

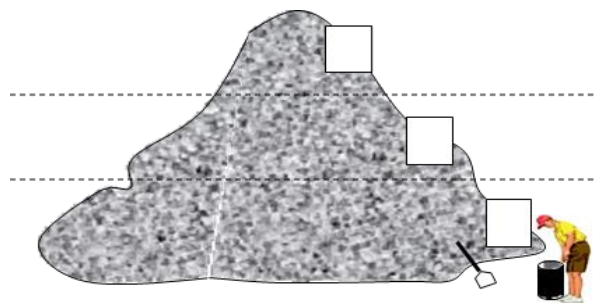
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Sampel Material dan Data

4.1.1 Pengambilan Sampel Material

Pada penelitian ini proses pengambilan material dilakukan sesuai dengan persyaratan dengan memasukan surat ijin pada PT. Masaku Jaya setelah mendapatkan surat balasan ijin maka material siap di ambil sesuai dengan kebutuhan. Pengambilan material dilakukan di quarry Lilana yang dikelola oleh PT. Masaku Jaya yang berada di Nefokoko, Kecamatan Mollo Utara, Kabupaten Timor Tengah Selatan. Material pada quarry ditumpuk berdasarkan jenisnya. Cara pengambilan material mengacu pada SNI 03-6989-2002. Sampel bahan ini dibagi atas beberapa bagian yaitu : bagian atas material, tengah material dan bawah material. Sampel diambil dengan cara disekop agregat sesuai jenis dan kebutuhan lalu dimasukkan ke dalam karung lalu diberi tulisan keterangan pada masing-masing karung sesuai jenisnya. Pengambilan sampel batu pecah dan pasir ± 50 kg agar sampel yang diambil mencukupi kebutuhan. Bahan benda uji tersebut kemudian dibawa ke laboratorium Jalan Laksamana Mudah Yos Sudarso Oenali-Soe Pengujian dan Peralatan Dinas Pekerjaan Umum Timor Tengah Selatan.



Gambar 4.1 Proses Pengambilan Sampel

4.1.2 Data

Pengujian pada laboratorium meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian gradasi, pengujian abrasi, pengujian gradasi gabungan, pemadatan, dan pengujian *Cbr*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas material.

4.2 Persiapan Peralatan Pengujian Material

Sebelum melakukan pengujian maka ada beberapa peralatan yang perlu di siapkan antara lain : satu set saringan (1 1/2", 1", 3/8", No.4, No.10, No.40, dan No.200), cetakan

benda uji, mesin penumbuk, mesin Los Angeles, oven, alat pencampuran, alat cbr dan alat bantu lainnya.

4.3 Analisa Data

4.3.1 Pengujian Material Agregat Kasar dan Agregat Halus

Dibawah ini adalah hasil pengujian agregat kasar dan halus dari *quarry* kali Lilana Desa Nefokoko, Kecamatan Mollo Utara Kabupaten Timor Tengah Selatan. Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat kasar dan agregat halus.

4.3.1.1 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Agregat yang di gunakan dalam pengujian ini adalah agregat yang tertahan ayakan no.4 dari *quarry* kali Lilana. Proses pengujian berat jenis ssd, berat jenis bulk, berat jenis apparent dan pengujian penyerapan air pada agregat kasar di lakukan secara berurutan, karena pengujian tersebut memerlukan prameter yang sama dan saling berikatan yaitu massa benda uji kering oven, massa benda uji kering permukaan jenuh dan massa benda uji di alam air, sehingga pengujian dapat di lakukan dalam waktu dan hari yang sama. Pengujian berat jenis dan peyerapan agregat kasar ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (ssd), berat jenis semu (apparent) dan penyerapan air (absorption).

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.

Uraian	I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	2149	2104	gram
Berat benda uji di dalam air (Ba)	1475	1689	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	2095	2056	gram
Uraian	I	II	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Bj - Ba}$	3.108	4.954	4.031
Berat Jenis (ssd) $\frac{Bj}{Bj - Ba}$	3.188	5.070	4.129
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{Bk - Ba}$	3.379	5.602	4.491
Penyerapan Air $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2.578	2.335	2.456

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Perhitungan Agregat Kasar $\frac{3}{4}$ sampel 1

$$1. \text{ Berat Jenis (Bulk)} \frac{BK}{Bj - Ba} = \frac{2095}{2149 - 1475} = \mathbf{3.108}$$

$$\begin{aligned}
 (\text{Bulk}) \text{ Rata-rata } & \frac{A+B}{2} = \frac{3.108+4.954}{2} = \mathbf{4.031} \\
 2. \text{ Berat Jenis (SSD)} & \frac{B_j}{B_j-B_a} = \frac{2149}{2149-1475} = \mathbf{3.188} \\
 (\text{SSD}) \text{ Rata-rata } & \frac{A+B}{2} = \frac{3.188+5.070}{2} = \mathbf{4.129} \\
 3. \text{ Berat jenis semu (Apparent)} & \frac{B_k}{B_k-B_a} = \frac{2095}{2095-1475} = \mathbf{3.379} \\
 (\text{Apparent}) \text{ Rata-rata } & \frac{A+B}{2} = \frac{3.379+5.602}{2} = \mathbf{4.491} \\
 4. \text{ Penyerapan Air (Absorption)} & \frac{B_j-B_k}{B_k} \times 100 = \frac{2149-2095}{2095} \times 100 = \mathbf{2.578} \\
 \text{Penyerapan Air Rata-rata} & \frac{A+B}{2} = \frac{2.578+2.335}{2} = \mathbf{2.456}
 \end{aligned}$$

Penyerapan Air (Absorption) = Spesifikasi Max 3%

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.

Uraian	I	II	Satuan
	Berat benda uji kering permukaan jenuh (B _j)	2367	2715
Berat benda uji di dalam air (B _a)	1323	1297	gram
Berat benda uji kering oven (B _k)	2342	2689	gram
Uraian	I	II	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk) $\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.243	1.896	2.070
Berat Jenis (ssd) $\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.267	1.915	2.091
Berat Jenis (apparent) $\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.298	1.932	2.115
Penyerapan Air $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	1.067	0.967	1.017

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Perhitungan Agregat Kasar ½ sampel 1

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Berat Jenis (Bulk)} & \frac{B_k}{B_j-B_a} = \frac{2.342}{2.367-1.323} = \mathbf{2.243} \\
 (\text{Bulk}) \text{ Rata-rata} & \frac{A+B}{2} = \frac{2.243+1.896}{2} = \mathbf{2.070} \\
 2. \text{ Berat Jenis (SSD)} & \frac{B_j}{B_j-B_a} = \frac{2.367}{2.367-1.323} = \mathbf{2.267} \\
 (\text{SSD}) \text{ Rata-rata} & \frac{A+B}{2} = \frac{2.267+1.915}{2} = \mathbf{2.091}
 \end{aligned}$$

$$3. \text{ Berat jenis semu (Apparent)} \frac{Bk}{Bk-Ba} = \frac{2.342}{2.342-1.323} = \mathbf{2.298}$$

$$(\text{Apparent}) \text{ Rata-rata} \frac{A+B}{2} = \frac{2.298+1.932}{2} = \mathbf{2.115}$$

$$4. \text{ Penyerapan Air (Absorption)} \frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100 = \frac{2.367-2.342}{2.342} \times 100 = \mathbf{1.017}$$

$$\text{Penyerapan Air Rata-rata} \frac{A+B}{2} = \frac{1.067+0.967}{2} = \mathbf{1.017}$$

Penyerapan Air (Absorption) = 1.017

Spesifikasi Max 3%

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dari *quarry* Lilana menunjukkan bahwa tingkat penyerapan dari kedua fraksi agregat tersebut sebesar $2.456+1.017/2 = 1.736\%$. Hal ini sesuai dengan yang disyaratkan oleh spesifikasi bina marga bahwa nilai penyerapan maksimum untuk agregat kasar adalah 3% (SNI 03-1969-1990).

4.3.1.2 Gradasi (Pengujian Analisis Saringan Agregat Kasar)

Uji gradasi atau analisis saringan ini dilakukan pada agregat kasar dari *quarry* kali lilana. Tes gradasi ini dilakukan dengan menyaring tiap-tiap material. Uji gradasi dilakukan dengan dua sampel benda uji, kemudian hasil kedua pengujian tersebut dirata-ratakan. Nilai rata-rata ini digunakan untuk menentukan proporsi agregat gabungan. Tujuan dari penelitian gradasi ini adalah untuk mengetahui pembagian butiran agregat kasar dan halus dengan menggunakan saringan. Data hasil analisa dan perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

		Berat benda uji					
		A =		B =			
		2,872 gram		2,170 gram			
Saringan (ASTM)	Jumlah Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata-Rata Persen Lolos
	A	B	A	B	A	B	
2	0	0	0	0	100	100	100
1 1/2	0	0	0	0	100	100	100
1	791	638	27.54	29.40	72.46	70.60	71.53
3/8	2,868	2,159	99.86	99.49	0.14	0.51	0.32
No.4	2,870	2,169	99.93	99.95	0.07	0.05	0.06
No.10	2870	2170	99.93	100.00	0.07	0.00	0.03

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Perhitungan Sampel A $\frac{3}{4}$:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Persen Tertahan} &= \frac{\text{jumlah berat tertahan} \times 100}{\text{berat benda uji}} \\
 &= \frac{791 \times 100}{2.872} = \mathbf{27,54\%} \\
 2. \text{ Persen Lolos} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\
 &= 100 - 27,54 = \mathbf{72,46\%} \\
 3. \text{ Rata-rata \% lolos} &= \frac{\text{persen lolos I} + \text{persen lolos II}}{2} \\
 &= \frac{72,46 + 70,60}{2} = \mathbf{71,53\%}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar

			Berat benda uji				
			A =		2,084		gram
			B =		2,170		gram
Saringan (ASTM)	Jumlah Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata-Rata Persen Lolos
	A	B	A	B	A	B	
2	0	0	0	0	100	100	100
1 1/2			0	0	100	100	100.00
1	-	-	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8	158	194	7.58	8.94	92.42	91.06	91.74
No.4	1,975	2,082	94.77	95.94	5.23	4.06	4.64
No.10	2075	2161	99.57	99.59	0.43	0.41	0.42

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Perhitungan Sampel A $\frac{1}{2}$:

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Persen Tertahan} &= \frac{\text{jumlah berat tertahan} \times 100}{\text{berat benda uji}} \\
 &= \frac{158 \times 100}{2.084} = \mathbf{7,58\%} \\
 2. \text{ Persen Lolos} &= 100 - \text{Persen tertahan} \\
 &= 100 - 7,58 = \mathbf{92,42\%} \\
 3. \text{ Rata-rata \% lolos} &= \frac{\text{persen lolos I} + \text{persen lolos II}}{2} \\
 &= \frac{92,42 + 91,06}{2} = \mathbf{91,74\%}
 \end{aligned}$$

Penentuan analisis saringan agregat kasar dilakukan dengan cara mengayak agregat kasar dengan saringan yang sudah di susun dari ukuran terbesar hingga terkecil. Masing-masing agregat yang tertahan lalu di timbang secara berurutan dan di tulis nilai nya. Presen tertahan

dan persen lolos kemudian di hitung dengan jumlah tertahan dengan berat awal benda uji di kalikan 100, dan untuk persen lolos di hitung dengan cara 100 di kurangi persen tertahan. Pada tabel 4.4 pengujian telah memenuhi spesifikasi karena agregat kasar yang lolos saringan 1 ½ sebesar 100% dan lolos saringan no.4 lebih kecil dari 7%.

4.3.1.3 Abrasi (Pengujian Keausan Agregat Kasar)

Pengujian ini di lakukan untuk mengetahui angka keausan dan dinyatakan dengan perbandingan berat bahan halus lolos saringan no.12. dalam pengujian di butuhkan berat sampel yang terdiri dari berat yang lolos saringan no.1 ½ tertahan saringan no.1, dengan jumlah berat yang lolos saringan no.1 tertahan saringan no. ¾, dengan jumlah berat yang lolos saringan ¾ tertahan saringan no. ½, dan jumlah berat yang lolos saringan no. ½ dan tertahan saringan no. 3/8. Dalam pengujian ini di butuhkan sampel sebanyak 5.000 gram dan bola baja sebanyak 11 buah (Gradasi A).

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin Los Angeles

SARINGAN		GRADASI PEMERIKSAAN			
Lolos	Tertahan	A	B	C	D
1 1/2	1				
1	3/4	5,000			
3/4	1/2		2,500		
1/2	3/8		2,500		
3/8	1/4			2,500	
1/4	No.4			2,500	
No.4	No.8				5,000
Berat benda uji semula (g)		5,000	5,000	5,000	5,000
Tertahan Saringan No.12 (g)		4,071			
Lolos Saringan No.12 (g)		929			
Keausan (%)		18.58			

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Perhitungan nilai Abrasi 1:

$$a = 5.000 \text{ gram}$$

$$b = 4.071 \text{ gram}$$

$$a-b = 929 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Keausan (\%)} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{5.000-4.071}{5000} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= \frac{929}{5000} \times 100$$

$$= 18.58$$

Jadi, Keausan (%) = 18.58

Spesifikasi : Max 40

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin *Los Angeles*

SARINGAN		GRADASI PEMERIKSAAN			
Lolos	Tertahan	A	B	C	D
1 1/2	1				
1	3/4				
3/4	1/2	5,000	2,500		
1/2	3/8		2,500		
3/8	1/4			2,500	
1/4	No.4			2,500	
No.4	No.8				5,000
Berat benda uji semula (g)		5,000	5,000	5,000	5,000
Tertahan Saringan No.12 (g)		3,950			
Lolos Saringan No.12 (g)		1,050			
Keausan (%)		21.00			

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Perhitungan nilai Abrasi 1:

$$a = 5.000 \text{ gram}$$

$$b = 3.950 \text{ gram}$$

$$a - b = 1.050 \text{ gram}$$

$$\text{Keausan (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

$$= \frac{5.000-3.950}{5000} \times 100\%$$

$$= \frac{1.050}{5000} \times 100$$

$$= 21.00$$

Hasil pengujian keausan agregat kasar dengan mesin *los angeles* (Abrasi) yang terdapat pada tabel 4.6 Memenuhi standar pengujian yang disyaratkan dalam spesifikasi bina marga 2018 yakni maksimum 40% (SNI 03-2417-1991) nilai keausan agregat kasar dalam pengujian ini adalah $18.58 + 21.00/2 = 19.79\%$.

Jadi Keausan (%) = 19,79%

Spesifikasi : Max 40

4.3.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis curah (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*Ssd*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan air (*Absorption*). Agregat halus yang dipakai dalam pengujian ini adalah pasir yang lolos saringan No.4 dan tertahan saringan No.200 dan berasal dari *quarry* Lilana. Berikut hasil analisis dan perhitungan.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Uraian	I	II	Satuan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	500	500	gram
Berat piknometer + air (Ba)	656.80	720.80	gram
Berat piknometer + air + benda uji (Bt)	963.10	1027.60	gram
Berat benda uji kering oven (Bk)	490.20	488.80	gram
Uraian	I	II	Rata-Rata
Berat Jenis (bulk) $\frac{Bk}{Ba + Bj - Bt}$	2.531	2.530	2.530
Berat Jenis (ssd) $\frac{Bj}{Ba + Bj - Bt}$	2.581	2.588	2.585
Berat Jenis (apparent) $\frac{Bk}{Ba + Bk - Bt}$	2.666	2.686	2.676
Penyerapan Air $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1.999	2.291	2.145

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Perhitungan Agregat Halus sampel I :

$$\text{Berat jenis (Bulk)} \quad \frac{Bk}{Ba+Bj+Bt} = \frac{490,20}{656,80+500+936,10} = 2,531$$

$$(\text{Bulk}) \text{ Rata-rata} \quad \frac{A+B}{2} = \frac{2,531+2,530}{2} = 2,530$$

$$\text{Berat Jenis (SSD)} \quad \frac{Bj}{Ba+Bj-Bt} = \frac{500}{2656,8+500+936,10} = 2,581$$

$$(\text{SSD}) \text{ Rata-rata} \quad \frac{A+B}{2} = \frac{2,581+2,588}{2} = 2,585$$

$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent)} \quad \frac{Bk}{Ba+Bk-Bt} = \frac{490,20}{2656,8+490,20+936,10}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,666 \\
 \text{Apparent Rata-rata} & \frac{A+B}{2} = \frac{2,666+2,686}{2} \\
 &= 2,676 \\
 \text{Penyerapan Air (Absorption)} & \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 = \frac{500 - 490,20}{490,20} \times 100 \\
 &= 1,99 \\
 (\text{Absorption}) \text{ Rata - rata} & \frac{A+B}{2} = \frac{1,999+2,291}{2} \\
 &= 2,145
 \end{aligned}$$

Penyerapan Air (Absorption) = 2,145%

Spesifikasi Max 3%

Dari hasil pengujian berat jenis (tabel 4.7) menunjukkan bahwa tingkat penyerapan dari agregat tersebut sebesar 2,145 %. Hasil pengujian penyerapan air agregat halus yang terdapat pada tabel diatas sudah memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Yakni maksimum penyerapan air 3% (SNI 03-1969-1990).

4.3.2.1 Gradasi Agregat Halus (Pengujian Analisa Saringan)

Material dalam pengujian ini adalah pasir yang lolos ayakan No.4 dan tertahan pada ayakan No.200 yang berasal dari *quarry* lilana, pengujian di lakukan berdasarkan spesifikasi pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Persen Tertahan		Persen Lolos		Rata-Rata Persen Lolos
(ASTM)	(mm)	A	B	A	B	A	B	
No.4	4.75	0	0	0	0	100	100	100
No.10	2.00	415	435	26.98	25.86	73.02	74.14	73.58
No.40	0.425	1,044	1,109	67.88	65.93	32.12	34.07	33.09
No.200	0.075	1,422	1,570	92.46	93.34	7.54	6.66	7.10

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Perhitungan pada sampel A :

$$1. \quad \text{Persen Tertahan} = \frac{\text{jumlah berat tertahan} \times 100}{\text{berat benda uji}}$$

$$= \frac{415 \times 100}{1.538} = 26,98\%$$

2. Persen Lolos = 100 - Persen tertahan
= 100 - 26.98 = 73,02%

3. Rata-rata % lolos = $\frac{\text{persen lolos I} + \text{persen lolos II}}{2}$
= $\frac{73,02 + 74,14}{2} = 73,58\%$

Pengujian gradasi agregat halus (pasir) diatas telah memenuhi spesifikasi. Dalam pengujian agregat halus lolos 100% pada saringan no.4 dan tertahan pada saringan No.200.

4.3.3 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018-Revisi II

Dalam spesifikasi ada beberapa pengujian yang perlu dilakukan untuk mengetahui apakah masuk dalam agregat kelas A atau tidak. Pengujiannya antara lain pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus, pengujian abrasi, pengujian gradasi gabungan, pengujian pemadatan dan pengujian cbr, pengujian butiran pecah tertahan ayakan no.4, pengujian batas cair, pengujian indeks plastisitas, Pengujian berat isi kering, pengujian kadar air dan pengujian lolos ayakan no. 200 dan 40. Berikut hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian

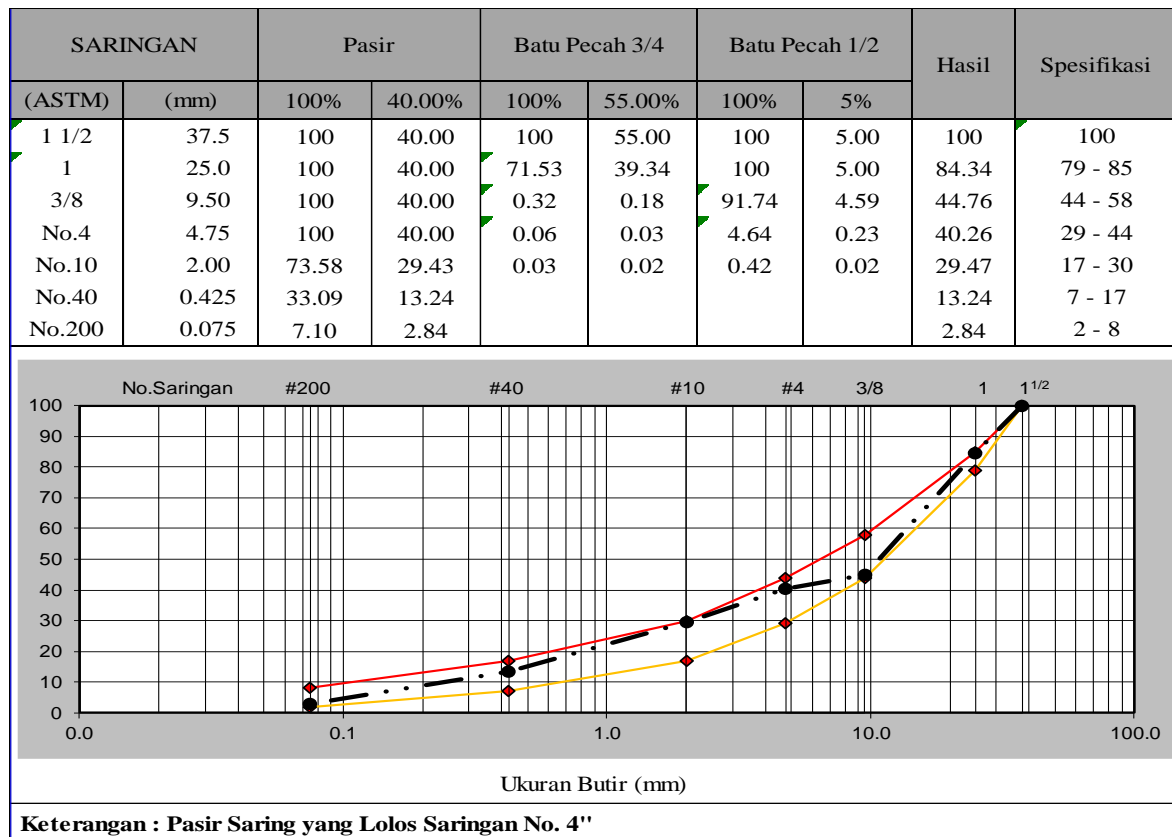
No	Pengujian	Hasil		Spesifikasi	Keterangan
		Agregat Kasar	Agregat Halus		
Karakteristik Material					
1	Berat Jenis			-	-
	-Berat Jenis (Bulk)	3.051	2.530		
	-Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	3.110	2.585	-	-
	-Berat Jenis Semu (Apparent)	3.303	2.676		
	-Penyerapan Air (Absorption)	1.737	2.145	> 3 %	Memenuhi
2	Butiran Pecah Tertahan Ayakan no. 4	1.0	-	1.05	Memenuhi
3	Batas Cair	Np		0-25	Memenuhi
4	Indeks Plastisitas	Np		0-6	Memenuhi
Kualitas Material					
1	Abrasi	19.79		0-40	Memenuhi
2	Analisis Gradasi Gabungan	Batu Pecah 1/2 (5%), 3/4 (55%) dan Pasir (40%)		Nilai nya tidak boleh lebih kecil dan lebih besar dari batas minimum dan batas maximum	Memenuhi
3	Berat Isi Kering Maksimum	2.352		Tdk disyaratkan	Memenuhi
4	Kadar Air	5,218		Tdk disyaratkan	Memenuhi
5	Perbandingan lolos ayakan No. 200 dan No. 40	-	0.33	0,66	Memenuhi
6	CBR	95%		90-100	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

4.3.4 Pengujian Gradasi Gabungan

Untuk menentukan komposisi agregat gabungan maka diperlukan data hasil gradasi dari fraksi kasar yang tertahan saringan No.4 dan fraksi halus yang lolos saringan No.4 tujuan dari dibuat komposisi agregat gabungan yaitu untuk menentukan besarnya presentase dari masing-masing fraksi. Perhitungan pada gradasi gabungan didapat dari hasil pengujian gradasi batu pecah dan pasir yang mana diambil nilai persen lolos rata-rata dari batu pecah dan persen lolos dari rata-rata dari pasir. Untuk mendapatkan komposisi campuran maka dilanjutkan dengan perhitungan tabel gradasi gabungan jika hasil tersebut tidak termasuk persyaratan spesifikasi maka dibuat cara coba-coba untuk menentukan komposisi campuran agregat tersebut. Dari hasil coba-coba diperoleh komposisi campuran agregat kasar $\frac{3}{4}$ 55%, $\frac{1}{2}$ 5% dan agregat halus pasir 40% yang memenuhi batas-batas yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Apabila pada campuran melebihi komposisi di atas maka nilai nya akan keluar dari batas minimum dan maximum pada spesifikasi. Untuk hasil perhitungan gradasi gabungan batu pecah dan pasir dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.10 Hasil Analisis Gradasi Gabungan



Gambar 4.2 Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Proporsi Campuran = Batu Pecah $\frac{3}{4}$ (55%) + $\frac{1}{2}$ (5%) + Pasir (40%)

Perhitungan Gradasi Gabungan I.

Gradasi Gab (Ket) = (A = Rata-rata Pasir) (B = Rata-rata Bp $\frac{3}{4}$) (C= Rata-rata Bp $\frac{1}{2}$)

$$\text{Pasir (\%)} = \frac{A \times 40}{100} = \frac{73,58 \times 40}{100} = \mathbf{29,43\%}$$

$$\text{Bp } \frac{3}{4} (\%) = \frac{B \times 55}{100} = \frac{0,03 \times 55}{100} = \mathbf{0,02\%}$$

$$\text{Bp } \frac{1}{2} (\%) = \frac{C \times 5}{100} = \frac{0,42 \times 5}{100} = \mathbf{0,02\%}$$

$$\text{Lolos} = (A + B + C) = (29,43 + 0,02 + 0,02) = \mathbf{29,47}$$

Pada gambar 4.2 diatas menunjukkan bahwa gradasi gabungan antara batu pecah dan pasir kali, memenuhi dari batas-batas spesifikasi yang ditetapkan oleh bina marga. Oleh karena itu dapat dipergunakan karena menghasilkan campuran yang baik dengan rongga udara kecil.

4.3.5 Pengujian Pemadatan Agregat Gabungan

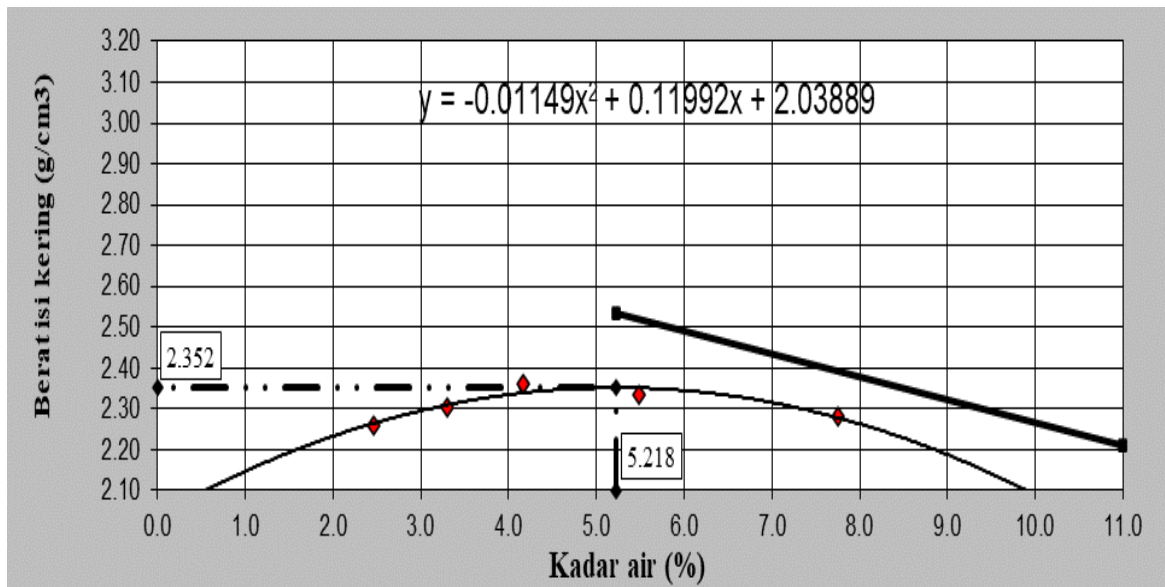
Pemadatan dilakukan dengan memadatkan material batu pecah dan pasir dengan menggunakan komposisi batu Pecah ($\frac{3}{4}$ (55%)), batu pecah $\frac{1}{2}$ (5%) dan Pasir (40%) dari jumlah total keseluruhan material batu pecah dan pasir sebesar 5.000 gram. Metode yang digunakan pada pengujian pemadatan ini adalah Metode D/ Modified (SNI 03-1742-1989). Yang jumlah sampel materialnya dibagi menjadi 5 sampel, dengan setiap sampel menggunakan variasi air yang berbeda. Masing-masing sampel dibagi menjadi 5 bagian lapisan dan tiap lapisan terdiri dari 56 tumbukan. Pemadatan ini juga dilakukan untuk menentukan kadar air optimum yang akan digunakan terhadap campuran agregat dan pengujian cbr. Penentuan kadar air optimum diperoleh dari grafik dengan penentuan kadar air optimum berada pada titik tengah dan titik tertinggi grafik tersebut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Pemadatan dan Kadar Air Agregat.

BERAT ISI		A	B	C	D	E
Volume mol (cm ³)		2,104	2,104	2,104	2,104	2,104
Berat mol (g)		5,494	5,494	5,494	5,494	5,494
Berat mol + tanah (g)		10,368	10,501	10,669	10,674	10,665
Berat tanah (g)		4,874	5,007	5,175	5,180	5,171
Berat isi basah (g/cm ³)		2.32	2.38	2.46	2.46	2.46
Berat isi kering (g/cm ³)		2.26	2.30	2.36	2.33	2.28

KADAR AIR		A	B	C	D	E
Berat tanah basah (g)		500	500	500	500	500
Berat tanah kering (g)		488	484	480	474	464
Berat air (g)		12.00	16.00	20.00	26.00	36.00
Kadar air (%)		2.46	3.31	4.17	5.49	7.76

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan



Gambar 4.3 Grafik Pemadatan

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Pada grafik pemadatan diatas (gambar 4.3) menunjukkan bahwa pada setiap usaha pemadatan tertentu, kepadatan tercapai tergantung pada kadar air tersebut. Apabila kadar air rendah, agregat tersebut bersifat keras atau kaku sehingga sulit untuk dipadatkan. Bila dipadatkan dengan kadar air terkontrol maka air akan berfungsi sebagai pelumas pada agregat tersebut akan lebih mudah bergeser satu sama lainnya dalam membentuk kedudukan yang lebih padat. Dengan peningkatan kadar air maka berat isi kering agregat meningkat seiring peningkatan kadar air dan kurva pemadatan bergerak naik hingga mencapai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum pada kondisi ini rongga udara tidak ada sama sekali karena rongga udara telah terisi penuh oleh air. Pada kadar air yang lebih tinggi, kepadatannya akan turun karena pori atau rongga agregat tidak mampu lagi untuk menyerap air hal ini ditandai dengan kurva yang terus bergerak menurun. Dari grafik pemadatan diatas diperoleh nilai berat isi kering = 2,352 gr/cm³ dan kadar air laboratorium sebesar 5,218 % maka nilai kepadatan ini masuk dalam kategori baik sesuai spesifikasi umum bina marga 2018 (tidak disyaratkan).

4.3.6 Pengujian Nilai CBR Agregat Gabungan

Hasil pengujian campuran CBR dilakukan dalam tiga macam tumbukan dengan masing-masing tumbukan untuk setiap sampelnya yakni : 10 kali tumbukan, 35 kali tumbukan dan 65 kali tumbukan, untuk masing-masing sampel agregat yang digunakan adalah sebanyak 10.000 gram dengan komposisi batu pecah ($\frac{3}{4}$) 5.500 gram ($\frac{1}{2}$) 500 gram dan pasir 4.000 gram, dengan kadar air yang digunakan sebanyak 5.218 %. Dari hasil pengujian *Cbr* yang di lakukan telah memenuhi spesifikasi, agregat kasar dan agregat halus saling berikatan, dan tidak mudah bergeser.

Perhitungan Nilai CBR 0,2 Inch.

$$\text{CBR (\%)} = \frac{\text{Beban Penetrasi Bahan}}{\text{Beban Penetrasi Standar}} \times 100$$

$$10 \text{ x Tumbukan (\%)} \quad \frac{2480}{4500} \times 100 = 55,10\%$$

$$35 \text{ x Tumbukan (\%)} \quad \frac{3440}{4500} \times 100 = 76,44\%$$

$$65 \text{ x Tumbukan (\%)} \quad \frac{5412}{4500} \times 100 = 120,26\%$$

Nilai CBR maksimum dari agregat gabungan dihasilkan dari kepadatan maksimum. Dari nilai CBR agregat kelas A pada *quarry* Lilana untuk tiga variasi tumbukkan (10 kali, 35 kali dan 65 kali) pada penetrasi 0.1 inchi dan 0.2 inchi diperoleh nilai CBR terbesar pada penurunan 0.2 inchi yaitu untuk 10 kali tumbukan diperoleh 55,10%, untuk 35 kali tumbukan diperoleh nilai 76,44%, dan 65 kali tumbukan diperoleh nilai 120,26%. Nilai CBR ditentukan oleh nilai kepadatan agregat gabungan. Semakin padat suatu agregat gabungan maka semakin tinggi nilai *Cbr*. Hal ini berarti semakin padat suatu agregat gabungan maka semakin besar daya dukungnya terhadap penetrasi beban yang diterima.

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Penetrasi CBR 10 Kali Tumbukan

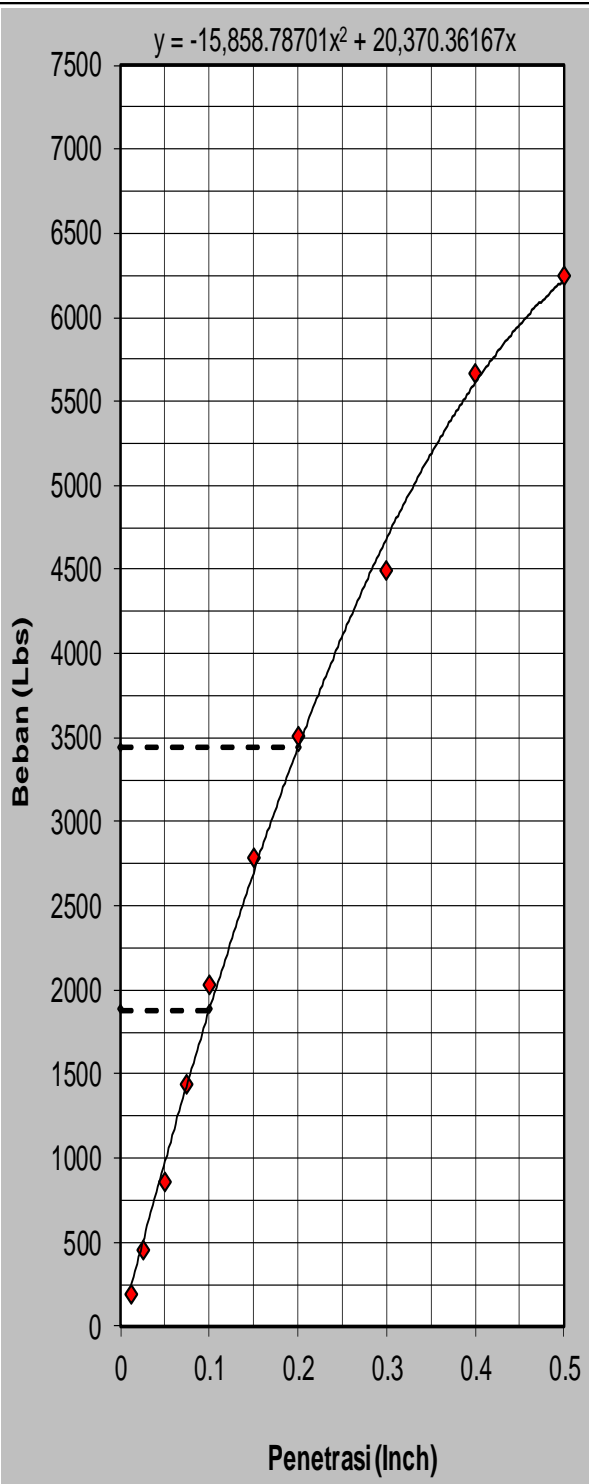
Metode	: D		
Tumbukan	: 10 kali		
BERAT ISI			
Volume mol (cm ³)	2,115		
Berat mol (g)	7,007		
Berat mol + tanah (g)	11,864		
Berat tanah (g)	4,857		
Berat isi basah (g/cm ³)	2.30		
Berat isi kering (g/cm ³)	2.18		
KADAR AIR			
Berat tanah basah (g)	500		
Berat tanah kering (g)	475		
Berat air (g)	25		
Kadar air (%)	5.263		
PENETRASI CBR			
Proving ring: 44.8907 Lbs/div			
Waktu (menit)	Penurunan (inch)	Pembacaan (div)	Beban (lbs)
0.25	0.0125	2	90
0.50	0.0250	5	224
1.00	0.0500	11	494
1.50	0.0750	23	1,032
2.00	0.1000	32	1,437
3.00	0.1500	41	1,841
4.00	0.2000	59	2,649
6.00	0.3000	78	3,501
8.00	0.4000	90	4,040
10.00	0.5000	109	4,893
NILAI CBR			
0.1 Inch %	$\frac{1332}{3000} \times 100$	44.39%	
0.2 Inch %	$\frac{2480}{4500} \times 100$	55.10%	

$y = -9,202.31467x^2 + 14,238.10265x$

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Penetrasi CBR 35 Kali Tumbukan

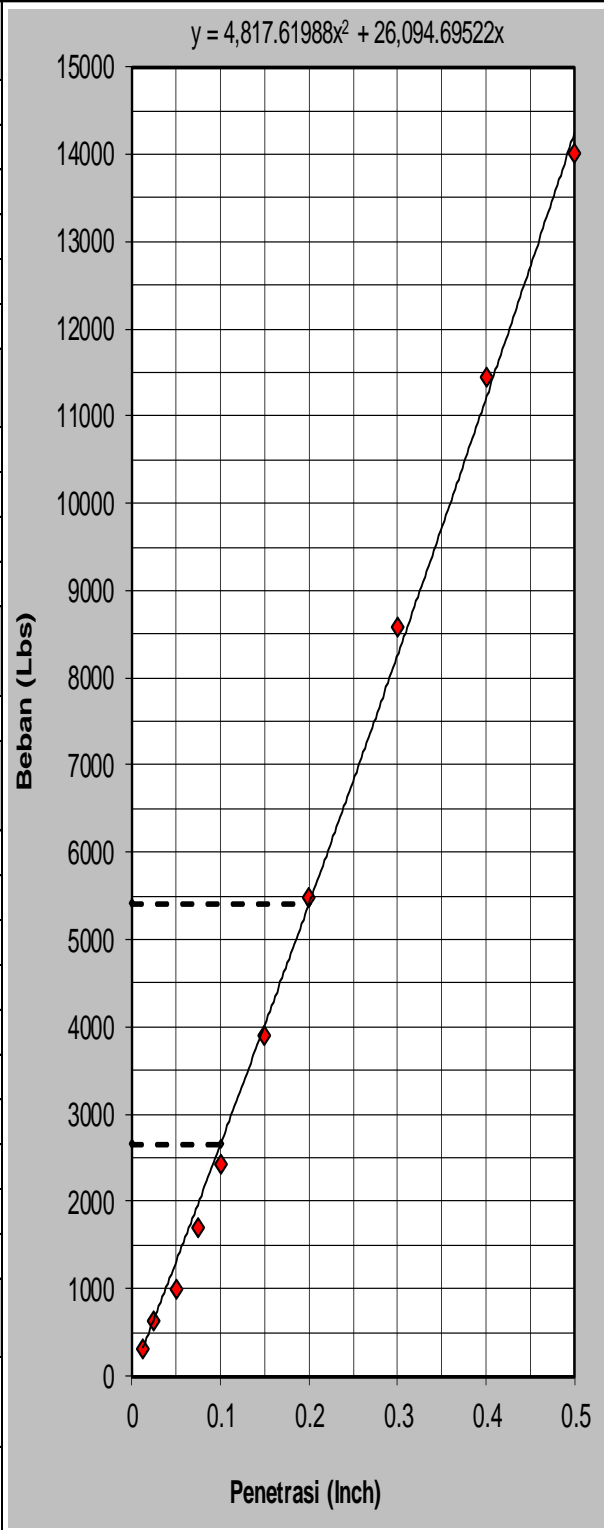
Metode : D			
Tumbukan : 35 kali			
BERAT ISI			
Volume mol (cm ³)	2,107		
Berat mol (g)	7,429		
Berat mol + tanah (g)	12,464		
Berat tanah (g)	5,035		
Berat isi basah (g/cm ³)	2.39		
Berat isi kering (g/cm ³)	2.27		
KADAR AIR			
Berat tanah basah (g)	500		
Berat tanah kering (g)	475		
Berat air (g)	25		
Kadar air (%)	5.263		
PENETRASI CBR			
Proving ring: 44.8907 Lbs/div			
Waktu (menit)	Penurunan (inch)	Pembacaan (div)	Beban (lbs)
0.25	0.0125	4	180
0.50	0.0250	10	449
1.00	0.0500	19	853
1.50	0.0750	32	1,437
2.00	0.1000	45	2,020
3.00	0.1500	62	2,783
4.00	0.2000	78	3,501
6.00	0.3000	100	4,489
8.00	0.4000	126	5,656
10.00	0.5000	139	6,240
NILAI CBR			
0.1 Inch %	$\frac{1878}{3000} \times 100$	62.61%	
0.2 Inch %	$\frac{3440}{4500} \times 100$	76.44%	



Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Penetrasi CBR 65 Kali Tumbukan

Metode : D			
Tumbukan : 65 kali			
BERAT ISI			
Volume mol (cm ³)	2,107		
Berat mol (g)	7,231		
Berat mol + tanah (g)	12,685		
Berat tanah (g)	5,454		
Berat isi basah (g/cm ³)	2.59		
Berat isi kering (g/cm ³)	2.46		
KADAR AIR			
Berat tanah basah (g)	500		
Berat tanah kering (g)	475		
Berat air (g)	25		
Kadar air (%)	5.263		
PENETRASI CBR			
Proving ring: 44.8907 Lbs/div			
Waktu (menit)	Penurunan (inch)	Pembacaan (div)	Beban (lbs)
0.25	0.0125	7	314
0.50	0.0250	14	628
1.00	0.0500	22	988
1.50	0.0750	38	1,706
2.00	0.1000	54	2,424
3.00	0.1500	87	3,905
4.00	0.2000	122	5,477
6.00	0.3000	191	8,574
8.00	0.4000	255	11,447
10.00	0.5000	312	14,006
NILAI CBR			
0.1 Inch %	$\frac{2658}{3000} \times 100$	88.59%	
0.2 Inch %	$\frac{5412}{4500} \times 100$	120.26%	



Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

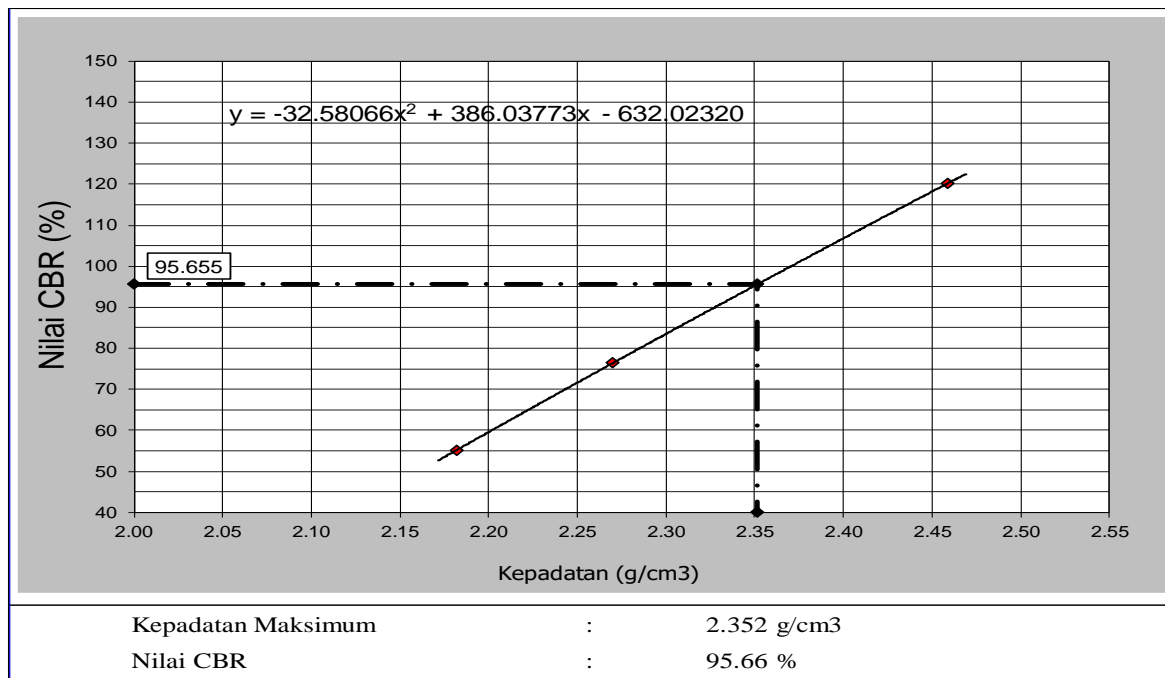
4.3.6.1 Hubungan Kepadatan dan CBR

Dalam pengujian ini kadar air yang di gunakan adalah kadar air optimum agar menghasilkan kepadatan yang maksimum dan kepadatan maksimum ini akan menghasilkan nilai *Cbr* yang memenuhi spesifikasi pengujian. Berikut grafik hubungan kepadatan dan nilai *Cbr*.

Tabel 4.15 Hubungan Kepadatan dan CBR

Jumlah tumbukan	10	35	65
Berat Isi (g/cm ³)	2.18	2.27	2.46
Kadar Air (%)	5.263	5.263	5.263
Nilai CBR (%)	55.10	76.44	120.26

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan



Gambar 4.4 Grafik CBR dan Kepadatan Maksimum

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

Dari gambar grafik 4.4 didapat nilai CBR = 95.66% dengan kepadatan maksimum/berat isi kering 2.352 g/cm³

4.4 Pembahasan

Untuk mengetahui karakteristik dan kualitas material maka perlu dilakukan beberapa pengujian dengan mengacu pada spesifikasi. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian material *quarry* Lilana, Desa Nefokoko, Kecamatan Mollo Utara, Kabupaten Timor Tengah Selatan yang telah memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Tabel 4.16 Rekap Hasil Pengujian Karakteristik Material dan Kualitas Material

No	Pengujian	Hasil		Spesifikasi	Keterangan
		Agregat Kasar	Agregat Halus		
Karakteristik Material					
1	Berat Jenis			-	-
	-Berat Jenis (Bulk)	3.051	2.530		
	-Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	3.110	2.585	-	-
	-Berat Jenis Semu (Apparent)	3.303	2.676		
	-Penyerapan Air (Absorption)	1.737	2.145	> 3 %	Memenuhi
2	Butiran Pecah Tertahan Ayakan no. 4	1.0	-	1.05	Memenuhi
3	Batas Cair	Np		0-25	Memenuhi
4	Indeks Plastisitas	Np		0-6	Memenuhi
Kualitas Material					
1	Abrasi	19.79		0-40	Memenuhi
2	Analisis Gradasi Gabungan	Batu Pecah 1/2 (5%), 3/4 (55%) dan Pasir (40%)		Nilai nya tidak boleh lebih kecil dan lebih besar dari batas minimum dan batas maximum	Memenuhi
3	Berat Isi Kering Maksimum	2.352		Tdk disyaratkan	Memenuhi
4	Kadar Air	5,218		Tdk disyaratkan	Memenuhi
5	Perbandingan lolos ayakan No. 200 dan No. 40	-	0.33	0,66	Memenuhi
6	CBR	95%		90-100	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Tahun 2023 di Laboratorium PU Timor Tengah Selatan

- a) Dari hasil analisa diatas di dapat kualitas dan karakteristik sebagai berikut :
1. Berikut hasil pengujian terhadap karakteristik material quarry Lilana :
 Pada pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar 1,373% dan agregat halus 2,145% telah memenuhi spesifikasi karna hasil pengujian <3%.
 2. Pada pengujian butiran pecah yang tertahan yakan no.4 1,0 telah memenuhi spesifikasi karena hasil pengujian tidak >1,05.
 3. Pada pengujian batas cair dan indeks plastisitas yang dilakukan oleh CV. Prastika Jaya nilai material nya non plastis.

- b) Dari hasil pengujian dan analisis diatas di dapat kualitas sebagai berikut :
1. Pada pengujian abrasi telah memenuhi spesifikasi dengan nilai 19,79% sedangkan nilai abrasi yang disyaratkan agregat kelas A tidak boleh lebih besar dari 40%
 2. Pada komposisi gradasi gabungan telah memenuhi spesifikasi dengan nilai rentang antara nilai batas atas maximum dan batas bawah minimum.
 3. Dengan menggunakan kadar air optimum proses pemadatan sebesar 5,218%, maka dihasilkan kepadatan kering sebesar 2,352%.
 4. Perbandingan lolos ayakan no.200 dan 40 telah memenuhi spesifikasi dengan nilai 0,33 sedangkan nilai yang di syaratkan tidak boleh $>0,60$.
 5. Nilai *CBR* yang di syaratkan untuk agregat kelas A tidak boleh lebih kecil dari 90% dari hasil pengujian di dapatkan nilai *CBR* sebesar 95,66% dan telah memenuhi spesifikasi.