

Pengaruh Penambahan Abu Batubara Terhadap Hasil Uji Kompaksi (Studi Kasus Tanah Lempung Toraja Utara)

Gerwin Kevin Bumbungan*¹, John Patanduk*², Irwan Lie Keng Wong*³

*¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
gerwinbumbungan@gmail.com

*^{2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
patanduk.jhohanes@gmail.com dan irwanlie_kw@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur bangunan. Setiap daerah memiliki karakteristik dan sifat-sifat tanah yang bervariasi. Seringkali terdapat beberapa sifat tanah yang buruk dan kurang menguntungkan untuk suatu konstruksi bangunan. Contoh beberapa sifat tanah yang perlu diperhatikan adalah plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, kemampatan atau perubahan volume dan kembang susut yang besar. Sangat penting untuk mengetahui permasalahan tanah tersebut, serta memberikan upaya untuk memperbaikinya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan abu batubara pada tanah, serta mengetahui nilai kadar air tanah dalam pengujian pemadatan tanah (*kompaksi proctor*) setelah dicampurkan abu batubara. Dari hasil pengujian pemadatan tanah diperoleh, tanah yang distabilisasi dengan abu batubara pada variasi 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% menunjukkan adanya peningkatan nilai kepadatan kering. Pada pengujian pemadatan tanah dengan pencampuran abu batubara nilai kepadatan kering dari variasi 0% sebesar 1,307 terus meningkat hingga 25% sebesar 1,379.

Kata Kunci : abu batubara, tanah lempung, sifat fisik tanah, *compaction standar proctor*

ABSTRACT

Soil is the basis of a building structure. Each area has varied soil characteristics and properties. Often there are some poor and less favorable soil properties for building construction. Examples of soil properties that need to be considered are high plasticity, low shear strength, compressibility, or changes in volume and swelling big shrinkage. It is very important to know the soil problem and make efforts to fix it. This test aims to determine the addition of fly ash to the soil, as well as to determine the value of soil moisture content in soil compaction testing (proctor compaction) after mixing fly ash. From the results of soil compaction testing, the soil stabilized with fly ash at variations of 0%, 10%, 15%, 20%, and 25% indicates an increase in the value of dry density. In the soil compaction test by mixing fly ash, the dry density value of the variation of 0% was 1.307 and increased to 25% of 1.379

Keywords: fly ash, clay soil, soil physical properties, *compaction standard proctor*

PENDAHULUAN

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Sifat tanah lempung yang plastis membuat tanah ini mengembang dan menyusut, permukaan air tanah meningkat tinggi pada waktu musim hujan dan tanah merekah pada waktu musim kemarau, sehingga apabila ada struktur atau infrastruktur bangunan diatas tanah tersebut, dapat dipastikan bangunan tersebut akan mengalami retak pada dindingnya atau mengalami penurunan, dan yang

paling terjadi adalah keretakan plat lantai dan penurunan badan jalan. Demikian pula kasus yang terjadi di daerah Sa'dan Toraja Utara dimana kondisi badan jalan yang sudah mengalami keretakan hingga berlubang dan bergelombang. Maka dari studi kasus ini ingin dilakukan penelitian uji kompaksi dengan penambahan abu batubara untuk memperbaiki stabilitas tanah dan daya dukung tanah.

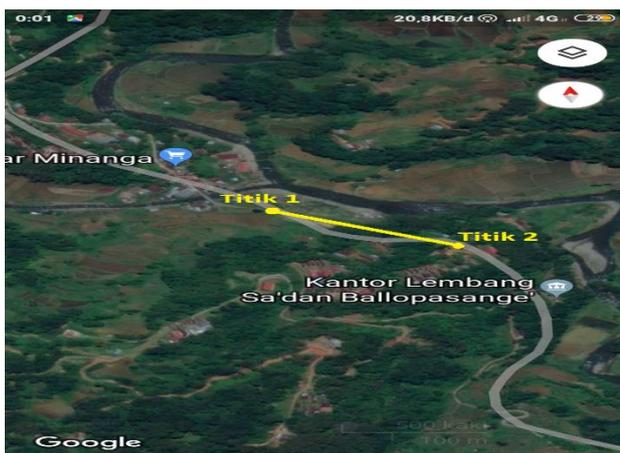
Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik tanah asli dari Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara Provinsi Sulawesi Selatan dan menganalisis pengaruh penambahan Abu Batu Bara pada tanah lempung terhadap uji kompaksi (*Compaction test*). Variasi kadar Abu Batu Bara yang dicampurkan

sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap tanah kering total.

Penelitian sampel berada dilokasi Kecamatan Sa'dan Ballopasange' Kabupaten Toraja Utara, karena pada tempat pengambilan sampel terdapat jalan yang retak dan berlubang sehingga kami memutuskan untuk meneliti 2 titik pengambilan sampel pada jalan tersebut sebagai perbandingan. Dengan menggunakan transportasi umum sudah dapat sampai ke tempat pengambilan sampel. Setelah sampai, menggunakan alat sekop sampel tanah dimasukkan kedalam karung sebagai wadah sementara sebanyak ± 75 kg pada tiap titik yang diambil sebagai sampel penelitian. Setelah semuanya itu sampel tanah dibawa kembali ke laboratorium untuk dianalisis sifat tanah aslinya dan mengetahui pertambahan pematatan pada saat abu batubara dicampur dengan tanah yang diuji. Total sampel pengujian untuk pematatan (kompaksi) yaitu berjumlah 30 benda uji dari masing-masing titik penambahan abu batubara mulai dari 0 % hingga 25 % berdasarkan dari berat tanah.



Gambar 1. Tempat pengambilan sampel



Gambar 2. Lokasi titik pengambilan sampel tanah di Sa'dan

Beberapa penelitian sejenis yaitu nilai tegangan geser tanah lempung dipengaruhi oleh jumlah abu batu bara [1], sifat fisis tanah dan mekanis *landfill* akan semakin baik dengan penambahan *fly ash* [2], campuran tanah *fly ash* serat dapat digunakan

menjadi lapis penutup untuk tanah *landfill* [3], nilai batas plastis akan menurun seiring bertambahnya campuran semen dan fly ash, tetapi meningkatkan nilai batas cair dan indeks plastisitas [4], indeks plastisitas tanah lempung kuning akan berkurang akibat penambahan kapur [5], secara kualitatif, tanah gambut yang dipadatkan dengan proctor modifikasi memiliki parameter geser tanah dan kuat geser lebih baik dibandingkan dengan pematatan tanah gambut dengan *proctor standard*[6], Larutan asam sulfat dapat meningkatkan nilai sifat mekanis dan fisis tanah, namun tidak berpengaruh secara signifikan terhadap *swelling pressure* dan *potential* [7].

METODE

Pengujian karakteristik tanah dilakukan sesuai dengan metode ASTM. Pengujian tersebut antara lain :

Uji Kadar Air (ASTM D 2216)

Pengujian kadar air tanah asli bertujuan untuk mendapatkan kadar air yang terdapat dilokasi. Sehingga dalam penelitian kadar air yang dilakukan di kecamatan sa'dan dilakukan sebanyak 3 sampel dari masing-masing titik.

Uji Berat Jenis (ASTM D 854)

Pengujian Berat Jenis tanah (Gs) yang akan diteliti di laboratorium dan dilakukan sebanyak dua sampel dari masing-masing tiap titik pengambilan sampel. Dari pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan berat jenis tanah apa yang tergolong di kecamatan sa'dan tersebut.

Uji Batas-batas Atterberg (ASTM 4318-95)

Pengujian Batas-batas *Atterberg* yang akan dilakukan terbagi 3 yaitu batas plastis (*plastic limit*), batas cair (*Liquid Limit*) dan batas susut (*Shrinkage Limit*).

Uji Analisis Butiran (ASTM D 422)

Pengujian Analisis Butiran yang akan dilakukan terbagi 2 yaitu analisa saringan dan analisa hydrometer.

Dari uji karakteristik tanah diperoleh klasifikasi tanah yang digunakan sebagai sampel penelitian dan dilakukan uji pematatan tanah dalam hal ini digunakan pematatan proctor. Uji pematatan proctor merupakan metode laboratorium untuk menentukan eksperimental kadar air yang optimal dimana suatu jenis tanah tertentu akan menjadi paling padat dan mencapai kepadatan kering maksimum.

Pengujian Kompaksi Proctor (ASTM-698)

Pengujian Kompaksi dilakukan menggunakan sampel tanah asli yang dicampur dengan Abu batubara pada 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat tanah kering lempung. Hasil pengujian ini berupa kadar air optimum/OMC (*Optimum Moistre Content*) dan berat volume kering maksimum untuk setiap variasi campuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisis Tanah

Pengujian kadar air (ASTM D-2216)

Pengujian kadar air tanah asli didapatkan nilai kadar air yang terkandung pada sampel 1 sebesar 22,3 % , dan sampel 2 sebesar 20,63 %.

Pengujian berat jenis tanah (ASTM D854-58)

Dari pengujian berat jenis tersebut didapatkan nilai berat jenis pada sampel 1 yaitu 2,61 , dan sampel ke 2 yaitu 2,61. Angka ini menunjukkan tanah yang telah diteliti termasuk dalam golongan tanah lempung organik.

Pengujian batas – batas Atterberg (ASTM 4318-95)

Hasil pengujian batas-batas *Atterberg* pada sampel tanah asli yang telah diteliti di laboratorium mekanika tanah pada pengujian batas cair, batas plastis dan batas susut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

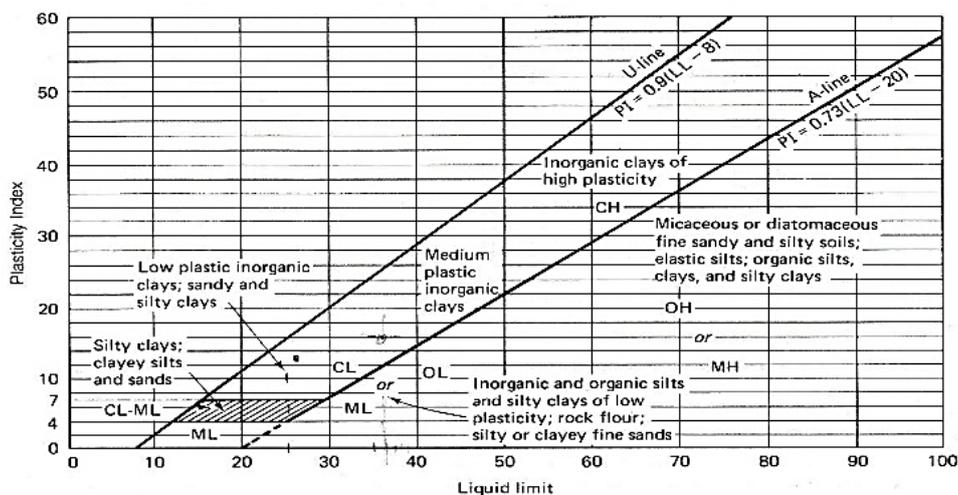
Tabel 1. Pengujian batas-batas *Atterberg* tanah asli

	LL	PL	IP
Tanah Asli 1	31,48	24,42	7,06
Tanah Asli 2	34,61	27,59	7,02

Keterangan:

- LL = Batas Cair (%)
- PL = Batas Plastis (%)
- IP = Indeks Plastisitas (%)

Menurut USCS, tanah termasuk berbutir halus pada titik 1 dan 2, karena titik 1 dan 2 persen lolos saringan 200 lebih dari 50%. Nilai Indeks Plastisitas pada titik 1 dan 2 diperoleh 7% - 17% yang berarti mempunyai sifat plastisitas sedang.



Gambar 3. *Plasticity chart*

Hubungan potensi pengembangan tanah lempung pada tiap titik dengan indeks plastisitasnya juga dapat diidentifikasi yaitu tanah mempunyai potensi pengembangan rendah karena nilai indeks plastisitas masuk pada interval 0 – 15% sehingga dapat diketahui potensi pengembangannya. Dari grafik *plasticity chart* diatas tanah yang diuji ini tergolong *inorganic and organic silts and silty clays of low plasticity, rock flour, silty or clayey fine sands*.

Pengujian Analisa Saringan (ASTM 422-63) dan Hydrometer (ASTM D1682-90)

Hasil pengujian yang diperoleh dari perhitungan analisa saringan yaitu nilai persen lolos tiap-tiap saringan yang kemudian dihubungkan dengan

diameter saringan sehingga terbentuk sebuah garis yang menandakan bahwa sekian persen tanah berpasir yang diperoleh. Setelah itu, pada analisa *hydrometer*, diperoleh diameter butir dari pada tanah dan persentase kehalusannya. Kedua hal tersebut lalu dihubungkan pada titik koordinat tiap diameter saringan kemudian menghasilkan bahwa sekian persen tanah yang tergolong lanau dan lempung. Perolehan tanah berpasir, berlanau, dan berlempung bila dilihat dari grafik yaitu:

- Sampel 1
- Pasir : 100 % – 71,72 % = 28,28 %
- Lanau : 71,72 % - 17,59 % = 54,13 %; dan
- Lempung : 100 % - (28,28 % + 54,13 %) = 17,59 %

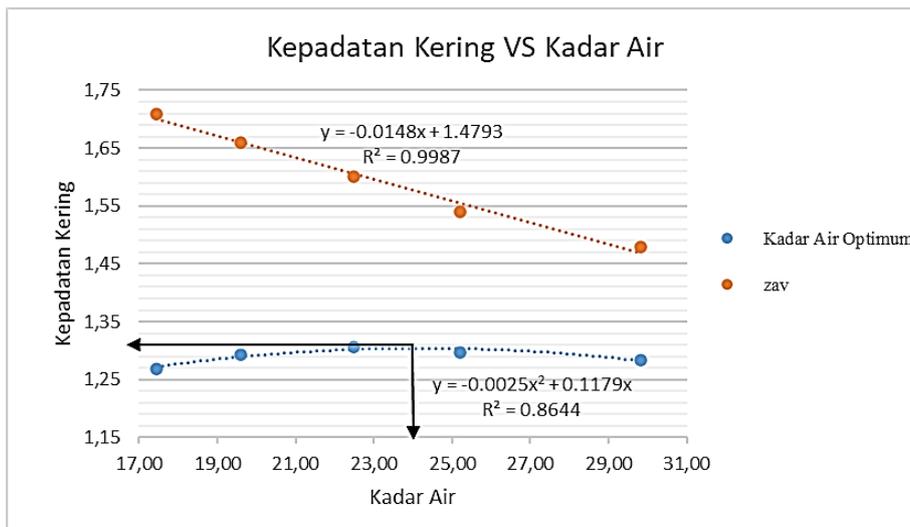
Sampel 2

Pasir : 100 % - 88,26 % = 11,74 %
 Lanau : 88,26 % - 15,12 % = 73,14 % ; dan
 Lempung : 100 % - (11,74 % + 73,14 %) = 15,12 %

Pengujian Kompaksi Proctor

Tabel 2. Pengujian kompaksi proctor

	3 kg + 550 ml	3 kg + 600 ml	3 kg + 650 ml	3 kg + 700 ml	3 kg + 750 ml
Berat Mold + Tanah basah	6,250	6,300	6,350	6,370	6,410
Berat Mold	4,900	4,900	4,900	4,900	4,900
Berat Tanah Basah	1350	1400	1450	1470	1510
Volume Mold	905.70	905.700	905.700	905.700	905.700
Berat Cawan + Tanah Basah	18.17	17.29	22.92	23.54	25.80
Berat Cawan + Tanah Kering	16.23	15.29	19.65	19.84	21.04
Berat Air	1.94	2.00	3.27	3.70	4.76
Berat Cawan	5.10	5.08	5.10	5.16	5.07
Berat Tanah Kering	11.13	10.21	14.55	14.68	15.97
kadar air	17.43	19.59	22.47	25.20	29.81
kepadatan	1.49	1.55	1.60	1.62	1.67
kepadatan kering	1.27	1.29	1.31	1.30	1.28
ZAV = $G_s/1+((G_s+w)/80)$	1.71	1.66	1.60	1.54	1.48



Gambar 4. Kompaksi *proctor standard*

Secara grafik, nilai kadar air optimum serta kepadatan kering, diperoleh dengan melihat dimana top dari parabola yang dihasilkan dari grafik hubungan kadar air dan kepadatan kering, lalu dapat ditarik garis lurus secara vertical serta horizontal dari top parabola tersebut, sehingga menghasilkan nilai untuk kadar air optimum sebesar 23,580 % dan kepadatan kering 1,31 gr/cm³.

Sedangkan secara analisis, nilai untuk kadar air optimum dan kepadatan kering diperoleh dari persamaan linear yang dihasilkan dari grafik diatas, yaitu:

Untuk hubungan antara kadar air dengan ZAV (*Zero Air Void*), diperoleh persamaan: $y = -0,0148x + 1,4793$. Yang bila diselesaikan:
 $y = -0,0148x + 1,4793$; $y = 0$, maka:
 $0 = -0,0148x + 1,4793$
 $-1,4793 = -0,0148x$
 $x = (-1,4793)/(-0,0148)$
 $x = 99,95$

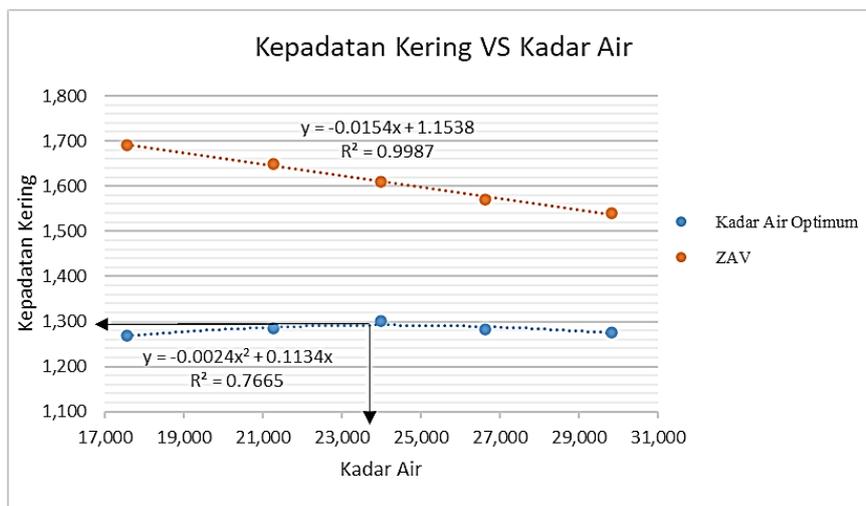
Sedangkan maksud dari ZAV 100% menunjukkan bahwa kondisi pori-pori tanah sudah tidak mengandung udara lagi. Diperoleh hasil dari persamaan diatas adalah 99,95% atau dapat dianggap 100% udara dalam pori sudah tidak ada

lagi. Untuk hubungan antara kadar air dengan kepadatan kering, diperoleh persamaan : $y = -0,0025x^2 + 0,1179x$. Bila diselesaikan :
 $y = -0,0025x^2 + 0,1179x$; $y = 0$, maka :
 $0 = -0,0025x^2 + 0,1179x$
 $0,0050x = 0,1179$
 $x = (0,1179)/(0,0050)$

$x = 23,580$; setelah diperoleh nilai x, maka :
 $y = -0,0025x^2 + 0,1179x$
 $y = (-0,0025(23,580^2)) + (0,1179(23,580))$
 $y = (-1,330) + 2,660$
 $y = 1,31$

Tabel 2. Hasil perhitungan pematatan sampel 2

	3 kg + 550 ml	3 kg + 600 ml	3 kg + 650 ml	3 kg + 700 ml	3 kg + 750 ml
Berat Mold + Tanah basah	6,250	6,310	6,360	6,370	6,400
Berat Mold	4,900	4,900	4,900	4,900	4,900
Berat Tanah Basah	1350	1410	1460	1470	1500
Volume Mold	905.70	905.70	905.70	905.70	905.70
Berat Cawan + Tanah Basah	15.76	14.53	14.91	17.66	20.17
Berat Cawan + Tanah Kering	14.15	12.88	13.01	15.02	16.70
Berat Air	1.61	1.65	1.90	2.64	3.47
Berat Cawan	4.97	5.12	5.09	5.10	5.07
Berat Tanah Kering	9.18	7.76	7.92	9.92	11.63
kadar air	17.538	21.263	23.990	26.613	29.837
kepadatan	1.491	1.557	1.612	1.623	1.656
kepadatan kering	1.268	1.284	1.300	1.282	1.276
ZAV = $G_s / (1 + ((G_s + w) / 80))$	1.690	1.650	1.610	1.570	1.540



Gambar 5. Kompaksi *proctor standard*

Secara grafik, nilai kadar air optimum serta kepadatan kering, diperoleh dengan melihat dimana top dari parabola yang dihasilkan dari grafik hubungan kadar air dan kepadatan kering, lalu dapat ditarik garis lurus secara vertical serta horizontal dari top parabola tersebut, sehingga menghasilkan nilai untuk kadar air optimum sebesar 23,625 % dan kepadatan kering 1,300 gr/cm³.

Sedangkan secara analisis, nilai untuk kadar air optimum dan kepadatan kering diperoleh dari persamaan linear yang dihasilkan dari grafik diatas, yaitu:

Untuk hubungan antara kadar air dengan ZAV (*Zero Air Void*), diperoleh persamaan : $y = -0,0154x + 1,5388$. Yang bila diselesaikan
 $y = -0,0154x + 1,5388$; $y = 0$, maka :
 $0 = -0,0154x + 1,5388$

$$-1,5388 = -0,0154x$$

$$x = (-1,5388)/(-0,0154)$$

$$x = 99,92$$

Sedangkan maksud dari ZAV 100% menunjukkan bahwa kondisi pori-pori tanah sudah tidak mengandung udara lagi. Diperoleh hasil dari persamaan diatas adalah 99,92% atau dapat dianggap 100% udara dalam pori sudah tidak ada lagi.

Untuk hubungan antara kadar air dengan kepadatan kering, diperoleh persamaan : $y = -0,0024 x^2 + 0,1134 x$. Bila diselesaikan :

$$y = -0,0024 x^2 + 0,1134 x ; y = 0, \text{ maka :}$$

$$0 = -0,0024 x^2 + 0,1134 x$$

$$0,0048 x = 0,1134$$

$$x = (0,1134)/(0,0048)$$

$$x = 23,625 ; \text{ setelah diperoleh nilai } x, \text{ maka :}$$

$$y = -0,0024 x^2 + 0,1134 x$$

$$y = (-0,0024(23,625^2)) + (0,1134(23,625))$$

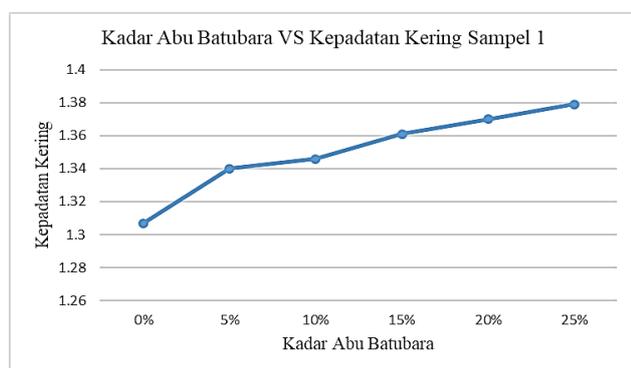
$$y = (-1,294) + 2,588$$

$$y = 1,300$$

Pengujian Kompaksi Dalam Penambahan Abu Batubara

Tabel 3. Hasil pengujian pemadatan tanah

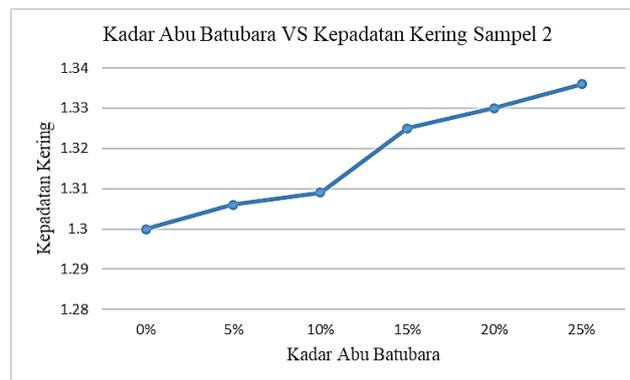
Campuran Abu Batubara	Kepadatan Kering	
	Sampel 1	Sampel 2
0%	1.307	1.300
5%	1.340	1.306
10%	1.346	1.309
15%	1.361	1.325
20%	1.370	1.330
25%	1.379	1.336



Gambar 6. Kadar abu batubara terhadap kepadatan kering sampel 1

Pada sampel 1 pencampuran tanah dengan abu batubara menunjukkan nilai kepadatan kering berbanding lurus dengan persen abu batubara dari 0% sampai 25% mengalami peningkatan. Hal ini

berarti tanah pada sampel 1 cocok saat ditambahkan abu batubara dengan prosentase 5% hingga 25%.



Gambar 7. Grafik abu batubara terhadap wopt (%)

Pada sampel 2 pencampuran tanah dengan abu batubara menunjukkan nilai kepadatan kering berbanding lurus dengan persen abu batubara dari 0% sampai 25% mengalami peningkatan. Hal ini berarti tanah pada sampel 2 juga cocok saat ditambahkan abu batubara dengan prosentase 5% hingga 25%.

Pembahasan

Pengujian Sifat fisis Tanah

Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisis tanah Kecamatan Sa'dan, diperoleh Hasil Pengujian Kadar Air dengan rata-rata 22,3 %, Pengujian Berat Jenis dengan rata-rata 2,61 gr/cm³ angka ini menunjukkan bahwa tanah ini termasuk tanah lempung organik, Pengujian Batas-batas Atterberg yang terdiri dari Batas Plastis yaitu 24,42%, Batas Cair yaitu 31,48%, dan Indeks Plastisitas yaitu 7,06 yang berarti mempunyai sifat plastisitas rendah kohesif. Dan Pengujian Gradasi Analisa Saringan dan Hydrometer, dimana persen lolos saringan no.200 sebesar 71,72%, serta pengujian hydrometer mendapatkan hasil bahwa sampel tanah yang tergolong pasir sebesar 28,28%, lanau sebesar 54,13% dan lempung 17,59%.

Pengujian Kompaksi Proctor dalam Penambahan Abu Batubara

Hasil pengujian dari kompaksi proctor dengan penambahan abu batubara, Persentase Abu batubara dan Kepadatan Kering pada sampel 1 mengalami peningkatan, dimana pengujian kadar air optimum dari 0% sebesar 1,307 terus meningkat pada penambahan kadar abu batubara hingga 25% sebesar 1,379. Pada sampel 2 juga mengalami peningkatan, dimana pengujian kadar air optimum dari 0% sebesar 1,300 terus meningkat pada penambahan kadar abu batubara hingga 25% sebesar 1,336.

Dari pengujian ini menunjukkan bahwa dari masing-masing sampel tanah dengan campuran abu batubara dapat meningkatkan kadar air optimum dari setiap sampel karena abu batubara memiliki kemampuan untuk mengikat dan menyimpan air sehingga tanah yang tercampur abu batubara menjadi padat dan stabil.

KESIMPULAN

Sampel tanah dari Lembang Sa'dan, Toraja Utara merupakan tanah lempung organik karena mendapatkan hasil nilai berat jenis $2,61 \text{ gr/cm}^3$

dengan kadar air tanah asli sebesar 22,3%, serta nilai Indeks Plastisitas 7,06% dengan sifat plastisitas tergolong sedang dari interval 7% - 17%.

Dari pengujian Pemadatan Tanah (Kompaksi Proctor) dengan penambahan Abu batubara dari kedua sampel terjadi peningkatan kepadatan kering pada sampel 1 mulai 0% sebesar 1,307 hingga 25% sebesar 1,379 sedangkan kepadatan kering pada sampel 2 mulai 0% sebesar 1,300 hingga 25% sebesar 1,336 dari tanah lempung normal, hal ini juga tidak menutupi kemungkinan akan terus meningkat pada kadar abu batubara yang lebih besar lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sindy.P, O.B.A.Sompie, dan Lanny D.K.M., 2018, "Pengaruh Penambahan Abu Batu Bara Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung", Jurnal Tekno Vol.16, no.69.
- [2] Agus.T., 2012, "Stabilisasi *Landfill* dengan *Fly Ash*", Jurnal Widya Teknika, Vol.20, no.2.
- [3] Sukirman N, 2016, "Kinerja Tanah Lunak Stabilisasi *Fly Ash* Dengan Perkuatan Serat Alami Sebagai Lapis Penutup *Landfill*" Disertasi, Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin
- [4] Husnah, 2019, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen dan *Fly Ash*" Rab Construction Research, Vol.4, no.1.
- [5] T. J. Syamdiofa, M. Munirwansyah, dan R. Anggraini, 2018, "Pengaruh Kapur Sebagai *Stabilizing Agent* Terhadap Indeks Plastisitas dan Kuat Geser Lempung Ekspansif Meunasah Rayeuk", Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan., Vol. 1, no. 4, doi: 10.24815/jarsp.v1i4.12460.
- [6] C. Irawan, 2010, "Pengaruh Pemadatan Dengan Proctor Modifikasi Pada Kuat Geser Tanah Gambut Melalui Uji Triaksial Consolidated Undrained", Skripsi Teknik Sipil Universitas Indonesia.
- [7] S. Prabandiyani RW, S. Hardiyati, M. Muhrozi, dan B. Pardoyo, 2015, "Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) pada Tanah Dasar di Daerah Godong - Purwodadi Km 50 Kabupaten Grogogan," MEDIA Komun. Tek. SIPIL, Vol. 21, no. 1, doi: 10.14710/mkts.v21i1.11227.