

## Evaluasi Kelayakan Material Gunung Terhadap Sifat Fisik dan Mekanis Pada Perkerasan Lentur Jalan Raya di Kabupaten Manggarai Timur

Kasmir Gon<sup>1)</sup>, Claudius Lippershey Bright Caling<sup>2)</sup>, Erdianto Rusdi<sup>3)</sup>

<sup>1), 2), 3)</sup> Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Indonesia Santu Paulus Ruteng, Jl. Jend. A. Yani No. 10 Ruteng-NTT

Email: [kasmirgon22@gmail.com](mailto:kasmirgon22@gmail.com)<sup>1)</sup>, [yudicaling17@gmail.com](mailto:yudicaling17@gmail.com)<sup>2)</sup>, [erdirusdi27@gmail.com](mailto:erdirusdi27@gmail.com)<sup>3)</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i2.1136>

(Received: 09 June 2024 / Revised: 28 July 2024 / Accepted: 16 September 2024)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kelayakan material gunung quarry Bondo sebagai timbunan pilihan, agregat kelas A dan agregat kelas B perkerasan lentur jalan raya. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa jenis tanahnya memiliki batas cair 22%, indeks plastisitas 5%, lolos saringan Nomor 200 5,32% sampai 5,54%, Cu rata-rata 92,68 > 4, Cc rata-rata 5,17 > 3; Berdasarkan USCS dikategorikan sebagai GP-GM atau ML (*low plasticity silt*), kelompok A-1-a (0) menurut AASHTO. Nilai aktif sebesar 0,90 < 1,25 termasuk tanah normal. Berat isi kering maksimum 1,56 gr/cm<sup>3</sup> pada kadar air optimum 22,9%, nilai CBR rendaman 96 jam sebesar 24% dan abrasi sebesar 22,49%, sehingga layak sebagai material timbunan pilihan perkerasan lentur jalan raya, tetapi tidak layak dipergunakan sebagai material agregat kelas B karena nilai CBR rendaman < 60% dan juga tidak layak dipergunakan sebagai agregat kelas A karena persen lolos saringan 1 ½'' kurang dari 100% dan nilai CBR rendamannya < 90%.

Kata kunci: laboratorium, layak, agregat, timbunan pilihan

### Abstract

This research aims to evaluate the suitability of Mount Quarry Bondo material as the embankment, class A and B aggregate for flexible pavement. Laboratory test results show this type of soil has LL of 22%, PI 5%, 5.32% to 5.54% passing No. 200 sieve, average Cu 92.68, average Cc 5.17 3; It is categorized as GP-GM or ML (USCS), and A-1-a (0) (AASHTO). The active value is 0.90 < 1.25 including normal soil; max dry density 1.56 gr/cm<sup>3</sup> at 22.9% w<sub>opt</sub>, the soaked CBR of 96 hours is 24%, the abrasion is 22.69%; so it is suitable as the embankment for flexible highway pavement, but is not suitable for use as class B aggregate material because the soaked CBR < 60% and it is also not suitable for use as class A aggregate because percentage passing the 1 ½'' (38,1 mm) sieve < 100% and the soaked CBR < 90%.

Keywords: *feasible, aggregate, selected material*

### 1. Latar Belakang

Penyelenggaraan infrastruktur rekayasa sipil meliputi SIDLaCOM (*Survey, Investigation, Design, Land acquisition, Construction, Operation, Maintenance*), dimana setiap atributnya melibatkan sumberdaya, seperti tenaga kerja dengan klasifikasi bidang keilmuan dan kualifikasi keahlian atau keterampilan sesuai kebutuhan pekerjaan, biaya, bahan, peralatan, dan metode (Faizar and Sumarman, 2016). Pada atribut *survey* dibutuhkan sumberdaya manusia handal untuk mengimplementasikan prosedur perencanaan teknik detail (*detailed engineering*

*design*), diikuti dengan atribut *investigation* yang mencakup diantaranya penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium sebagai landasan melakukan perancangan (*design*). Ketersediaan lahan (*land acquisition*) daerah manfaat jalan, daerah milik jalan, daerah pengawasan jalan, jalur drainase spasial, dan drainase jalan merupakan atribut penting yang perlu kepastian status penyelesaiannya sebelum memasuki tahap pelaksanaan pekerjaan (*construction*) untuk mengurangi resiko keterlambatan dan kegagalan konstruksi, demi terwujudnya efisiensi, efektivitas dan produktivitas bagi pengguna infrastruktur pada masa pemanfaatan (*operation*) tanpa adanya kegagalan bangunan, sehingga biaya pemeliharaan (*maintenance*) dapat diminimalisir (Sugiyartanto, 2021a) dan (Rahmat; Mulyono, 2014).

Seluruh atribut pada SIDLACOM akan terwujud pada tahap pelaksanaan pekerjaan jalan raya di lapangan, dimana produk perencanaan yang meliputi aspek *Survey, Investigation, Design, dan Land acquisition* seharusnya memperlancar pelaksanaan pekerjaan, penyelesaian pekerjaan tepat waktu, tepat mutu dan tepat biaya. Hal tersebut terselenggara dengan baik jika manajemen pelaksanaan oleh ketiga pihak yaitu pemilik pekerjaan, kontraktor dan konsultan pengawas pekerjaan bersinergi berlandaskan kompetensi profesi yang handal (Willar, 2022), mengingat penerapan tanggung jawab profesi pada pekerjaan konstruksi merupakan wujud integritas setiap personil yang dipersembahkan bagi kemaslahatan banyak orang (Achilov, 2021). Salah satu kelemahan menonjol pihak penyelenggara pekerjaan konstruksi adalah kerja sama yang masih harus dikembangkan dan ditingkatkan dalam menerapkan spesifikasi teknis pekerjaan (Pokharel et al., 2023).

Salah satu sumberdaya yang sangat dibutuhkan dalam penyelenggaraan pekerjaan perkerasan lentur jalan raya adalah material konstruksi. Ketersediaan dan mutu material konstruksi sesuai kebutuhan pekerjaan, bukan saja berhubungan dengan jaminan rantai pasok (*supply chain*) tetapi juga mutu proses dan hasil pekerjaan (Kementerian PUPR, 2017). Sifat fisik dan mekanis material konstruksi harus dinyatakan secara jelas berdasarkan hasil pengujian laboratorium atau lapangan pada tahap survei dan investigasi, termasuk perlu atau tidak dilakukan perbaikan terhadap sifat material, seperti stabilisasi atau tindakan lain sesuai kebutuhan agar resiko akibat kerusakan dini berkurang pada masa operasi dan pemeliharaan pekerjaan konstruksi jalan raya terbangun (Sohu et al., 2018) dan (Lyanawati et al., 2022)

Standar mutu material konstruksi jalan raya di Indonesia telah ditetapkan oleh pemerintah, yaitu Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Tahun 2018, meliputi seluruh bagian pekerjaan jalan raya, seperti diantaranya sifat fisik dan mekanis tanah dasar (*subgrade*), timbunan biasa, timbunan pilihan, lapis pondasi bawah, dan lapis pondasi atas (Kementerian PUPR, 2018). Jika sifat mekanis *subgrade* yang terukur dalam nilai CBR (*California Bearing Ratio*) lebih rendah dari 6% maka beberapa kegiatan dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai CBR, yaitu melakukan stabilisasi atau pencampuran material lain sebagai stabilizer dengan material utama (Dewi et al., 2022), (Gaazali & Fathurrahman, 2019), (Hardiani, 2018), (Liliwanti et al., 2015), (Nugroho et al., 2022), (Jalil & Fajrina, 2016), dengan cara *preloading* (Gusnadi et al., 2021), atau menggunakan *geotextile* (Suyuti & Rizal, 2020), karena daya dukung tanah dasar yang tergambar dalam nilai CBR berpengaruh sangat signifikan terhadap mutu perkerasan lentur jalan raya (Wesli et al., 2023)

Penggunaan tanah sebagai material terseleksi pada pekerjaan perkerasan lentur jalan raya terdapat di Kabupaten Manggarai Timur Provinsi Nusa Tenggara Timur sejak Tahun 2007 sampai saat ini namun belum berlandaskan hasil pengujian laboratorium untuk mengetahui sifat fisik dan mekanisnya. Informasi ini diperoleh langsung dari pemilik material gunung di Bondo yang diwawancarai peneliti saat awal kerja sama penelitian ini.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengevaluasi kelayakan material gunung quarry Bondo terhadap sifat fisik dan mekanis sebagai material konstruksi untuk timbunan pilihan, lapis pondasi agregat kelas A, dan lapis pondasi agregat kelas B berdasarkan hasil uji laboratorium dan dibandingkan dengan ketentuan Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Tahun 2018.

## **2. Metode Penelitian**

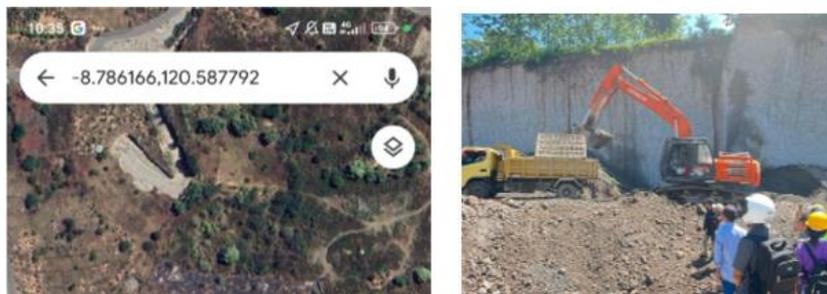
Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan penelitian diantaranya studi literatur, pengambilan contoh material, pengujian laboratorium dan pengolahan data.

### **2.1 Studi Literatur**

Literatur dimaksud dalam hal ini adalah artikel yang relevan dengan penelitian bersumber dari jurnal internasional dan nasional, buku, dan bulletin dan dilakukan studi terhadap literatur tersebut.

### **2.2 Pengambilan contoh material**

Material yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah material gunung dari Bondo Kecamatan Rana Mese Kabupaten Manggarai Timur Provinsi NTT. Lokasi quarry Bondo tertera pada Gambar 1. Contoh material yang diambil sebanyak 800 kg sesuai kebutuhan pengujian laboratorium



Gambar 1 Lokasi quarry Bondo.

### **2.3 Pengujian laboratorium**

Pengujian contoh material dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Indonesia Santu Paulus Ruteng Kabupaten Manggarai Provinsi NTT. Jenis pengujian laboratorium meliputi berat jenis (SNI 1743, 2008) (SNI 1964, 2008), kadar air asli (SNI 1965, 2012), batas cair (SNI 1967:2008), batas plastis (SNI 03-1966-2008), analisa saringan (SNI 3423:2008), keausan (SNI 2417:2008), kepadatan berat (SNI 1743:2008), dan CBR (SNI 1744, 2012). Analisa saringan terhadap contoh material dalam penelitian ini dilaksanakan untuk timbunan pilihan, agregat kelas A, dan agregat kelas B sebagaimana tertera pada tabel dan gambar hasil uji.

Persyaratan material timbunan pilihan perkerasan lentur jalan raya adalah tidak termasuk kelompok A-7-6 berdasarkan sistem klasifikasi tanah AASHTO, tidak termasuk tanah CH berdasarkan metode USCS, nilai CBR rendaman minimal 10%, nilai aktif (A) lebih kecil dari 1,25. Agar dapat dimanfaatkan sebagai agregat kelas A dan B, material yang sama juga harus memenuhi syarat spesifikasi, yaitu abrasi 0 – 40% untuk agregat A dan B; CBR rendaman minimum 90% untuk agregat A dan minimum 60% untuk agregat B (Kementerian PUPR, 2018)

## 2.4 Pengolahan data

Data hasil uji laboratorium diolah sesuai ketentuan SNI tiap jenis pengujian menggunakan MS Excel. Nilai aktif (A) diperoleh melalui perhitungan menggunakan rumus

$$A = \frac{PI}{\% \text{ saringan No. 200}} \quad (1)$$

Keterangan:

A : nilai aktif, dengan ketentuan nilai A: Jika  $A < 0,75$  dikategorikan sebagai tanah tidak aktif; jika  $0,75 < A < 1,25$  dikategorikan tanah normal; dan jika  $A > 1,25$  tanah aktif (Holtz & Kovacs, 1981).

Demikian juga nilai CBR untuk 10, 25, dan 56 tumbukan dihitung menggunakan rumus:

$$CBR_{0,10 \text{ inch}} = \frac{\text{beban uji (Lbs)}}{3000 \text{ Lbs}} \times 100\% \quad (2)$$

$$CBR_{0,20 \text{ inch}} = \frac{\text{beban uji (Lbs)}}{4500 \text{ Lbs}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

3000 Lbs : beban standar CBR 0,10 inchi

4500 Lbs : beban standar CBR 0,20 inchi.

Data hasil uji laboratorium yang telah diolah kemudian dibandingkan dengan ketentuan Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2018 masing-masing untuk timbunan pilihan, agregat kelas A, dan agregat Kelas B, kemudian dievaluasi kelayakannya sebagai material timbunan pilihan, atau agregat Kelas A, atau agregat Kelas B, atau sebaliknya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Uji berat jenis, Gs

Nilai berat jenis, Gs rata-rata dari 3 benda uji sebesar 2,61. Proses uji Gs laboratorium terbaca pada Gambar 2.



Gambar 2 Uji berat jenis tanah di laboratorium

### 3.2 Uji kadar air asli

Uji kadar air asli dilakukan terhadap 3 benda uji dan hasil uji Kadar air asli rata-rata dari 3 benda uji tersebut sebesar 12,64%.

### 3.3 Uji batas cair dan batas plastis

Uji batas cair dan batas plastis dilakukan untuk memenuhi kebutuhan evaluasi kelayakan materianya, baik timbunan pilihan maupun agregat kelas A dan B karena tidak terdapat proses pencampuran material sebagai agregat di quarry. Nilai LL, PL, dan PI hasil uji terbaca pada Tabel 1. Hasil uji LL contoh Nomor 1 terbaca pada Gambar 3.

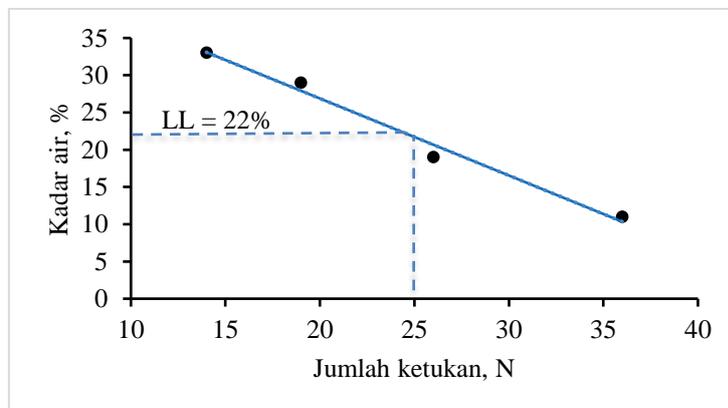
Tabel 1. Hasil uji batas-batas Atterberg

No. Contoh	LL, %	PL, %	PI, %
1	22	18	4
2	24	19	5
3	27	22	5

Nilai LL rata-rata sebesar 24% dan PI rata-rata sebesar 5%. Hal ini menunjukkan bahwa material gunung quarry Bondo termasuk material berplastisitas rendah karena LL kurang dari 50%.

### 3.4 Uji analisa saringan timbunan pilihan

Hasil analisa saringan timbunan pilihan untuk contoh Nomor 1 dengan berat 500 gram terbaca pada Tabel 2.

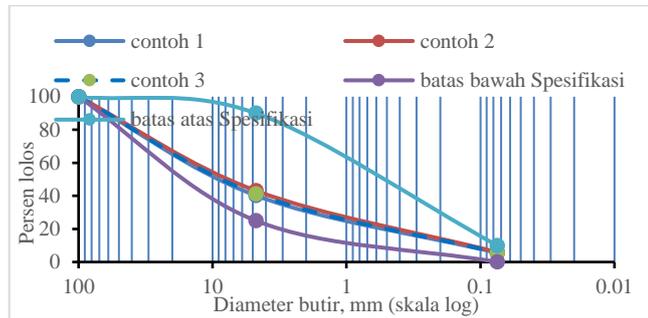


Gambar 3. Batas cair contoh nomor 1.

Tabel 2. Analisa saringan timbunan pilihan contoh No. 1

Saringan	Berat Tanah (mm)	Berat Tanah %			% Tanah Lolos Saringan	Spesifikasi	
		Tertahan, (gram)	% Berat Tertahan	% Kumulatif Tertahan		Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
4"	100	0,00	0,00	0,00	100	100	100
No.4	4,75	298,77	59,75	59,75	40,25	25	90
No. 200	0,075	173,51	34,70	94,46	5,54	0	10
Pan		27,72	5,54				

Analisa saringan timbunan pilihan contoh Nomor 1 dengan berat 500 gram, Nomor 2 dengan berat 750 gram dan contoh Nomor 3 seberat 1000 gram terbaca pada Gambar 4.

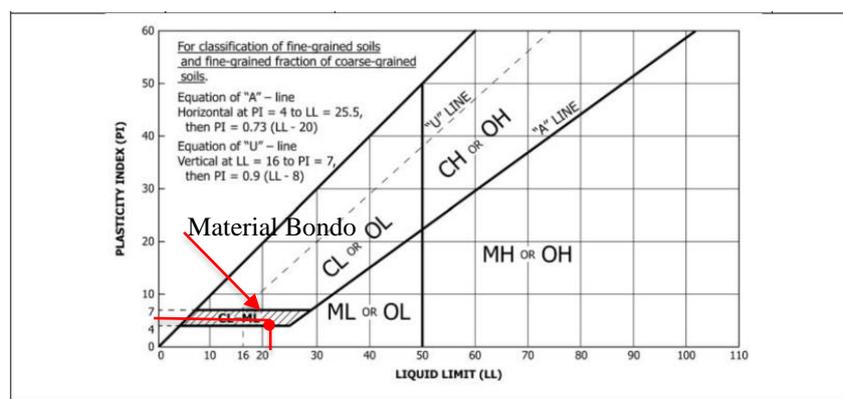


Gambar 4. Distribusi ukuran butir timbunan pilihan

Ukuran efektif material contoh Nomor 1 terdiri dari  $D_{10}$  0,13 mm;  $D_{30}$  1,8 mm; dan  $D_{60}$  17 mm, diperoleh koefisien keseragaman,  $C_u$  sebesar  $130,77 > 4$  dan koefisien gradasi,  $C_c$  1,47, sehingga material gunung quarry Bondo dikategorikan sebagai kerikil gradasi baik dengan lanau (*well-graded gravel with silt*) dengan simbol GW-GM atau ML. Nilai LL dan PI diplotkan pada bagan plastisitas diperoleh hasil seperti terbaca pada Gambar 5 dimana diketahui bahwa material tersebut dikategorikan sebagai CL-ML (*low plasticity-silt-low plasticity clay*) berdasarkan USCS, sedangkan menurut AASHTO termasuk kelompok A-1-a karena lolos saringan Nomor 200 sebesar 5,54% (max 15%) dan PI sebesar 5% (max 6%) dan grup indeksnya nol karena termasuk material berbutir kasar. Dengan demikian maka jenis tanah tersebut diklasifikasikan sebagai CL-ML (USCS) dan menurut AASHTO termasuk A-1-a (0). Nilai aktif (A) material tersebut sebesar 0,90 (tanah normal) dihitung menggunakan Rumus Nomor (1).

### 3.5 Analisa saringan agregat kelas B

Material gunung quarry Bondo diuji juga menggunakan saringan agregat kelas B untuk memastikan bahwa material gunung dimaksud layak dipergunaan sebagai agregat kelas B dari aspek distribusi ukuran butirnya. Hasil uji contoh Nomor 1 dengan berat 2500 gram terbaca pada Tabel 3.



Gambar 5. Bagan plastisitas (Das, 2010)

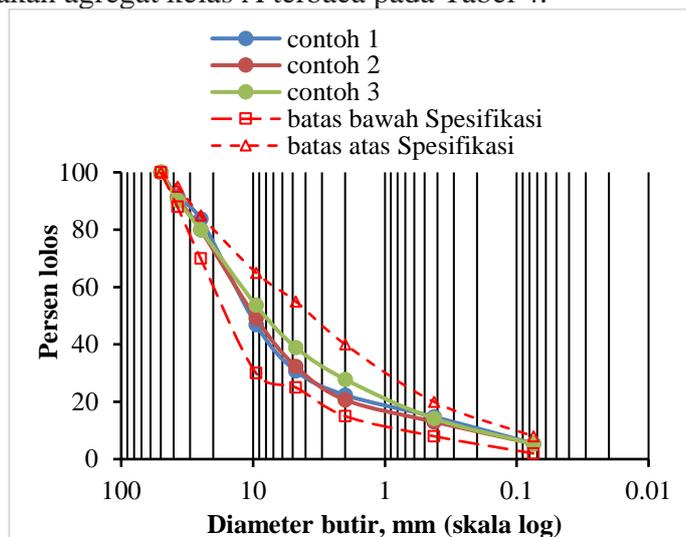
Tabel 3. Analisa saringan agregat kelas B (Kementerian PUPR, 2018)

Saringan	Berat Tanah	% Berat Tertahan	% Kumulatif Tertahan	% Tanah Lolos Saringan	Spesifikasi		
					Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)	
ASTM	(mm)	(gram)	Tanah Tertahan	Tanah Tertahan	Lolos Saringan	Batas Bawah (%)	Batas Atas (%)
2"	50,00	0,00	0,00	0,00	100	100	100
1 ½"	37,50	208,77	8,35	8,35	91,65	88	95
1"	25,00	197,62	7,90	16,26	83,74	70	85
¾"	9,50	919,44	36,78	53,03	46,97	30	65
No. 4	4,75	404,39	16,18	69,21	30,79	25	55
No. 10	2,00	211,44	8,46	77,67	22,33	15	40
No. 40	0,425	188,91	7,56	85,22	14,78	8	20
No. 200	0,075	233,72	9,35	94,57	5,43	2	8
Pan		135,71	5,43	100,00			

Material berbutir kasar yang tersedia merupakan kerikil alam dengan permukaan licin dan cenderung berbentuk bulat. Uji analisa saringan menggunakan saringan agregat kelas B untuk mengevaluasi kelayakan material quarry Bondo yang sampai saat ini terus diperlakukan sebagai material agregat kelas B pada pekerjaan konstruksi milik pemerintah daerah setempat. Hasil analisa saringan menggunakan saringan agregat kelas B terbaca pada Gambar 6, dimana diketahui bahwa material gunung quarry Bondo berada dalam rentang batas bawah dan atas Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Tahun 2018. Ukuran efektif contoh uji Nomor 1 menggunakan saringan agregat kelas B diperoleh  $C_u$  sebesar  $80 > 4$  dan  $C_c$   $7,81 > 3$ , dan lolos saringan Nomor 200 sebesar 5,54% (antara 5% sampai 12%), maka material tersebut termasuk jenis pasir gradasi buruk dengan lempung (*poorly-graded sand with clay*) dengan simbol SP-SC.

### 3.6 Analisa saringan agregat kelas A

Analisa saringan contoh Nomor 1 material gunung quarry Bondo menggunakan agregat kelas A terbaca pada Tabel 4.



Gambar 6. Distribusi butiran menggunakan saringan agregat B

Tabel 4. Analisa saringan agregat kelas A (Kementerian PUPR, 2018)

Saringan	ASTM (mm)	Persen Lolos			Syarat Spesifikasi	
		No. 1	No. 2	No. 3	Batas bawah	Batas atas
1 1/2"	37,5	91,65	91,00	90,27	100	100
1"	25	83,74	80,00	80,01	78	85
3/8"	9,5	46,97	49,15	53,68	44	58
No. 4	4,75	30,79	32,33	38,98	29	44
No. 10	2	22,33	20,68	27,81	17	30
No. 40	0,425	14,78	13,04	14,16	7	17
No. 200	0,075	5,43	5,39	5,32	2	8

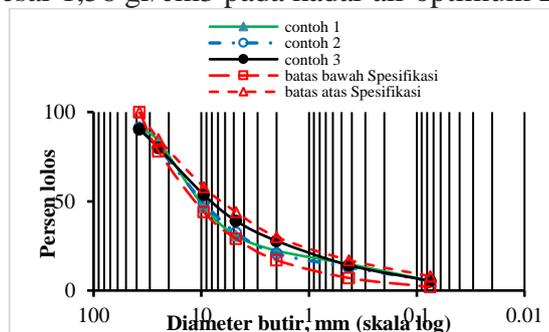
Tabel 4 terbaca bahwa material quarry Bondo tidak memenuhi syarat sebagai agregat kelas A karena persen lolos saringan 1½ inchi hanya berkisar antara 90,27% sampai 91,65%, sedangkan menurut ketentuan spesifikasi teknisnya 100% lolos. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 7 dimana terbaca bahwa material tersebut kekurangan butiran berukuran lebih kecil dari 37,5 mm sebanyak 8,35% sampai 9,73% untuk memenuhi spesifikasi teknis agregat kelas A, sehingga ditinjau dari aspek distribusi ukuran butirnya, material gunung quarry Bondo tidak memenuhi syarat sebagai agregat kelas A.

### 3.7 Keausan

Abrasi material quarry Bondo yang diuji dengan kecepatan 30 rpm pada putaran 500 rpm diperoleh keausan atau abrasi masing-masing untuk contoh 1 sebesar 22,50%, contoh 2 sebesar 22,81%, dan contoh 3 sebesar 22,16%. Rata-rata keausan 22,49%. Dari aspek keausan atau abrasi, material quarry Bondo memenuhi syarat sebagai agregat kelas A dan B karena nilai abrasinya berada dalam rentang yang disyaratkan yaitu 0-40%.

### 3.8 Kepadatan berat (modified)

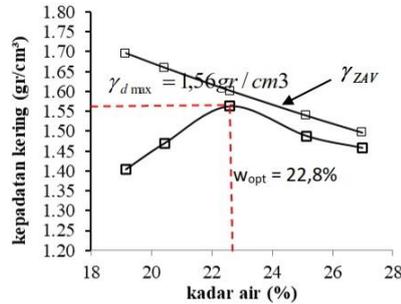
Uji pemadatan laboratorium yang dilaksanakan menggunakan pemadatan berat Cara D, dimana volume mold 2124 cm<sup>3</sup>, massa hammar 4,54 kg dengan tinggi jatuh 457 mm. Material yang digunakan lolos saringan Nomor 4 dengan kondisi awal SSD (*surface saturated dry*) atau MDD (*moisture dry density*). Kurva hubungan antara kadar air dengan berat isi kering terbaca pada Gambar 8, dimana berat isi kering sebesar 1,56 gr/cm<sup>3</sup> pada kadar air optimum 22,8%.



Gambar 7. Distribusi butiran menggunakan saringan agregat A

Penggunaan metode pemadatan berat ini berkaitan erat dengan uji CBR laboratorium baik CBR kering maupun CBR rendaman selama 4 hari atau 96 jam,

sehingga kadar air optimum uji pemadatan dijadikan kondisi awal pembuatan benda uji CBR dan nilai berat isi kering yang diperoleh dari uji pemadatan dapat dibandingkan dengan nilai berat isi kering uji CBR setiap tumbukan untuk mendapatkan CBR akhir (CBR desain).



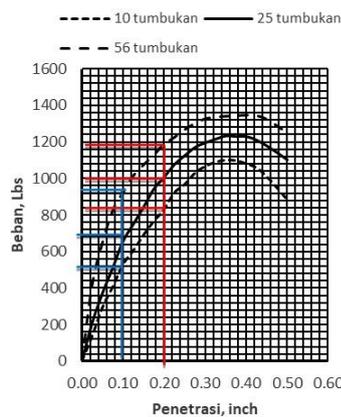
Gambar 8. Kurva pemadatan

### 3.9 CBR laboratorium

Uji CBR dilaksanakan sesuai SNI 1744:2012 menggunakan Cara D mengikuti metode pemadatan berat. Uji CBR yang dilaksanakan meliputi CBR kering dan CBR rendaman selama 96 jam masing-masing dengan jumlah tumbukan 10, 25, dan 56. Perhitungan beban penetrase menggunakan faktor kalibrasi *proving ring* sebesar 28,3389. Proses uji CBR laboratorium terbaca pada Gambar 9.



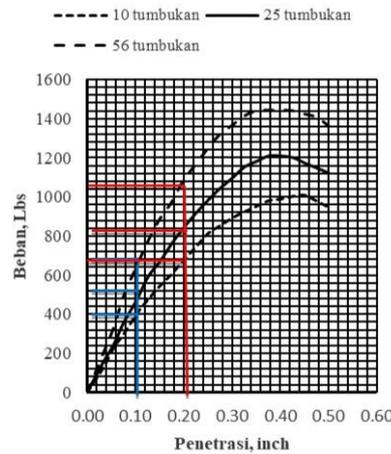
Gambar 9 Pengujian CBR laboratorium



Gambar 10. Kurva hasil uji CBR kering

Gambar 10 kurva hubungan antara penetrasi (inch) terhadap beban (Lbs) untuk 10, 25, dan 56 tumbukan untuk CBR kering terbaca pada Gambar 10. Nilai

CBR yang diperoleh, yaitu 10 tumbukan: CBR pada penetrasi 0,10 inch =  $(540 \text{ Lbs}/3000 \text{ Lbs}) \times 100\% = 18,00\%$ . CBR pada penetrasi 0,20 inch =  $(840 \text{ Lbs}/4500 \text{ Lbs}) \times 100\% = 18,67\%$ . Menggunakan cara yang sama diperoleh: 25 tumbukan: CBR pada penetrasi 0,10 inch = 26 %. CBR pada penetrasi 0,20 inch = 22 %. 56 tumbukan: CBR pada penetrasi 0,10 inch = 32,67%. CBR pada penetrasi 0,20 inch = 26,67 %. Setelah benda uji dicetak seperti pada uji CBR kering dengan jumlah tumbukan masing-masing 10, 25, dan 56, selanjutnya direndam selama 4 hari atau 96 jam untuk mendapatkan pengembangan (*swelling*). Pengembangan rata-rata untuk ketiga benda uji 6,82%. Hubungan antara beban penetrasi (Lbs) terhadap penetrasi (inch) untuk CBR rendaman terbaca pada Gambar 11.



Gambar 11. Kurva CBR rendaman

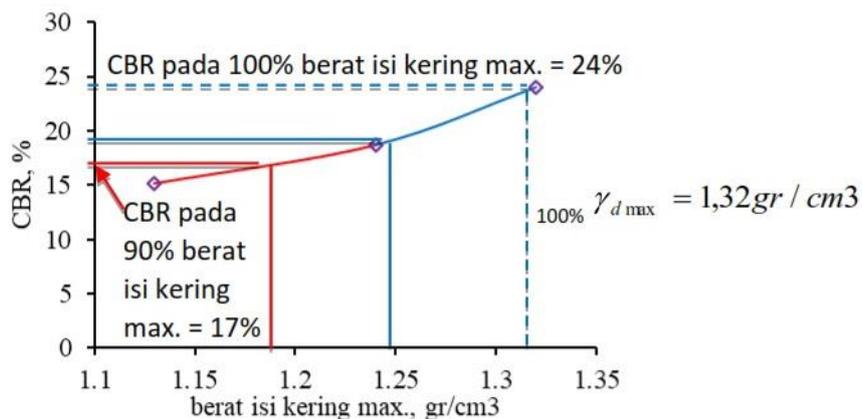
Gambar 11 menunjukkan nilai CBR rendaman 10 tumbukan: pada penetrasi 0,10 inch = 8,67%. CBR pada penetrasi 0,20 inch = 14,89%. 25 tumbukan: CBR pada penetrasi 0,10 inch = 15 %. CBR pada penetrasi 0,20 inch = 17,78 %. 56 tumbukan: CBR pada penetrasi 0,10 inch = 24 %. CBR pada penetrasi 0,20 inch = 23,11 %. Nilai CBR kering 10 tumbukan pada penetrasi 0,20 inch (5,08 mm) sebesar 18,67% lebih besar dari nilai CBR pada penetrasi 0,10 inch (25,4 mm) yaitu 18%. Berdasarkan ketentuan SNI 1744:2012, CBR kering 10 tumbukan, CBR rendaman 10 dan 25 tumbukan harus dilakukan uji ulang. Jika dari hasil uji ulang tetap menunjukkan penetrasi 0,20 inch lebih besar dari 0,10 inch maka nilai CBR pada penetrasi 0,20 inch yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan selanjutnya. Nilai CBR hasil uji ulang dan berat isinya terbaca pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai akhir CBR

Jumlah tumbukan	Nilai CBR (%)		Berat Isi Kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) untuk CBR Akhir	Nilai Akhir CBR (%)
	Penetrasi 0,10 inch	Penetrasi 0,20 inch		
CBR kering				
10	18,33	18,33	1,28	18,33
25	26	22	1,39	26
56	32,67	22,67	1,50	32,67
CBR rendaman				
10	13,33	15,11	1,13	15,11
25	15	18,67	1,24	18,67
56	24	23,11	1,32	24

Nilai CBR yang berasal dari 10, 25, dan 56 tumbukan baik CBR kering maupun rendaman bervariasi, maka dari nilai CBR yang ada dibutuhkan satu nilai CBR yang mewakili dan disebut sebagai CBR desain, seperti terbaca pada Gambar 12. Dari Tabel 5 diketahui bahwa untuk CBR rendaman nilai berat isi kering maksimumnya sebesar  $1,32 \text{ gr/cm}^3$ , sehingga 90% berat isi kering maksimum diperoleh  $1,19 \text{ gr/cm}^3$ ; 95% berat isi kering maksimum sebesar  $1,25 \text{ gr/cm}^3$ ; dan 100% berat isi kering maksimum sebesar  $1,32 \text{ gr/cm}^3$ . Material gunung quarry Bondo hanya memenuhi syarat sebagai material timbunan jalan raya karena nilai CBR rendaman pada kepadatan maksimum melebihi syarat 10%, sebaliknya tidak memenuhi syarat sebagai agregat A dan B karena CBR rendaman selama 96 jam sebesar 24% lebih kecil dari yang disyaratkan yaitu minimum 90% untuk agregat kelas A dan minimum 60% agregat kelas B.

Rendahnya nilai CBR baik kering maupun rendaman disebabkan oleh rendahnya daya ikat (*interlocking*) antarbutir karena permukaannya licin, relatif berbentuk bundar, yang seharusnya kubikal (Akbar et al., 2015) dan Thamrin & Madya, (2018) sehingga melemahkan daya dukungnya (Amalia et al., 2024). Jika material gunung quarry Bondo dipergunakan sebagai material timbunan pilihan dengan nilai CBR rendaman 24% akan mempengaruhi tebal lapis perkerasan di atasnya (Surandono & Suci, 2016) dan jika dipaksakan untuk dipergunakan sebagai material agregat kelas B atau A akan mengakibatkan rendahnya kinerja mutu pekerjaan jalan terbangun (Rauzana et al., 2020).



Gambar 12. Penentuan CBR rencana

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Hasil uji laboratorium material gunung quarry Bondo terhadap sifat fisiknya menunjukkan bahwa batas cair 22%, indeks plastisitas 5%, lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm) 5,32% sampai 5,54% (berbutir kasar) karena kurang dari 50% berat total contoh tanahnya lolos saringan Nomor 200 berdasarkan USCS dan kurang dari 35% lolos saringan Nomor 200 (AASHTO). Koefisien keseragaman (Cu) rata-rata  $92,68 > 4$ , koefisien gradasi (Cc) rata-rata  $5,17 > 3$ ; Berdasarkan USCS dikategorikan sebagai GP-GM (kerikil gradasi buruk dengan lanau) atau *poorly-graded gravel with silt* atau tanah ML (*low plasticity silt*), sehingga termasuk jenis tanah dan dalam kelompok A-1-a (0) menurut AASHTO. Nilai aktif sebesar  $0,90 < 1,25$  dikategorikan sebagai tanah normal. Sifat mekanisnya meliputi berat isi kering maksimum sebesar  $1,56 \text{ gr/cm}^3$  pada kadar air optimum 22,9% hasil uji pemadatan,

nilai CBR rendaman 96 jam 24% dan abrasi rata-rata 22,49%. Data hasil uji laboratorium dimaksud menunjukkan bahwa sifat fisik material gunung dari quarry Bondo layak dipergunakan sebagai material timbunan pilihan perkerasan lentur jalan raya, karena jenis tanahnya tidak termasuk kelompok A-7-6 menurut AASHTO dan tidak termasuk jenis tanah CH (*high plasticity clay*) menurut USCS, nilai aktif kurang dari 1,25 dan terhadap sifat mekanisnya, yaitu nilai CBR rendaman > 10%, tetapi tidak layak dipergunakan sebagai material agregat kelas B karena nilai CBR rendaman < 60% dan juga tidak layak dipergunakan sebagai agregat kelas A karena sifat fisiknya, dalam hal ini persen lolos saringan 1 ½ “kurang dari 100% dan sifat mekanisnya, yaitu nilai CBR rendamannya < 90% (tidak sesuai Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan 2018).

#### **4.2 Saran**

Kepada peneliti lain yang berminat, kiranya berkenan melakukan penelitian lanjutan tentang cara yang dapat dilakukan agar distribusi ukuran material berada dalam rentang batas bawah dan batas atas agregat kelas B dan nilai CBR rendamannya meningkat sehingga layak dipergunakan sebagai material agregat kelas A dan B sesuai ketentuan Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Tahun 2018.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Ketua Yayasan Santu Paulus Ruteng atas bantuan seluruh biaya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga diucapkan kepada Ketua LPPM Universitas Katolik Indonesia Santu Paulus Ruteng atas segala bentuk dukungan kepada peneliti sehingga penelitian ini berjalan lancar.

#### **Daftar Kepustakaan**

- Achilov, S.S. 2021. Expert Method of Quality Management of Road Construction Project. *Middle European Scientific Bulletin*, 15: 40–47.
- Akbar, S.J., Mukhlis, Burhanuddin, Muhibbuddin. 2015. Tinjauan Mutu Agregat Lapisan Pondasi Bawah Pada Perkerasan Jalan Batas Kota Lhokseumawe - Pantan Labu. *Teras Jurnal*, 5(2): 153–164.
- Amalia, D., Gratiawan, E., Gulo, W.D., Yulianto, F.E., Juarti, E.R., Pudir, A. 2024. Analisis Karakteristik Tanah Gambut Berserat Dan Dampaknya Terhadap Infrastruktur. *Teras Jurnal*, 14(01): 68–82.
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering 7<sup>th</sup> ed.* Cengage Learning 200 First Stamford Place, Suite 400 Stamford, CT 06902 USA. <https://dl.icdst.org/pdfs/files/f26ec24b602af7971800c8c327a3b3bd.pdf>
- Dewi, O.Y., Hendri, O., Sarie, F. 2022. Hubungan Batas Cair Dan Indeks Plastisitas Tanah Lempung Disubstitusi Pasir Terhadap Nilai Kohesi Tanah Pada Uji Geser Langsung. *Jurnal Deformasi*, 7(2): 183–192.
- Faizar, I., Sumarman. 2016. Analisis Manajemen Konstruksi Proyek Rumah Sakit Arjawinangun Kabupaten Cirebon. *JurnalKonstruksi Unswagati Cirebon*, V(2): 277–290.

- Gaazali, A., Fathurrahman. 2019. Analisis Stabilitas Tanah Timbunan Dengan Perkuatan Turap Kayu Galam Di Daerah Rawa Kalimantan Selatan. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 7(1): 79–86.
- Gusnadi, Z., Rahardjo, P.P., Lim, A. 2021. Perbandingan Perilaku Perbaikan Tanah Metode Preloading Vakum Dan Preloading Timbunan Dengan Elemen Hingga 2D. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 11(2): 363.
- Hardiani, D.P. 2018. Analisis Perkuatan Tanah Timbunan Pada Pelebaran Jalan Di Ruas Jalan Veteran (Simpang Empat Gatot Subroto – Simpang Tiga Kuripan). *DENSITY (Development Engineering of University) Journal*, 1(1): 1–6.
- Holtz, R.D. & Kovacs, W. D. (1981). *An Introduction To Geotechnical Engineering*. New Jersey. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs
- Jalil, A., Fajrina, H. 2016. *Terhadap Permeabilitas Dan Kecepatan Konsolidasi ( Studi Kasus Tanah Desa Cot Girek Kandang Kecamatan Muara Dua Kabupaten Aceh Utara )*. 6(1): 19–28.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/425/spesifikasi-umum-2018.pdf>.
- Liliwati, Silvianengsih, Satwarnirat. 2015. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah Lempung Terhadap Kadar Air (Kampus Unand Limau Manis Padang). *Rekayasa Sipil*, 4(1): 21–26.
- Lyanawati, Y.M., Mulyadi, L., Wulandari, L.K., ... 2022. Analysis to Factors Affecting Contractor Work Performance to Quality of Road Improvement Projects in Probolinggo Regency. ... *of Architecture and ...*, 7(6): 31–41.
- Nugroho, S.A., Faisal, M., Ridho, A., Fatnanta, F. 2022. *Pengaruh Abu Sekam Kayu Pada Nilai Unconfined Compression Strength Lempung Plastisitas Tinggi Terstabilisasi Semen Kapur*. 12(1): 141–152.
- Pokharel, A., Sharma, I., Lamichhane, B. 2023. *Quality Management Practices In Gondrang-Pulchowk Six-Lane Road Upgrading Project At Chitwan District , Nepal*. 11: 76–96.
- Rahmat; Mulyono, A.T. 2014. Penilaian Kinerja Jasa Konsultansi Core Team Jalan Nasional Pada Snvt-P2Jn. *Jurnal Transportasi*, 14(2): 137–146.
- Rauzana, A., Usni, D.A., Sipil, F.T., Kuala, U.S., Aceh, B. 2020. *Kajian Faktor-Faktor Penyebab Rendahnya Kinerja Mutu pada Proyek Konstruksi di Provinsi Aceh*. 26(2): 267–274.
- SNI, 1743. 2008. Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah. *Badan Standar Nasional*, 1743.
- SNI, 1744. 2012. Metode Uji CBR Laboratorium. *Badan Standar Nasional*, .
- SNI, 1964. 2008. Cara Uji Berat Jenis Tanah. *Badan Standar Nasional*, 1964.
- Sohu, S., Ullah, K., Jhatial, A.A., Jaffar, M., Lakhiar, M.T. 2018. Factors Adversely Affecting Quality in Highway Projects of Pakistan International Journal of Advanced and Applied Sciences Factors Adversely Affecting Quality in Highway Projects of Pakistan. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 10(August): 62–66.
- Sugiyartanto. 2021a. Tinjauan Terhadap Penurunan Kualitas Pelayanan Jalan Nasional Di Indonesia. *Sigap Membangun Negeri*, 1–11.
- Sugiyartanto. 2021b. Tinjauan Terhadap Penurunan Kualitas Pelayanan Jalan Nasional Di Indonesia. *Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan*

*Rakyat*, .

- Surandono, A., Suci, P.M. 2016. *Dengan Metode Aashto ( Studi Kasus : Pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara Kecamatan Batanghari Kabupaten Lampung Timur )*. 6(1).
- Suyuti, Rizal, M. 2020. Evaluasi Tinggi Embankment Jalan Pada Tanah Lunak Diperkuat Geotextile Dan Fondasi Cerucuk. *Teras Jurnal*, 10(2): 224–234.
- Thamrin, A.H., Madya, W.A. 2018. *Langkah Mengatasi Konstruksi Perkerasan Jalan Yang Kuat*. 4(01): 61–72.
- Wesli, W., Akbar, S.J., Irwana, I. 2023. Studi Komparasi Metode American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 1993 Dan Metode Bina Marga 2017 Pada Perencanaan Tebal Lapis Perkerasan. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 13(1): 253.
- Willar, D. 2022. *Evaluating quality management of road construction projects : a Delphi study*. *The TQM Journal*, 35(7), 2003-2027. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/TQM-04-2022-132/>