

## Pengaruh Penambahan Hebel (Bata Ringan) dan Batu Apung pada Tanah Terhadap Nilai Kompaksi

Lola <sup>\*1</sup>, Irwan Lie Keng Wong<sup>\*2</sup>, Ika Apriyani<sup>\*3</sup>

Submit:  
12 Mei 2025

Review:  
20 Mei 2025

Revised:  
12 September  
2025

Published :  
24 September  
2025

<sup>\*1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [lola47756@gmail.com](mailto:lola47756@gmail.com)

<sup>\*2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [irwanliekengwong@gmail.com](mailto:irwanliekengwong@gmail.com)

<sup>\*3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [apriyani.ika01@ukipaulus.ac.id](mailto:apriyani.ika01@ukipaulus.ac.id)

<sup>a</sup>Corresponding Author: [lola47756@gmail.com](mailto:lola47756@gmail.com)

### Abstrak

Berdasarkan jenis, komposisi, dan persiapannya, tanah dapat memiliki berbagai kualitas. Akibatnya, stabilisasi diperlukan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Menambahkan lebih banyak material, seperti batu apung dan hebel (bata ringan), merupakan satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah. Hebel dapat mengurangi tekanan pada tanah karena sifatnya yang ringan dan berpori. Ada dua tahap dalam penelitian ini: 1) Pemeriksaan karakteristik fisik tanah; 2) Uji pemadatan. Menurut klasifikasi AASTHO, jenis tanah tersebut tergolong lempung dan termasuk dalam tipe A-7-6. Menurut klasifikasi USCS, tanah tersebut termasuk dalam kategori tanah lempung anorganik yang memiliki fleksibilitas rendah hingga sedang. Karena bata ringan dan batu apung memiliki kandungan kapur yang tinggi, yang meningkatkan daya dukung tanah, hasil pengujian yang menunjukkan penambahannya ke tanah menggunakan *standar proctor* menunjukkan peningkatan hingga 15% dari tanah asli.

**Kata Kunci:** Daya dukung tanah, Klasifikasi, *Standard Proctor*, Stabilitas

### Abstract

Depending on its kind, content, and treatment, soil can have a variety of qualities. Stabilization is therefore required to increase the soil's bearing capacity. The use of supplemental materials like pumice and Hebel (lightweight brick) is one approach to boost the soil's bearing capacity. Hebel is a lightweight, permeable material that helps ease the burden on the soil. The study was conducted in two stages: 1) Evaluating the physical properties of the soil; 2) Compaction test As per the AASHTO classification, the soil falls within the clay soil category (A-7-6). The soil falls within the category of inorganic clay soil with a low to medium degree of flexibility according to the USCS classification. Because lightweight bricks and pumice have a high lime content, which increases the soil's bearing capacity, test results showing their addition to the soil using the *standard proctor* showed an increase of up to 15% from the original soil.

**Keywords:** Classification, *Standard Proctor*, Stabilization, Soil Bearing Capacity.

## PENDAHULUAN

Tanah merupakan material dasar yang memiliki sifat bervariasi tergantung pada jenis, komposisi, dan pengolahannya. Oleh karena itu, peningkatan sifat fisik dan mekanik tanah menjadi sangat penting untuk mencapai standar yang diharapkan dalam konstruksi. Pembangunan infrastruktur pemilihan material yang

tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas dan kestabilan struktur yang dibangun. Secara umum, seluruh proyek infrastruktur didirikan Tanah digunakan untuk menopang beban yang berasal dari bangunan yang terletak di atasnya. Bangunan yang terletak di permukaan tanah berada dalam kondisi yang cukup, artinya tanah tersebut dapat menahan beban di atasnya. Secara umum, kategori yang berbeda memiliki sifat tanah yang berbeda. Jenis tanah tertentu memiliki kualitas yang ideal dan tidak memerlukan perawatan khusus, tetapi jenis tanah lainnya mungkin memerlukan perawatan khusus untuk meningkatkan stabilitas atau kualitasnya. Variasi volume tanah disebabkan oleh lapisan tanah yang tidak memiliki daya dukung yang memadai di beberapa lokasi yang memerlukan tambahan material penguat. Nilai kompaksi dengan menggunakan bahan tambah hebel dan batu apung pada tanah sangat penting untuk menentukan kemampuan daya dukung tanah dan stabilitas bangunan yang berada di atasnya. Dengan memahami pengaruh kedua material ini, Hal ini dimaksudkan untuk memberikan kontribusi besar terhadap inisiatif yang bertujuan untuk mengembangkan material yang lebih ramah lingkungan dan meningkatkan kualitas tanah sebagai pondasi bangunan. Dusun Tamalate, Timbuseng, Kecamatan Pattalassang, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, menyediakan sampel tanah untuk penelitian ini. Direncanakan pembangunan perumahan akan dilakukan di sana. Stabilitas Tujuan tanah adalah untuk meningkatkan kualitas mekanis dan kimianya sehingga dilakukan pengujian daya dukung tanah terlebih dahulu dengan menggunakan alat pemadat untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitas tanah dengan cara mengurangi volume udara dalam tanah, sehingga kepadatan tanah meningkat dan tingkat pergerakan atau penurunan tanah berkurang.

Hasil uji pemadatan menunjukkan nilai berat  $W_{opt}$  turun seiring dengan peningkatan volume kering sedangkan persentasi limbah bata ringan. Hasil piugujian konsolidasi menunjukkan penambahan limbah bata ringan dapat mempercepat waktu terjadinya konsolidasi dan menurunkan nilai penurunan konsolidasinya [1]. Berdasarkan hasil penelitian, Nilai CBR dapat ditingkatkan dengan menambahkan abu batu apung pada variasi campuran 2% dan 4%; variasi campuran 4% menunjukkan peningkatan terbesar, dengan nilai CBR tanah awal 15,23% meningkat menjadi 23,34%. Nilai CBR tanah juga turun menjadi 21,79% setelah penambahan abu apung 6%. [2]. Analisis data akan menghasilkan rumus matematika yang menunjukkan hubungan fungsional. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa tekanan pemadatan 170 MPa dan suhu sintering 500 0C serta rentang waktu sintering 40 hingga 50 menit menghasilkan angka kekerasan Brinell maksimum sebesar 47 BHN. Namun, hubungan antara variabel bebas dan densitas belum diketahui [3]. Nilai CBR lempung akan naik sebanding dengan persentase kenaikan campuran ketika pasir pantai ditambahkan, berdasarkan data nilai CBR [4]. Berdasarkan hasil pengujian, tanah ini memiliki berat jenis 2,58 g/cm<sup>3</sup> dan kadar air 28,811% sehingga termasuk jenis lempung organik. Dengan plastisitas sedang berkisar 7% sampai 17%, nilai indeks plastisitasnya sebesar 9,926%. Nilai berat jenis kering contoh tanah ini mengalami peningkatan sebesar 11,60%, ditunjukkan dengan hKetika abu tempurung kelapa ditambahkan, nilai uji pemadatan tanah berturut-turut adalah 0,862, 0,886, 0,914, 0,943, dan 0,962. Menurut hasil penelitian, penambahan abu arang tempurung kelapa dapat meningkatkan kepadatan tanah kering, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan daya dukung tanah lempung [5]. Menurut hasil penelitian, karakteristik tanah, seperti tanah liat dan uji CBR pada kedua sampel, membaik ketika serat ditambahkan 0,5%, dan menurun ketika serat ditambahkan 0,75% dan 1%. Menurut hasil penelitian, nilai CBR akan turun jika serat ditambahkan lebih banyak ke dalam tanah [6]. Setiap sampel tanah yang mengandung ampas kopi dengan komposisi tambahan 5%, 10%, dan 15% memiliki nilai kohesi (c) dan nilai sudut gesek ( $\phi$ ) yang lebih tinggi [7]. Berdasarkan hasil uji pemadatan tanah, penambahan kalsiboard 25% mengakibatkan nilai berat jenis kering ( $\gamma_{dry}$ ) pada titik 1 meningkat dari 1,21 gr/cm<sup>3</sup> dalam kondisi normal menjadi 1,28 gr/cm<sup>3</sup> (kenaikan 5,79%). Nilai normal pada titik 2, yaitu 1,23 gr/cm<sup>3</sup>, naik menjadi 1,31 gr/cm<sup>3</sup> (kenaikan 6,5%) ketika ditambahkan 25% kalsiboard. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah kalsiboard meningkatkan nilai berat jenis kering, yang selanjutnya meningkatkan daya dukung tanah.[8]. Kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum meningkat

berdasarkan hasil uji Proctor Standard untuk variasi campuran 0%, 7%, 14%, dan 21%. Nilai CBR meningkat dari 0% menjadi 21% dengan setiap perubahan berikutnya berdasarkan uji Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Tanah lempung dapat ditingkatkan daya dukungnya dengan menambahkan pasir pantai, yang akan menaikkan nilai CBR tanah [9]. Berdasarkan pengujian mekanik pengaruh penambahan sabut kelapa akan meningkatkan nilai kuat geser tanah dari 0,43 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,65 kg/cm<sup>2</sup>, untuk nilai tegangan geser meningkat dari 0,43 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,65 kg/cm<sup>2</sup>, untuk nilai kohesi tanah meningkat dari 0,03 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,23 kg/cm<sup>2</sup>, Peneliti fokus pada stabilisasi kohesi (c) menggunakan sabut kelapa yang berarti sabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung dan tanah kuat, meningkatkan geser lempung seiring dengan penambahan kandungan sabut kelapa [10]. Berdasarkan hasil penelitian ini, penambahan pasir kuarsa pada uji pemadatan dapat meningkatkan nilai berat isi kering tanah sebesar 1.177 gr/cm<sup>3</sup> dan menurunkan nilai kadar air sebesar 23,90%. Dengan demikian, rasio penambahan lempung sebesar 50% memiliki pengaruh yang paling besar [11]. Pengujian tanah lempung menghasilkan kadar air ideal sebesar 27,6% dan 1,201 gr/cc sebagai berat kering maksimum. Selanjutnya, penambahan abu vulkanik dan abu sabut kelapa dalam lima variasi berbeda 5% abu vulkanik, 5% abu vulkanik + 2,5% abu sabut kelapa, 5% abu vulkanik + 5% abu sabut kelapa, 5% abu vulkanik + 7,5% abu sabut kelapa, dan 5% abu vulkanik + 10% abu sabut kelapa meningkatkan kadar air sebesar 29% dan nilai berat kering maksimum menjadi 1,3944 gr/cc. Setelah menggabungkan modifikasi ini, nilai CBR tertinggi sebesar 4,45% pada 0,1" dan nilai CBR maksimum sebesar 5,26% pada 0,2" tercapai [12]. Pada titik 1, nilai CBR tanah asli adalah 10,8%, 10,4% pada titik 2, dan 8,7% pada titik 3 dalam uji DCP. Ketika kapur dan abu batu ditambahkan 2%, nilai CBR adalah 13,9%; ketika ditambahkan 4% dan 6%, nilai CBR masing-masing adalah 14,8% dan 15,3%. Nilai CBR akan naik dengan penambahan kapur dan abu batu, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut [13]. Hasil tes CPT dan DCP kemudian diubah menjadi nilai CBR menggunakan persamaan empiris. Berdasarkan hasil pengujian, nilai CBR yang dihasilkan dari uji DCP cenderung lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari uji CPT dengan rasio 0,62:1. Penelitian ini menghasilkan hubungan antara nilai CBR dari hasil tes CPT dan DCP yang ditunjukkan pada persamaan berikut:  $CBR(DCP) \% = 0,2552 CBR(CPT) + 2,6306$  dan  $CBR(DCP) \% = 0,617 CBR(CPT)$ . [14]. Pada titik 1 dan titik 2, nilai uji Nilai CBR tertinggi pada tanah campuran dengan presentasi 20% adalah masing-masing 19% dan 20%. Nilai CBR pada titik 1 dan titik 2 masing-masing meningkat sebesar 295% dan 300% dari nilai CBR tanah dasar. Hasil ini menunjukkan bahwa daya dukung tanah lempung dapat ditingkatkan dengan penambahan semen dan abu sekam padi.[15].

## **METODOLOGI**

### **A. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah**

Pengambilan sampel tanah diambil yang berada di Dusun Tamalate, Timbuseng, Kecamatan Pattalassang, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.

### **B. Lokasi Pengambilan Sampel Hebel (Bata Ringan)**

Lokasi pengambilan sampel hebel diambil di halaman Gedung Lilin Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.

### **C. Lokasi Pengambilan Sampel Batu Apung**

Pengambilan bahan tambah batu apung diperoleh dari JL. Veteran Selatan, Mamajang Dalam, Kecamatan Mamajang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan.

### **D. Metode Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan di Dusun Tamalate, Timbuseng, Kecamatan Pattalassang, Kabupaten Gowa,

Sulawesi Selatan. Dengan menggunakan kendaraan umum, kita dapat mencapai lokasi tersebut. Sebanyak  $\pm 75$  kg tanah dikumpulkan sebagai sampel penelitian. Setelah dikumpulkan, sampel tanah dibawa ke laboratorium untuk evaluasi peningkatan pemadatan dan studi sifat-sifat tanah awal ketika batu apung dan bata ringan dicampurkan dengan tanah yang diuji. Sampel yang akan diuji untuk kompaksi, di mana masing-masing mencakup variasi penambahan batu apung dan bata ringan dari 0% hingga 15% terhadap tanah.

### **E. Pelaksanaan Penelitian**

Analisis data hasil penelitian ini dilakukan dengan analisis dan pembahasan yang sesuai rumusan dan tujuan yang akan dicapai sebagai berikut:

#### **1. Uji Sifat Fisik Tanah**

Pengujian sifat fisik tanah dilakukan sesuai dengan metode ASTM (*Americans Society for Testing*), pengujian yaitu, uji kadar air (ASTM 2216), uji berat jenis tanah (ASTM 854), dan uji batas-batas Atterberg (ASTM 4318-95).

#### **2. Uji Pemadatan**

Sampel tanah asli yang ditambahkan dengan batu apung dan bata ringan pada persentase yang berbeda yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat tanah kering digunakan untuk pengujian pemadatan. Untuk setiap perubahan campuran, hasil pengujian dinyatakan sebagai berat volume kering maksimum dan kadar air optimal, atau OMC (*Optimum Moisture Content*).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **A. Hasil Pengujian Karakteristik Tanah**

Berikut ini adalah hasil dari setiap percobaan berdasarkan uji karakteristik fisik tanah yang dilakukan :

#### **1. Pengujian Kadar Air (SNI 1965:2019)**

Berdasarkan data pemeriksaan fisik tanah asli, diperoleh persentase kadar air tanah asli dengan nilai 28,78%.

#### **2. Pengujian Berat Jenis Tanah (SNI 1964:2008)**

Berdasarkan nilai berat jenis dari hasil uji, nilai yang diperoleh adalah 2,711. Sehingga tanah yang diuji dapat digolongkan ke dalam tanah lempung anorganik (CL).

#### **3. Berat isi/volume ( SNI-03-4804-1998)**

Berdasarkan pengujian berat isi/volume diperoleh nilai berat isi 1,495 gr/cm<sup>3</sup> dan berat isi kering 1,133 gr/cm<sup>3</sup>.

#### **4. Batas-batas *atterberg* (SNI 1965:2008)**

Hasil pengujian batas-batas Atterberg, seperti batas cair, batas plastis, dan batas susut, pada sampel tanah asli disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Uji Batas-batas Atterberg

Jenis Tanah	<i>Liquid Limit</i>	<i>Plastic Limit</i>	<i>Plasticity Indeks</i>
Tanah Lempung	42,21	22,36	19,85

#### **5. Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer**

Sesuai dengan klasifikasi USCS dan AASHTO, tanah di Dusun Tamalate, Timbuseng, Kecamatan Pattalassang, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, tergolong tanah lempung anorganik (CL) yang lolos saringan nomor 200 lebih dari 50%, berdasarkan hasil pengujian menunjukkan sebanyak 72,746% tanah lolos saringan nomor 200.

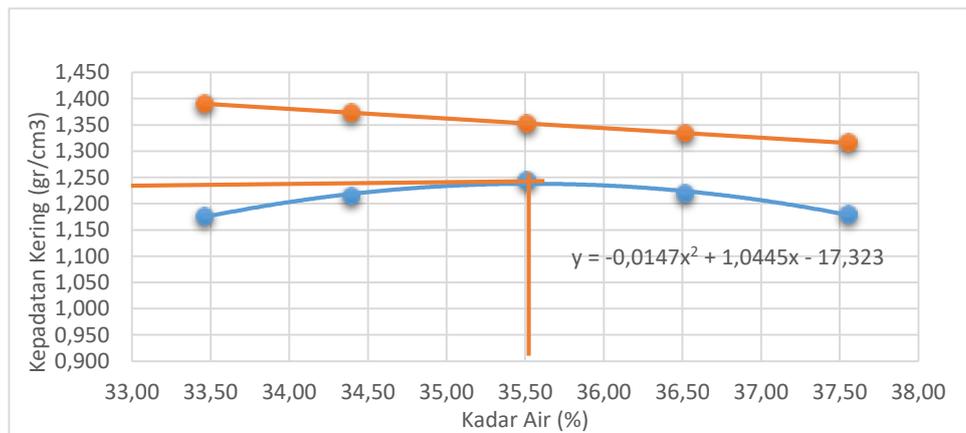
**B. Hasil Uji Pemadatan (Standar Proctor)**

Untuk mengetahui kadar air, berat jenis bahan kering, berat jenis tanah, dan daya dukung tanah dilakukan pengujian pemadatan tanah. Hasil pengujian pada tanah asal ditampilkan pada tabel di bawah ini, yang didasarkan pada data pengujian.

Tabel 2. Nilai Kompaksi untuk Tanah Asli Variasi 0%

Sampel	Berat Isi Kering ( $\gamma_{dry}$ )	Kadar Air (Wopt)
1	1,176	33,46
2	1,215	34,40
3	1,244	35,51
4	1,219	36,52
5	1,179	37,56

Data hasil pengujian pemadatan tanah asli dapat dilihat dalam Tabel 2. Data tersebut kemudian diilustrasikan dalam grafik yang menggambarkan hubungan kadar air dengan berat isi kering, sebagaimana diperlihatkan pada gambar.



Gambar 1. Grafik Hasil Pemadatan Tanah Asli

Dengan kepadatan kering 1,231 gram per sentimeter, nilai kadar air optimal grafik adalah 35,53%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai untuk kepadatan kering dan kadar air sesuai dengan persamaan yang diperoleh.

$$\frac{dy}{dx} = -0,0147\omega^2 + 1,0445\omega - 17,3230 = 0, \text{ maka}$$

$$\frac{dy}{d\omega} = -0,0294\omega + 1,0445$$

$$0,0294\omega = 1,0445$$

$$\omega = (1,0445/0,0294)$$

$\omega_{opt} = 35,53$  ; setelah disubstitusikan nilai yang diperoleh:

$$\gamma = (-0,0147 (35,53)^2) + (1,0445 (35,53) - 17,3230)$$

$$\gamma = (- 18,554) + 37,108 - 17,323$$

$$\gamma = 1,231\%$$

Adapun hasil rekapitulasi pengujian kepatan tanah asli dan pengujian tanah asli dengan campuran bata ringan dan batu apung sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Pengujian Pemadatan Tanah dan Bahan Tambah

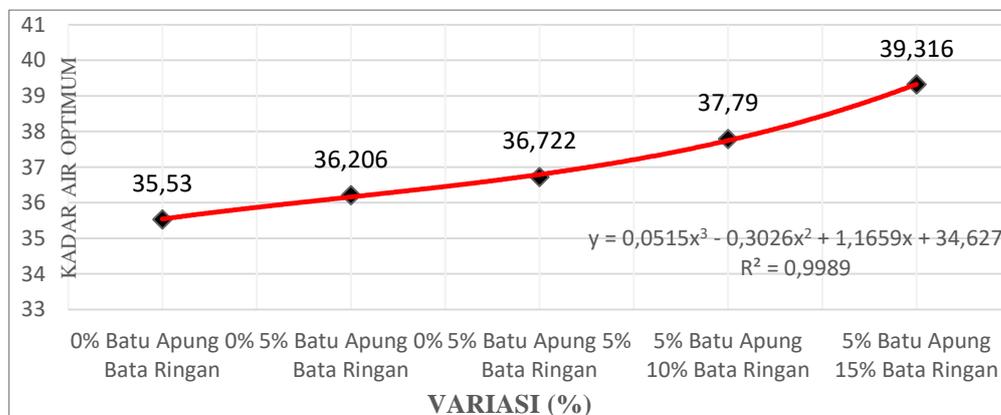
Variasi	Berat Isi Kering ( $\gamma_{dry}$ )	Kadar Air Optimum ( $W_{opt}$ )
Tanah Asli	1,231	35,53
Tanah Asli + 5% Batu Apung	1,282	36,20
Tanah Asli + 5% Batu Apung + 5% bata ringan	1,238	36,72
Tanah Asli + 5% Batu Apung+ 10% bata ringan	1,251	37,79
Tanah Asli + 5% Batu Apung + 15% Bata Ringan	1,182	39,31

1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

- a. Berdasarkan hasil pengujian tanah di Dusun Tamalate, Timbuseng, Kecamatan Pattalassang, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, diperoleh kadar air sebesar 28,78%. Selain itu, pengujian berat jenis menunjukkan 2,711 gram/cm<sup>3</sup>. Menurut Hardiyatmo (2002), nilai ini menandakan bahwa Tanah ini termasuk dalam kelompok tanah liat anorganik, karena berada dalam rentang 2,68-2,75 yang merupakan karakteristik tipikal tanah lempung anorganik (CL-OL).
- b. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS, tanah berbutir halus dengan nilai LL<50 dengan nilai PI>7 dan terletak atau diatas garis “A” tanah tersebut tergolong dalam kelompok CL. Berdasarkan diagram alir klasifikasi tanah berbutir halus, hasil pengujian analisa saringan tanah tertahan pada saringan nomor 200 sebesar 27,254%, maka tanah dari Desa Timbuseng, Kecamatan Pattalassang, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan tergolong dalam kelompok tanah lempung plastisitas rendah dengan pasir.

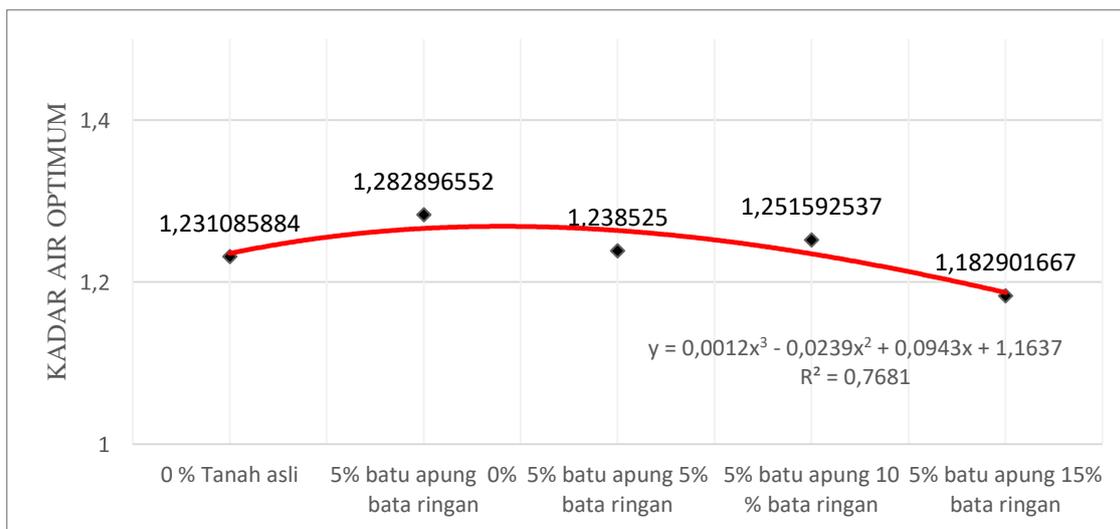
2. Pengujian Pemadatan Tanah (Standard Proctor)

Berdasarkan hasil uji laboratorium, metode Standard Proctor digunakan untuk memadatkan tanah agar mendapatkan kadar air dan berat jenis bahan kering yang diinginkan. Berikut ini adalah hasil pemadatan tanah grafik pengaruh penambahan bata ringan dan batu apung pada tanah dengan pengujian Standard Proctor:



Gambar 2. Grafik Kadar Air Optimum Terhadap Variasi Batu Apung dan Bata Ringan

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 2, nilai kadar air optimum tanah asli meningkat secara nyata setelah penambahan bata ringan dan batu apung sebanyak 15%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air optimum tanah dapat terpengaruh oleh komposisi material yang ditambahkan, dalam hal ini penelitian menunjukkan bahwa penambahan batu apung dan bata ringan pada tanah meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah dan mengurangi kemungkinan terjadinya penurunan tanah. Salah satu alasan utama peningkatan stabilitas ini adalah bahwa adanya tambahan antara batu apung dan bata ringan berfungsi mengisi rongga-rongga kosong di dalam struktur tanah, memberikan efek sinergis yang lebih baik dalam meningkatkan nilai kompaksi. Selain itu, batu apung dan bata ringan dapat berperan sebagai material pengikat, yang meningkatkan daya lekat partikel-partikel tanah. Meningkatnya daya kohesi tanah ini mengurangi terjadinya penurunan tanah terhadap kondisi lingkungan, seperti pergerakan tanah atau perubahan suhu.



Gambar 3. Grafik Kepadatan Kering Terhadap Variasi Batu Apung dan Bata Ringan

Nilai kepadatan kering meningkat ada variasi 0% dan 5% batu apung dan mulai menurun kembali pada variasi berikutnya, ini menunjukkan bahwa kadar air pada sampel sangat mempengaruhi nilai kerapatan kering. Sedangkan kerapatan kering menurun dengan meningkatnya kadar air, kerapatan kering meningkat dengan menurunnya kadar air.

## SIMPULAN

Menurut klasifikasi USCS, tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Dusun Tamalate, Timbuseng, Kecamatan Patalasasi, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, dan termasuk dalam kategori CL. Karena bata ringan dan batu apung dapat mengisi pori-pori tanah dan meningkatkan daya dukung tanah, maka standar proctor menunjukkan bahwa pengaruh penambahan bahan-bahan tersebut terhadap tanah meningkat hingga 15% di atas tanah asal.

## REFERENSI

- [1] Q. Wiqoyah And F. R. Efendy, "Pemanfaatan Limbah Bata Ringan untuk Mengurangi Penurunan Konsolidasi Tanah Lempung Bayat Klaten," dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 2024.
- [2] K. C. Runturambi, J. H. Ticoh, And L. D. K. Ma`naroinsong, "Pengaruh Penambahan Abu Batu Apung Terhadap Nilai Cbr Laboratorium," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 8, no.2, 2020.
- [3] Setiawan, " Pematatan Tanah Dengan Intelligent Compactor Pada Pembangunan Jalan Toll IKN Segmen Sp. Tempadung-Jembatan P. Balang, ". *COMSERVA*, vol. 3, no.6, 2023.

- [4] J. Sitinjak And F. Sarie, “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR,” *Syntax*, vol. 4, 2021.
- [5] B. Suzanna, I. L. K. Wong, And M. D. M. Palinggi, “Pengaruh Penambahan Abu Arang Tempurung Kelapa Pada Tanah Lempung Terhadap Hasil Uji Kompaksi,” *Pcej*, Vol. 3, No. 2, Pp. 276–285, Jun. 2021, Doi: 10.52722/Pcej.V3i2.257.
- [6] L. T. Tangdialla’ And N. Y. Pangarungan, “Pengaruh Penambahan Fiber Pada Tanah Terhadap Nilai CBR,” *Paulus Civil Engineering Journal*, vol. 5, No. 3, 2023.
- [7] A. K. Lestin, Meti, And I. Apriyani, “Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Kopi Terhadap Kuat Geser Pada Tanah,” *Pcej*, Vol. 4, No. 3, Pp. 359–366, Oct. 2022, Doi: 10.52722/Pcej.V4i3.499.
- [8] I. L. K. Wong, L. T. Tangdialla’, And T. A. Gunadi, “Pengaruh Penambahan Limbah Kalsiboard Terhadap Stabilisasi Tanah Dengan Uji Kompaksi,” *PCEJ*, vol. 5, No. 4, 2023.
- [9] I. A. N. S. Amaral, I. L. K. Wong, And H. A. I. Sopacua, “Pengaruh Penambahan Pasir Pantai Pada Tanah Dengan Uji Dynamic Cone Penetrometer,” *Pcej*, Vol. 2, No. 4, Pp. 252–262, Jan. 2021, Doi: 10.52722/Pcej.V2i4.189.
- [10] A. Saputra, R. Rokhman, I. Iqbal, A. Suherman, And M. Rusmin, “Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ditinjau Dari Kuat Geser Tanah,” *Konstruksia*, Vol. 15, No. 2, P. 85, Nov. 2024, Doi: 10.24853/Jk.15.2.85-91.
- [11] A. R. A. Aden, “Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Bahan Campuran Pasir Kuarsa Terhadap Uji Kompaksi,” *Jsts*, Vol. 2, No. 3, Pp. 230–234, Sep. 2020, Doi: 10.37150/Jsts.V2i3.1290.
- [12] D. F. Ginting, G. Y. Bangun, And M. Maburur, “Pengaruh Campuran Abu Vulkanik Sinabung dan Abu Sabut Kelapa Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung di Kota Medan,” *Jurnal Teknik Sipil*, vol.7, no.1, 2022.
- [13] Sufarman And A. Sulfanita, “Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur dan Abu Batu pada Subgrade Tugu Tunas Kelapa Parepare,” *Karajata*, Vol. 3, No. 2, Pp. 96–101, Jun. 2023, Doi: 10.31850/Karajata.V3i2.2308.
- [14] R. Arbianto, T. Yuono, And G. Gunarso, “Comparison Of California Bearing Ratio (CBR) Value Based On Cone Penetration Test (Cpt) And Dynamic Cone Penetrometer (Dcp),” *Jacee*, Vol. 4, No. 2, P. 70, Nov. 2021, Doi: 10.30659/Jacee.4.2.70-78.
- [15] R. Adawiyah, H. Haris, And A. Gazali, “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi dan Semen Ditinjau Terhadap Nilai CBR di Kecamatan Marabahan Kabupaten Barito Kuala,” *Jk*, Vol. 6, No. 1, P. 74, Jul. 2023, Doi: 10.31602/Jk.V6i1.11648.