

ANALISIS KELAYAKAN MATERIAL QUARRY SUNGAI ALAS SEBAGAI BAHAN LAPIS PONDASI ATAS PERKERASAN JALAN

Wirdatun Nafiah Putri^{1*}, Kusumadi², Nofriadi³

^{1,2}Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung, Politeknik Negeri Medan

³Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan

Email: wirdatunputri@polmed.ac.id

Abstrak. Sungai Alas yang berasal dari rekahan sesar Pulau Sumatera setelah melalui proses tektonik menyebabkan banyak terdapat berbagai jenis material batuan, kerikil dan pasir didaerah tersebut. Desa Kuta Baru I, Kecamatan Lawe Alas, Kabupaten Aceh Tenggara adalah salah satu lokasi dimana terdapat potensi material lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai material perkerasan jalan. Untuk pengolahannya, material dari Desa Kuta Baru I ini dibawa ke Desa Kandang Mbelang Kecamatan Lawe Bulan Kabupaten Aceh Tenggara. Dengan mengoptimalkan potensi material pasir dan kerikil yang cukup banyak, sangat dimungkinkan untuk dijadikan *quarry* bagi pembangunan jalan di Kabupaten Aceh Tenggara. Berkaitan dengan hal diatas, dilakukan penelitian untuk mengetahui kelayakan material lokal ini sesuai dengan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 agar dapat digunakan sebagai lapis pondasi agregat kelas A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material lokal yang berasal dari Quarry Sungai Alas Kabupaten Aceh Tenggara memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga Revisi 2 untuk digunakan sebagai material Lapis Pondasi Atas (LPA) kelas A dengan nilai CBR yang dihasilkan sebesar 90,47 % , W optimum 5,31% dan γ_d max 2,15 gr/cm³

Kata kunci: Kelayakan Material, LPA, Agregat Kelas A

Diterima Redaksi: 03-06-2023 | Selesai Revisi: 26-04-2025 | Diterbitkan Online: 30-11-2023

1. PENDAHULUAN

Sungai Alas yang termasuk wilayah Kabupaten Aceh Tenggara merupakan sungai terpanjang di Provinsi Aceh, yang membelah kawasan Taman Nasional Gunung Leuser. Secara geografis, Sungai Alas berasal dari rekahan sesar Pulau Sumatera melalui proses tektonik sehingga banyak terdapat berbagai jenis batuan di daerah tersebut. Desa Kuta Baru I, Kecamatan Lawe Alas, Kabupaten Aceh Tenggara adalah salah satu lokasi dimana terdapat potensi material lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai material perkerasan jalan. Untuk pengolahannya, material dari Desa Kuta Baru I ini dibawa ke Desa Kandang Mbelang Kecamatan Lawe Bulan Kabupaten Aceh Tenggara, tempat tersedianya *stone crusher*. Untuk mengoptimalkan potensi material pasir dan kerikil yang didaerah ini, sangat dimungkinkan untuk dijadikan *quarry* bagi pembangunan jalan di Kabupaten Aceh Tenggara, yang tentunya juga dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi Kabupaten Aceh Tenggara, menciptakan lapangan kerja dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan. Berkaitan dengan hal tersebut, maka diperlukan penelitian untuk mengetahui kelayakan material lokal ini sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, untuk digunakan sebagai lapis pondasi agregat kelas A.

Lapisan pondasi atas (*base course*) berada diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah yang

menjadi penopang lapis permukaan pada saat menerima gaya vertikal dari beban roda kendaraan dan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya serta sebagai peresapan untuk lapisan pondasi bawah. Material pada lapis pondasi merupakan campuran granular yang secara mekanis harus stabil dan bebas dari bahan organik serta gumpalan lempung atau bahan-bahan lain yang dapat mengurangi kinerjanya. Dalam pemilihan gradasi material, harus memperhatikan keawetan/ketahanan material itu sendiri dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Gradasi lapis pondasi agregat (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

UKURAN AYAKAN		Persen Berat yang Lolos
ASTM	(mm)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A
1 ½"	37,50	100
1"	25,00	79 – 85
3/8 "	9,500	44 – 58
No 4	4,750	29 – 44
No 16	1,180	17 – 30
No 50	0,300	7 - 17
No 200	0,075	2 – 8

Material pada lapisan pondasi atas haruslah cukup kuat dan awet, sehingga dapat menahan beban-beban yang bekerja padanya (Hardiyatmo, 2015). Persyaratan terkait sifat-sifat material lapis pondasi atas dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Sifat lapis pondasi agregat (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

SIFAT-SIFAT	METODE PENGUJIAN	Lapis Pondasi Agregat Kelas A
Abrasi	SNI 2417 : 2008	0 - 40 %
Butiran pecah, tertahan ayakan no.4	SNI 7619 : 2012	95/90*
Batas cair	SNI 1967 : 2008	0 – 25
Indeks Plastisitas	SNI 1966 : 2008	0 - 6
Hasil kali Indeks Plastisitas dengan % Lolos ayakan No 200	-	Maks 25
Gumpalan lempung dan butiran-butiran mudah pecah	SNI 4141 : 2015	0 – 5 %
CBR rendaman	SNI 1744 : 2012	Min 90 %
Perbandingan % lolos ayakan No 200 dan No 40	-	Maks 2/3
Kepadatan berat untuk tanah	SNI 1743:2008	-

Catatan

*95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menguji sampel material di laboratorium melalui beberapa uji atau pemeriksaan pada material agregat, mengacu pada SNI yang ada pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 Tentang Lapisan Pondasi Agregat Kelas A.

Pemeriksaan agregat yang dilakukan adalah :

- 1) Analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (SNI ASTM C136:2012)
- 2) Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008)
- 3) Berat Jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969:2008)

- 4) Keausan agregat/ Abrasi (SNI 2417:2008)
- 5) Batas Plastis Dan Indeks Plastisitas Tanah (SNI 1966:2008)
- 6) Pemadatan (SNI 1743:2008)
- 7) CBR laboratorium (SNI 1744:2012)



Gambar 1: Bagan alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat jenis dan komposisi gradasi agregat yang baik akan mendukung nilai gamma maksimum dan akan mempengaruhi nilai CBR yang dihasilkan. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan perbedaan selisih nilai berat jenis (*specific gravity*) antara agregat kasar dan halus kurang dari 0.2, dimana hal ini sudah sesuai dengan persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

Tabel 3. Berat jenis agregat gabungan

Material	Base Course Class A	BJ SSD	BJ.Gabungan Base Course Class A
	(%)		
Pasir.	10,00	2,581	0,258
Abu Batu (Dust)	25,00	2,648	0,662
CA 1/2"	20,00	2,704	0,541
CA 1 ½"	45,00	2,704	1,217

Total Campuran	100,00	2,678
----------------	--------	-------

Daya tahan agregat terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan uji abrasi menggunakan alat *Los Angeles Machine* (Sukirman, 2005) dan menggunakan cara B sesuai Tabel 4, dapat dihitung menggunakan rumus :

$$K_{\text{ausan}} = \frac{a-b}{a} \times 100\% = \frac{5008,8-3987,60}{5008,8} \times 100\% = 20,39\% \dots\dots\dots(1)$$

dengan pengertian :

a adalah berat benda uji semula (gram);

b adalah berat benda uji tertahan saringan No.12 (gram)

Tabel 4. Daftar gradasi dan berat benda uji (SNI 2417:2008)

Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji (gram)						
Lolos saringan		Tertahan saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	inci							
75	3,0	63	2 ½	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 ½	50	2,0	-	-	-	-	2500±50	-	-
50	2,0	37,5	1 ½	-	-	-	-	5000±50	5000±50	-
37,5	1 ½	25	1	1250±25	-	-	-	-	5000±25	5000±25
25	1	19	¾	1250±25	-	-	-	-	-	5000±25
19	¾	12,5	½	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
12,5	½	9,5	3/8	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
9,5	3/8	6,3	¼	-	-	2500±10	-	-	-	-
6,3	¼	4,75	No.4	-	-	2500±10	2500±10	-	-	-
4,75	No.4	2,36	No.8	-	-	-	2500±10	-	-	-
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±25	2500±25	5000±25	5000±25	5000±25

Pengujian analisis saringan untuk menentukan gradasi butiran dari agregat halus dan agregat kasar termasuk agregat campuran, untuk pemenuhan ukuran distribusi partikel dengan spesifikasi yang berlaku, menghasilkan nilai persentase material yang lolos setiap saringan.

Tabel 3. Persen lolos kumulatif agregat

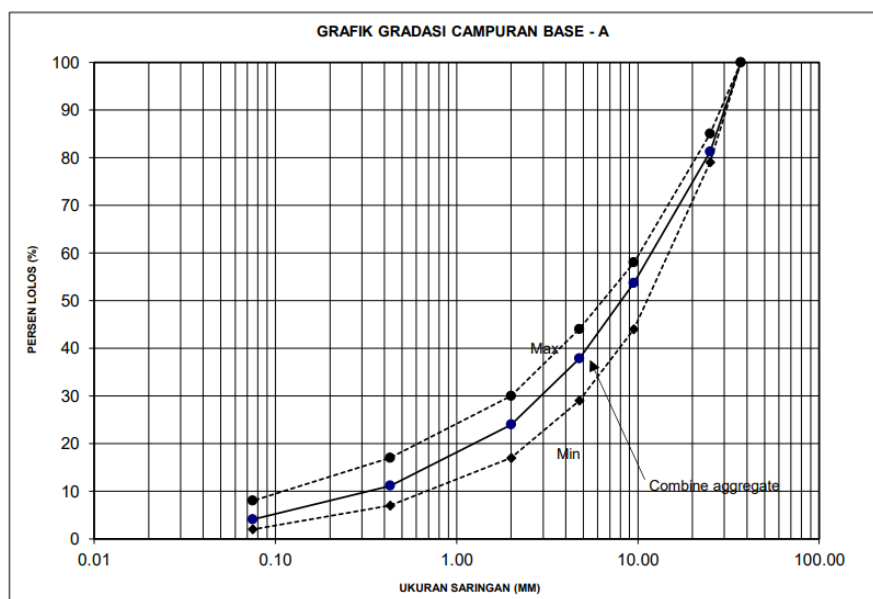
No	Diameter (mm)	% Lolos Kumulatif				
		Pasir	Abu batu	CA 1/2	CA 3/4	CA 1 1/2
2 1/2"	63,000	-	-	-	100,00	100,00
2"	50,000	-	-	-	100,00	100,00
1 1/2"	37,000	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1"	25,000	100,00	100,00	100,00	100,00	58,27
3/8"	9,500	100,00	100,00	93,08	3,58	0,16
4	4,750	96,32	93,47	24,14	0,70	0,00
10	2,000	80,74	58,90	5,89	0,63	0,00
40	0,430	26,55	30,31	4,46	0,58	0,00

200	0,075	8,12	11,83	1,63	0,15	0,00
PAN		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Dari hasil analisis saringan, penggabungan agregat dilakukan dengan menggunakan Metode Diagonal dan *Trial And Error* yang menghasilkan komposisi agregat 10 % pasir, 25% abu batu (*dust*), 20% CA ½” dan 45% CA 1 ½”, dimana keseluruhan hasilnya berada diantara batas bawah dan batas atas sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

Tabel 4 Perencanaan gradasi campuran base A

Ukuran Saringan									
Inch		1 1/2"	1"	3/8"	#4	#10	#40	#200	
mm		37,000	25,000	9,500	4,750	2,000	0,430	0,075	
Data Material (% Kumulatif Lolos)									
Pasir.	%	100,00	100,00	100,00	96,32	80,74	26,55	8,12	
Abu Batu (Dust)	%	100,00	100,00	100,00	93,47	58,90	30,31	11,83	
CA 1/2"	%	100,00	100,00	93,08	24,14	5,89	4,46	1,63	
CA 1 ½"	%	100,00	58,27	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	
Komposisi Campuran									
Pasir.	10,00 %	10,00	10,00	10,00	9,63	8,07	2,65	0,81	
Abu Batu (Dust)	25,00 %	25,00	25,00	25,00	23,37	14,73	7,58	2,96	
CA 1/2"	20,00 %	20,00	20,00	18,62	4,83	1,18	0,89	0,33	
CA 1 ½"	45,00 %	45,00	26,22	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	
Total Campuran		100,00	100	81,22	53,69	37,83	23,98	11,12	4,09
Max.		100	85	58	44	30	17	8	
Min.		100	79	44	29	17	7	2	



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Campuran Base A

Pengujian berat jenis dan abrasi berhubungan dengan kemampuan butiran untuk menghasilkan

campuran yang sesuai persyaratan. Dengan berat jenis yang tertentu akan dapat menghasilkan nilai CBR yang sesuai dengan persyaratan.

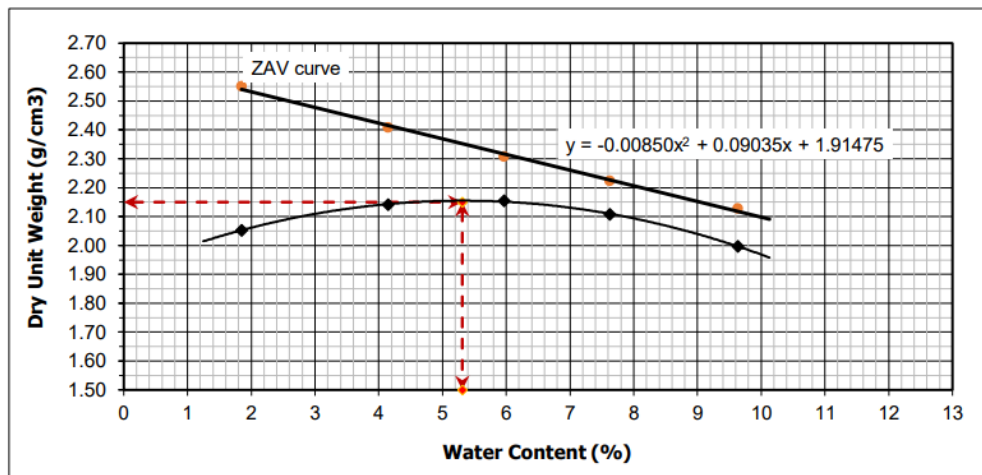
Uji analisis saringan menghasilkan susunan gradasi agregat yang sangat penting dalam stabilitas perkerasan. Gradasi agregat ini nantinya akan mempengaruhi ukuran rongga antar butir yang menentukan stabilitas serta kemudahan dalam proses pelaksanaan. Susunan gradasi yang sesuai dapat membuat massa mencapai kepadatan tertentu, sehingga akan membantu campuran perkerasan menjadi berkualitas dengan nilai CBR yang maksimum.

Hasil analisis saringan dan penggabungan agregat akan mempengaruhi hasil komposisi agregat yang dihasilkan. Komposisi agregat yang telah memenuhi spesifikasi persyaratan w_{opt} (kadar air optimum) dan γ_d max (berat isi kering maksimum) tertentu, tidak selalu menghasilkan nilai CBR yang memenuhi syarat, hal ini dapat terjadi karena kemungkinan ketidaksesuaian dari material agregat yang digunakan. Jika hasil pengujian material tidak mendapatkan nilai w_{opt} dan γ_d max tertentu yang menghasilkan nilai CBR sesuai persyaratan maka dapat dilakukan perubahan pada komposisi material agregat, dan jika hasilnya belum memenuhi persyaratan, dapat dilakukan penambahan zat aditif tertentu pada material agregat tersebut atau dapat juga dengan melakukan penggantian material tertentu.

Tabel 5 Pengujian kepadatan berat pada lapis pondasi atas (base course) kelas A

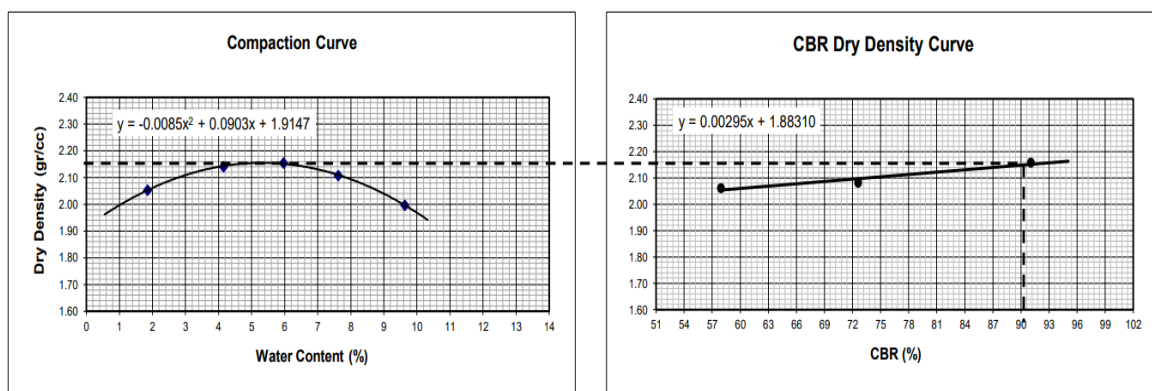
Item	Unit	Symbol	1	2	3	4	5
Berat cetakan	g	W_m	6407,2	6407,2	6407,2	6407,2	6407,2
Berat tanah padat + cetakan	g	W_{cm}	10992,5	11295,5	11415,6	11380,3	11208,5
No. cawan	-	-	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Berat cawan	g	M_c	13,80	14,40	14,00	13,90	14,30
Berat tanah basah + cawan	g	M_{cm}	168,20	135,00	147,20	139,60	141,80
Berat tanah kering + cawan	g	M_m	165,40	130,20	139,70	130,70	130,60
Kadar air	%	w	1,85	4,15	5,97	7,62	9,63
Berat isi tanah	g/cm^3	γ_d	2,053	2,141	2,155	2,107	1,997
Zero Air Void (ZAV) curve	g/cm^3		2,550	2,409	2,308	2,223	2,128

Dari volume cetakan 2192.732 cm^3 dan berat jenis material lapis pondasi atas sebesar 2.676 dihasilkan kadar air optimum (w_{opt}) sebesar 5.31% dan berat isi tanah maksimum sebesar 2.15 g/cm^3 atau 21.09 kN/m^3 .



Gambar 2. Grafik Kadar Air dan Kepadatan Kering Maksimum

Proses pemadatan dilakukan hingga berat volume kering tanah mencapai harga maksimum dan kadar air dimana kondisi berat volume kering tanah ini terjadi dinamakan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content* /OMC) sebesar 5,31% dan nilai *Maximum Dry Density* (MDD) 2,15 gr/cc serta nilai CBR 100% pada kondisi MDD sebesar 90,47%.



Gambar 3. Grafik CBR & Pemadatan Pada Material Base Course Kelas A

Pengujian CBR dilakukan di Laboratorium dengan Metode 10x, 30x dan 65x tumbukan yang hasilnya diperlihatkan pada Tabel 6, 7 dan 8 berikut ini.

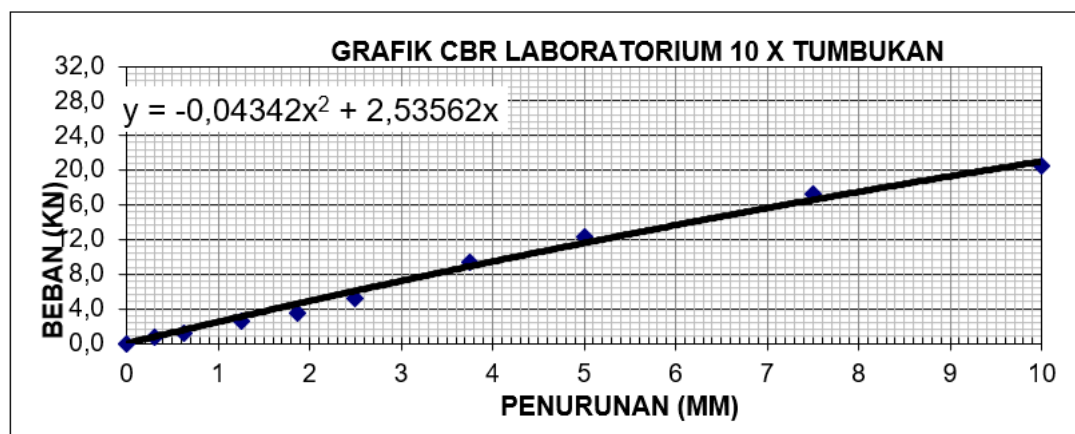
Tabel 6. Hasil pemeriksaan cbr laboratorium dengan 10 x tumbukan

			Unit	Diameter of Mould	15,22 [cm]
			Weight	Height of Mould	12,72 [cm]
				Volume of Mould	2315,160 [cm ³]
				Weight of Mould	4320,9 [gram]
				W Mould + Soil	9370,5 [gram]
				γ wet of soil	2,181 [gram/cm ³]
				γ dry of soil	2,062 [gram/cm ³]
Penurunan	Bacaan Dial	Beban			
(mm)	(Divisi)	(KN)			
0,0000	0	0,000			
0,3120	14	0,673			
0,6200	26	1,250			

1,2500	54	2,596		Weight of Cont.	14,20	[gram]
1,8700	72	3,461	Water	Weight of Cont + wet	155,30	[gram]
2,5000	109	5,240	Content	Weight of Cont + dry	147,60	[gram]
3,7500	194	9,326	Before	Water Content	5,77	[%]
5,0000	255	12,258	Soaking	Weight of Cont.	13,90	[gram]
7,5000	360	17,305		Weight of Cont + wet	180,50	[gram]
10,0000	426	20,478	After	Weight of Cont + dry	166,20	[gram]
			Soaking	Water Content	9,39	[%]

$$CBR\ 0.1" = \frac{6.068 \times 224.809}{3 \times 1000} \times 100\% = 45.47\% \dots \dots \dots (2)$$

$$CBR\ 0.2" = \frac{11.593 \times 224.809}{3 \times 1500} \times 100\% = 57.91\% \dots \dots \dots (3)$$



Gambar 4. Grafik CBR Laboratorium Dengan 10 x Tumbukan

Tabel 7 Hasil pemeriksaan cbr laboratorium dengan 30 x tumbukan

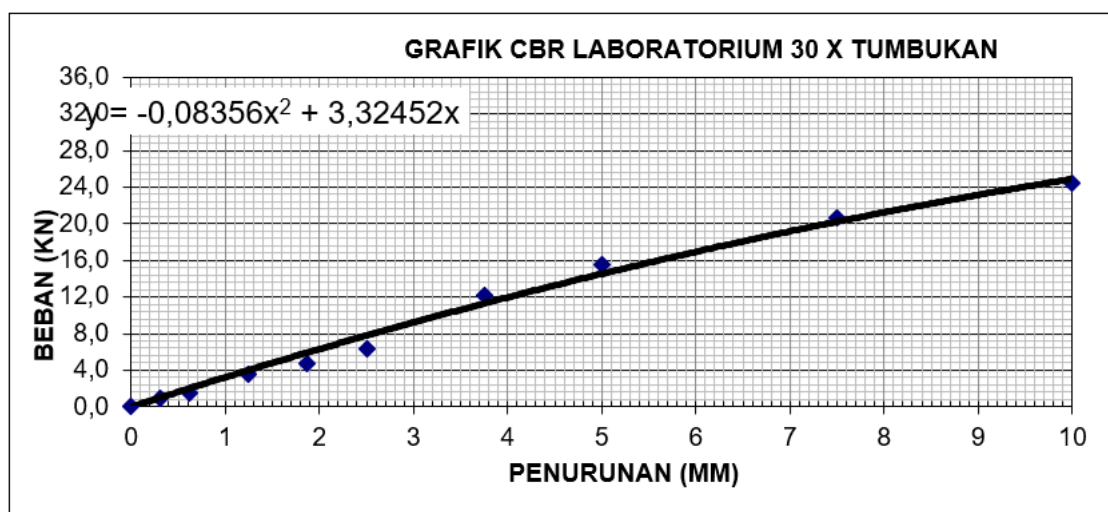
				Diameter of Mould	15,22	[cm]
				Height of Mould	12,71	[cm]
				Volume of Mould	2313,340	[cm ³]
			Unit	Weight of Mould	4390,2	[gram]
			Weight	W Mould + Soil	9476,2	[gram]
				γ wet of soil	2,199	[gram/cm ³]
				γ dry of soil	2,083	[gram/cm ³]
				Weight of Cont.	14,20	[gram]
			Water	Weight of Cont + wet	156,30	[gram]
			Content	Weight of Cont + dry	148,80	[gram]
			Before	Water Content	5,572	[%]
			Soaking			

Penurunan	Bacaan Dial	Beban
(mm)	(Divisi)	(KN)
0,0000	0	0,000
0,3120	19	0,913
0,6200	32	1,538
1,2500	75	3,605
1,8700	98	4,711
2,5000	132	6,345
3,7500	254	12,210

5,0000	322	15,479	Weight of Cont.	13,90	[gram]
7,5000	430	20,670	Water Content	Weight of Cont + wet soil	182,30 [gram]
10,0000	508	24,420	After Soaking	Weight of Cont + dry soil	170,50 [gram]
			Water Content	7,535	[%]

$$CBR 0.1" = \frac{7.789 \times 224.809}{3 \times 1000} \times 100\% = 58.37\% \dots (4)$$

$$CBR 0.2" = \frac{14.534 \times 224.809}{3 \times 1500} \times 100\% = 72.61\% \dots (5)$$



Gambar 5. Grafik CBR Laboratorium Dengan 30 x Tumbukan

Tabel 8 Hasil Pemeriksaan CBR Laboratorium Dengan 65 x Tumbukan

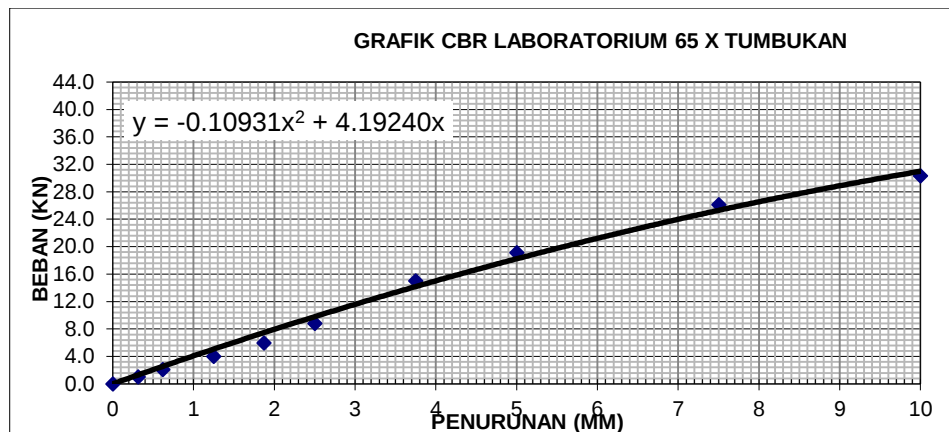
			Diameter of Mould	15,21	[cm]
			Height of Mould	12,72	[cm]
			Volume of Mould	2312,119	[cm ³]
			Weight of Mould	4389,3	[gram]
			W Mould + Soil	9640,3	[gram]
			γ wet of soil	2,271	[gram/cm ³]
			γ dry of soil	2,158	[gram/cm ³]
			Weight of Cont.	13,80	[gram]
		Water Content	Weight of Cont + wet soil	152,60	[gram]
		Before Soaking	Weight of Cont + dry soil	145,70	[gram]
			Water Content	5,231	[%]
			Weight of Cont.	14,00	[gram]
		Water Content	Weight of Cont + wet soil	189,60	[gram]

Penurunan	Bacaan Dial	Beban
(mm)	(Divisi)	(KN)
0,0000	0	0,000
0,3120	21	1,009
0,6200	44	2,115
1,2500	83	3,990
1,8700	124	5,961
2,5000	183	8,797
3,7500	312	14,998
5,0000	398	19,132
7,5000	543	26,102

10,0000	631	30,332	After Soaking	Weight of Cont + dry soil	179,60	[gram]
				Water Content	6,039	[%]

$$CBR\ 0.1" = \frac{9.798 \times 224.809}{3 \times 1000} \times 100\% = 73.42\% \dots \dots \dots (6)$$

$$CBR\ 0.2" = \frac{18.229 \times 224.809}{3 \times 1500} \times 100\% = 91.07\% \dots \dots \dots (7)$$



Gambar 6. Grafik CBR Laboratorium Dengan 65 x Tumbukan

Nilai abrasi yang dihasilkan sebesar 20.39, lebih kecil dari nilai yang disyaratkan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Nilai ini menunjukkan bahwa material agregat kasar yang di uji memiliki keausan atau daya tahan yang baik terhadap degradasi akibat gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan pembuatan perkerasan jalan.

Tabel 9 Rekapitulasi hasil uji laboratorium pada material agregat

Jenis Pemeriksaan				Hasil Pengujian	Spesifikasi
Gradasi Gabungan Material	(%)	No.	(mm)		
		1 1/2"	37,500	100,00	100
Pasir.	10,00	1"	25,000	81,22	79 - 85
Abu Batu	25,00	3/8"	9,500	53,69	44 - 58
CA 1/2"	20,00	No. 4	4,750	37,83	29 - 44
CA 1 1/2"	45,00	No.10	1,180	23,98	17 - 30
		No. 40	0,425	11,12	7 - 17
Total	100,00	No. 200	0,075	4,09	2 - 8
Abrasi Test				20,39	Maks.40
Combined Specific Gravity				2,676	

Atterberg Limit	LL	(%)	0 - 25	
	PL	(%)	NON PLASTIS	
	IP	(%)	0 - 6	
Compaction	w opt.	(%)	5,31	
	γ_d max.	(gr/cm ³)	2,15	
CBR 100% MDD		(%)	90,47	Min. 90

Hasil dari uji *Atterberg limit* menyatakan agregat bersifat non plastis, hal ini disebabkan oleh material yang di uji mengandung sedikit tanah, dimana ini akan sangat baik untuk menjadi material pada lapis pondasi atas.

4. SIMPULAN

Kadar air optimum (W opt) yang dihasilkan sebesar 5.31% dan berat isi tanah maksimum (γ_d max) sebesar 2.15 g/cm³ mempengaruhi nilai CBR yang dihasilkan sebesar 90,47 % sudah memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Sehingga material agregat lokal dari Quarry Sungai Alas Kabupaten Aceh Tenggara ini layak digunakan sebagai material pada lapis pondasi kelas A.

Perubahan komposisi material diperlukan untuk mencapai nilai CBR yang lebih baik, tentunya dengan kelengkapan data agar pengujian yang dilakukan dapat lebih bervariasi sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F. (2016, November 8). Tinjauan Material Lokal Quarry Inengo Sebagai Bahan Lapis Pondasi Atas Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1-6.
- Achmad, F. (2017, November 1-2). Pemanfaatan Material Lokal Quarry Longalo Sebagai Bahan Lapis Pondasi Atas Jalan Raya. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 1-6.
- Ampung, L. S., Asryad, M., & Yasruddin. (2013). Pengoptimalan Penggunaan Material Agregat Lokal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan Di Kabupaten Lamandau. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (Sustainable Technology Journal)*, 2(1), 21 - 35.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (Revisi 2)*. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Pemeliharaan Jalan Raya (Perkerasan-Drainase- Longsoran)* (2 ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soehardi, F. (2018, April 1). Penggunaan Material Lokal Quarry Muara Takus Sebagai Bahan Campuran Lapisan Pondasi Atas Pada Perkerasan Jalan Raya. *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 4, 43-50.