</i>	potensi pengembangan
< 1%	Rendah (Low)
1 – 3%	Sedang (Medium)
3 – 6%	Tinggi (High)
> 6%	Sangat Tinggi (Very High)

Metode

Stabilisasi pada penelitian ini adalah stabilisasi kimiawi dengan menggunakan bahan campuran berupa abu eceng gondok. Jenis pengujian yang dilakukan yaitu uji sifat fisis dan sifat mekanis. Pengujian sifat fisis tanah meliputi uji kadar air, berat jenis, batas-batas *Atterberg*, dan analisa ukuran butiran tanah, sedangkan pengujian mekanis yaitu meliputi uji kepadatan tanah dan uji *California Bearing Ratio* (CBR) *soaked*. Sampel tanah diambil dari Desa Kemiri Kecamatan Kebakkramat Kabupaten Karanganyar, diambil dalam kondisi terganggu pada kedalaman 40 - 100 cm dari permukaan tanah dan dikondisikan kering udara. Eceng gondok diperoleh dari Waduk Cengklik Boyolali lalu dibakar agar menjadi abu.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, tahap pertama yaitu dimulai dengan studi literatur, pengambilan sampel tanah, pengeringan dan penyaringan tanah lolos saringan No.4. Selain itu juga dilakukan pengambilan eceng gondok dan dilakukan pembakaran. Pembakaran eceng gondok hingga menjadi abu dilakukan di tempat pembakaran genting di daerah Klaten dengan suhu ± 600°C. Pada tahap kedua dilakukan pembuatan benda uji tanah asli dan tanah campuran dengan persentase penambahan campuran abu eceng gondok 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% dari berat sampel tanah. Selanjutnya dilakukan uji sifat fisis tanah asli dan tanah campuran diantaranya kadar air, berat jenis, batas-batas *Atterberg*, dan analisa ukuran butiran tanah. Selain itu juga dilakukan uji sifat fisis abu eceng gondok diantaranya uji kadar air dan berat jenis. Pada tahap ini juga dilakukan pembuatan benda uji *standart Proctor*. Setelah dilakukan pemeraman benda uji selama ± 24 jam, dilakukan uji pemadatan *standart Proctor* bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum dan berat volume kering tanah maksimum. Tahap ketiga dilakukan pembuatan benda uji CBR menggunakan kadar air optimum, perendaman benda uji selama 96 jam, dan dilakukan uji CBR. Tahap keempat analisis data, pembahasan dan kesimpulan.

Hasil Dan Pembahasan

Uji Pendahuluan

Pengujian awal digunakan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur kimia tanah dan abu eceng gondok. Pengujian ini dilakukan di Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB), hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Unsur Kimia Tanah (BPSMB Surakarta, 2024)

No	Parameter unsur kimia	Hasil pengukuran
1	Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃), %	7,25
2	Besi (III) Oksida (Fe ₂ O ₃), %	5,30
5	Silika (SiO ₂), %	29,54

Tabel 4. Unsur Kimia abu eceng gondok (BPSMB Surakarta, 2024)

No	Parameter unsur kimia	Hasil pengukuran
1	Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃), %	0,338
2	Besi (III) Oksida (Fe ₂ O ₃), %	2,49

5	Silika (SiO ₂), %	6,179
---	-------------------------------	-------

Berdasarkan hasil uji unsur-unsur kimia, ternyata antara abu eceng gondok (AEG) dan tanah memiliki kandungan unsur kimia yang sama. Kandungan unsur kimia yang sama akan menyebabkan terjadi reaksi sementasi antara tanah dengan abu eceng gondok dan diharapkan akan dapat memperbaiki tanah.

Uji sifat fisis tanah Abu Eceng Gondok

Abu eceng gondok (AEG) memiliki kadar air sebesar 2,49% dan berat jenis 2,13.

Pengujian Sifat Fisis Tanah Asli dan Tanah Campuran

Hasil uji sifat fisis disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisis Tanah Asli dan Tanah Campuran

Jenis Pengujian	Tanah Asli	2,5%	5%	7,5%	10%
Kadar Air (%)	9,72	9,51	8,40	8,19	7,45
Berat Jenis	2,68	2,66	2,65	2,64	2,63
Batas Cair / LL (%)	55,25	51,55	50,10	46,74	41,93
Batas Plastis / PL (%)	17,41	19,52	20,46	20,86	21,18
Batas Susut / SL (%)	24,93	25,28	27,07	28,19	30,19
Indeks Plastis / PI (%)	37,83	32,04	29,64	25,88	20,75
Kelompok Indeks (GI)	33,706	29,188	24,469	19,874	18,64
Lolos No 200(%)	84	83	82	81	80
Klasifikasi tanah					
AASHTO	A-7-6	A-7-6	A-7-6	A-7-6	A-7-6
USCS	CH	CH	CL	CL	CL

Kadar air dan berat jenis

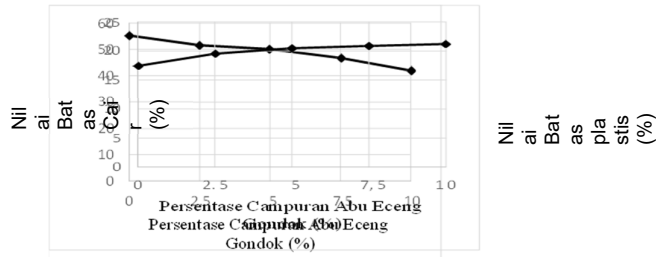
Pencampuran tanah dengan abu eceng gondok (AEG), menurunkan nilai kadar air. Hal ini dikarenakan AEG walaupun memiliki ukuran partikel halus, tetapi tidak mudah menyerap air, selain itu pencampuran dua bahan dengan kadar air yg berbeda, dimana kadar air abu eceng gondok yang kecil menyebabkan terjadinya penurunan nilai kadar air. AEG ini juga memiliki berat yang ringan sehingga juga akan menurunkan nilai berat jenis tanah.

Analisa Ukuran Butiran Tanah

Penambahan variasi persentase AEG menyebabkan perubahan komposisi fraksi, yaitu bertambahnya fraksi tertahan saringan No 200 serta berkurangnya fraksi lolos saringan No 200. Perubahan ini menyebabkan gradasinya beragam. Pengurangan fraksi < 0,075 mm dikarenakan adanya indikasi penggumpalan akibat proses sementasi, sehingga sebagian partikel berubah ukuran menjadi lebih besar.

Atterberg limits

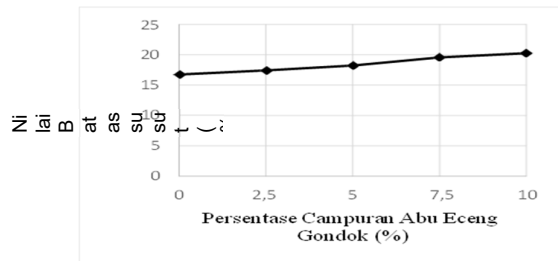
Tanah yang dicampur dengan AEG, memiliki nilai indeks plastisitas (PI) yang lebih kecil dibandingkan dengan sebelum dicampur dengan AEG, semakin besar persentase AEG semakin kecil indeks plastisitas tanahnya. Turunnya nilai PI disebabkan terjadinya penurunan nilai batas cair (LL) dan naiknya nilai batas plastis (PL). Pencampuran tanah dengan AEG menyebabkan timbulnya muatan positif (kation) dalam air pori. Penambahan kation ini memungkinkan terjadinya proses tarik menarik antara an-ion dari partikel tanah dengan kation dari partikel AEG serta kation dari partikel AEG dengan an-ion dari partikel air (proses pertukaran ion/*cation exchange*). Proses ini mengganggu proses tarik menarik antara an-ion dari partikel tanah dengan kation dari partikel air serta proses tarik menarik antara an-ion dan kation dari partikel air, sehingga partikel tanah kehilangan daya tarik antar partikelnya. Berkurangnya daya tarik antar partikel tanah dapat menurunkan kohesi tanah. Penurunan kohesi ini menyebabkan mudah terlepasnya partikel tanah dari ikatannya. Penambahan campuran AEG yang semakin banyak akan menyebabkan semakin turunnya nilai kohesi. Turunnya nilai kohesi akan menyebabkan turunnya nilai batas cair (LL) dan naiknya (PL). Hal ini bisa dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Grafik hubungan antara persentase AEG dengan nilai batas cair.

Gambar 2. Grafik hubungan antara persentase AEG dengan nilai batas plastis.

Selain semakin besarnya nilai PL, pencampuran AEG juga menyebabkan terjadinya kenaikan batas susut (SL), hal ini disebabkan *flokulasi-aglomerasi* yang menyertai proses pertukaran ion-ion. Peristiwa ini akan menghasilkan butiran tanah baru dengan ukuran yang lebih besar, sehingga akan memperkecil luas permukaan spesifik/*specific surface*. Tanah dengan butiran yang lebih besar mempunyai permukaan spesifik lebih kecil dibanding tanah berbutir kecil. Permukaan spesifik yang kecil akan mengurangi kepekaan tanah terhadap pengaruh air. Bertambahnya persentase campuran AEG yang ditambahkan akan menyebabkan mengecilnya luas permukaan spesifik tanah yang berakibat tanah sulit berubah volumenya akibat pengaruh air, walaupun dengan kadar air yang tinggi. Kenaikan nilai SL dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan antara persentase AEG dengan nilai batas susut.

Indeks Plastis

Menurunnya nilai PI menunjukkan kualitas tanah semakin baik, tanah tidak terlalu mudah berubah bentuk serta tanah lebih stabil volumenya terhadap perubahan kadar air, sehingga potensi kembang susutnya juga kecil. Ketika PI kecil maka *swelling* kecil dan sebaliknya, karena nilai *swelling* berbanding lurus dengan nilai PI. Pencampuran tanah dengan abu eceng gondok akan menurunkan nilai *swelling* dikarenakan nilai PI mengalami penurunan. Nilai *swelling* pada tanah asli yaitu 1,72% dan nilai *swelling* pada pencampuran abu eceng gondok 10% yaitu didapatkan hasil 1,45% dan terjadi penurunan sebesar 0,27%.

Klasifikasi Tanah

Berdasarkan system AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) tanah asli termasuk kelompok A-7-6 tanah berlempung dengan penelitian umum sebagai *subgrade* sedang atau buruk. Pencampuran abu eceng gondok sampai 10% ternyata tidak merubah klasifikasi tanah, jadi tanah tetap termasuk kedalam A-7-6.

Berdasarkan USCS (*Unified Soil Classification System*) tanah termasuk dalam CH (lempung dengan plastisitas tinggi) begitu pula pencampuran abu eceng gondok 2,5%. Klasifikasi tanah mengalami perubahan dari CH ke CL (tanah lempung dengan plastisitas rendah) pada persentase 5%, 7,5% dan 10% penambahan abu eceng gondok.

Pengujian Sifat Mekanis Tanah Asli dan Tanah Campuran.

Uji sifat mekanis terdiri dari uji standar *Proctor* dan uji CBR .

Pemadatan tanah (Standar *Proctor*).

Nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum

Penambahan Abu Eceng Gondok %	γ_d max gr/cm ³	ω_{opt} %
Tanah Asli	1,46	28

Tanah + Abu Eceng Gondok 2,5%	1,47	26
Tanah + Abu Eceng Gondok 5%	1,53	25
Tanah + Abu Eceng Gondok 7,5%	1,55	24
Tanah + Abu Eceng Gondok 10%	1,59	22

Karakteristik pemadatan adalah kepadatan (*densitas*) kering. Berat volume kering maksimum ($\gamma_d \text{ max}$) mencerminkan kepadatan tanah, semakin besar nilai berat volume kering tanah, maka tanah semakin padat. Pencampuran tanah dengan AEG meningkatkan nilai $\gamma_d \text{ max}$. Peningkatan yang terjadi karena ukuran butiran AEG yang halus sehingga mengisi pori tanah. Selain itu terjadinya sementasi menyebabkan struktur tanah lebih padat dan kompak.

Kadar air optimum

Terjadinya sementasi antara tanah dengan AEG, menetralkan muatan negatif pada partikel lempung, yang menurunkan kemampuan tanah mengikat air, sehingga air tidak lagi terserap sebanyak pada tanah lempung murni. Selain itu, semakin besarnya ukuran butiran tanah, semakin turun nilai kohesi, sehingga tanah menyerupai tanah pasir yang hanya memerlukan sedikit air untuk mencapai kepadatan maksimum.

Pengujian *California Bearing Ratio Soaked (CBR)*

Hasil uji CBR bisa dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil pengujian *California Bearing Ratio (CBR) Soaked* Tanah Asli dan Campuran.

Jenis Sampel	Nilai CBR (%)
Tanah Asli	3
Tanah + 2,5% Abu Eceng Gondok	6
Tanah + 5% Abu Eceng Gondok	7
Tanah + 7,5% Abu Eceng Gondok	9
Tanah + 10% Abu Eceng Gondok	16

Peningkatan nilai CBR ini disebabkan terjadinya sementasi akibat pencampuran tanah dengan AEG. Sementasi ini menyebabkan penggumpalan yang akan meningkatkan daya ikat antar butiran. Meningkatnya ikatan antar butiran, maka kemampuan saling mengunci antar butiran pun semakin tinggi. Selain itu, rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras, sehingga butiran tidak mudah hancur atau berubah bentuk karena pengaruh air. Pencampuran 5% AEG, mencapai nilai CBR 7%. Berdasarkan Tabel 1, nilai CBR 7% termasuk *subgrade* yang cukup baik. Persentase pencampuran AEG terbesar (10%), memiliki nilai CBR sebesar 16%, merupakan tanah baik untuk *subgrade* jalan.

Nilai persen pengembangan (*swelling percentage*)

No	Abu Eceng Gondok (%)	H1 (mm)	H2 (mm)	ΔH (mm)	Nilai Pengembangan (%)
1	0	3,20	8,70	5,50	1,72
2	2,5	3,15	8,10	4,95	1,57
3	5	2,70	6,80	4,10	1,52
4	7,5	2,30	5,70	3,40	1,48
5	10	2,10	5,15	3,05	1,45

Berdasarkan hasil uji pengembangan dinyatakan bahwa nilai *swelling percentage* berbanding terbalik dengan nilai *California Bearing Ratio (CBR)*. Bertambah besarnya nilai *California Bearing Ratio (CBR)* yang dikarenakan semakin padatnya tanah menyebabkan nilai *swelling percentage* semakin kecil. Nilai *swelling percentage* mengalami

penurunan dari 1,72% menjadi 1,45%, jadi penurunan sebesar 0,27 dan termasuk dalam indeks plastisitas rendah. Penurunan *swelling percentage* menyebabkan tanah lebih stabil tidak mudah berubah bentuk, ukuran maupun volume. Kecilnya nilai *swelling percentage*, tanah akan semakin kuat dan tahan terhadap perubahan lingkungan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan sampel tanah lempung Desa Kemiri, Kecamatan Kebakkramat, Kabupaten Karanganyar yang stabilisasi dengan abu eceng gondok didapatkan kesimpulan berikut :

1. Pengujian sifat fisis tanah asli dan tanah campuran menunjukkan bahwa nilai kadar air, berat jenis, batas cair, indeks plastisitas dan persentase lolos saringan No.200 mengalami penurunan. Sebaliknya, nilai batas plastis dan batas susut mengalami peningkatan. Klasifikasi tanah asli dan campuran menurut sistem AASHTO termasuk dalam kelompok A-7-6. Berdasarkan USCS, tanah asli dan tanah campuran abu eceng gondok dengan persentase 2,5% dan 5% tergolong dalam kelompok CH yaitu lempung tak organik dengan plastisitas tinggi. Sementara itu, tanah campuran abu eceng gondok dengan persentase 7,5% dan 10% termasuk dalam kelompok CL yaitu lempung tak organik dengan plastisitas rendah hingga sedang.
2. Hasil pengujian pemadatan tanah asli dan tanah campuran menunjukkan bahwa nilai berat volume kering mengalami kenaikan seiring kenaikan persen abu eceng gondok dan kadar air optimum mengalami penurunan seiring kenaikan persen abu eceng gondok.
3. Nilai *California Bearing Ratio (CBR) Soaked*, mengalami kenaikan seiring bertambahnya persen abu eceng gondok, sampai pencampuran 10% abu eceng gondok, nilai CBR sebesar 15,56% dan menurunkan persen pengembangan sebesar 0,27%.
4. Abu eceng gondok dapat memperbaiki sifat fisis dan mekanis tanah Desa Kemiri, Kecamatan Kebakkramat, Kabupaten Karanganyar.

Daftar Pustaka

- Akbar, (2013). Kajian pengaruh nilai CBR subgrade terhadap tebal perkerasan jalan (studi komparasi CBR Kecamatan Nisam Antara, Kecamatan Sawang dan Kecamatan Kuta Makmur, Universitas Malikusseh.
- Alfarisi, I. kamal (2024) ‘Pengaruh Pozzolan Buatan Dari Abu Eceng Gondok Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air Beton Normal’
- Das, B. M. (2021). *Principles of Geotechnical Engineering, SI Edition* (10th ed.). Cengage.
- Feryan M., 2019 “Kajian hasil uji laboratorium nilai CBR berdasarkan kompaksi standard proctor dan nilai CBR serta nilai DCPT berdasarkan alat kompaksi soelarno”. Universitas Katolik Prahyanan, Bandung
- Hardiyatmo, H. C. (2019) *Mekanika Tanah I*, Edisi ke-7. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Salsabilla., Noveliyana., Soedarsono., Fitriyana., 2022 “Analisa pengaruh bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan abu gergaji kayu dan abu eceng gondok terhadap daya dukung fondasi dangkal”, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang
- Turnbull,W.J.,Foster,C.R.,&Ahlvln,R.G. (1968) *Design of Flexible Pavement Using the California Bearing Ratio*. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi