

Pengaruh Peningkatan Nilai CBR dengan Penambahan Abu Batu Untuk Jalan Hauling

Risma Anjelita Rusli^{1*}, Totok Sulisty², Fatmawati³

^{1*,2,3} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Balikpapan, Indonesia

*Email: rismaanjelita222@gmail.com

Abstract

Soil is an essential element in road construction, including haul roads used to transport heavy loads in mining and industrial areas. However, not all soils have suitable physical properties. Clay soil with high water content is often soft, unstable, and easily deformed under pressure, which reduces the quality and durability of the road. One method to improve this condition is by adding stone ash. Stone ash is a waste product from crushing large rocks with a mechanical stone crusher and has potential for reuse in soil works. This study investigates how the addition of stone ash influences the California Bearing Ratio (CBR) value of clay soil, making it more suitable for hauling road. Tests were carried out in the laboratory using the unsoaked CBR method. Mixtures contained 10%, 20%, 30%, and 40% stone ash by dry soil weight. Preliminary tests such as water content, unit weight, specific gravity, Atterberg limits, and sieve analysis were conducted to determine soil properties. The natural soil had a CBR value of 1.27%. After adding stone ash, the values increased to 1.78% at 10%, 2.29% at 20% and 30%, and 4.07% at 40%. The highest value at 40% indicated denser soil capable of carrying heavier loads. Thus, stone ash can be used as an alternative material for clay soil improvement while supporting sustainable waste utilization.

Keywords: CBR, stone ash, clay, hauling road

Abstrak

Tanah merupakan elemen penting dalam pembangunan jalan, termasuk jalan hauling yang digunakan untuk mengangkut beban berat di kawasan pertambangan maupun industri. Namun, tidak semua jenis tanah memiliki sifat fisik yang sesuai. Tanah lempung dengan kadar air tinggi umumnya bersifat lunak, tidak stabil, dan mudah berubah bentuk saat mendapat tekanan, sehingga menurunkan kualitas serta ketahanan jalan. Salah satu cara untuk memperbaiki kondisi ini adalah dengan menambahkan abu batu. Abu batu merupakan limbah dari hasil pemecahan batu besar menggunakan stone crusher mekanis yang berpotensi dimanfaatkan kembali dalam pekerjaan tanah. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan abu batu terhadap nilai California Bearing Ratio (CBR) pada tanah lempung agar lebih layak digunakan pada jalan hauling. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan metode CBR tanpa rendaman. Campuran dibuat dengan variasi abu batu sebesar 10%, 20%, 30%, dan 40% dari berat kering tanah. Sebelum uji CBR, dilakukan pengujian pendahuluan berupa kadar air, berat isi, berat jenis, batas Atterberg, dan analisis saringan untuk mengetahui sifat tanah dasar. Tanah asli memiliki nilai CBR 1,27%. Setelah penambahan abu batu, nilai meningkat menjadi 1,78% pada 10%, 2,29% pada 20% dan 30%, serta 4,07% pada 40%. Nilai tertinggi pada variasi 40% menunjukkan tanah lebih padat dan mampu menahan beban lebih besar. Dengan demikian, abu batu dapat digunakan sebagai material alternatif untuk perbaikan tanah lempung sekaligus mendukung pemanfaatan limbah industri secara berkelanjutan.

Kata kunci: CBR, abu batu, lempung, jalan hauling

1. Pendahuluan

Tanah lempung yang umumnya mempunyai nilai CBR rendah [1], [2], perlu diperbaiki dengan berbagai cara. Tanah insitu dapat diganti dengan tanah lain yang secara geoteknis bertekstur kasar seperti pecahan keramik, batu bata, pasir atau kerikil untuk meningkatkan nilai CBR [3], penguatan tanah dengan geotekstil [4], atau cara lain adalah melalui penambahan material tertentu, salah satunya adalah dengan penambahan abu batu (stone ash) yang merupakan limbah hasil pemecahan batu [5]. Pemanfaatan abu batu dinilai potensial karena selain dapat meningkatkan nilai CBR tanah, juga membantu mengurangi limbah yang berpotensi mencemari lingkungan [6]. Dalam beberapa penelitian diantaranya oleh [7] pada lokasi jalan Poros Neto, Kabupaten Merauke menunjukkan bahwa penambahan semen dan abu batu meningkatkan nilai CBR dan nilai CBR yang paling tinggi sebesar 2,18%. Demikian juga, kajian stabilisasi tanah lempung telah dilakukan menggunakan material abu batu yang berasal dari lokasi quarry PII Soaka menunjukkan bahwa penambahan abu batu meningkat secara signifikan, Peningkatan tertinggi terjadi pada sampel variasi campuran abu batu 30% dari nilai CBR tanah asli 1,6% menjadi 3% [8].

Berdasarkan kedua penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa penambahan material sangat berpengaruh terhadap kekuatan daya dukung tanah yang dapat dinilai melalui uji California Bearing Ratio (CBR). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan pada lokasi di Jalan Hauling Bumi Harapan, Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara dengan penambahan varian persentase abu batu yang belum dilakukan peneliti sebelumnya.

Tanah sebagai material utama dalam pekerjaan konstruksi jalan memiliki peran yang sangat penting, khususnya sebagai subgrade atau lapisan tanah dasar yang menopang beban struktur jalan serta beban kendaraan yang melintas [9]. Kualitas dan karakteristik tanah pada lapisan ini sangat

menentukan kekuatan dan daya tahan jalan yang dibangun di atasnya. Namun, tidak semua jenis tanah memiliki sifat fisik yang mendukung ketahanan terhadap beban. Salah satu permasalahan umum yang dihadapi di lapangan adalah tanah dengan kandungan kadar air yang tinggi, yang menyebabkan tanah menjadi lunak, mudah mengalami deformasi, serta memiliki daya dukung rendah [10]. Seperti pada penelitian jalan hauling ini, tanah menunjukkan perilaku ekspansif yang umumnya memiliki kadar air tinggi dan juga memiliki sifat fisik yang mendukung ketahanan terhadap beban.

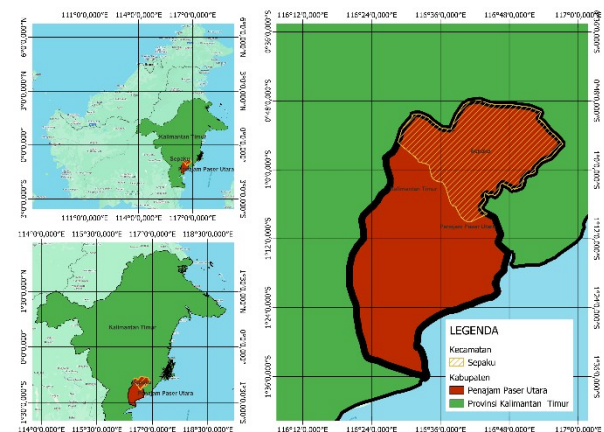
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu batu pada variasi campuran 10%, 20%, 30%, dan 40% terhadap nilai CBR tanah, dengan memperoleh data nilai CBR dengan campuran abu batu yang meningkatkan kekuatan tanah sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan konstruksi jalan yang lebih kuat, ekonomis, dan berkelanjutan

2. Metoda Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan merupakan penelitian kuantitatif deskriptif.

2.1. Lokasi Penelitian

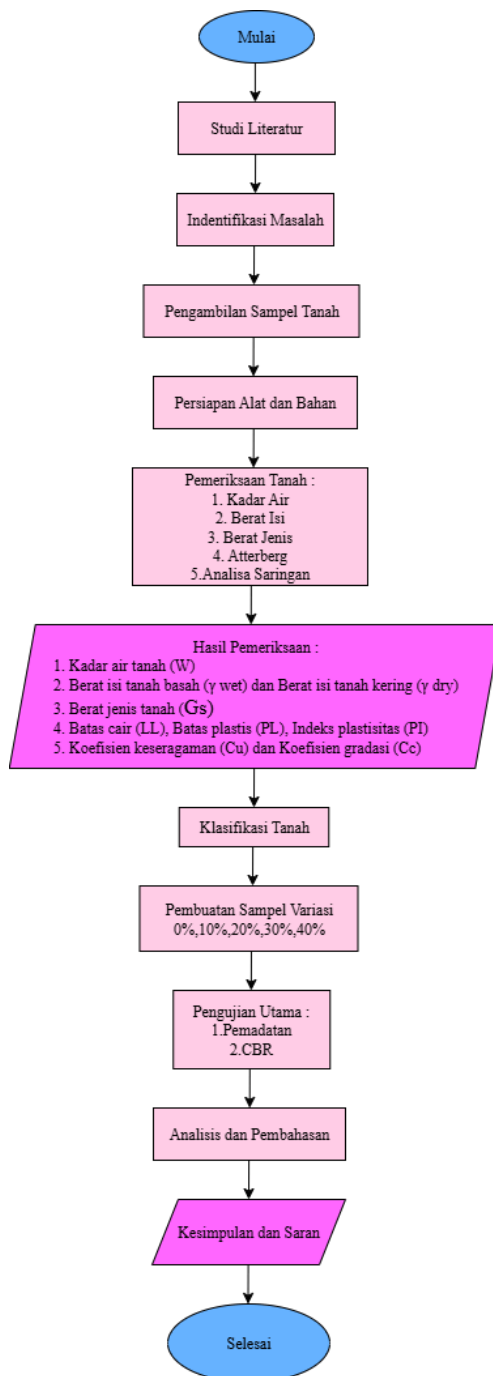
Lokasi penelitian ini berada di Bumi Harapan, Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara, Provinsi Kalimantan Timur. Gambar lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian

2.2. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian adalah instrumen penting yang membantu mengilustrasikan proses penelitian secara kronologis dan terperinci. Bagan ini menguraikan tahap-tahap utama yang ada di dalam penelitian dari perencanaan awal hingga penyajian hasil. Adapun bagan alir penelitian untuk penelitian ini dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Studi Literatur

Studi literatur adalah kegiatan menelusuri, membaca, menganalisis, dan merangkum berbagai sumber pustaka (seperti buku, artikel ilmiah, jurnal, laporan penelitian, dan sumber terpercaya lainnya) yang berkaitan dengan suatu topik atau permasalahan tertentu.

Pengambilan Sampel Tanah

Ada dua jenis sampel tanah di lapangan yang diambil, yaitu sampel tanah tertutup untuk pengujian kadar air dan berat isi, dan sampel tanah terbuka untuk pengujian berat jenis, Atterberg limit, analisa saringan, pemadatan, dan CBR.

Persiapan Alat dan Bahan

Menyiapkan alat dan bahan sebelum melakukan pengujian-pengujian di laboratorium.

Pemeriksaan dan Hasil Pemeriksaan

Hasil pada pemeriksaan yang didapat dari beberapa pengujian tersebut, antara lain pengujian kadar air (W), pengujian berat isi tanah basah (γ wet) dan berat isi tanah kering (γ dry), pengujian berat jenis (G_s), pengujian batas Atterberg yang meliputi batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI), dan analisis saringan mendapatkan hasil koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc).

Klasifikasi Tanah

Karena tanah yang dikaji berhubungan dengan material jalan, klasifikasi tanah yang digunakan untuk analisis saringan dan indeks plastisitas menggunakan sistem klasifikasi AASHTO [11].

Pembuatan Sampel Variasi

Pembuatan sampel variasi dilakukan pada pengujian utama, yaitu CBR dengan mencampurkan abu batu ke dalam tanah tanpa campuran dalam beberapa kadar campuran, yaitu 10%, 20%, 30%, dan 40%. Variasi ini bertujuan untuk memperoleh perbandingan yang jelas antarsampel sehingga dapat diketahui persentase komposisi abu batu dalam campuran tanah.

Pengujian Utama

Pengujian ini terdiri dari pemadatan dan CBR. Pengujian ini dilakukan setelah klasifikasi tanah selesai.

3. Hasil Penelitian

3.1. Hasil Pemeriksaan Tanah

Pemeriksaan tanah dilakukan untuk mengetahui nilai pengujian kadar air dalam tanah (W), pengujian berat isi untuk mengetahui massa tanah baik dalam kondisi basah (γ_{wet}) maupun kering (γ_{dry}), pengujian berat jenis untuk mengetahui perbandingan antara berat partikel padat tanah terhadap berat air dalam volume yang sama (Gs), pengujian atterberg limit yang meliputi liquid limit (LL), plastic limit (PL), dan indeks plastisitas (PI) untuk menentukan konsistensi dan batas perubahan fase tanah halus, dan analisa saringan untuk mengetahui distribusi ukuran butir tanah kemudian menghitung koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc).

Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kadar air dalam tanah. Pengujian dilakukan terhadap 3 sampel tanah dan diperoleh kadar air rata-rata dari 3 sampel tersebut dalam bentuk persentase. Dari hasil uji kadar air, diperoleh hasil pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Kadar Air

Keterangan	Sampel Tanah			Satuan
	1	2	3	
Berat Cawan (W3)	414,9	58,1	320	gram
Berat Cawan + Tanah Basah (W1)	914,9	558,1	820	gram
Berat Cawan + Tanah Kering (W2)	845,5	469,2	741,6	gram
Berat air (W1-W2)	69,4	88,9	78,4	gram
Berat tanah kering (W2-W3)	430,6	411,1	421,6	gram
Kadar Air (W)	16,1	21,6	18,6	%
kadar Air rata – rata		18,8		%

Berdasarkan hasil pengujian kadar air pada 3 sampel tersebut, didapatkan nilai rata-rata kadar air sebesar 18,8% yang menggambarkan kadar air pada tanah asli.

Berat Isi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai berat isi tanah atau berat volume tanah.

Pengujian ini dilakukan sebanyak 2 sampel untuk mencari nilai rata-rata pada sampel. Dari hasil uji berat isi kedua sampel, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Berat Isi

Keterangan	Nilai		Satuan
	1	2	
No.Cawan			
Diameter Ring	6,3	6,3	cm
Jari-jari	3,15	3,15	cm
Tinggi Ring	2,3	2,3	cm
Volume Ring	71,66	71,66	cm ³
Berat Ring (W1)	120,8	120,8	gram
Berat Ring + tanah (W2)	288,1	265,4	gram
Berat Isi Tanah Basah (γ_{wet})	2,33	2,02	gram/cm ³
Berat Isi Tanah Kering (γ_{dry})	1,97	1,70	gram/cm ³
γ_{wet} rata-rata		2,18	gram/cm ³
γ_{dry} rata-rata		1,83	gram/cm ³

Berdasarkan hasil berat isi pada tabel di atas, diperoleh nilai berat isi tanah basah rata-rata yakni sebesar 2,18 gram/cm³ dan berat isi tanah kering sebesar 1,83 gram/cm³.

Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan jenis suatu sampel tanah menggunakan piknometer pada temperatur tertentu. Dari hasil uji berat jenis didapatkan nilai yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Berat Jenis

Nomor Piknometer	1	2	Satuan
Berat piknometer (W _i)	29,1	28,5	gram
Berat piknometer + tanah (W ₂)	39,1	38,5	gram
Berat tanah (W _i = W ₂ - W _i)	10	10	gram
Temperatur °C		28	°C
Berat piknometer + air + tanah pada temperatur 28 °C (W ₃)	85,6	84,5	gram
Berat piknometer + air pada 28 °C (W ₄)	79,2	78,2	gram
W ₅ = W _i + W ₄	89,2	88,2	gram
Isi tanah (W ₅ - W ₃)	3,6	3,7	gram
Berat Jenis (G _s)	2,77	2,69	
Rata-rata		2,73	

Berdasarkan pengujian 2 sampel pada tabel 3, didapatkan nilai rata-rata berat jenis sebesar 2,73.

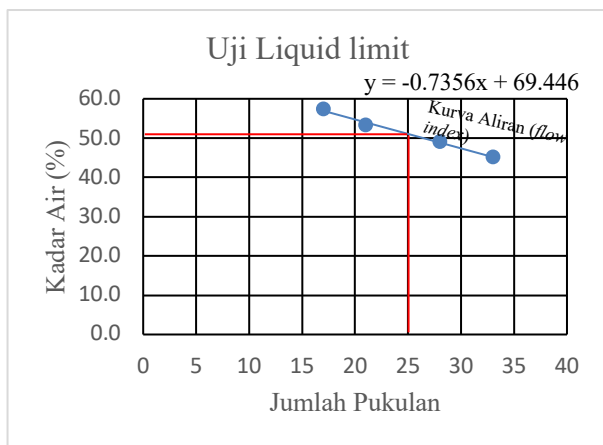
Atterberg Limit

Pengujian *atterberg limit* yang bertujuan untuk menentukan angka konsistensi *atterberg limit* yang terdiri dari *liquid limit* dan *plastic limit* dapat dilihat pada Tabel 4 *liquid limit* dan Tabel 5 *plastic limit*.

Tabel 4. Uji *Liquid Limit*

Keterangan	Liquid limit (Batas cair)				
Nomor cawan	1	2	3	4	Satuan
Jumlah pukulan	33	28	21	17	Pukulan
berat cawan+tanah basah	40	37,1	36,5	36,5	Gram
berat tanah basah	27	24,6	25	23,6	Gram
berat cawan+tanah kering	31,6	29	27,8	27,9	Gram
berat tanah kering	18,6	16,5	16,3	15	Gram
berat air	8,4	8,1	8,7	8,6	Gram
berat cawan	13	12,5	11,5	12,9	Gram
kadar air	45,2	49,1	53,4	57,3	%
Kadar air rata-rata	51,2				%

Berdasarkan pengujian liquid limit di atas, didapatkan nilai kadar air pada setiap pukulan dan dirata-ratakan menjadi 51,2%. Kemudian dibuatkan grafik hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan pada liquid limit yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Kadar Air Dan Jumlah Pukulan

Nilai batas cair (*liquid limit*) didapatkan dengan rumus yang dapat dilihat pada grafik di atas, di mana sumbu x adalah jumlah pukulan maka kadar air pada $x = 25$ adalah sebagai berikut:

$$y = -0,7356x + 69,446$$

$$y = -0,7356(25) + 69,446$$

$$y = 51,06\%$$

Berdasarkan grafik hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan, hasil liquid limit yang didapatkan menggunakan rumus di atas yaitu senilai 51,06%.

Tabel 5. Uji *Plastic Limit*

Keterangan	Plastic limit (Batas plastis)		
Nomor Cawan	1	2	Satuan
berat cawan	13	11,5	gram
berat cawan + sampel awal	15,0	13,5	gram
berat tanah basah	2,0	2	gram
berat cawan + sampel setelah oven	14,6	12,9	gram
berat tanah kering	1,6	1,4	gram
berat air	0,4	0,6	gram
batas plastis	25	42,9	%
batas plastis rata rata	33,93		%

Berdasarkan pengujian *plastic limit* di atas, didapatkan batas plastis rata-rata yaitu 33,93%. Menentukan indeks plastisitas suatu tanah dengan mencari selisih antara liquid limit (LL) dan plastic limit (PL) dinyatakan dengan rumus di bawah ini.

$$IP = LL - PL$$

$$IP = 51,06 - 33,93$$

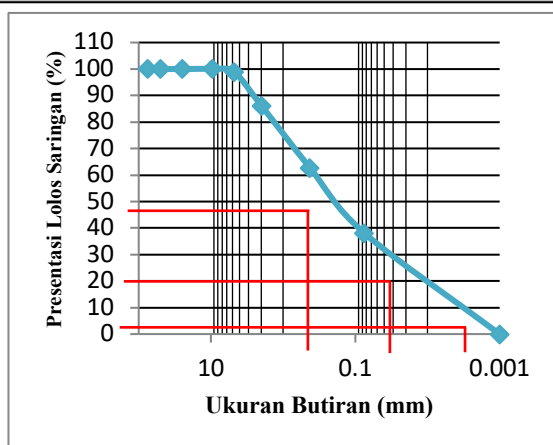
$$IP = 17,13\%$$

Analisis Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ukuran antara butiran agregat kasar maupun agregat halus. Uji analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 4 untuk grafik analisa saringan.

Tabel 6. Uji Analisa Saringan

No.Saringan	Diameter lubang saringan (mm)	Berat Tanah yang tertahan saringan (gr)	Berat Tanah Lolos Saringan (gr)	persentase lolos saringan (gr)
3	75	0	500	100
2	50	0	500	100
1	25	0	500	100
3/8	9,5	0	500	100
4	4,75	6	494	98,8
10	2	63,1	430,9	86,18
40	0,425	117,2	313,7	62,74
200	0,075	123,1	190,6	38,12
Pan	0	190,6	0	0
Total		500		



Gambar 4. Grafik Analisis Saringan

Dari grafik di atas didapatkan ukuran efektif D10, D30, dan D60 sebagai berikut:

D10 = 0,0031 mm

D30 = 0,031 mm

D60 = 0,36 mm

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Keseragaman (Cu)} &= \frac{D_{60}}{D_{10}} \\ &= \frac{0,36}{0,0031} \\ &= 116,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Gradasi (Cc)} &= \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \\ &= \frac{0,031^2}{0,36 \times 0,0031} \\ &= 0,86 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai koefisien keseragaman (Cu) sebesar 116,13 dan nilai koefisien gradasi (Cc) sebesar 0,86. Kesimpulannya, koefisien gradasi (Cc) sebesar 0,86 menunjukkan bahwa tanah tidak memiliki gradasi yang baik, yaitu tidak di antara 1 dan 3. Meskipun nilai koefisien keseragaman (Cu) sangat tinggi, sebesar 116,13 > 4, dengan gradasi yang buruk, tanah ini tidak termasuk dalam kelompok AASHTO yang berkualitas baik, seperti A-1-a atau A-1-b. Penentuan pastinya dapat dilihat setelah klasifikasi AASHTO telah dilakukan.

Klasifikasi Tanah (AASHTO)

Klasifikasi tanah metode AASHTO mengambil data dari pengujian analisa saringan lolos ayakan no.200 dan pengujian

atterberg limit. Pada Tabel 7 di bawah ini menyajikan hasil klasifikasi tanah dengan metode AASHTO, lengkap dengan parameter-parameter hasil pengujian yang digunakan sebagai dasar penentuan tipe material dan penilaian umum sebagai tanah dasar.

Tabel 7. Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Material granuler (< 35% lolos saringan No. 200)							Tanah Lanas-Lempung (> 35% lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1 a	A-1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A-7-5 / A-7-6
Analisa ayakan (% lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 Maks										
0,425 mm (no.40)	30 Maks	50 Maks	50 Min								
0,075 mm (no.200)	15 Maks	25 Maks	10 Maks	35 Maks	35 Maks	35 Maks	35 Maks	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas Cair (LL)				40 Maks	41 Maks	41 Maks	41 Maks	40 Maks	41 Min	40 Maks	41 Min
Indeks Plastis (PI)	6 Maks		NP	10 Maks	10 Maks	11 Maks	11 Maks	10 Maks	10 Maks	11 Min	11 Min
Indeks Kelompok (GI)	0	0	0			4 Maks		8 Maks	12 Maks	16 Maks	20 Maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			
Catatan: Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada plastisitasnya (PI) Untuk PL < 30, Klasifikasinya A-7-5 Untuk PL > 30, Klasifikasinya A-7-6											

Catatan:
Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada plastisitasnya (PI)
Untuk PI < 30, Klasifikasinya A-7-5
Untuk PI > 30, Klasifikasinya A-7-6

Adapun klasifikasi tanah metode AASHTO berkaitan dengan hasil pengujian analisis saringan dan batas Atterberg. Dari pengujian analisis saringan, tanah yang lolos ayakan No.200 diperoleh persentase sebanyak 38,12% tanah yang lolos ayakan, sehingga masuk dalam klasifikasi umum tanah lanau-lempung (dengan ketentuan lebih dari 35% lolos saringan No.200). Kemudian, pada pengujian Atterberg limit untuk liquid limit (LL) diperoleh nilai 51,06%, nilai indeks plastisitas (IP) diperoleh 17,13%, plastic limit (PL) diperoleh nilai 33,93%, dan indeks kelompok (GI) yang didapat yaitu 5,94%. Dilihat dari hasil PI<LL-30 YAIUT 21,06 tentu tergolong dalam klasifikasi kelompok A-7-5 dengan ketentuan nilai LL minimal 41, PI minimal 11, PL lebih kecil dari 30 dan GI maksimal 20. Kesimpulan yang didapat dari hasil pengklasifikasian AASHTO yakni tipe material yang paling dominan tergolong tanah berlempung.

Pemadatan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat kering maksimum dan kadar air optimum. Pengujian ini menggunakan 5 (lima) sampel tanah pada tanah tanpa campuran dengan penambahan air yang berbeda pada

setiap sampelnya yaitu 14%, 16%, 18%, dan 20%. Pada pengujian ini akan didapatkan nilai kepadatan kering maksimum yang dapat dilihat pada Tabel 8 dan dibuat grafik untuk mencari kadar air optimum yang digunakan untuk pengujian CBR pada tanah tanpa campuran dan tanah dengan campuran dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 8. Data pengujian proctor

Keterangan	1	2	3	4	Satuan
Penambahan Air	14	16	18	20	%
Penambahan Air	350	400	450	500	CC
Berat mould (B1)	3660,5	3660,5	3660,5	3660,5	Gram
Berat mould +Tanah (B2)	5571,0	5646,3	5637,3	5607,2	Gram
Berat tanah basah	1910,5	1985,8	1976,8	1946,7	Gram
Diameter mould	10,16	10,16	10,16	10,16	Cm
Jari-jari mould	5,08	5,08	5,08	5,08	Cm
Tinggi mould	11,643	11,643	11,643	11,643	Cm
Volume mould (V)	943	943	943	943	cm ³
Kepadatan basah	2,03	2,10	2,10	2,06	gram/cm ³
Kepadatan kering	1,63	1,67	1,65	1,61	gram/cm ³
Kepadatan air	0,996	0,996	0,996	0,996	gram/cm ³
Kepadatan kering untuk derajat kejenuhan 100%	1,63	1,59	1,57	1,55	gram/cm ³

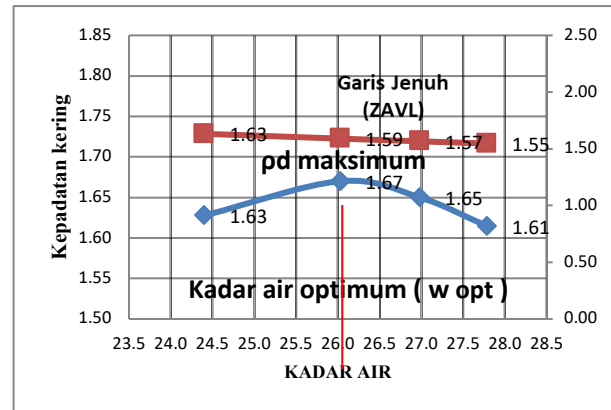
Hasil pengujian kadar air untuk mencari kadar air optimum dan berat isi kering maksimum ditampilkan dalam tabel 9.

Tabel 9. Tabel pengukuran kadar air

Kadar Air					
Keterangan	1	2	3	4	Satuan
Berat cawan 1	8,8	8,9	9,1	8,7	Gram
Berat cawan 2	8,7	9,4	9,1	8,6	Gram
Berat cawan 3	8,8	8,8	9,6	8,7	Gram
Berat cawan + tanah basah 1	36,8	41,3	38	38,1	Gram
Berat cawan + tanah basah 2	41,6	41,7	41,5	35,9	Gram
Berat cawan + tanah basah 3	32,1	29,5	30	30	Gram
Berat cawan + tanah kering 1	29,8	35	33	32,2	Gram
Berat cawan + tanah kering 2	35	35	34,5	30	Gram
Berat cawan + tanah kering 3	29,1	25	25	25	Gram
Berat air 1	7	6,3	5	5,9	Gram
Berat air 2	6,6	6,7	7	5,9	Gram
Berat air 3	3	4,5	5	5	Gram
Berat tanah kering 1	21	26,1	23,9	23,5	Gram
Berat tanah kering 2	26,3	25,6	25,4	21,4	Gram
Berat tanah kering 3	20,3	16,2	15,4	16,3	Gram
Kadar air 1	33,3	24,1	20,9	25,1	%
Kadar air 2	25,1	26,2	27,6	27,6	%
Kadar air 3	14,8	27,8	32,5	30,7	%
Kadar air rata-rata	24,4	26,0	27,0	27,8	%

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 9 maka didapatkan grafik hubungan

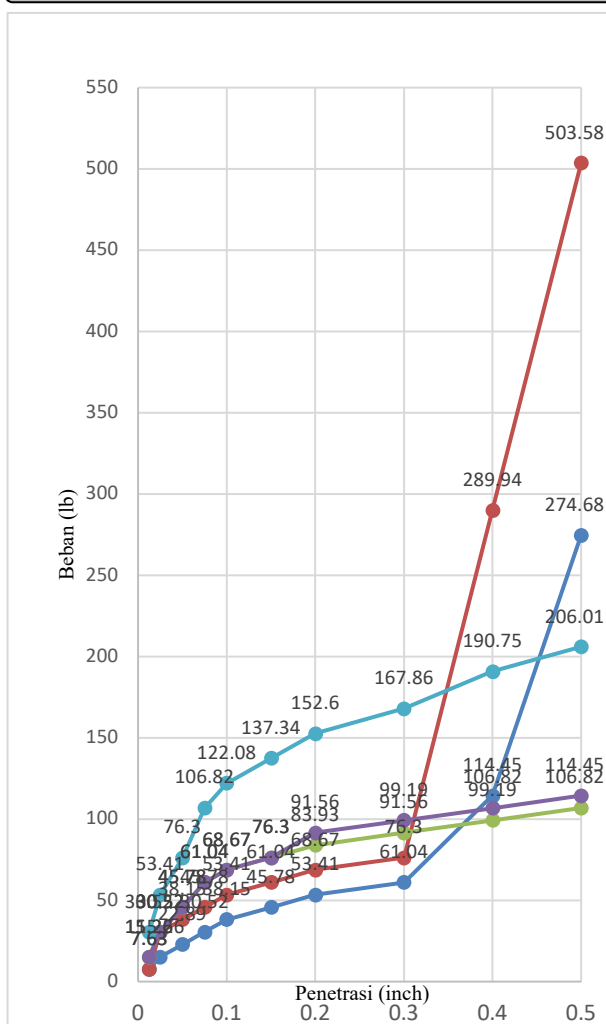
antara kepadatan kering dan kadar air seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Kepadatan Kering Dan Kadar Air

Berdasarkan hasil uji pemadatan tanah tanpa campuran, diperoleh kadar air optimum sebesar 26,04% dan kepadatan kering maksimum sebesar 1,67 gram/cm³. Sehingga pada pengujian CBR tanah tanpa campuran dan tanah dengan campuran akan digunakan penambahan air yang disesuaikan dengan kadar air optimum yang didapatkan pada pemadatan tanah tanpa campuran, yakni 26,04%. Adapun perhitungan jumlah air yang didapatkan yakni $(26,04 / 100 \times 5000 \text{ g tanah})$.

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai CBR dalam keadaan padat maksimum. Pada pengujian ini biasanya nilai CBR ditentukan dari tanah yang dipadatkan. Nilai kalibrasi proving ring yang digunakan pada pengujian CBR ini adalah 15,26 lbf. Berdasarkan dari hasil uji CBR pada tanah tanpa campuran maka diperoleh hasil pada Gambar 6 yang merupakan grafik dari CBR tanah tanpa campuran dan tanah campuran abu batu 10% hingga 40%.



Gambar 5. Grafik CBR tanah tanpa campuran dan dengan campuran

2.3. Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium, tanah yang diuji menunjukkan karakteristik tanah mudah mengembang dan menyerap air (ekspansif) dengan sifat kohesif [12]. Hal ini terlihat dari pengujian kadar air yang menunjukkan nilai sebesar 18,8% yang relatif tinggi, mencerminkan kondisi tanah yang cenderung jenuh atau memiliki kapasitas untuk menyerap air yang besar. Berat isi tanah basah diperoleh sebesar 2,18 g/cm³ dan berat isi tanah kering sebesar 1,83 g/cm³, dengan nilai berat jenis tanah sebesar 2,73. Data ini menunjukkan bahwa tanah termasuk dalam kategori lempung anorganik, namun dengan berat isi kering yang rendah, memperlihatkan kepadatan alami tanah yang buruk,

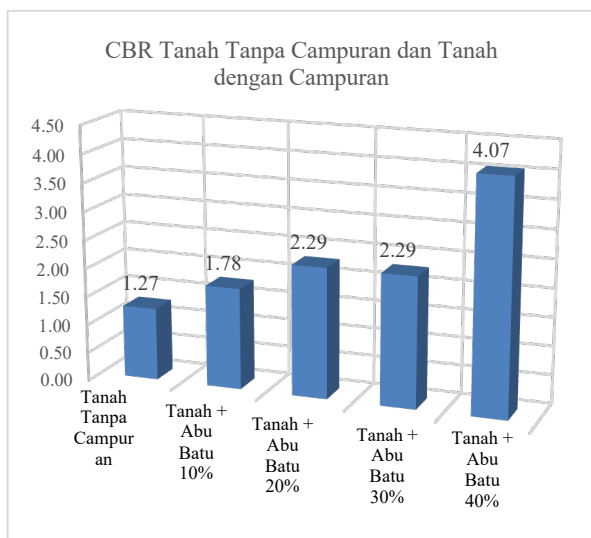
sebagaimana diketahui, kondisi organik dan ukuran butir akan berpengaruh pada berat jenis [13]. Hal ini mengindikasikan adanya potensi kembang susut yang tinggi dan kepadatan alami yang rendah, sehingga tidak mampu menahan beban secara optimal [14], [15].

Pengujian Atterberg limit dilakukan untuk mengetahui konsistensi dan batas plastis tanah terhadap perubahan kadar air. Hasil pengujian menunjukkan nilai batas cair (liquid limit) sebesar 51,06% dan batas plastis (plastic limit) sebesar 33,93%, menghasilkan nilai indeks plastisitas sebesar 17,13%. Berdasarkan nilai tersebut, tanah dikategorikan sebagai tanah berplastisitas tinggi dengan sifat lempung kohesif yang rentan terhadap perubahan kadar air [16]. Selanjutnya, dilakukan analisis saringan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel dan gradasi tanah. Hasil analisis menunjukkan nilai koefisien keseragaman (Cu) sebesar 116,13 yang menandakan penyebaran ukuran partikel sangat tidak seragam. Namun, nilai koefisien gradasi (Cc) sebesar 0,86 tidak berada dalam rentang ideal antara 1 dan 3, yang berarti bahwa gradasi tanah buruk. Kombinasi hasil *atterberg limit* dan analisis saringan ini menunjukkan bahwa tanah tergolong dalam klasifikasi A-7-6 menurut sistem klasifikasi AASHTO dan masuk dalam kelompok tanah berlempung dengan kualitas tanah dasar yang sedang hingga buruk.

Setelah klasifikasi dan karakteristik tanah diketahui, dilakukan pengujian pemadatan untuk menentukan kepadatan maksimum dan kadar air optimum yang menghasilkan nilai kadar air optimum sebesar 26,04% dan kepadatan kering maksimum sebesar 1,67 g/cm³ sebelum melanjutkan ke pengujian CBR. Pengujian CBR pada tanah tanpa campuran memberikan hasil sebesar 1,27%, yang sangat rendah dan tidak memenuhi syarat minimal sebagai lapisan subgrade untuk jalan. Berdasarkan kriteria umum CBR untuk material tanah dasar, nilai CBR di bawah 5% menunjukkan bahwa tanah tergolong dalam kategori buruk dan tidak dapat langsung digunakan tanpa perbaikan.

Untuk itu, dilakukan perbaikan tanah dengan menambahkan material abu batu dalam beberapa variasi campuran, yaitu 10%, 20%, 30%, 40%. Pada variasi campuran 10% didapatkan nilai CBR yaitu 1,78%, variasi campuran 20% dan 30% didapatkan nilai CBR yaitu 2,29%, variasi campuran 40% didapatkan nilai CBR yaitu 4,07%.

Hasil dari pengujian CBR setelah penambahan abu batu menunjukkan adanya peningkatan nilai CBR pada variasi campuran yang diberikan. Berikut ringkasan data hasil pengujian CBR tanah tanpa campuran dan tanah campuran pada Tabel 10 dan Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai CBR Tanah Tanpa Campuran Dengan CBR Tanah Dengan Campuran Abu Batu

Tabel 10. Ringkasan Data Hasil Pengujian CBR Tanah Tanpa Campuran Dan Tanah Dengan Campuran

Sampel	0,1"	0,2"	Nilai CBR (%)
Tanah Tanpa Campuran	1,27	1,19	1,27
Tanah + Abu Batu 10%	1,78	1,53	1,78
Tanah + Abu Batu 20%	2,29	1,87	2,29
Tanah + Abu Batu 30%	2,29	2,03	2,29
Tanah + Abu Batu 40%	4,07	3,39	4,07

Dari hasil nilai CBR dapat disimpulkan bahwa penambahan abu batu pada tanah tanpa campuran ternyata dapat menaikkan nilai CBR. Tanah dengan campuran abu batu 10% mengalami kenaikan nilai CBR 0,51% dari tanah tanpa campuran. Tanah dengan campuran abu batu 20% dan 30% mengalami

kenaikan nilai CBR 0,51% dari tanah campuran 10%. Nilai CBR tertinggi terdapat pada tanah dengan campuran abu batu 40%, meningkat 1,78% dari tanah campuran 20% dan 30%. Hal ini membuktikan bahwa abu batu efektif digunakan sebagai bahan perbaikan terhadap tanah ekspansif dengan karakteristik lempung anorganik berplastisitas tinggi, dan dapat menjadi salah satu solusi dalam pekerjaan perbaikan tanah dasar pada proyek infrastruktur jalan.

Adapun kelemahan dalam penelitian ini adalah belum mendapatkan komposisi campuran optimal, sehingga perbaikan yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan bahan campuran abu batu untuk mendapatkan nilai CBR yang lebih optimal dan memenuhi kriteria minimal sebagai tanah dasar (subgrade). Disarankan melakukan pengujian tambahan dengan menambahkan variasi campuran abu batu lebih dari 40% (misalnya 50% atau 60%) guna melihat sejauh mana peningkatan nilai CBR yang dapat dicapai. Apabila penambahan abu batu tidak cukup untuk meningkatkan nilai CBR secara signifikan, dapat dipertimbangkan untuk mencampurkan bahan lain seperti semen, kapur, atau *fly ash* agar perbaikan sifat tanah lebih efektif[17], [18]. Untuk memperoleh hasil CBR yang lebih akurat, disarankan menggunakan alat uji CBR berbasis mesin dibandingkan dengan metode manual.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian CBR terhadap tanah tanpa campuran, diperoleh nilai sebesar 1,27%. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi tanah masih sangat lemah dalam menahan beban kendaraan dan termasuk dalam kategori buruk, sehingga tidak memenuhi syarat Minimal sebagai lapisan tanah dasar (subgrade) untuk konstruksi jalan. Hal ini sesuai dengan karakteristik tanah yang bersifat ekspansif, di mana nilai indeks plastisitas 17,13% tergolong plastisitas tinggi, dan nilai berat jenis 2,73 tergolong lempung anorganik dengan berat isi kering yang rendah

senilai 1,83 gr/cm³. Tanah juga diklasifikasikan sebagai A-7-5 menurut AASHTO dan masuk dalam kelompok tanah berlempung dengan kualitas tanah dasar sedang hingga buruk.

Setelah dilakukan perbaikan tanah dengan menambahkan abu batu dalam beberapa variasi campuran, diperoleh hasil, yaitu campuran abu batu 10% menghasilkan nilai CBR sebesar 1,78%; campuran abu batu 20% menghasilkan nilai CBR sebesar 2,29%, yang sama dengan campuran abu batu 30%; campuran abu batu 40% memberikan peningkatan signifikan dengan nilai CBR sebesar 4,07%. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase abu batu yang ditambahkan, maka umumnya nilai CBR cenderung meningkat, meskipun pada campuran 30% terjadi stagnasi. Penambahan abu batu berpengaruh secara positif terhadap peningkatan nilai CBR tanah.

Hal ini menunjukkan bahwa abu batu membantu memperkuat struktur tanah dan meningkatkan kemampuannya untuk digunakan sebagai lapisan dasar jalan. Meskipun pada campuran 30% nilai CBR tidak mengalami peningkatan dari variasi sebelumnya, peningkatan nilai CBR pada campuran 40% menunjukkan bahwa abu batu efektif digunakan sebagai bahan perbaikan pada tanah dengan karakteristik lempung anorganik plastisitas tinggi. Namun, dikarenakan CBR maksimum hanya mendapatkan 4,07%, di mana tanah yang diberikan abu batu pada campuran 40% belum menunjukkan bahwa tanah cocok untuk jalan hauling karena di bawah 5%.

Oleh karena itu, abu batu dapat dijadikan salah satu solusi alternatif dalam pekerjaan perbaikan tanah dasar pada proyek infrastruktur jalan, khususnya untuk jalan hauling yang memerlukan kekuatan lapisan tanah yang memadai. Implikasi dari penelitian ini adalah dapat dimanfaatkannya tanah lokal sebagai material jalan untuk mendukung jalan tanah guna lalu lintas truk pengangkut

Kayu atau batubara (*hauling*) dan pengurangan limbah pada industri batu pecah atau *crushing plant*.

5. Saran

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya menggunakan bahan campuran abu batu yaitu untuk mendapatkan nilai CBR yang lebih optimal dan memenuhi kriteria minimal sebagai tanah dasar (subgrade), disarankan melakukan pengujian tambahan dengan menambahkan variasi campuran abu batu lebih dari 40% (misalnya 50% atau 60%) guna melihat sejauh mana peningkatan nilai CBR yang dapat dicapai. Apabila penambahan abu batu tidak cukup untuk meningkatkan nilai CBR secara signifikan, dapat dipertimbangkan untuk mencampurkan bahan lain seperti semen, kapur, atau fly ash agar perbaikan sifat tanah lebih efektif. Untuk memperoleh hasil CBR yang lebih akurat, disarankan menggunakan alat uji CBR berbasis mesin dibandingkan dengan metode manual.

5. Daftar Pustaka

- [1] N. Kholis, A. S. S. Gunarti, and R. Sylviana, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen dan Renolith," *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 62–77, Jan. 2018, doi: 10.33558/BENTANG.V6I1.535.
- [2] A.- Desmi and U.- Sniwati, "Pengaruh campuran abu sabut kelapa pada tanah lempung terhadap nilai CBR terendam (soaked) dan CBR tidak terendam (unsoaked)," *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 193–202, Feb. 2017, doi: 10.29103/TJ.V7I1.98.
- [3] C. Hidalgo, G. Carvajal, A. Hincapie, F. Muñoz, and M. Hernández, "Ground Improvement by Construction and Demolition Waste (CDW) Soil Mixture Replacement," *Buildings* 2023, Vol. 13,

- Page 779, vol. 13, no. 3, p. 779, Mar. 2023, doi: 10.3390/BUILDINGS13030779.
- [4] M. D. Nguyen and K. H. Yang, "California Bearing Ratio Test On Reinforced Clay Under As-Compacted And Soaked Conditions," *Journal of GeoEngineering*, vol. 17, no. 2, pp. 73–87, Jun. 2022, doi: 10.6310/JOG.202206_17(2).2.
- [5] N. Juliana and N. F. B. Bawadi, "Effect of addition of stone ash and sand on laboratory CBR value on soft soil stabilization," *AIP Conf. Proc.*, vol. 3093, no. 1, Dec. 2023, doi: 10.1063/5.0240442/3327663.
- [6] Y. Yasruddin, F. Rahman, and A. K. Sari, "Pemanfaatan Abu Terbang Dan Abu Batu Stone Crusher Sebagai Filler Pada Lapis Beton Semen Pondasi Bawah (Cement Treated Subbase/Ctsb)," *INFO-TEKNIK*, vol. 18, no. 2, pp. 271–288, Jan. 2018, doi: 10.20527/INFOTEK.V18I2.4351.
- [7] N. Hidayatullah, B. Doloksaribu, and E. Budianto, "Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Cement dan Penambahan Abu Batu," *Musamus Journal of Civil Engineering*, vol. 6, no. 01, pp. 46–51, 2023.
- [8] T. Saputro, O. Klau Bria, M. Simanjuntak, P. Saint, and P. Sorong, "Stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan material abu batu quarry PII," *Jurnal Karkasa*, vol. 6, no. 1, pp. 6–11, Jul. 2020, doi: 10.32531/JKAR.V6I1.213.
- [9] L. Lijuwardi and G. S. Sentosa, "Studi perbandingan mengenai perhitungan besaran regangan di lapisan subgrade akibat beban roda kendaraan untuk jalan raya kelas I," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 3, no. 4, pp. 1077–1090, Nov. 2020, doi: 10.24912/JMTS.V3I4.8298.
- [10] M. Alam Thoriq, E. Rati Hariza, and S. Sazuatmo, "Pengaruh Variasi Kandungan Air Terhadap CBR Tanah Berpasir (Studi Kasus : Tanah Berpasir Bentiring Seguring)," *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 5, no. 1, pp. 8513–8522, Mar. 2026, doi: 10.31004/riggs.v5i1.7312.
- [11] B. M. . Das, "Principles of geotechnical engineering," 2014, Accessed: Oct. 04, 2026. [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Principles_of_Geotechnical_Engineering.html?hl=id&id=efgWAAAAQBAJ.
- [12] W. Hamid, K. Lemboye, and A. Dhowian, "Characteristics and treatment of expansive soil using biopolymer," *Arabian Journal of Geosciences 2022 15:5*, vol. 15, no. 5, pp. 411–, Feb. 2022, doi: 10.1007/S12517-022-09690-3.
- [13] A. Fadhilah, M. Abdul Ghony, and R. Akmal, "Analisis Pengujian Berat Jenis Tanah Sampel Batu Lempung dan Batu Pasir Pada Nomor Titik Bor RA04 PT. Bukit Asam, Tbk," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, vol. 1, no. 1, pp. 19–23, Aug. 2023, doi: 10.62278/JITS.V1I1.4.
- [14] Z. F. H. D. S. Reska Hermawan Putra, "Pengaruh Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan Tanah lempung Ekspansif," *RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 21–32, Aug. 2018, Accessed: Oct. 05, 2026. [Online]. Available: <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/renovasi/article/view/2994>.
- [15] M. Anggraini and A. Saleh, "Peningkatan Kuat Dukung Tanah Lempung Dengan Penambahan Pasir," *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, vol. 2, no. 2, pp. 179–184, Jun. 2022, doi: 10.31849/JURKIM.V2I2.10336.
- [16] K. R. Dewi¹, E. Suwarno², and D. T. Rahayuningsih, "Perubahan Indeks Plastisitas Dan Kuat Geser Tanah

- Lempung Desa Dalisodo Kecamatan Wagir Kabupaten Malang Setelah Distabilisasi Dengan Kapur Padam,” *Jurnal Inovasi Teknologi dan Edukasi Teknik*, vol. 4, no. 3, pp. 1–1, Aug. 2024, doi: 10.17977/UM068.V4.I3.2024.1.
- [17] P. R. Mujahidin, M. F. Setiawan, A. Rochim, and L. Fitriyana, “Analisis CBR Tanah Lempung dengan penambahan Fly Ash dan Bottom Ash (FABA),” *Jurnal Ilmiah Sultan Agung*, vol. 3, no. 1, Mar. 2024, Accessed: Oct. 04, 2026. [Online]. Available: <https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/JIMU/article/view/46626>.
- [18] S. A. Nugroho, S. Satibi, and R. Raflyatullah, “Pengaruh Penggunaan Semen dan Fly Ash Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Muara Fajar,” *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, vol. 17, no. 3, pp. 267–278, Dec. 2021, doi: 10.25077/JRS.17.3.267-278