

PENGARUH PENCAMPURAN ABU SEKAM KOPI TERHADAP STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI BARBATE ACEH BESAR

Roby Iskandar^{1*} Devi Sundary² Reza P Munirwan³

^{1*} Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia.

^{2,3} Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala Banda Aceh 23111 Indonesia

¹robyskandar111@gmail.com * ²devisundary_tsft@unsyiah.ac.id ³r.munirwan@unsyiah.ac.id

*corresponding author

ABSTRACT

Soil as a place for a construction to stand must have sufficient strength to withstand the load. Available soil sometimes cannot be used immediately because it has limited strength, so certain improvements are needed which are called stabilization. Soil samples came from the Barbate Dates Garden Area in Paya Kameng Village, Masjid Raya District, Aceh Besar Regency, Aceh Province. Mixing of Barbate soil with coffee husk ash was conducted with at variations of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% of the dry weight of the soil. The tests carried out consisted of measuring the Atterberg limits, compaction and submerged CBR and swelling. Barbate soil according to the USCS and AASHTO classifications is classified as clay, with a liquid limit value of 60.00% and a plasticity index of 30.47%. From the results of the compaction test, the optimum water content for the percentage of coffee husk ash from 0% to 25% decreased from 36.30% to 29.91% and dry unit weight increased from 1.220 gr/cm³ to 1.251 gr/cm³. The submerged CBR test shows that as the percentage of coffee husk ash increases, the CBR value increases from 6.97% to 10.28%. Swelling properties decreased from 3.313% to 1.121% at a percentage of 25% coffee husk ash.

Keywords : stabilization, coffee husk ash, compaction, CBR and swelling.

ABSTRAK

Tanah sebagai tempat berdirinya suatu konstruksi harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban yang diterima. Tanah yang tersedia kadang kala tidak dapat langsung digunakan karena memiliki kekuatan yang terbatas, sehingga diperlukan perbaikan tertentu yang disebut dengan stabilisasi. Stabilisasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Penelitian ini dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan abu sekam kopi. Sampel tanah berasal dari Kawasan Kebun Kurma Barbate di Desa Paya Kameng, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Pencampuran tanah Barbate dengan abu sekam kopi dilakukan pada variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat kering tanah. Pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran batas-batas Atterberg, pemadatan dan CBR terendam serta pengembangan. Tanah Barbate menurut klasifikasi USCS dan AASHTO tergolong ke dalam tanah lempung, dengan nilai batas cair 60,00% dan indeks plastisitas 30,47%. Dari hasil pengujian pemadatan, nilai kadar air optimum untuk persentase abu sekam kopi 0% sampai 25% menurun dari 36,30% menjadi 29,91% dan berat volume kering meningkat dari 1,220 gr/cm³ menjadi 1,251 gr/cm³. Dari pengujian CBR terendam menunjukkan bahwa seiring pertambahan persentase abu sekam kopi, nilai CBR meningkat dari 6,97% menjadi 10,28%. Sifat pengembangan mengalami penurunan dari 3,313% menjadi 1,121% pada persentase 25% abu sekam kopi.

Kata Kunci: stabilisasi, abu sekam kopi, pemadatan, CBR dan pengembangan.

I. Pendahuluan

Tanah merupakan material geologis yang tersusun dari butiran-butiran ataupun lempengan pipih yang antara satu dengan yang lainnya terdapat rongga-rongga berisi udara dan air [1]. Dalam perencanaan pondasi, tanah merupakan bagian yang perlu diperhatikan. Sebelum dilaksanakan perencanaan suatu pondasi harus diketahui seperti apa karakteristik tanah yang ditemui di lapangan. Hal ini sangat diperlukan untuk mengetahui bagaimana langkah-langkah yang harus diambil agar tidak terjadi kegagalan konstruksi. Kenyataan yang terjadi di lapangan menunjukkan bahwa tidak semua tanah dapat dimanfaatkan secara langsung, tetapi harus melalui proses-proses perbaikan maupun perlakuan (*treatment*) tertentu yang disebut dengan stabilisasi. Panguriseng (2001) [2] menjelaskan bahwa stabilisasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu stabilisasi mekanis yang dilakukan dengan cara memadatkan tanah dengan menggunakan peralatan mekanis, dan stabilisasi kimiawi dengan pencampuran

bahan-bahan aktif kimiawi (*chemical*). Stabilisasi kimiawi dilakukan dengan cara mencampurkan tanah dengan bahan stabilisasi seperti semen, kapur, abu terbang (*fly ash*), atau bahan lainnya yang bersifat dapat merubah komposisi kimiawi dan kombinasi tanah dengan bahan campuran. Sampel tanah dalam penelitian ini berasal dari Kawasan Kebun Kurma Barbate di Desa Paya Kameng, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan metode terganggu. Berdasarkan penelitian Muhammad Rezha Septyan (2021) [3], tanah Barbate termasuk ke dalam kelompok A-7-5 berdasarkan klasifikasi tanah AASHTO yaitu tanah berlempung dengan nilai plastisitas indeks 27,18%. Menurut Acchara dkk (2013) [4], komposisi abu sekam kopi adalah kalsium karbonat, kalsium silikat, fosfat dan potasium sulfat. Berdasarkan kandungan tersebut, abu sekam kopi memiliki sifat pozzolan yang mirip

dengan bahan pozzolan lainnya seperti *fly ash* dan metakaolin, sehingga diperkirakan dapat menjadi bahan stabilisasi tanah yang dapat memperbaiki sifat-sifat tanah. Abu sekam kopi diperoleh dari hasil pembakaran bebas kulit ari kopi. Kulit ari kopi dibakar bersama batok kelapa sebagai pemantik api selama 5 jam kemudian dihaluskan.

Atahu, dkk (2019) [5] melakukan penelitian terhadap tanah *ekspansif* di daerah Ambo, Oromia, Ethiopia. Perilaku susut tanah di daerah ini menyebabkan berkembangnya retakan. Retakan ini menciptakan zona kelemahan pada massa tanah, yang meningkatkan kompresibilitas dan mengurangi kekuatan tanah. Hasilnya abu sekam kopi dapat meningkatkan kualitas tanah di daerah tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan daya dukung tanah Barbate serta membuat analisa perbandingan sifat mekanis antara tanah dalam kondisi alami dengan tanah yang sudah dilakukan pencampuran abu sekam kopi. Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan abu sekam kopi sampai dengan 25% sangat efektif untuk proses stabilisasi. Keuntungan yang didapatkan dari pemanfaatan abu sekam kopi diantaranya dapat meningkatkan daya dukung tanah Barbate yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini serta dapat mengurangi permasalahan lingkungan akibat minimnya pemanfaatan sekam kopi dikalangan masyarakat.

II. Metodologi Penelitian

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian berada di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Penelitian dilakukan selama 6 bulan sampai memperoleh hasil.

B. Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data utama yang diperlukan dalam analisis hasil penelitian. Data ini diperoleh dari hasil pemeriksaan atau pengujian langsung di laboratorium, terdiri dari data sifat-sifat fisis seperti berat jenis, batas plastis, batas cair, batas susut, analisa butiran, dan data sifat-sifat mekanis berupa kepadatan maksimum dan kadar air optimum serta nilai CBR dan pengembangan (*swelling*).

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperlukan dalam penelitian diantaranya yaitu, angka koreksi benda uji pada saat perhitungan, angka kalibrasi alat uji, serta peta lokasi pengambilan tanah dan lain sebagainya. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait, studi literatur dan konsultasi dengan pihak terkait.

C. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan system USCS dan AASHTO seperti yang dikemukakan Bowles (1993) [6]. Dari hasil pengujian pemadatan digunakan untuk menentukan berat volume kering maksimum ($\gamma_{d \text{ maks}}$) dan kadar air optimum (w_{opt}). Nilai CBR terendam diperoleh dari uji penetrasi pada 0,1 dan 0,2 inchi. Hasil pengujian-

pengujian tersebut selanjutnya ditulis dalam bentuk tabel dan grafik dan dianalisis sehingga diperoleh hubungan antara persentase penambahan abu sekam kopi terhadap parameter-parameter pengujian terhadap tanah Barbate. Dengan demikian hasil penelitian ini diharapkan menjadi akurat dan informatif.

D. Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini berupa klasifikasi tanah Barbate menurut USCS dan AASHTO berdasarkan data sifat-sifat fisis tanah serta pengaruh yang dihasilkan oleh pencampuran tanah Barbate dengan abu sekam kopi melalui pengujian pemadatan (*standard proctor*), CBR terendam dan sifat pengembangan (*swelling*).

1. Klasifikasi tanah

Menurut Germaine (2009) [7] klasifikasi tanah adalah pengelompokan tanah ke dalam suatu tipe atau grup berdasarkan karakteristik tertentu yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran tanah secara subjektif serta spesifik. Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan dalam ilmu geoteknik yaitu *Unified Soil Classification System* (USCS) dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO).

Dalam sistem USCS diperlukan analisa ukuran butiran serta batas-batas *Atterberg* seperti batas cair (LL), batas plastis (PL), batas susut (SL) dan indeks plastis (PI). Sistem USCS juga mengelompokkan tanah menjadi dua kategori utama yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus.

Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah menjadi 8 kelompok termasuk sub-subkelompok berdasarkan pengujian analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Hardiyatmo (2013) [8] mengemukakan bahwa sistem klasifikasi AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*, sehingga sistem ini terutama ditujukan dalam lingkup tersebut.

2. Sifat-sifat fisis tanah

Sifat fisis merupakan sifat pada tanah yang dapat diamati secara langsung. Pengujian sifat-sifat fisis tanah meliputi berat jenis, batas-batas *Atterberg*, analisa butiran dan indeks kelompok.

Berat jenis dapat didefinisikan sebagai perbandingan dari berat isi bahan terhadap berat isi air. Das (1995) [9] lebih lanjut menjelaskan, nilai berat jenis dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan hitungan dalam mekanika tanah.

Batas *Atterberg* dikenalkan dengan maksud untuk mengklasifikasikan tanah berbutir halus serta memastikan karakter indeks properti tanah. Dari pengujian batas-batas *Atterberg* akan diperoleh parameter batas cair, batas plastis, batas susut dan indeks plastisitas. Hardiyatmo (2002) mengemukakan bahwa indeks plastisitas (*plasticity index*) adalah selisih antara batas cair dengan batas plastis yang dinyatakan dalam persen. Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis dan dapat ditentukan dengan **Persamaan (1)**.

Suatu tanah dapat dikatakan bergradasi baik atau buruk dapat diketahui berdasarkan pendistribusian ukuran

partikel tanah. Das (1995) mengatakan bahwa ada dua cara yang umum digunakan untuk mendapatkan distribusi ukuran-ukuran partikel tanah, yaitu analisa saringan untuk ukuran partikel-partikel berdiameter lebih besar dari 0,075 mm dan Analisa hidrometer untuk ukuran partikel-partikel berdiameter lebih kecil dari 0,075 mm.

Hardiyatmo (2002) menjelaskan bahwa indeks kelompok digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan (2)**.

3. Karakteristik tanah lempung

Bowles (1993) menyatakan bahwa tanah lempung (tanah kohesif) merupakan kumpulan partikel mineral dengan indeks plastisitas tinggi yang membentuk suatu massa yang bersatu saat kering sehingga diperlukan gaya untuk memisahkan butiran mikroskopisnya. Sutarman (2013) [10] menjelaskan bahwa mineral lempung merupakan partikel berukuran sangat kecil (kurang dari 2 μm) yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron.

4. Abu sekam kopi

Komposisi mineral utama abu sekam kopi adalah kalsium karbonat, kalsium silikat, kalsium fosfat dan potasium sulfat. Hal ini menunjukkan bahwa abu sekam kopi memiliki sifat pozzolan yang mirip dengan bahan pozzolan lainnya seperti *fly ash* dan metakaolin (Sanchez de Rojas, 1999) [11].

5. Stabilisasi tanah

Stabilisasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu stabilisasi mekanis yang dilakukan dengan cara memadatkan tanah dengan menggunakan peralatan mekanis, dan stabilisasi kimiawi yaitu dengan pencampuran bahan-bahan aktif kimiawi (*chemical*). Stabilisasi kimiawi atau stabilisasi dengan menggunakan bahan tambahan dilakukan dengan cara mencampur tanah dengan bahan tambahan (*addictives*) dengan perbandingan tertentu untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah seperti kekuatan, tekstur, plastisitas serta kemudahan dalam pengerjaan.

6. Proses kimia pada stabilisasi tanah dengan abu sekam kopi

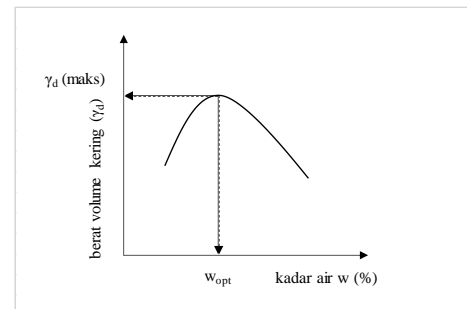
Stabilisasi tanah dengan abu sekam kopi adalah pencampuran antara tanah, abu sekam kopi, dan air, kemudian dipadatkan dan menghasilkan suatu material baru dimana karakteristik deformasi, kekuatan, daya tahan terhadap air, cuaca dan sebagainya dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Suardi (2005) dalam Hizkia Gultom (2019) [12] menjelaskan bahwa tahapan proses kimia pada stabilisasi tanah menggunakan bahan stabilisasi meliputi absorpsi air dan reaksi pertukaran ion; reaksi pembentukan kalsium silikat dan kalsium aluminat; serta reaksi pozzolan.

7. Pemadatan tanah

Pemadatan tanah bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah, sehingga dengan demikian dapat meningkatkan daya dukung tanah tersebut. Pemadatan tanah dapat memperkecil volume pori suatu tanah atau memperbesar berat volume tanah. Uji pemadatan dilakukan untuk menentukan hubungan kadar air dengan berat volume, serta mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan.

Das (1995) menyebutkan bahwa adanya penambahan kadar air setelah mencapai kadar air tertentu yang mencapai optimal akan mengakibatkan turunnya berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air yang kebanyakan mengisi pori-pori tanah seharusnya dapat diisi oleh partikel-partikel padat tanah.

Dalam uji pemadatan, percobaan diulang sedikitnya 5 kali dengan kadar air setiap percobaan divariasikan. Kemudian digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 .Grafik hubungan berat volume kering dengan kadar air

Menurut Bowles (1993), dalam pengujian pemadatan setiap contoh tanah dengan kadar air berbeda dipadatkan dalam cetakan yang diketahui berat volumenya, sehingga berat volume basah (γ_b) dapat dihitung dengan **Persamaan (3)**. Kadar air merupakan perbandingan antara berat air pori dengan berat butir tanah kering, dihitung dengan **Persamaan (4)**. Berat volume kering maksimum dari tanah pada kadar air optimum dapat dihitung dengan **Persamaan (5)**.

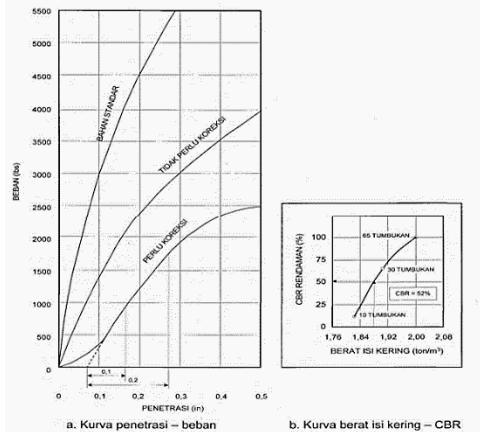
8. California Bearing Ratio (CBR)

CBR merupakan suatu metode empiris untuk menilai deformasi tanah terhadap pembebanan. Pengujian ini mengikuti standar yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional, yaitu SNI 1744-2012 [13] tentang Metode Uji CBR Laboratorium. Nilai CBR dihitung pada 0,1 dan 0,2 inci dengan cara membagi beban pada penetrasi masing-masing dengan beban standar yaitu 3000 lb dan 4500 lb. Nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR yang terbesar antara penetrasi 0,1 dan 0,2. Perhitungan harga CBR dinyatakan dengan **Persamaan (6)** dan **(7)**.

Menurut Wesley (1977) [14] bahwa nilai CBR kecil pada kadar air rendah dan semakin bertambahnya kadar air nilai CBR terus meningkat sampai batas kadar air optimum. Setelah kadar air melewati batas optimum maka nilai CBR akan turun kembali. Ini menunjukkan bahwa besarnya nilai CBR mempunyai korelasi yang kuat dengan kepadatan tanah.

Pada umumnya, grafik pembebanan diperoleh dari hasil pengukuran CBR berupa garis lurus pada penetrasi rendah. Pada penetrasi yang lebih tinggi grafik berbentuk cekung. Hal ini disebabkan karena peralatan yang kurang sempurna atau kurang teliti dalam pelaksanaan pengukuran. Untuk memperbaiki penyimpangan tersebut, Wesley (1977) mengemukakan bahwa perlu dilakukan koreksi dengan

cara menarik garis lurus sehingga letak titik nol berpindah, perpindahan titik nol ini diikuti dengan perpindahan titik penetrasi lainnya sejauh perpindahan titik nol seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 .Grafik hubungan beban dan penetrasi pada uji CBR

9. Pengembangan (*Swelling*)

Seed dkk. (1962) dalam Hardiyatmo (2002) mendefinisikan *swelling* sebagai persentase pengembangan di bawah tekanan 6,9 kPa pada tanah yang dibebani secara terkekang pada arah lateral. Rumus pendekatan yang dipakai ditunjukkan pada **Persamaan (8)**.

Al-Rawas (2006) [15] mengemukakan prediksi identifikasi tanah ekspansif menurut potensi pengembangan berdasarkan nilai batas cair (LL) tanah seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Klasifikasi Derajat Pengembangan (Potensi Pengembangan)

Degree of expansion	Chen (1983)	Seed dkk. (1962)	Daksanamurthy and Raman (1973)
Very high	LL > 60	LL > 35	LL > 70
High	40 < LL ≤ 60	20 < LL ≤ 35	50 < LL ≤ 70
Medium	30 ≤ LL ≤ 40	10 ≤ LL ≤ 20	35 ≤ LL ≤ 50
Low	LL < 30	LL < 10	20 ≤ LL ≤ 35

E. Formula Matematika

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (1)$$

PI adalah indeks plastisitas yang dihitung dalam satuan persen, LL adalah batas cair yang dihitung dalam satuan persen sedangkan PL adalah batas plastis yang dihitung dalam satuan persen.

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \dots \dots \dots (2)$$

GI adalah indeks kelompok, F adalah material lolos saringan nomor 200 yang dihitung dalam persen, LL adalah batas cair yang dihitung dalam satuan persen

sedangkan PI adalah indeks plastisitas yang dihitung dalam satuan persen.

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (3)$$

γ_b adalah berat volume basah yang dihitung dalam gram per centimeter kubik, W adalah berat tanah basah di dalam cetakan yang dihitung dalam gram sedangkan V adalah volume cetakan dalam centimeter kubik.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

w adalah kadar air yang dihitung dalam persen, W_w adalah berat air dalam pori tanah yang dihitung dalam gram sedangkan W_s adalah berat tanah kering oven dalam gram.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \dots \dots \dots (5)$$

γ_d adalah berat volume kering yang dihitung dalam gram per centimeter kubik, γ_b adalah berat volume basah yang dihitung dalam gram per centimeter kubik sedangkan w adalah kadar air yang dihitung dalam persen.

$$CBR_{0,1} = \frac{x}{3000} \times 100\% \dots \dots \dots (6)$$

$CBR_{0,1}$ adalah nilai CBR pada penetrasi regangan 0,1 inchi dalam satuan persen dan x adalah beban yang diterima dalam lbs.

$$CBR_{0,2} = \frac{x}{4500} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

$CBR_{0,2}$ adalah nilai CBR pada penetrasi regangan 0,2 inchi dalam satuan persen sedangkan x adalah beban yang diterima dalam lbs.

$$Sw = \frac{\Delta h}{h_0} \times 100\% \dots \dots \dots (8)$$

Sw adalah nilai pengembangan yang dihitung dalam persen, Δh adalah perubahan tinggi yang dihitung dalam inchi sedangkan h_0 adalah tinggi mula-mula dalam inchi.

III. Hasil Dan Pembahasan

A. Hasil

Hasil dari penelitian serta pengolahan data yang disajikan pada bab ini meliputi pengujian sifat-sifat fisis tanah berupa berat jenis, batas-batas *Atterberg*, pembagian butir, klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dan USCS, pemadatan (*standard proctor*), serta pengujian CBR terendam dan sifat pengembangan (*swelling*).

1. Hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah Barbate

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap tanah di Kawasan Kebun Kurma Barbate, Desa Paya Kameng, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar, diperoleh hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah berupa berat jenis, batas-batas *Atterberg* dan analisa saringan. Hasil rekapitulasi pengolahan data sifat-sifat fisis tanah diperlihatkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Tanah Barbate

No.	Parameter Pengujian	Hasil
1.	Berat Jenis	2,67
2.	Batas Cair (%)	60,00
3.	Batas Plastis (%)	29,53

4.	Batas Susut (%)	26,78
5.	Indeks Plastisitas (%)	30,47
6.	Analisa Saringan (lolos # 200) (%)	93,03

2. Klasifikasi Tanah

Berdasarkan klasifikasi tanah dengan sistem USCS dan AASHTO, tanah Barbate secara umum dikelompokkan menjadi tanah lempung. Hasil klasifikasi tanah Barbate dapat dilihat selengkapnya pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Klasifikasi Tanah

Sampel	Klasifikasi	
	USCS	AASHTO
Tanah Barbate	CH (Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi)	A-7-6 (Tanah berlempung)

3. Hasil pengujian pemadatan (*standard proctor*)

Pengujian pemadatan dilakukan dengan metode *standard proctor*. Tujuan dilakukan pengujian pemadatan adalah untuk memperoleh berat volume kering maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimum (OMC) pada masing-masing persentase penambahan abu sekam kopi. Berat volume kering tanah diperoleh dari hasil perbandingan antara berat volume tanah basah dan kadar air, sedangkan kadar air diperoleh dari kadar air rata-rata dibagian atas, tengah dan bawah pada masing-masing benda uji. Rekapitulasi hasil pengujian pemadatan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pemadatan (*Standard Proctor*)

No	Paramater Pengujian Pemadatan	Variasi Persentase Campuran					
		0%	5%	10%	15%	20%	25%
1	Berat volume kering maksimum (γ_d maks)	1,220	1,224	1,228	1,235	1,242	1,251
2	Kadar air optimum (OMC)	36,30	34,03	33,74	33,07	30,85	29,91

4. Hasil pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR dilakukan pada kondisi terendam (*soaked*) dengan masa perendaman selama 4 hari sebelum dilakukan pengujian. Hasil pengujian CBR ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara beban dan penetrasi. Rekapitulasi hasil pengujian CBR dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengujian CBR

No.	Persentase Abu Sekam Kopi	Penetrasi (inchi)	Nilai CBR Terendam	Persentase Kenaikan CBR Terendam

1.	0%	0,2	6,97	1,722
2.	5%	0,2	7,09	13,199
3.	10%	0,2	7,89	33,716
4.	15%	0,2	9,32	36,155
5.	20%	0,2	9,49	47,489
6	25%	0,2	10,28	

5. Hasil pengujian sifat pengembangan (*swelling*)

Sifat pengembangan (*swelling*) diperoleh ketika masa perendaman benda uji untuk pengujian CBR terendam menggunakan *dial gauge* yang diletakkan pada dudukan selama 4 hari. Pengukuran dilakukan setiap hari dengan rentang waktu yang sudah ditentukan pada teori. Secara teoritis, diketahui bahwa tanah lempung akan mengalami proses pengembangan bila diberi air atau dalam kondisi menyerap air, hanya saja besarnya pengembangan berbeda-beda untuk jenis tanah lempung yang berbeda.

Sifat pengembangan setelah pengujian dibuat dalam bentuk grafik hubungan antara persentase penambahan abu sekam kopi dengan nilai pengembangannya. Rekapitulasi hasil pengujian sifat pengembangan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sifat Pengembangan (*Swelling*)

Variasi Abu Sekam Kopi (%)	Pembacaan Dial		Rata-rata	Rata-rata $\times 0,001''$	Pengembangan (%)
	I	II			
0	164,5	166,8	165,65	0,1657	3,313
5	124	121,7	122,85	0,1229	2,457
10	99,7	102	100,85	0,1009	2,017
15	95	97,3	96,15	0,0962	1,923
20	94,3	96,6	95,45	0,0955	1,909
25	54,9	57,2	56,05	0,0561	1,121

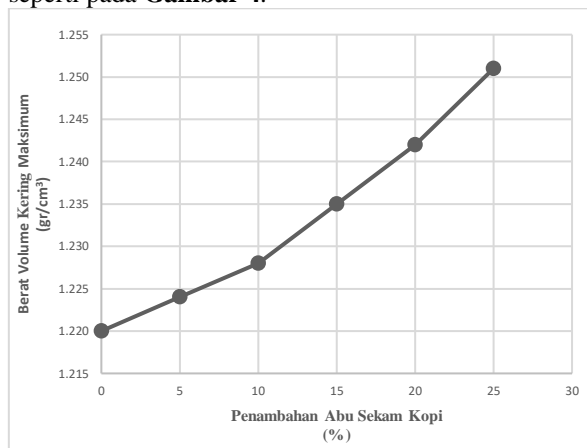
B. Pembahasan

1. Pengaruh pencampuran abu sekam kopi terhadap pengujian pemadatan

Tujuan dilakukan pengujian pemadatan adalah untuk memperoleh berat volume kering maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimum (OMC) pada masing-masing persentase penambahan abu sekam kopi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penambahan abu

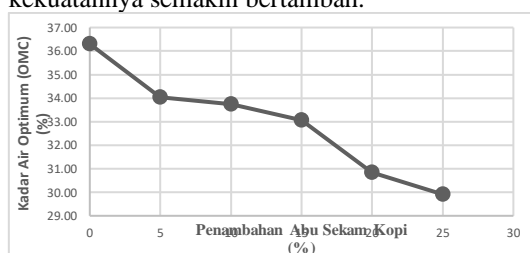
sekam kopi dapat mempengaruhi nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum.

Untuk melihat pengaruh penambahan abu sekam kopi terhadap kepadatan tanah Barbate, ditampilkan grafik hubungan antara persen campuran abu sekam kopi dengan berat volume kering maksimum seperti pada **Gambar 3** dan grafik hubungan antara persen campuran abu sekam kopi dengan kadar air optimum seperti pada **Gambar 4**.



Gambar 3. Grafik hubungan berat volume kering maksimum (γ_d maks) dengan persentase penambahan abu sekam kopi.

Gambar di atas memperlihatkan bahwa penambahan abu sekam kopi pada tanah Barbate dapat meningkatkan berat volume kering. Peningkatan berat volume kering tersebut disebabkan karena pori-pori tanah terisi dengan bahan stabilisasi yaitu berupa senyawa-senyawa pengikat pada abu sekam kopi yang melekat pada butiran-butiran tanah lempung. Ketika abu sekam kopi dan mineral lempung bereaksi maka terjadi suatu ikatan yang kuat dari senyawa kimia seperti kalsium oksida (CaO) yang mengikat butir-butir partikel tanah. Pada tanah lempung, muatan anion (-) dipermukaan dinetralkan oleh muatan kation (+) seperti yang terdapat pada senyawa CaO, MgO, SiO yang mengelilingi partikel lempung tersebut ketika dilakukan pencampuran. Kation dan anion saling mengikat sehingga tanah menjadi lebih padat dan kekuatannya semakin bertambah.



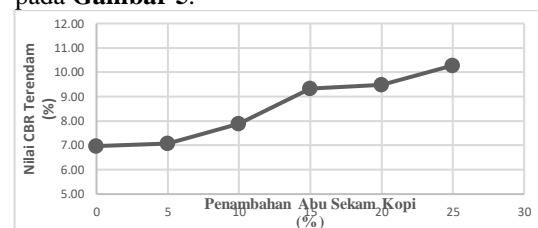
Gambar 4. Grafik hubungan kadar air optimum (OMC) dengan persentase penambahan abu sekam kopi.

Gambar di atas memperlihatkan bahwa kadar air optimum (OMC) mengalami penurunan ke arah persentase campuran yang lebih besar. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya abu sekam kopi, maka permukaan partikel lempung yang bereaksi dengan air akan semakin kecil. Dengan demikian kadar air yang dibutuhkan untuk memadatkan tanah semakin

berkurang, sehingga semakin banyak abu sekam kopi yang melapisi partikel lempung akan semakin sedikit reaksi yang terjadi antara air dengan partikel lempung tersebut. Selain itu semakin banyak abu sekam kopi dalam tanah akan menyebabkan ruang pori-pori tanah semakin kecil sehingga kadar air yang dibutuhkan untuk memadatkan tanah semakin menurun seiring dengan bertambahnya abu sekam kopi ke arah yang lebih besar.

2. Pengaruh pencampuran abu sekam kopi terhadap nilai CBR

Pengujian CBR terendam dilakukan terhadap benda uji yang sudah direndam selama 4 hari, hal ini diasumsikan bahwa tanah berada pada fase jenuh air. Untuk melihat pengaruh penambahan abu sekam kopi terhadap nilai CBR terendam tanah Barbate, ditampilkan grafik hubungan antara persen campuran abu sekam kopi dengan nilai CBR terendam seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 5**.

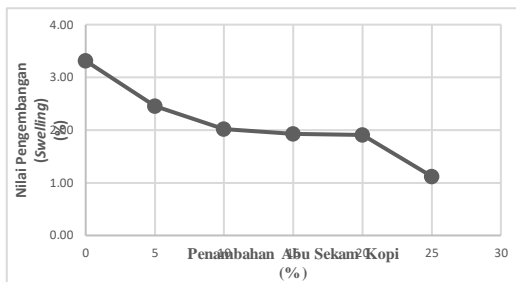


Gambar 5. Grafik hubungan nilai CBR terendam dengan persentase penambahan abu sekam kopi.

Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai CBR mengalami peningkatan seiring bertambahnya persentase penambahan abu sekam kopi. Hal ini disebabkan karena senyawa-senyawa yang terdapat pada abu sekam kopi menyelimuti permukaan butiran tanah dan berperan sebagai pengikat antar butiran tanah, sehingga tanah menjadi solid dan semakin kuat. Selama perendaman berlangsung, air masuk ke dalam pori-pori tanah sehingga kation dan anion saling tarik menarik antar partikel tersebut yang menyebabkan meningkatnya ikatan antar butiran dan pada akhirnya butiran tidak mudah hancur ataupun berubah bentuk karena pengaruh dari rendaman.

3. Pengaruh pencampuran abu sekam kopi terhadap nilai pengembangan (*swelling*)

Penambahan variasi campuran abu sekam kopi mempengaruhi nilai pengembangan pada tanah. Dari hasil pengujian sifat pengembangan pada tanah Barbate didapatkan nilai pengembangan sebesar 3,313%, nilai pengembangan menurun seiring penambahan persentase abu sekam kopi sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% yaitu sebesar 2,457%, 2,017%, 1,923%, 1,909% dan 1,121%. Grafik hubungan antara persen campuran abu sekam kopi dengan nilai pengembangan (*swelling*) ditunjukkan pada **Gambar 6** dibawah ini.



Gambar 6. Grafik hubungan nilai pengembangan (swelling) dengan persentase penambahan abu sekam kopi.

Berdasarkan gambar diatas, penambahan abu sekam kopi yang banyak mengakibatkan nilai pengembangan campuran tanah semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena abu sekam kopi yang bersifat mengikat menyelimuti pori-pori pada butiran, sehingga proses masuknya air pada tanah menjadi terhambat dan nilai pengembangan menurun. Penambahan campuran tersebut mengakibatkan rongga yang ada pada butiran tanah akan tertutup oleh campuran, sehingga rongga-rongga butiran menjadi lebih padat dan rapat yang mengakibatkan air kurang dapat menyentuh butir-butir tanah lempung yang mempunyai potensi pengembangan yang cukup besar. Penambahan abu sekam kopi juga bersifat mengikat sehingga tanah menjadi lebih kaku, karena pengembangan suatu tanah lempung identik dengan tingkat sifat plastisitasnya. Dengan demikian penggunaan abu sekam kopi dalam penelitian ini sangat efektif dan menguntungkan diantaranya dapat menaikkan nilai CBR dan meningkatkan daya dukung tanah menjadi lebih baik sehingga dapat digunakan untuk konstruksi di lapangan.

IV. Kesimpulan

Tanah di Kawasan Kebun Kurma Barbate, Desa Paya Kameng, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar termasuk ke dalam kelompok tanah dengan simbol CH yaitu lempung anorganik dengan plasstisitas tinggi (lempung gemuk) menurut klasifikasi sistem USCS dan menurut klasifikasi sistem AASHTO tanah Barbate termasuk ke dalam golongan A-7-6 atau tanah berlempung dengan platisitas tinggi. Penambahan abu sekam kopi pada tanah Barbate dapat menurunkan kadar air optimum dan meningkatkan berat volume kering maksimum yang diperoleh dari pengujian pemadatan. Nilai CBR terendam mengalami kenaikan seiring kenaikan variasi persentase campuran abu sekam kopi, yang semula sebesar 6,97% menjadi 10,28%. Nilai pengembangan (*swelling*) tanah mengalami penurunan seiring kenaikan variasi persentase campuran abu sekam kopi.

V. Saran

Penelitian dengan judul “Pengaruh Penambahan Abu Sekam Kopi Terhadap Stabilisasi Tanah Barbate Aceh Besar” dapat dilanjutkan oleh peneliti lain dengan beberapa catatan yaitu, menambah variasi persentase campuran abu sekam kopi untuk mengetahui batas maksimal pencampuran campuran lain yang dapat memperbaiki daya dukung tanah lebih baik lagi.

Memvariasikan jenis tanah yang digunakan seperti jenis tanah lempung berpasir, lanau dan tanah gambut. Menghitung kekuatan geser dengan menggunakan alat *Direct Shear* dan *Triaxial*.

Daftar Pustaka

- [1] Hardiyatmo, H. C., *Mekanika Tanah I*, Penerbit Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2002.
- [2] Panguriseng, D., *Stabilisasi Tanah*. Makassar: Fakultas Teknik Universitas 45 Makassar, 2001.
- [3] Reza, Septyan, Muhammad., *Pengujian Pemdatan Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Abu Sekam Kopi*, Program Diploma-III, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, 2021.
- [4] Acchara, W; Dultra, EJV; Segadaes, AM, *Untreated Coffee Husk Ashes Used as Flux in Ceramic Tiles*, *Applied Clay Science* 2013;75-76:141-7.
- [5] Atahu, M.K., Saathoff, F., Gebissa, A., *Strength and compressibility behaviors of expansive soil treated with coffee husk ash*, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Vol. 2., No. 2., 2019.
- [6] Bowles, J. E., *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknik Tanah (Mekanika Tanah)*, terjemahan J. K. Hainim, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- [7] Germaine, J. T., Dan Germaine, A. V., *Geotechnical Laboratory Measurements*, John Wiley and Sons, New Jersey, 2009.
- [8] Hardiyatmo, H. C., *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*, Penerbit Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2013.
- [9] Das, Braja M., *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1995.
- [10] Sutarman, E., *Konsep dan Aplikasi Mekanika Tanah*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2013.
- [11] Sanchez de Rojas, M. I, J. Rivera, dan M. Frias., *Influence of the microsilica state on pozzolanic reaction rate*. *Cem. Concr. Res* 29 (1999) 945-949, 1999.
- [12] Gultom, Hizkia., *Kajian Stabilisasi Tanah Lempung Akibat Penambahan Semen Portland 3% dan Fly Ash dengan Pengujian CBR Test dan Kuat Tekan Bebas*, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2019.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, *Metode Uji CBR Laboratorium*, SNI 1744-2012, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2012
- [14] Wesley, L. D., *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*, terjemahan D. W. Laurence, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 1977.
- [15] Al-Rawas, A. A., dan M. F. A. Goosen, *Expansive soils: recent advances in characterization and treatment*, Taylor & Francis Group, London, 2006.