

Kajian Kelayakan Material Gunung sebagai Agregat Kelas S pada Pekerjaan Lentur Jalan Raya

Kasmir Gon¹⁾, Remigildus Cornelis²⁾, Erdianto Rusdi³⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Santu Paulus Ruteng, Jl. Jend. Ahmad Yani No. 10 Ruteng, Manggarai, NTT-Indonesia 86518
Email: kasmirgon22@gmail.com

²⁾ Program Studi Teknik Sipil Universitas Nusa Cendana Jl. Adisucipto Penfui, Kupang-NTT, Indonesia 85228, 85148
Email: remi@staf.undana.ac.id

³⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Santu Paulus Ruteng, Jl. Jend. Ahmad Yani No. 10 Ruteng, Manggarai, NTT-Indonesia 86518
Email: erdirusdi27@gmail.com

Received: 2025-08-28; Accepted: 2026-03-28; Published: 2026-03-31

Abstract

This study aims to determine the physical properties of the Wae Lengkas Quarry mountain material based on laboratory tests compared to the provisions of the 2018 General Specifications for Roads and Bridges as Class S Aggregate or road shoulders. Road shoulder preservation or maintenance work is one of the priorities for highway management to maintain or improve the performance of road sections in order to maintain the stability of economic growth in the local community. The use of local materials as Class S Aggregate must meet quality requirements based on laboratory tests. Other aspects that need to be considered are the amount of availability, exploitation methods that prioritize environmental balance, and affordable costs. Laboratory tests of the Quarry Wae Lengkas mountain material produced physical properties, namely specific gravity, G_s of 2.63, original water content of 13.20%, liquid limit (LL) average of 32% <35% required, plasticity index (PI) of 7.036% <15% of the 2018 Road and Bridge Specifications requirements. From the plasticity chart, it is known that the local material in question is of the ML type (low plasticity silt). The sieve analysis test shows that the average passing percentage for each sieve is within the upper and lower limits of the 2018 General Specifications for Roads and Bridges. The uniformity coefficient, C_u and gradation coefficient C_c place this material as well graded sand (SW). The sieve analysis test and its plasticity properties produced a well-graded sand with silt (SW-SM) type material. Thus, based on its physical properties, the Wae Lengkas Quarry material in Langke Rembong District, Manggarai Regency, East Nusa Tenggara Province meets the requirements as Class S Aggregate (road shoulder) for flexible road pavement.

Keywords: Aggregate S; physical properties; feasibility; laboratory tests.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui sifat fisik material gunung Quarry Wae Lengkas berdasarkan uji laboratorium dibandingkan dengan ketentuan Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Tahun 2018 sebagai Agregat Kelas S atau bahu jalan. Pekerjaan preservasi atau pemeliharaan bahu jalan merupakan salah satu prioritas penanganan jalan raya untuk mempertahankan atau meningkatkan kinerja ruas jalan demi tetap terjaganya stabilitas pertumbuhan ekonomi masyarakat setempat. Pemanfaatan material lokal sebagai Agregat Kelas S harus memenuhi syarat mutu berdasarkan uji laboratorium. Aspek lain yang perlu diperhatikan adalah jumlah ketersediaan, cara eksploitasi yang mengutamakan keseimbangan lingkungan hidup, dan biaya terjangkau. Uji laboratorium material gunung Quarry Wae Lengkas menghasilkan sifat fisik, yaitu berat spesifik, G_s sebesar 2.63, kadar air asli 13.20%, batas cair (*liquid limit*, LL rata-rata 32% < 35% yang disyaratkan, indeks plastisitas (*plasticity index*, PI) sebesar 7.036% < 15% syarat Spesifikasi Jalan dan Jembatan 2018. Dari bagan plastisitas diketahui bahwa material lokal dimaksud termasuk jenis ML (lanau berplastisitas rendah/*low plasticity silt*). Uji analisa saringan menunjukkan bahwa persen lolos rata-rata tiap saringan berada dalam rentang batas atas dan bawah Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Tahun 2018. Koefisien keseragaman, C_u dan koefisien gradasi C_c menempatkan material ini sebagai pasir bergradasi baik (*well graded sand*, SW). Uji analisa ayakan dan sifat plastisitasnya menghasilkan material jenis pasir bergradasi baik bercampur lanau (SW-SM/*well graded sand with silt*). Dengan demikian maka berdasarkan sifat fisiknya material Quarry Wae Lengkas di Kecamatan Langke Rembong Kabupaten Manggarai Provinsi Nusa Tenggara Timur memenuhi syarat sebagai Agregat Kelas S (bahu jalan) perkerasan lentur jalan raya.

Kata Kunci: Agregat S; sifat fisik; kelayakan; uji laboratorium.

PENDAHULUAN

Badan jalan merupakan bagian dari ruang manfaat jalan (rumaja), termasuk di dalamnya jalur lalu lintas dan bahu jalan. Pemanfaatan bagian jalan oleh pengguna harus sesuai ketentuan peraturan yang berlaku

untuk mempertahankan atau bahkan meningkatkan kapasitas jalan yang sangat berpengaruh terhadap kinerjanya (Kementerian PUPR, 2023) dan Amahoru et al (2023). Struktur perkerasan jalan merupakan satu kesatuan yang saling mendukung tercapainya keandalan konstruksi

perkerasan dalam menjalankan fungsinya. Kesatuan struktural dimaksud terwujud dalam mutu material konstruksi (Kementerian PUPR, 2024) dan Kementerian PUPR (2018).

Kualitas bahan perkerasan konstruksi yang bersumber dari daerah setempat (lokal), seperti pasir, batu atau campurannya berpengaruh langsung terhadap ketahanan infrastruktur jalan terbangun selama masa layan (Gon et al., 2024), selain mutu pelaksanaan, peralatan, kondisi cuaca, dan medan.

Kelayakan material gunung harus memenuhi syarat sebagaimana ditentukan dalam penyelenggaraan pekerjaan konstruksi, baik sebagai agregat lapis pondasi bawah Kelas B (Abdi et al., 2019) maupun lapis permukaan seperti AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) seperti telah diteliti oleh Lisa et al (2023) dan Suaryana & Fransisko (2019). Kapasitas dukung struktur perkerasan lentur dan kaku jalan raya ditentukan oleh besarnya nilai California Bearing Ratio (CBR) tanah dasar asli (subgrade), bahan timbunan, material lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis permukaan. Nilai CBR bahan konstruksi dimaksud dikategorikan bergradasi baik atau buruk (well/poorly graded) merupakan kontribusi dari sifat fisik, seperti distribusi ukuran butir, berat spesifik, kadar air, batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitasnya (Dzinnur & Apriyadi, 2018). Penyebaran ukuran butir yang baik terbaca dari nilai C_u (coefficient of uniformity) dan C_c (coefficient of gradation) yang diperoleh dari uji analisa ayakan laboratorium (Hakzah et al, 2021). Syarat fisik dan mekanis material perkerasan lentur jalan raya disesuaikan dengan fungsi tiap lapisan (Kementerian PUPR, 2024), Arthono & Permana (2022), Gon et al (2024), Hakzah et al (2021), Irwanto et al (2023). Bahu jalan yang diperkeras dan memiliki lebar yang memadai semakin menjamin terciptanya kebebasan samping dan meningkatkan keselamatan pengguna (Curren, 1995) dan Gaur & Sachdeva (2020), sebaliknya perancangan teknis material bahu jalan yang tidak memperhitungkan mutu bahannya akan mempercepat terjadinya kerusakan pada lapis pondasi bawah, atas, dan permukaan, yang diawali dengan kerusakan tepi dan semakin lama merambat ke lapisan yang bersifat struktural (Chasanah, 2015), Shaik et al (2025), An-nisa & Utami (2022), Wibisono & Muti (2022). Kondisi seperti dimaksud seharusnya telah diperhitungkan pada saat perancangan tebal perkerasan karena semua lapis perkerasan termasuk bahu jalan diletakkan pada tanah dasar (subgrade) yang sama (Wibisono et al., 2021) dan Arifin et al (2019).

Sifat fisik material konstruksi perkerasan bahu jalan lebih longgar dibandingkan dengan lapis pondasi agregat Kelas A dan B. Material berukuran lebih kecil dari 0.075 mm untuk Lapis Pondasi Agregat Kelas S (bahu jalan) maksimum 16% dan 8% untuk Agregat Kelas A dan B. Demikian juga sifat plastisitas materialnya maksimum 15% lebih tinggi dibandingkan dengan persyaratan yang sama untuk agregat lainnya (Kementerian PUPR, 2018). Sekalipun demikian, kelalaian terhadap kontrol mutu material Agregat Kelas S untuk bahu jalan merupakan isyarat dini terjadinya kegagalan struktur perkerasan secara keseluruhannya, mengingat fungsi setiap bagian

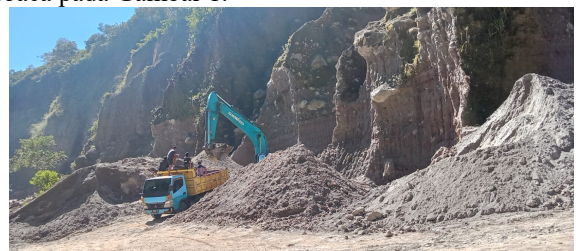
perkerasan saling mendukung tercapainya stabilitas perkerasan (Curren, 1995).

Terbatasnya alokasi anggaran pemerintah pusat kepada pemerintah daerah untuk pembangunan infrastruktur jalan daerah menyebabkan terjadinya pergeseran paradigma penyelenggaraan pekerjaan fisik jalan di daerah demi tetap terjaminnya pertumbuhan ekonomi berkelanjutan bagi masyarakat setempat. Pembangunan jalan baru dibatasi dan pemeliharaan jalan terbangun diutamakan untuk mempertahankan kondisi fisiknya dengan memanfaatkan sumber-sumber dana secara bertanggung jawab (Walizi, 2025). Kebijakan pemerintah pusat tersebut ditindaklanjuti oleh Pemerintah Kabupaten Manggarai, Manggarai Barat, dan Manggarai Timur di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Salah satu bagian jalan yang dipelihara adalah bahu jalan yang tidak cukup mendapat perhatian saat pembangunan berlangsung dan berakibat terjadinya kerusakan tepi lapisan pondasi bawah dan atas.

Meningkatnya kebutuhan material lokal untuk pemeliharaan bahu jalan selalu tidak seimbang dengan ketersediaannya. Kondisi demikian diatasi dengan memanfaatkan potensi sumber material lokal dengan tetap mempertimbangkan keseimbangan ekosistem demi kesejahteraan bersama. Salah satu sumber material di Wilayah Kabupaten Manggarai yang perlu dikaji kelayakan materialnya sebagai bahan perkerasan bahu jalan adalah Quarry Wae Lengkas. Pelaksanaan penelitian ini bertujuan mengevaluasi sifat fisik material gunung dari Quarry Wae Lengkas pada pekerjaan pemeliharaan bahu jalan (Agregat S).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini meliputi persiapan berupa pengamatan secara visual lokasi quarry material gunung di Wae Lengkas untuk mengetahui jenis material, perkiraan jumlah ketersediaan, status kepemilikan lahan, kondisi jalan masuk lokasi quarry, dan pemakaiannya oleh masyarakat setempat. Aktivitas lain pada tahap ini adalah kajian literatur yang relevan dengan tujuan penelitian, seperti artikel hasil penelitian terdahulu tentang sifat material konstruksi perkerasan lentur jalan raya khususnya bahu jalan, Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang pengujian contoh material di laboratorium serta cara pengolahan data hasil uji, Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Tahun 2018, Persyaratan Teknis Jalan, Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023. Koordinasi penggunaan laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Indonesia Santu Paulus Ruteng juga merupakan bagian persiapan penelitian. Lokasi penelitian terbaca pada Gambar 1.



Gambar 1. Quarry Wae Lengkas (S: 8°37'9.61", E: 120°25'52.44")

Tahap selanjutnya adalah pengambilan contoh material di lokasi penelitian sebanyak 280 kilogram sesuai rancangan kebutuhan pengujian. Contoh material dimaksud dikeringkan di laboratorium untuk meratakan kadar airnya. Pengujian sifat fisik yang dilakukan meliputi kadar air, berat spesifik (Gs), analisa saringan, batas cair, dan batas plastis sesuai SNI tiap jenis pengujian. Pengolahan data hasil uji terdiri dari:

Kadar air

Perhitungannya menggunakan formula:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \tag{1}$$

Keterangan:

w : kadar air (%)

W_w : massa air (gr)

W_s : massa tanah kering (gr)

Berat jenis

Rumus yang digunakan:

$$G_s = \frac{W_s}{V_s} \tag{2}$$

Keterangan:

G_s : berat jenis

W_s : massa tanah kering (gr)

V_s : volume tanah ering (m^3)

Analisa ayakan

Hasil uji ditabelkan untuk mempermudah mendapatkan persen lolos tiap saringan, kemudian digambarkan untuk memperoleh ukuran efektif D_{10} , D_{30} , dan D_{60} sehingga nilai koefisien keseragaman (*uniformity coefficient, C_u*) dan koefisien gradasi (*coefficient of gradation, C_c*) dapat diketahui. Nilai C_u dan C_c dihitung menggunakan rumus:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \tag{3}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}} \tag{4}$$

Keterangan:

C_u : koefisien keseragaman

C_c : koefisien gradasi

D_{10} : diameter butir material berkenaan dengan 10% lolos saringan

D_{30} : diameter butir material berkenaan dengan 30% lolos ayakan

D_{60} : diameter butir material berkenaan dengan 60% lolos saringan

Pengujian lain, yaitu batas cair (*liquid limit, LL*) didefinisikan sebagai kadar air pada pukulan ke 25 (Holtz & Kovacs, 1981) dan Das (1995). Kadar air diperoleh dari Formula Nomor (1). Batas plastis bahan yang diuji merupakan kadar air pada kondisi terbentuknya gulungan tanah berdiameter 3 mm tanpa

putus (Das, 1995) dan Hardiyatmo (2022). Nilainya diperoleh dari rumus:

$$PI = LL - PL \tag{5}$$

Keterangan:

PI : *plasticity index* (%)

LL : *liquid limit* (%)

PL : *plastic limit* (%)

Perbandingan Hasil Uji Laboratorium dengan Ketentuan Spesifikasi

Distribusi ukuran butir material konstruksi bahu jalan (Agregat S) menurut Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Tahun 2018 terbaca pada Tabel 1.

Tabel 1. Batas bawah dan atas ketentuan Spesifikasi 2018 untuk Agregat S (Kementerian PUPR, 2018)

Standar	Ukuran saringan mm	% lolos tiap saringan	
		Batas bawah	Batas atas
1 1/2"	37.5	100	100
1"	15	77	89
3/8"	9.5	41	66
No. 4	4.75	26	54
No. 10	2	15	42
No. 40	0.425	7	26
No. 200	0.075	4	16

Sifat fisik lain material Agregat Kelas S (bahu jalan) yang disyaratkan Spesifikasi Umum Jalan dan jembatan 2018, meliputi batas cair 0-35% dan indeks plastisitas 4-15%. Pengolahan data uji dikaji pada bagian Hasil dan Pembahasan yang disimpulkan pada bagian penutup.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air

Hasil uji untuk 3 spesimen diperoleh kadar air asli masing-masing sebesar 11.20%, 14.30%, dan 14.10%, dengan rata-rata 13.20%.

Berat spesifik, G_s

Nilai G_s berkisar antara 2.61 sampai 2.63 untuk 3 benda uji menunjukkan bahwa tanah yang diuji mengandung mineral *kaolinit* dengan rumus kimia $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ memiliki sifat mengembang yang rendah (Das, 1995), termasuk jenis tanah lanau anorganik (*anorganic silt*) (Hardiyatmo, 2002).

Analisa ayakan

Uji laboratorium Sampel 1 (S1) terbaca pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji analisa saringan S1

Ukuran saringan	Massa tanah tertahan (gr)		% kumulatif tertahan	% lolos	Ketentuan Spesifikasi 2018	
	Tiap ayakan	Kumulatif			Bawah	Atas
1 1/2" (37.5 mm)	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1" (25 mm)	143.40	143.40	14.34	85.66	77	89
3/8" (9.5 mm)	223.70	367.10	36.71	63.29	41	66
No.4 (4.75 mm)	158.30	525.40	52.54	47.46	26	54
No. 10 (2 mm)	153.40	678.80	67.88	32.12	15	42

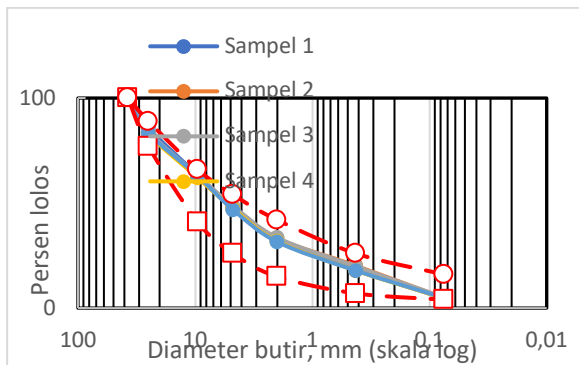
No. 40 (0.425 mm)	139.80	818.60	81.86	18.14	7	26
No. 200 (0.075 mm)	135.40	954.00	95.40	4.60	4	16
Pan	46.00	1,000.00	100.00	0.00		

Distribusi ukuran butir untuk S1, S2, S3, S4, S5 diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi ukuran 5 contoh tanah

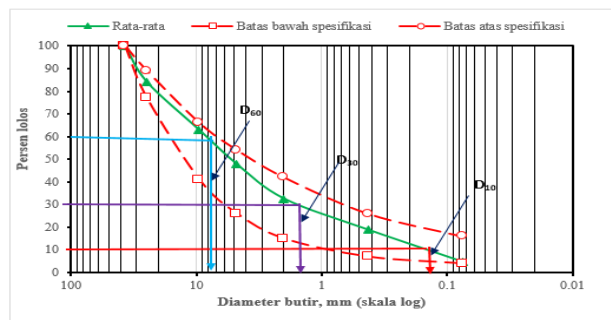
Diameter ayakan (mm)	Persen lolos					rata-rata	Persyaratan Spesifikasi 2018	
	S1	S2	S3	S4	S5		atas bawah	batas atas
37.5	100	100	100	100	100	100	100	100
25	85.6	83.8	84.0	83.0	83.4	84.0	89.0	89.0
9.5	6	2	8	0	3	0	77.00	0
4.75	63.2	62.2	63.1	62.0	62.8	62.7	66.0	66.0
2	9	7	7	8	6	3	41.00	0
0.425	47.4	47.9	48.6	47.3	46.8	47.6	54.0	54.0
0.075	6	1	7	8	6	6	26.00	0
	32.1	33.2	33.5	31.8	31.5	32.4	42.0	42.0
	2	7	8	5	7	8	15.00	0
	18.1	20.1	19.8	17.8	17.8	18.7	26.0	26.0
	4	8	3	5	6	7	7.00	0
	0.425	4.60	4.82	5.08	4.69	4.86	4.00	0
	0.075	4.60	4.82	5.08	4.69	4.86	4.00	0

Grafik hubungan antara diameter butir dengan persen lolos 5 benda uji terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva distribusi ukuran butir 5 sampel uji

Gambar 2 memperlihatkan kurva aktual hasil uji kelima benda uji berada di atas batas bawah dan di bawah batas atas (dalam rentang yang dipersyaratkan), dan hampir berimpit sehingga ukuran efektif D_{10} , D_{30} , dan D_{60} juga hampir sama. Perhitungan koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc) diambil dari kurva distribusi ukuran butir rata-rata dari kelima benda uji sebagaimana terbaca pada Gambar 3.

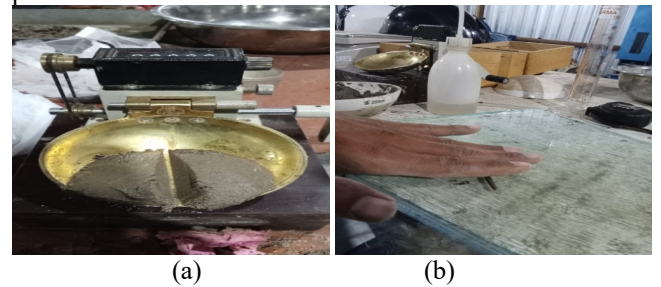


Gambar 3. Diameter butir rata-rata

Gambar 3 menghasilkan $D_{10} = 0.15$ mm, $D_{30} = 1.7$ mm, dan $D_{60} = 8.8$ mm, sehingga berdasarkan Rumus Nomor (3) dan (4) diperoleh $C_u = 58.67$ dan $C_c = 2.19$. Nilai koefisien keseragaman sebesar $58.67 > 6$ untuk pasir (*sand*), lebih besar dari 4 untuk kerikil (*gavel*) dan koefisien gradasi 2.19 (antara 1 dan 3), artinya tanah tersebut termasuk pasir bergradasi baik (*well graded sand*).

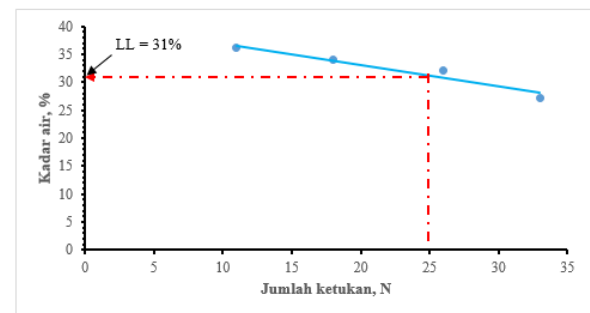
Batas Cair (Liquid Limit, LL) dan Batas Plastis (Plastic Limit, PL)

Hasil uji batas cair Sampel 1 (S1) yang terdiri dari 4 kontainer menghasilkan kadar air masing-masing sebesar 27.16%, 32,12%, 34.01%, dan 36.08%. Pelaksanaan uji batas cair dan batas plastis di laboratorium diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Uji Batas-batas Atterberg. (a). batas cair. (b). batas plastis

Hubungan antara jumlah ketukan, N dengan kadar air (w,%) terbaca pada Gambar 5.



Gambar 5. Batas cair S1

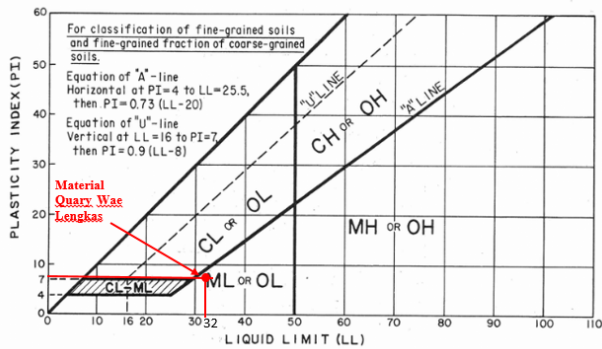
Nilai batas cair dan batas plastis untuk 5 benda uji dapat dibaca pada Tabel 4, dimana indeks plastisitas (PI) merupakan selisih antara LL terhadap PL seperti tercantum pada Rumus Nomor (5).

Tabel 4. LL, PL, dan PI untk 5 sampel

Nomor Contoh	LL (%)	PL (%)	PI (%)
S1	31	23.77	7.23
S2	32	25.28	6.72
S3	32	24.88	7.12
S4	33	25.72	7.28
S5	32	25.17	6.83
Rata-rata	32	24.96	7.04

Batas cair rata-rata sebesar 32% menunjukkan bahwa material Quarry Wae Lengkas termasuk berplastisitas rendah (*low plasticity*) karena $LL < 50\%$. Jika diplotkan pada bagan plastisitas dengan nilai PI Persamaan Garis A sebesar 0.73 (LL-20) sebesar 8.76%, sedangkan nilai PI aktual sebesar 7.04. Dengan demikian,

maka material tersebut berada di bawah garis A dan di sebelah kiri garis LL 50% termauk ML (*low plasticity silt*) seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Posisi material Wae Lengkas pada Bagan Plastisitas

Material Quarry Wae Lengkas memiliki nilai LL rata-rata 32% berada dalam rentang yang disyaratkan yaitu 0-35%. Nilai PI sebesar 7.036% < 15% yang disyaratkan. Dengan demikian sifat plastisitasnya memenuhi syarat sebagai Agregat Kelas S.

Perbandingan Sifat Fisik Aktual dengan Spesifikasi 2018

Hasil uji sifat fisik material Gunung Quaty Wae lengkas dibandingkan dengan syarat Spesifikasi Jalan dan Jembatan 2018 ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Distribusi ukuran 5 contoh tanah

Ukuran saringan (mm)	Persen lolos			Keterangan
	Rata-rata aktual	Spesifikasi 2018		
		Batas bawah	Batas atas	
37.5	100	100	100	Memenuhi
25	84.00	77.00	89.00	Memenuhi
9.5	62.73	41.00	66.00	Memenuhi
4.75	47.66	26.00	54.00	Memenuhi
2	32.48	15.00	42.00	Memenuhi
0.425	18.77	7.00	26.00	Memenuhi
0.075	4.69	4.00	16.00	Memenuhi

Persen lolos rata-rata aktual material Quarry Wae Lengkas berada dalam rentang batas bawah dan atas Spesifikasi 2018, sehingga dinyatakan memenuhi syarat sebagai Agregat kelas S.

KESIMPULAN

Uji laboratorium material gunung Quarry Wae Lengkas menghasilkan sifat fisik, yaitu berat spesifik, G_s sebesar 2.63, kadar air asli 13.20%, batas cair (*liquid limit*, LL rata-rata 32% < 35% yang disyaratkan, indeks plastisitas (*plasticity index*, PI) 7.036% < 15% syarat Spesifikasi Jalan dan Jembatan 2018. Dari bagan plastisitas diketahui jenisnya adalah ML (lanau berplastisitas rendah/*low plasticity silt*). Uji analisa

saringan menunjukkan bahwa persen lolos rata-rata tiap saringan berada dalam rentang batas atas dan batas bawah Spesifikasi 2018. Koefisien keseragaman, C_u dan koefisien gradasi C_c menempatkan material ini sebagai pasir bergradasi baik (*well graded sand*, SW). Uji analisa ayakan dan sifat plastisitasnya menghasilkan material jenis pasir bergradasi baik bercampur lanau (SW-SM/*well graded sand with silt*). Dengan demikian maka berdasarkan sifat fisiknya material Quarry Wae Lengkas memenuhi syarat sebagai Agregat Kelas S (bahu jalan) perkerasan lentur jalan raya.

DAFTAR PUSTAKA

Abdi, F. N., Alkas, J., & Setiawan, A. (2019). Uji Kelayakan Agregat Muara Wahau, Santan, Senoni, Batu Besaung sebagai Material Subbase. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi V*, 148–156.

An-nisa, Z. A., & Utami, A. (2022). *Pengaruh Volume Kendaraan Terhadap Tingkat Kerusakan Jalan Pada Perkerasan Kaku Di Kota Tangerang*. 05, 47–52.

Arifin, Rani Bastari Alkam, R. (2019). *EVALUASI PENGGUNAAN BAHU JALAN PADA PERKERASAN KAKU DI KOTA MAKASSAR*. 1(4), 16–27.

Arthono, A., & Permana, V. A. (2022). Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Analisa Komponen SNI 1732-1989-F Ruas Jalan Raya Mulya Sari Kecamatan Pamanukan Sampai Kecamatan Binong Kabupaten Subang Propinsi Jawa Barat. *Jurnal Komposit*, 6(1), 41. <https://doi.org/10.32832/komposit.v6i1.6740>

BSN. (2008). SNI 1967:2008 Cara Uji Batas Cair Tanah. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta

BSN. (2008). SNI 1964:2008: Cara uji berat jenis tanah. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta

BSN. (2008). SNI 1967:2008: Cara uji penentuan batas cair tanah. Jakarta

BSN. (1990). SNI 03-1968:1990: Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar. Jakarta

BSN. (2008). SNI 1967:2008 : Cara uji penentuan batas cair tanah. Jakarta

Curren E, J. (1995). Use of Shoulders and Narrow Lanes To Increase Freeway Capacity. In *NCHRP Report* (Issue 369). <https://trid.trb.org/view/427215>

Das, B. M. (1995). *Soil Mechanics (Principles of Geotechnical Engineering)*. Jilid 1. Erlangga-Jakarta. <https://perpushms.files.wordpress.com/2016/09/mekanika-tanah-jilid-1.pdf>

Dzinnur, C. T. I., & Apriyadi, T. (2018). Analisa Kondisi Fisik Jalan dan Volume Lalu Lintas Jalan Raya Leran. *Jurnal Konstruksi Sipil*, 6(1), 1–17. <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/konstruksi/article/view/3410%0Ahttps://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/konstruksi/article/download/3410/2273>

Faizul Chasanah. (2015). ANALISIS PENINGKATAN JALAN AKIBAT KERUSAKAN STRUKTURPERKERASAN DI ATAS TANAH

- EKSPANSIFe Text-4114-5040-10-20160112. *Jurnal Teknisia*, XX(1), 12–21.
- Gaur, P., & Sachdeva, S. N. (2020). Effect of Shoulder and Slow Moving Vehicles on Capacity of a Road. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 04(10), 377–380. <https://doi.org/10.33564/ijeast.2020.v04i10.068>
- Gon, K., Lippershey, C., Caling, B., & Rusdi, E. (2024). Evaluasi Kelayakan Material Gunung Terhadap Sifat Fisik dan Mekanis Pada Perkerasan Lentur Jalan Raya di Kabupaten Manggarai Timur. *Teknik Sipil*, 14(02), 428–441.
- Hakzah, A. S., & Yulianti. (2021). Studi Kelayakan Sifat Fisik Agregat Untuk Struktur Perkerasan Jalan (Quarry Gunung Lakera Bum, Gunung Lompongang, Dan Gunung Benderae Kab. Pinrang). *Jurnal Karajata Engineering*, 1(1), 1–6. <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/karajata-1>
- Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah 1. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Holtz, R. D., & Kovacs, W. D. (1981). An Introduction to Geotechnical Engineering. In *Introductory Geotechnical Engineering*.
- J. Amahoru, A. Pembuain, E. T. H. (2023). Analisis Pengaruh Geometrik Jalan Terhadap Jarak Pandang Pengendara dalam Mencegah Kecelakaan Lalu Lintas (Studi Kasus : Jalan Mangga Dua Kecamatan Nusaniwe Kota Ambon). *Accident Analysis and Prevention*, 183(2), 153–164.
- Kementerian PUPR. (2023). Panduan Kapasitas Jalan Indonesia 2014. Ditjen Bina Marga. Jakarta. <https://binamarga.pu.go.id>
- Kementerian PUPR. (2024). Manual Desain Perkerasan Jalan 2024. Ditjen Bina Marga. Jakarta. <https://binamarga.pu.go.id>
- Kementerian PUPR. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Ditjen Bina Marga. Jakarta. <https://binamarga.pu.go.id>
- Lisa, D., Djonnata, D., Rusmiati, F., Agumsari, D., & G, P. G. S. (2023). Implementasi Pemanfaatan Material Lokal Pada Bangunan Di Way Lima Kabupaten Pesawaran. *Nemui Nyimah*, 3(2). <https://doi.org/10.23960/nm.v3i2.97>
- Shaik, M. E., Abid, H., Irecho, D. N., & Al-Ahmadi, H. M. (2025). The impact of shoulder characteristics on safety of highway in horizontal curves: a systematic literature review. *Discover Civil Engineering*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44290-025-00225-9>
- Suaryana, N., & Fransisko, S. (2019). Optimasi Pemanfaatan Material Lokal Untuk Lapis Fondasi Perkerasan Jalan (Utilization Optimization Of Local Materials For Road Pavement Foundation Layers). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 36(1), 9–8.
- Taurina Jemmy Irwanto, Suryani, N. L., & Renaldi, S. (2023). Perbandingan Karakteristik Marshall Aspal Karet (Natural Rubber Modified Asphalt) Dan Aspal Penetrasi 60/70 Pada Campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Agregat Lokal Madura. *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 6(1), 33–38. <https://doi.org/10.25139/jprs.v6i1.5168>
- Walizi. (2025). Dampak kebijakan efisiensi anggaran terhadap pencapaian sasaran pembangunan daerah di bappeda Muara Enim. *Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)*, 2(1), 1707–1718. <https://ipssj.com/index.php/ojs/article/view/251/238>
- Wibisono, R. E., & Muti, P. (2022). Identifikasi Kerusakan dan Penanganan Perkerasan Lentur Ruas Jalan Peterongan – Kedungbetik Kabupaten Jombang. 05(September), 61–71.
- Wibisono, R. E., Yuana, B. W., & Susanti, A. (2021). Analisa Komponen Bina Marga Untuk Perhitungan Tebal Perkerasan Jalan Kepatihan-Warujayeng Kabupaten Nganjuk. 04(September), 53–59.