

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Sampel dan Data

4.1.1 Pengambilan Sampel

Proses pengambilan sampel material pada penelitian ini dilakukan di *quarry* Parewatana milik PT. Bumi Indah dan *quarry* Kanatang milik PT. Teratai. Masing-masing material yang terdapat pada kedua *quarry* tersebut ditumpuk berdasarkan jenisnya, sehingga proses pengambilan sampel material dalam penelitian ini menggunakan metode *Systematic Random Sampling* (sesuai SNI 03-6889-2002) yang mempunyai tujuan untuk mendapatkan sampel yang benar-benar mewakili keseluruhan material.

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menyekop material yang berada pada masing-masing tumpukan dan dimasukkan kedalam karung. Penyekopan dilakukan dari segala arah yakni dari bagian atas, bagian bawah, samping kiri, dan samping kanan tumpukan material tersebut. Pengambilan sampel yaitu batu pecah dengan ukuran $\frac{3}{4}$ " lalu diikuti dengan batu pecah $\frac{1}{2}$ ", pasir, abu batu beserta aspal produksi Pertamina dengan nilai penetrasi 60/70 yang dipakai PT. Bumi Indah dan PT. Teratai untuk memproduksi campuran aspal panas. Sampel yang telah terkumpul lalu dibawa ke Laboratorium Balai Pengujian dan Peralatan Dinas Pekerjaan Umum, Propinsi Nusa Tenggara Timur untuk dilakukan pengujian. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian fisik material yang terdiri dari pengujian berat jenis dan penyerapan, keausan agregat kasar, dan analisa saringan atau gradasi. Setelah dilakukan pengujian fisik material maka selanjutnya dilakukan proses pemadatan dan pengujian *Marshall*.

4.1.2 Pengambilan Data

Data yang dimaksud berupa pengujian-pengujian yang dilakukan di Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum Kota Kupang antara lain :

a. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian Gradasi atau Analisa Saringan pada agregat kasar (Batu Pecah $\frac{3}{4}$ " dan Batu Pecah $\frac{1}{2}$ ") dan agregat halus berupa (Abu Batu dan Pasir) pada material dari *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang.

b. pengujian Berat Benis dan Penyerapan Air

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar (Batu Pecah $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah $\frac{1}{2}$ ") dan Agregat Halus berupa (Abu Batu dan Pasir) pada material dari *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang.

c. Pengujian abrasi

Pengujian Abrasi dilakukan pada agregat kasar yaitu Batu pecah $\frac{3}{4}$ " dan batu pecah $\frac{1}{2}$ ". pengujian abrasi dilakukan untuk mengetahui ketahanan material.

d. Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* pada material *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang.

e. Data pengujian aspal pertama penetrasi 60/70

Data pengujian aspal PEN 60/70 merupakan data sekunder yang di peroleh dari Laboratorium Pengujian Dinas Pekerjaan Umum Propinsi NTT.

4.2 Analisa Data

4.2.1 Pemeriksaan Gradasi atau Analisa Saringan

Pemeriksaan gradasi dilakukan dengan cara menyaring masing-masing material baik itu agregat kasar, agregat halus maupun bahan pengisi atau *filler* untuk mendapatkan presentasi lolos saringan. Pemeriksaan gradasi atau pemisahan ukuran butiran dilakukan guna mendapatkan ukuran butiran setiap jenis material sesuai dengan spesifikasi pada saat proporsi agregat gabungan. Pemeriksaan gradasi untuk setiap material menggunakan dua benda uji yaitu benda uji I dan benda uji II yang bertujuan untuk mendapatkan nilai rata-rata. Dengan mengacu pada SNI 03-1968-1990 berikut ini adalah hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar, agregat halus dan abu batu. Perhitungan terhadap pemeriksaan material ini selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Pengujian analisa saringan agregat kasar, agregat halus dan abu batu dari *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang dapat dilihat pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, Tabel 4.6, Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 berikut :

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Gradasi Batu Pecah ¾ Parewatana

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 4,489				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 5,094				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100.00
1/2	12.5	4061	4606	90.47	90.42	9.53	9.58	9.56
3/8	9.50	4226	4827	94.14	94.76	5.86	5.24	5.55
No.4	4.75	4478	5085	99.75	99.82	0.25	0.18	0.21
No.8	2.36							
No.16	1.18							
No.30	0.600							
No.50	0.300							
No.100	0.150							
No.200	0.075							

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Gradasi Batu Pecah ½ Parewatana

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 5092				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 4576				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100.00
3/8	9.50	3336	3017	65.51	65.93	34.49	34.07	34.28
No.4	4.75	5080	4559	99.76	99.63	0.24	0.37	0.30
No.8	2.36	5082	4565	99.80	99.76	0.20	0.24	0.22
No.16	1.18	5083	4566	99.82	99.78	0.18	0.22	0.20
No.30	0.60							
No.50	0.30							
No.100	0.15							
No.200	0.075							

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus (Pasir Alam) Parewatana

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1989				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 2059				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9.50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4.75	0	0	0	0	100	100	100
No.8	2.36	18	20	0.90	0.97	99.10	99.03	99.06
No.16	1.18	79	82	3.97	3.98	96.03	96.02	96.02
No.30	0.60	495	513	24.89	24.92	75.11	75.08	75.10
No.50	0.30	1468	1514	73.81	73.53	26.19	26.47	26.33
No.100	0.15	1927	1994	96.88	96.84	3.12	3.16	3.14
No.200	0.075	1978	2047	99.45	99.42	0.55	0.58	0.57

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Gradasi Abu Batu Parewatana

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1991				Rata- Rata
				Berat benda uji II (g) = 2012				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9.50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4.75	0	0	0	0	100	100	100
No.8	2.36	436	440	21.90	21.87	78.10	78.13	78.10
No.16	1.18	1459	1476	73.28	73.36	26.72	26.64	26.72
No.30	0.60	1565	1585	78.60	78.78	21.40	21.22	21.40
No.50	0.30	1815	1835	91.16	91.20	8.84	8.80	8.84
No.100	0.150	1863	1884	93.57	93.64	6.43	6.36	6.43
No.200	0.075	1877	1897	94.27	94.28	5.73	5.72	5.73

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Gradasi Batu Pecah $\frac{3}{4}$ Kanatang

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 4,432				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 3,050				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	1313	887	29.63	29.08	70.37	70.92	70.65
3/8	9.50	3309	2276	74.66	74.62	25.34	25.38	25.36
No.4	4.75	4420	3041	99.73	99.70	0.27	0.30	0.28
No.8	2.36							
No.16	1.18							
No.30	0.600							
No.50	0.300							
No.100	0.150							
No.200	0.075							

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Gradasi Batu Pecah $\frac{1}{2}$ Kanatang

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 4447				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 5102				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
				I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9.50	236	271	5.31	5.31	94.69	94.69	94.69
No.4	4.75	4109	4713	92.40	92.38	7.60	7.62	7.61
No.8	2.36	4438	5091	99.80	99.78	0.20	0.22	0.21
No.16	1.18	4441	5096	99.87	99.88	0.13	0.12	0.13
No.30	0.60							
No.50	0.30							
No.100	0.15							
No.200	0.075							

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus (Pasir Alam) Kanatang

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1987				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 2009				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
		I	II	I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9.50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4.75	0	0	0	0	100	100	100
No.8	2.36	261	260	13.14	12.94	86.86	87.06	86.96
No.16	1.18	628	636	31.61	31.66	68.39	68.34	68.37
No.30	0.60	1194	1206	60.09	60.03	39.91	39.97	39.94
No.50	0.30	1580	1597	79.52	79.49	20.48	20.51	20.50
No.100	0.15	1842	1864	92.70	92.78	7.30	7.22	7.26
No.200	0.075	1874	1895	94.31	94.33	5.69	5.67	5.68

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.8 Hasil Pemeriksaan Gradasi Abu Batu Kanatang

SARINGAN		Jumlah Tertahan		Berat benda uji I (g) = 1987				Rata-Rata
				Berat benda uji II (g) = 1912				
(ASTM)	(mm)	I	II	Persen Tertahan		Persen Lolos		
		I	II	I	II	I	II	
3/4	19.0	0	0	0	0	100	100	100
1/2	12.5	0	0	0	0	100	100	100
3/8	9.50	0	0	0	0	100	100	100
No.4	4.75	0	0	0	0	100	100	100
No.8	2.36	602	564	30.30	29.50	69.70	70.50	70.10
No.16	1.18	1378	1315	69.35	68.78	30.65	31.22	30.94
No.30	0.60	1481	1426	74.53	74.58	25.47	25.42	25.44
No.50	0.30	1628	1554	81.93	81.28	18.07	18.72	18.40
No.100	0.150	1735	1670	87.32	87.34	12.68	12.66	12.67
No.200	0.075	1809	1740	91.04	91.00	8.96	9.00	8.98

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Contoh perhitungan analisa saringan yang mewakili keseluruhan material untuk membuktikan hasil dari pengujian yaitu agregat batu pecah ½ pada

saringan No.4 (4,75 mm) dari *quarry Kanatang*. Formula dan perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Benda uji I
 - a. Berat benda uji I : 4447 gram
 - b. Jumlah berat tertahan benda uji I : 4109 gram
 - (a). Komulatif persen tertahan : $(4109 / 4447) \times 100 \% = 92,40 \%$
 - (b). Persen lolos : $100 - 92,40 = 7.60 \%$
2. Benda uji II
 - a. Berat benda uji II : 5102 gram
 - b. Jumlah berat tertahan benda uji II : 4713 gram
 - (a). Komulatif persen tertahan : $(4713 / 5102) \times 100 \% = 92,38 \%$
 - (b). Persen lolos : $100 - 92,38 = 7.62 \%$
3. Nilai rata – rata persen lolos : $(7,60 + 7,62) / 2 = 7,61 \%$

4.2.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pemeriksaan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan (*SSD*), berat jenis semu (*apparent*) dan kemampuan agregat dalam menyerap air atau dikenal dengan penyerapan air. Dengan mengacu pada SNI 03-1969-2008 (agregat kasar) dan SNI 03-1970-2008 (agregat halus dan bahan pengisi).

Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi berupa abu batu dari *quarry Parewatana* dan *quarry Kanatang* dapat dilihat pada Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.11, Tabel 4.12 dan Tabel 4.13, Tabel 4.14, Tabel 4.15, Tabel 4.16. Perhitungan terhadap pemeriksaan material ini selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.9 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah $\frac{3}{4}$ Parewatana

PEMERIKSAAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,579	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>SSD</i>	-	2,611	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2,666	-	Tidak Disyaratkan
Penyerapan Air	%	1,275	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.10 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah ½ Parewatana

PEMERIKSAAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,574	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>SSD</i>	-	2,608	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2,665	-	Tidak Disyaratkan
Penyerapan Air	%	1,320	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.11 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir Alam Parewatana

PEMERIKSAAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,550	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>SSD</i>	-	2,581	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2,633	-	Tidak Disyaratkan
Penyerapan Air	%	1,245	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.12 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Batu Parewatana

PEMERIKSAAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,613	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>SSD</i>	-	2,633	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2,665	-	Tidak Disyaratkan
Penyerapan Air	%	0,747	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.13 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah ¾ Kanatang

PEMERIKSAAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,647	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>SSD</i>	-	2,653	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2,665	-	Tidak Disyaratkan
Penyerapan Air	%	0,258	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.14 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah ½ Kanatang

PEMERIKSAAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,649	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>SSD</i>	-	2,662	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2,684	-	Tidak Disyaratkan
Penyerapan Air	%	0,481	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.15 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Pasir Alam Kanatang

PEMERIKSAAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,567	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>SSD</i>	-	2,634	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2,751	-	Tidak Disyaratkan
Penyerapan Air	%	2,605	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.16 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Abu Batu Kanatang

PEMERIKSAAN	SATUAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
Berat Jenis <i>Bulk</i>	-	2,634	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>SSD</i>	-	2,671	-	Tidak Disyaratkan
Berat Jenis <i>Apparent</i>	-	2,736	-	Tidak Disyaratkan
Penyerapan Air	%	1,420	Max 3	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Contoh perhitungan berat jenis dan penyerapan yang mewakili keseluruhan material untuk membuktikan hasil dari pengujian yaitu batu pecah $\frac{3}{4}$ dan abu batu dari *quarry Kanatang*. Formula dan perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Batu pecah $\frac{3}{4}$

a. Berat jenis *bulk*

(a) Berat benda uji A kering oven (BK) : 5430 gram

- (b) Berat benda uji A permukaan jenuh (BJ) : 5444 gram
- (c) Berat benda uji A di dalam air (BA) : 3394 gram
- (d) Benda uji A : $(5430 / (5444 - 3394)) = 2,649$
- (e) Berat benda uji B kering oven (BK) : 5051 gram
- (f) Berat benda uji B permukaan jenuh (BJ) : 5064 gram
- (g) Berat benda uji B di dalam air (BA) : 3154 gram
- (h) Benda uji B : $(5051 / (5064 - 3154)) = 2,645$
- (i) Nilai rata – rata : $(2,649 + 2,645) / 2 = 2,647$

b. Berat jenis *SSD*

- (a) Berat benda uji A permukaan jenuh (BJ) : 5444 gram
- (b) Berat benda uji A di dalam air (BA) : 3394 gram
- (c) Benda uji A : $(5444 / (5444 - 3394)) = 2,656$
- (d) Berat benda uji B permukaan jenuh (BJ) : 5064 gram
- (e) Berat benda uji B di dalam air (BA) : 3154 gram
- (f) Benda uji B : $(5064 / (5064 - 3154)) = 2,651$
- (g) Nilai rata – rata : $(2,656 + 2,651) / 2 = 2,653$

c. Berat jenis *apparent*

- (a) Berat benda uji A kering oven (BK) : 5430 gram
- (b) Berat benda uji A di dalam air (BA) : 3394 gram
- (c) Benda uji A : $(5430 / (5430 - 3394)) = 2.667$
- (d) Berat benda uji B kering oven (BK) : 5051 gram
- (e) Berat benda uji B di dalam air (BA) : 3154 gram
- (f) Benda uji B : $(5051 / (5051 - 3154)) = 2.663$
- (g) Nilai rata – rata : $(2,667 + 2,663) / 2 = 2,665$

d. Penyerapan air

- (a) Berat benda uji A permukaan jenuh (BJ) : 5444 gram
- (b) Berat benda uji A kering oven (BK) : 5430 gram
- (c) Benda uji A : $((5444 - 5430) / 5430) \times 100 \% = 0,258 \%$
- (d) Berat benda uji B permukaan jenuh (BJ) : 5064 gram
- (e) Berat benda uji B kering oven (BK) : 5051 gram
- (f) Benda uji B : $((5064 - 5051) / 5051) \times 100 \% = 0,257 \%$
- (g) Nilai rata – rata : $(0,258 + 0,257) / 2 = 0,258$

2. Bahan pengisi (abu batu)

a. Berat jenis *bulk*

- (a) Berat benda uji A kering oven (BK) : 492,99 gram
- (b) Berat benda uji A piknometer + air (B) : 677,80 gram
- (c) Berat benda uji A permukaan jenuh (500) : 500 gram
- (d) Berat piknometer + air + benda uji A (Bt) : 990,78 gram
- (e) Benda uji A : $(492,99 / (677,80 + 500 - 990,78)) = 2,636$
- (f) Berat benda uji B kering oven (BK) : 493,01 gram
- (g) Berat benda uji B piknometer + air (B) : 686,10 gram
- (h) Berat benda uji B permukaan jenuh (500) : 500 gram
- (i) Berat piknometer + air + benda uji B (Bt) : 998,73 gram
- (j) Benda uji B : $(493,01 / (686,10 + 500 - 998,73)) = 2,631$
- (k) Nilai rata – rata : $(2,636 + 2,631) / 2 = 2,634$

b. Berat jenis *SSD*

- (a) Berat benda uji A permukaan jenuh (500) : 500 gram
- (b) Berat benda uji A piknometer + air (B) : 677,80 gram
- (c) Berat piknometer + air + benda uji A (Bt) : 990,78 gram
- (d) Benda uji A : $(500 / (677,80 + 500 - 990,78)) = 2,674$
- (e) Berat benda uji B permukaan jenuh (500) : 500 gram
- (f) Berat benda uji B piknometer + air (B) : 686,10 gram
- (g) Berat piknometer + air + benda uji B (Bt) : 998,73 gram
- (h) Benda uji B : $(500 / (686,10 + 500 - 998,73)) = 2,669$
- (i) Nilai rata – rata : $(2,674 + 2,669) / 2 = 2,671$

c. Berat jenis *apparent*

- (a) Berat benda uji A kering oven (BK) : 492,99 gram
- (b) Berat benda uji A piknometer + air (B) : 677,80 gram
- (c) Berat piknometer + air + benda uji A (Bt) : 990,78 gram
- (d) Benda uji A : $(492,99 / (677,80 + 492,99 - 990,78)) = 2,739$
- (e) Berat benda uji B kering oven (BK) : 493,01 gram
- (f) Berat benda uji B piknometer + air (B) : 686,10 gram
- (g) Berat piknometer + air + benda uji B (Bt) : 998,73 gram
- (h) Benda uji B : $(493,01 / (686,10 + 493,01 - 998,73)) = 2,733$
- (i) Nilai rata – rata : $(2,739 + 2,733) / 2 = 2,736$

d. Penyerapan air

(a) Berat benda uji A permukaan jenuh (500) : 500 gram

(b) Berat benda uji A kering oven (BK) : 492,99 gram

(c) Benda uji A : $((500 - 492,99) / 492,99) \times 100 \% = 1,422 \%$

(d) Berat benda uji B permukaan jenuh (500) : 500 gram

(e) Berat benda uji B kering oven (BK) : 493,01 gram

(f) Benda uji B : $((500 - 493,01) / 493,01) \times 100 \% = 1,418 \%$

(g) Nilai rata – rata : $(1,422 + 1,418) / 2 = 1,420 \%$

4.2.3 Pemeriksaan Abrasi atau Keausan Agregat Kasar

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis, seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan jalan (penimbunan, pengharapan, dan pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas dan proses kimiawi seperti pengaruh kelembaban, kepanasan dan perubahan suhu sepanjang hari. Pengujian ini dilakukan pada material batu pecah yang lolos saringan ukuran $\frac{3}{4}$ " dan tertahan saringan $\frac{3}{8}$ ". Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12.

Daya tahan agregat terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan pengujian abrasi sesuai dengan SNI 03-2417-2008. Hasil pengujian abrasi dari *quarry* Kanatang dan *quarry* Parewatana dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18 berikut :

Tabel 4.17 Hasil Pemeriksaan Abrasi Agregat Kasar Kandatng

SARINGAN				GRADASI PEMERIKSAAN`	
Lolos	Bukaan Saringan	Tertahan	Bukaan Saringan	Jumlah Berat (I)	Jumlah Berat (II)
(ASTM)	(mm)	(ASTM)	(mm)	(Gram)	(Gram)
¾"	19,1	½"	12,7	2500	2500
½"	12,7	3/8"	9,52	2500	2500
Berat benda uji semula (Gram)			A	5000	5000
Tertahan saringan No.12 (Gram)			B	3779	3775
Keausan (%)			C	24,42	24,50
Keausan rata-rata (%)				24,46	
Keterangan : $c = (a - b) / a \times 100 \%$					

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.18 Hasil Pemeriksaan Abrasi Agregat Kasar Parewatana

SARINGAN				GRADASI PEMERIKSAAN`	
Lolos	Bukaan Saringan	Tertahan	Bukaan Saringan	Jumlah Berat (I)	Jumlah Berat (II)
(ASTM)	(mm)	(ASTM)	(mm)	(Gram)	(Gram)
¾"	19,1	½"	12,7	2500	2500
½"	12,7	3/8"	9,52	2500	2500
Berat benda uji semula (Gram)			A	5000	5000
Tertahan saringan No.12 (Gram)			B	3962	3970
Keausan (%)			C	20,76	20,60
Keausan rata-rata (%)				20,68	
Keterangan : $c = (a - b) / a \times 100 \%$					

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Hasil pengujian abrasi agregat kasar yang terdapat pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18 memenuhi standar pengujian yang disyaratkan yakni maksimum 40 % (Spesifikasi Bina Marga tahun 2010 Revisi 3) dengan nilai keausan agregat kasar *quarry Parewatana* yaitu 20,68 % dan *quarry Kandatng* yaitu 24,46 %. Dari

hasil pemeriksaan keausan agregat kasar dari kedua *quarry* diatas selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

4.2.4 Data Aspal Penetrasi 60/70

Pemeriksaan aspal 60/70 tidak dilakukan dalam penelitian (karena data sekunder) tetapi diambil data hasil pengujian yang sudah dilakukan oleh teknisi laboratorium. Hasil dari pemeriksaan tersebut terlihat bahwa pengujian aspal 60/70 memenuhi spesifikasi menurut Bina Marga tahun 2010. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut ini :

Tabel 4.19 Hasil Pemeriksaan Aspal

NO	JENIS PENGUJIAN	HASIL	SPESIFIKASI	KETERANGAN
1.	Penetrasi 25, 100 gr, 5 dtk	66,80	60-70	Memenuhi
2.	Berat Jenis	1,030	$\geq 1,0$	Memenuhi
3.	Daktalitas 25 C° 5 Cm/menit	> 140	≥ 100	Memenuhi

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium

4.2.5 Rancangan Gradasi Agregat Gabungan

Dari hasil pengujian gradasi, keausan, serta berat jenis dan penyerapan maka material dari *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang layak digunakan sebagai material campuran Lataston *Hrs-Base* karena memenuhi standar spesifikasi yang ditetapkan. Dengan demikian, untuk merancang sebuah gradasi agregat campuran atau saat ini dikenal dengan gradasi agregat gabungan maka pemilihan gradasi menerus merupakan gradasi agregat gabungan yang layak untuk campuran aspal panas Lataston. Tujuan dibuat komposisi agregat gabungan yaitu untuk menentukan besarnya persentase dari masing-masing fraksi sehingga hasil persentase tersebut dapat diperoleh perkiraan kadar aspal (Pb) atau biasa disebut dengan kadar aspal tengah. Komposisi agregat gabungan atau campuran dapat diketahui dengan cara grafis (penggambaran kurva hubungan antara persentase lolos agregat dan ukuran saringan berada didalam kurva batas atas dan batas bawah (spesifikasi SNI 03-1737-1989).

Perhitungan persentase agregat gabungan *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan Tabel 4.21 berikut ini :

Tabel 4.20 Hasil Gradasi Agregat Gabungan Material Parewatana

No. Sar	Agregat Kasar ¾"		Agregat Sedang ½"		Abu Batu		Pasir Alam		Total	Spek. %
	9 %		35 %		46 %		10 %		100 %	
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	
¾"	100	9	100	35	100	46	100	10	100	100
½"	9,56	0,86	100	35	100	46	100	10	91,86	90 – 100
⅜"	5,55	0,50	34,28	12	100	46	100	10	68,50	65 – 90
# 4	0,21	0,02	0,30	0,11	100	46	100	10	56,13	
# 8	-	-	0,22	0,08	78,10	35,93	99,06	9,91	45,91	35 – 55
# 16	-	-	0,20	0,07	26,72	12,29	96,02	9,60	21,96	
# 30	-	-	-	-	21,40	9,84	75,10	7,51	17,35	15 – 35
# 50	-	-	-	-	8,84	4,07	26,33	2,63	6,70	
# 100	-	-	-	-	6,43	2,96	3,14	0,31	3,27	
# 200	-	-	-	-	5,73	2,63	0,57	0,06	2,69	2 – 9

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.21 Hasil Gradasi Agregat Gabungan Material Kanatang

No. Sar	Agregat Kasar ¾"		Agregat Sedang ½"		Abu Batu		Pasir Alam		Total	Spek. %
	12 %		31 %		47 %		10 %		100 %	
	A	B	C	D	E	F	G	H	K	
¾"	100	12	100	31	100	47	100	10	100	100
½"	70,65	8,48	100	31	100	47	100	10	96,48	90 – 100
⅜"	25,36	3,04	94,69	29,35	100	47	100	10	89,40	65 – 90
# 4	0,28	0,03	7,61	2,36	100	47	100	10	59,39	
# 8	-	-	0,21	0,06	70,10	32,95	86,96	8,70	41,71	35 – 55
# 16	-	-	0,13	0,04	30,94	14,54	68,37	6,84	21,42	
# 30	-	-	-	-	25,44	11,96	39,94	3,99	15,95	15 – 35
# 50	-	-	-	-	18,40	8,65	20,50	2,05	10,70	
# 100	-	-	-	-	12,67	5,95	7,26	0,73	6,68	
# 200	-	-	-	-	8,98	4,22	5,68	0,57	4,79	2 – 9

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Keterangan :

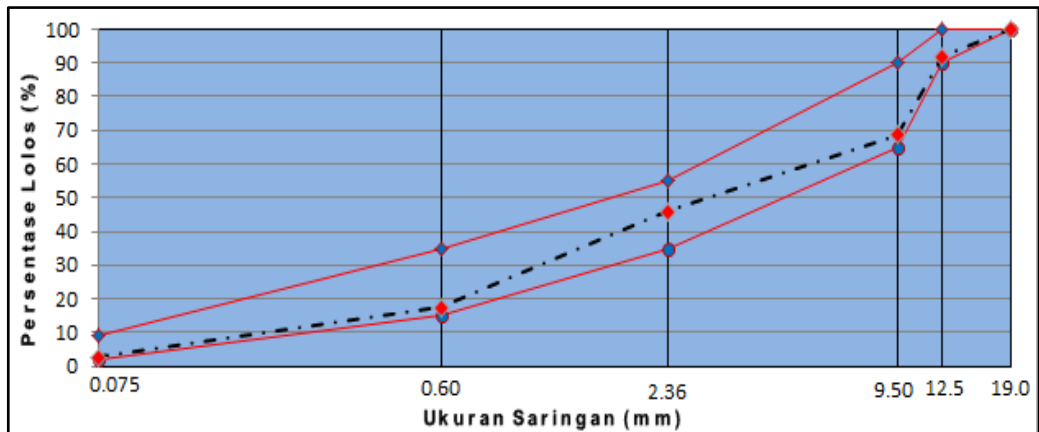
A, C, E, G, I : Persen lolos rata-rata masing-masing material

B, D, F, H, J : Komposisi campuran masing-masing material x A, C, E, G, I

K : B + D + F + H + J

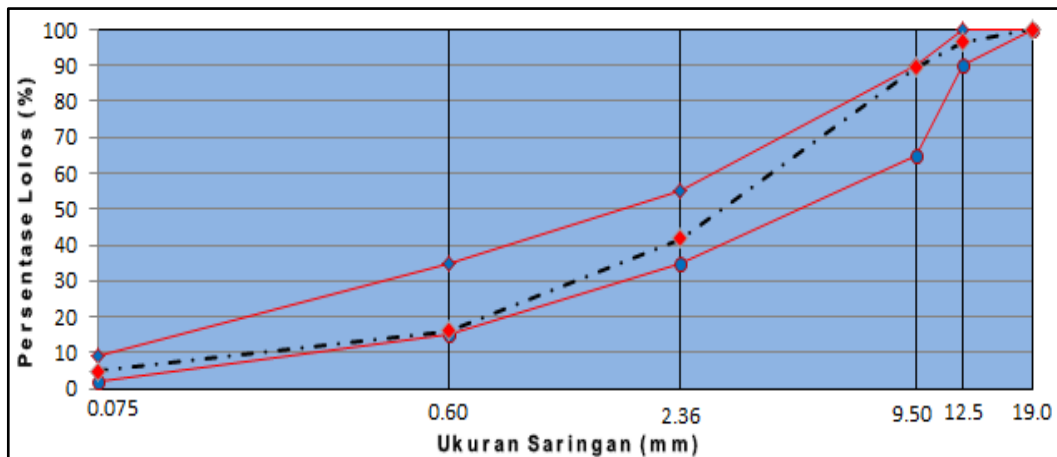
Dengan demikian grafik yang membuktikan bahwa pemilihan rancangan gradasi gabungan dari kedua *quarry* tersebut di atas sehingga memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2010 revisi 3 dapat disajikan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut :

Gambar 4.1 Kurva Rancangan Gradasi Gabungan Material Parewatana



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.2 Kurva Rancangan Gradasi Gabungan Material Kanatang



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Keterangan grafik :

- : Batas spesifikasi yang disyaratkan
- - - : Nilai hasil gradasi agregat campuran

4.2.6 Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb) dan Rancangan Benda Uji

Perhitungan kadar aspal rencana dapat ditentukan setelah diperoleh gradasi agregat gabungan dari masing-masing agregat yang telah memenuhi spesifikasi. Untuk perhitungan kadar aspal rencana dipergunakan rumus :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

Keterangan :

Pb : Kadar aspal rencana

CA : Proporsi fraksi kasar (100 – % lolos saringan No.8)

- FA : Proporsi fraksi halus (% lolos saringan No.8 – % lolos saringan No.200)
- FF : Proporsi fraksi bahan pengisi (% lolos saringan No.200)
- K : Konstanta untuk *Hrs-Base* (2 – 3)

a. *Quarry* Parewatana

Dari hasil gradasi agregat gabungan material *quarry* Parewatana (Tabel 4.20) diperoleh proporsi untuk masing-masing agregat dan berikut ini adalah perhitungan kadar aspal rencana.

$$\begin{aligned} CA &= 100 - 45,91 = 54,09 \% \\ FA &= 45,91 - 2,69 = 43,22 \% \\ FA &= 2,69 \% \\ K &= 2 \% \end{aligned}$$

Dari fraksi agregat yang telah diperoleh maka kadar aspal rencana dapat diperhitungkan menggunakan rumus yang telah ditentukan.

$$Pb = 0,035 (54,09\%) + 0,045 (43,22) + 0,18 (2,69) + 2$$

$$Pb = 6,32 \% \approx 6,5 \%$$

Kadar aspal yang diperoleh adalah 6,32 % dan dibulatkan menjadi 6,5 %, sehingga kadar aspal yang digunakan untuk proporsi pembuatan benda uji adalah : 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %, 7,0 %, 7,5 % sedangkan untuk tiap-tiap kadar aspal tersebut dibuat 2 benda uji sehingga jumlah benda uji kadar aspal perkiraan dalam penelitian ini berjumlah 10 (sepuluh) benda uji.

Berikut ini adalah contoh perhitungan komposisi rencana campuran beraspal atau beton aspal padat di laboratorium :

- (a). Kapasitas silinder beton aspal = 1200 gr.
- (b). Contoh Kadar aspal perkiraan = 6,0 %
= 6,0 % x 1200
= 72 gram
- (c). Misalnya percobaan komposisi persen batu pecah ½" adalah 35 % dengan kadar aspal perkiraan 6,0 %.
Batu pecah ½" = 35 % x (100 – 6,0) = 32,90 %
- (d). Berat masing-masing material untuk campuran *Hrs-Base* pada contoh kadar aspal 6,0 %.
Batu pecah ½" = (32,90 / 100) x 1200 = 394,80 Gram

b. *Quarry* Kanatang

Dari hasil gradasi agregat gabungan material *quarry* Kanatang (Tabel 4.21) diperoleh proporsi untuk masing-masing agregat dan berikut ini adalah perhitungan kadar aspal rencana.

$$CA = 100 - 41,71 = 58,29 \%$$

$$FA = 41,71 - 4,79 = 36,92 \%$$

$$FA = 4,79 \%$$

$$K = 2 \%$$

Dari fraksi agregat yang telah diperoleh maka kadar aspal rencana dapat diperhitungkan menggunakan rumus yang telah ditentukan.

$$P_b = 0,035 (58,29\%) + 0,045 (36,92) + 0,18 (4,79) + 2$$

$$P_b = 6,56 \% \approx 6,5 \%$$

Kadar aspal yang diperoleh adalah 6,56 % dan dibulatkan menjadi 6,5 %, sehingga kadar aspal yang digunakan untuk proporsi pembuatan benda uji adalah : 5,5 %, 6,0 %, 6,5 %, 7,0 %, 7,5 % sedangkan untuk tiap-tiap kadar aspal tersebut dibuat 2 benda uji sehingga jumlah benda uji kadar aspal perkiraan dalam penelitian ini berjumlah 10 (sepuluh) benda uji.

Berikut ini adalah contoh perhitungan komposisi rencana campuran beraspal atau beton aspal padat di laboratorium :

(a). Kapasitas silinder beton aspal = 1200 gr.

(b). Contoh Kadar aspal perkiraan = 4,5 %

$$= 4,5 \% \times 1200$$

$$= 54 \text{ gram}$$

(c). Misalnya percobaan komposisi persen abu batu adalah 31 % dengan kadar aspal perkiraan 5,5 %.

$$\text{Abu batu} = 31 \% \times (100 - 5,5) = 29,30 \%$$

(d). Berat masing-masing material untuk campuran *Hrs-Base* pada contoh kadar aspal 6,0 %.

$$\text{Abu batu} = (29,30 / 100) \times 1200 = 351,60 \text{ Gram}$$

Dengan demikian perhitungan selengkapnya tentang penentuan kadar aspal rencana dan komposisi campuran aspal Lataston *Hrs-Base* untuk pembuatan benda uji dapat dilihat pada lampiran.

4.2.7 Pengujian Marshall

Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti SNI 06-2489-1991. Dengan menggunakan alat *Marshall Test*, pengujian *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan kinerja beton aspal padat dengan menentukan parameter - parameter *Marshall* antara lain nilai stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, VFB, dan *Marshall Quotient*. Hasil pengujian *marshall* standar (2 x 75) tumbukan dengan menggunakan material dari *quarry Parewatana* dan *quarry Kanatang* untuk campuran Lataston HRS-Base dapat dilihat pada Tabel 4.22 dan Tabel 4.23 di bawah ini sedangkan hasil perhitungan secara detail dapat dilihat pada lampiran *quarry Parewatana* dan *quarry Kanatang*.

Tabel 4.22 Rangkuman Hasil Pengujian Parameter *Marshall* (Material *Quarry Parewatana*)

Kadar Aspal (%)	Benda Uji	Parameter <i>Marshall</i>					
		Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
Spek	Marshall	Min 800	Min 3	Min 250	4 - 6	Min 17	Min 68
5,5	A	811,4	2,98	272,3	6,60	17,54	62,37
	B	791,1	2,97	266,4	6,60	17,60	62,13
Rata-rata		811,4	2,98	272,3	6,60	17,54	62,37
6,0	A	892,5	3,05	292,6	5,32	17,44	69,49
	B	791,1	3,07	257,7	5,27	17,40	69,71
Rata-rata		892,5	3,05	292,6	5,32	17,44	69,49
6,5	A	973,7	3,16	308,1	4,47	17,72	74,80
	B	929,0	3,36	276,5	4,42	17,69	74,99
Rata-rata		973,7	3,16	308,1	4,47	17,72	74,80
7,0	A	933,1	3,55	262,8	4,17	18,48	77,45
	B	864,1	3,61	239,4	4,22	18,53	77,21
Rata-rata		933,1	3,55	262,8	4,17	18,48	77,45
7,5	A	852,0	4,25	200,8	3,77	19,15	80,32
	B	852,0	3,56	239,3	3,74	19,12	80,46
Rata-rata		852,0	4,25	200,5	3,77	19,15	80,32

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.23 Rangkuman Hasil Pengujian Parameter *Marshall* (Material *Quarry Kanatang*)

Kadar Aspal (%)	Benda Uji	Parameter <i>Marshall</i>					
		Stabilitas	Flow	MQ	VIM	VMA	VFB
Satuan	<i>Marshall</i>	(Kg)	(mm)	(Kg/mm)	(%)	(%)	(%)
Spek		Min 800	Min 3	Min 250	4 - 6	Min 17	Min 68
5,5	A	681,6	2,80	243,4	7,71	19,34	60,11
	B	653,2	2,75	237,5	7,65	19,28	60,33
Rata-rata		667,4	2,78	240,5	7,68	19,31	60,22
6,0	A	787,1	3,40	231,5	6,34	19,15	66,92
	B	791,1	2,65	298,5	6,42	19,22	66,61
Rata-rata		789,1	3,03	265,0	6,38	19,19	66,76
6,5	A	900,6	3,40	264,9	5,26	19,23	72,67
	B	933,1	3,40	274,4	5,20	19,18	72,91
Rata-rata		916,9	3,40	269,7	5,23	19,21	72,79
7,0	A	847,9	3,40	249,4	4,47	19,57	77,17
	B	888,5	3,95	224,9	4,69	19,75	76,28
Rata-rata		868,2	3,68	237,2	4,58	19,66	76,72
7,5	A	774,9	4,15	186,7	3,45	19,72	82,50
	B	783,0	3,35	180,0	4,63	20,69	77,65
Rata-rata		778,9	4,25	183,4	4,04	20,21	80,07

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

4.2.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum merupakan nilai tengah dari keseluruhan rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran yang disyaratkan. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi sifat-sifat campuran yang diinginkan. Kadar aspal optimum dapat ditentukan dengan membuat diagram batang berdasarkan nilai hasil pengujian di atas terhadap seluruh parameter *Marshall*, dengan menentukan bahwa kadar aspal optimum berada pada titik tengah dari rentang kadar aspal optimum yang memenuhi persyaratan dan spesifikasi. Berikut ini adalah Tabel 4.24 dan Tabel 4.25 rentang kadar aspal dari

quarry Parewatana dan quarry Kanatang yang memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2010 revisi 3 tentang sifat-sifat campuran Lataston Hrs-Base.

Tabel 4.24 Kadar Aspal Optimum (Material Quarry Parewatana)

Sifat - Sifat	Kadar Aspal				
	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
Rongga dalam Campuran (Vim)	████████████████████				
Rongga Dalam Agregat (VMA)	████████████████████				
Rongga Terisi Aspal (VFB)		████████████████████			
Stabilitas Marshal	████████████████████				
Kelelahan Marshal		████████████████████			
Marshal Quotion	████████████████████				

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun

6,50

Tabel 4.25 Kadar Aspal Optimum (Material Quarry Kanatang)

Sifat - Sifat	Kadar Aspal				
	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
Rongga dalam Campuran (Vim)		████████████████████			
Rongga Dalam Agregat (VMA)	████████████████████				
Rongga Terisi Aspal (VFB)		████████████████████			
Stabilitas Marshal		████████████████████			
Kelelahan Marshal		████████████████████			
Marshal Quotion	████████████████████				

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

6,50

Keterangan :

██████████ Rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi

↔ Kadar aspal optimum

4.2.9 Nilai Parameter *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum

Untuk mendapatkan nilai parameter *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum (KAO), maka dilakukan perhitungan menggunakan formula dari masing-masing grafik nilai parameter-parameter *Marshall*. Formula tersebut didapatkan dari regresi polinomial (lihat lampiran).

Rangkuman dari perhitungan nilai parameter *Marshall* pada Kadar aspal Optimum diatas dari *quarry* parewatana dan *quarry* Kanatang dapat dilihat pada tabel 4.26 dibawah ini.

Tabel 4.26 Rangkuman Hasil Perhitungan Nilai Parameter *Marshall* pada KAO

<i>Quarry</i>	Parameter <i>Marshall</i>					
	Stabilitas	Flow	MQ	VIM	VMA	VFB
Satuan	(Kg)	(mm)	(Kg/mm)	(%)	(%)	(%)
Spek	Min 800	Min 3	Min 250	4 - 6	Min 17	Min 68
Parewatana	956,28	3,18	299,59	4,53	17,78	74,48
Kanatang	889,8	3,35	266,82	5,29	19,26	72,53
Spek	Min 800	Min 3	Min 250	4 - 6	Min 17	Min 68

Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Nilai parameter *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum telah di dapatkan dan hasil dari perhitungan memenuhi syarat atau spesifikasi Bina Marga tahun 2010 revisi 3. Untuk lebih jelasnya, grafik hubungan nilai masing-masing parameter dengan nilai Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada lampiran.

4.3 Pembahasan

4.3.1 Nilai Abrasi

Nilai abrasi adalah nilai yang menunjukkan daya tahan agregat kasar terhadap penghancuran (degradasi) akibat dari beban mekanis. Semakin besar nilai abrasi agregat, maka kinerja campuran beton aspal akan semakin menurun. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, dan besarnya energi yang dialami oleh agregat tersebut.

Berdasarkan hasil pengujian abrasi *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang, nilai abrasi *quarry* Kanatang di Sumba Timur lebih tinggi dengan nilai sebesar 24.46 %, hal ini disebabkan oleh berat jenis yang tinggi yaitu dengan nilai sebesar 2.63 sedangkan hasil pengujian abrasi *quarry* Parewatana memiliki nilai abrasi yang rendah dengan nilai sebesar 20.68 %, hal ini disebabkan oleh berat jenis yang rendah dengan nilai sebesar 2.59. Material agregat kasar dari

kedua *quarry* tersebut memenuhi spesifikasi yang disyaratkan dalam spesifikasi Bina Marga revisi 3 yaitu Maksimal 40 %. Dengan demikian, daya tahan agregat dari kedua *quarry* tersebut yaitu *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang layak digunakan dalam merancang suatu perkerasan aspal beton khususnya Lapis Tipis Aspal Beton – Hot Roller Sheet – Base (Lataston *Hrs-Base*) karena dari hasil nilai abrasi material memenuhi Spesifikasi Bina Marga tahun 2010 Revisi 3.

4.3.2 Perbandingan Karakteristik Parameter-Parameter *Marshall* antara *Quarry* Parewatana dan *Quarry* Kanatang

Campuran Lataston *HRS-Base* untuk lapisan permukaan jalan harus memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Persyaratan tersebut harus memenuhi batas gradasi kurva atas dan kurva bawah, persyaratan terhadap pengujian marshall yaitu dengan memenuhi nilai Stabilitas, Flow, MQ, VIM, VMA, VFB harus memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010. Hasil pengujian marshall yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel dan Grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai-nilai parameter marshall dibawah ini.

4.3.2.1 Hubungan Antara Stabilitas dan Kadar Aspal antara *Quarry* Parewatana dan *Quarry* Kanatang

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (*flow*) yang dinyatakan dalam kilogram. Alir (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban, dan dinyatakan dalam mm. nilai stabilitas dipengaruhi oleh: bentuk agregat, kualitas tekstur permukaan, gradasi agregat yaitu gesekan antara agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. pemakaian aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal diatas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh terhadap fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Gambar 4.3 memperlihatkan hubungan antara stabilitas dan kadar aspal antara *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang yang berkisar (5.5 % – 7,5 %). Apabila kadar aspal sangat kecil maka tebal lapisan aspal (*Film*) sangat tipis sehingga ikatan antar agregat kurang mengikat, apabila diberikan beban maka

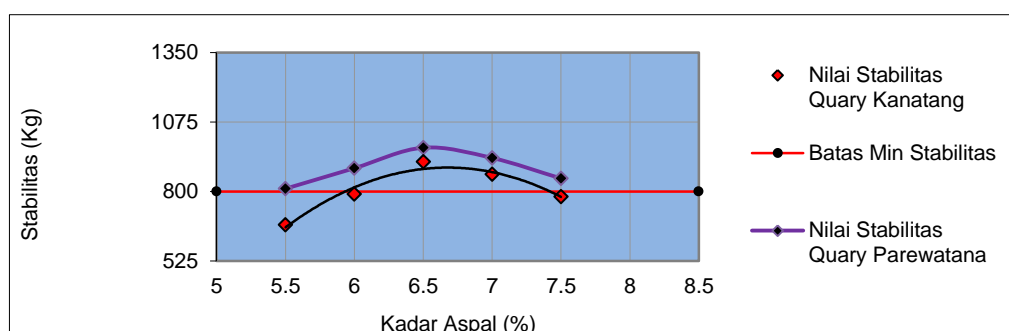
sebelum mencapai pembebanan maksimum ikatan antar agregat tersebut akan terlepas. Apabila kadar aspal sangat besar, maka lapisan aspal (*Film*) sangat tebal sehingga apabila diberikan beban maka akan mengakibatkan lapisan aspal tersebut meleleh dan nilai stabilitas akan berkurang. Apabila kadar aspal mencapai nilai optimum maka ikatan antar agregat cukup merata, sehingga dapat mencapai beban maksimum. Dalam spesifikasi Bina Mraga 2010 revisi 3, nilai minimum stabilitas untuk campuran Lataston *HRS-Base* adalah 800 kg. Dari pengujian tersebut didapatkan nilai stabilitas untuk campuran agregat *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang dapat dilihat pada Tabel 4.27 berikut ini :

Tabel 4.27 Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal

Nama Quarry	Spesifikasi (kg)	Nilai Stabilitas Pada Variasi Kadar Aspal (kg)				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Parewatana	Min – 800 kg	811,4	892,5	973,7	933,1	528,0
Kanatang	Min – 800 kg	667,4	789,1	916,9	868,2	778,9

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.3 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal Quarry Parewatana dan Quarry Kanatang



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Dari Tabel 4.27 dan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa semua campuran *HRS-Base* untuk masing-masing jenis agregat dari *quarry* Parewatana yang digunakan memenuhi syarat stabilitas (> 800 kg) tampak nilai stabilitas naik dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu lalu stabilitasnya turun. Hal ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas sangat tergantung pada kadar aspal yang digunakan, bila kadar aspal terlalu tinggi atau melebihi kadar aspal optimum maka nilai stabilitas akan menurun sedangkan untuk masing-masing jenis agregat dari *quarry* Kanatang pada kadar aspal 5,5 %, 6,0 % dan 7,5 % tidak memenuhi syarat stabilitas (> 800 kg). Nilai stabilitas pada kadar aspal

yang mencapai optimum terjadi pada campuran menggunakan agregat *quarry* Parewatana dengan nilai stabilitas (973,7 kg) dan pada agregat *quarry* Kanatang dengan nilai stabilitas (916,9 kg). Jika dilihat dari kadar aspal yang optimum, campuran dengan material *quarry* Parewatana memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran dengan material *quarry* Kanatang. Hal ini dipengaruhi oleh berat jenis agregat *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang tersebut, berat jenis material *quarry* Parewatana (Batu Pecah $\frac{3}{4}$ " sebesar 2,579, Batu pecah $\frac{1}{2}$ " sebesar 2,574, Abu Batu sebesar 2,613, dan Pasir Alam sebesar 2,550) dan Berat jenis pada agregat *quarry* Kanatang sebesar (Batu Pecah $\frac{3}{4}$ " sebesar 2,647, Batu pecah $\frac{1}{2}$ sebesar 2,649, Abu Batu sebesar 2,634, dan pasir Alam sebesar 2,567). Dengan berat jenis yang berbeda, maka akan menghasilkan volume yang berbeda pula. Agregat dengan berat jenis kecil mempunyai volume yang lebih kecil. Terlihat bahwa berat jenis material *quarry* Kanatang lebih besar dibandingkan berat jenis material *quarry* Parewatana, sehingga memiliki volume yang lebih besar, sebaliknya berat jenis material *quarry* Parewatana lebih kecil, memiliki volume lebih kecil. Volume inilah yang mempengaruhi stabilitas, karena semakin besar volume maka akan berpengaruh terhadap luas permukaan. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak aspal yang dibutuhkan menyebabkan rongga dalam campuran lebih sedikit sehingga daya lekat aspal dan agregat berkurang apabila dikenakan beban. Dengan demikian kondisi kadar aspal pada material *quarry* Parewatana lebih sedikit aspal, sehingga mengakibatkan stabilitas yang tinggi jika dibandingkan material *quarry* Kanatang.

4.3.2.2 Hubungan Antara Kelelahan (*Flow*) dan Kadar Aspal *Quarry* Parewatana dan *Quarry* Kanatang

Ketahanan terhadap *Flow* adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadi kelelahan berupa alur dan retak. Nilai *Flow* menunjukkan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran akibat adanya beban bekerja sampai batas keruntuhan.

Dalam grafik hubungan antar kadar aspal dan kelelahan memperlihatkan hubungan antara kadar aspal dan kelelahan berkisar antara 5,5% - 7,5%. Semakin kecil kadar aspal maka nilai kelelahan semakin kecil karena tebal *Film* yang semakin tipis, dengan kata lain campuran akan semakin kaku. Sebaliknya apabila kadar aspal semakin besar maka nilai kelelahan akan

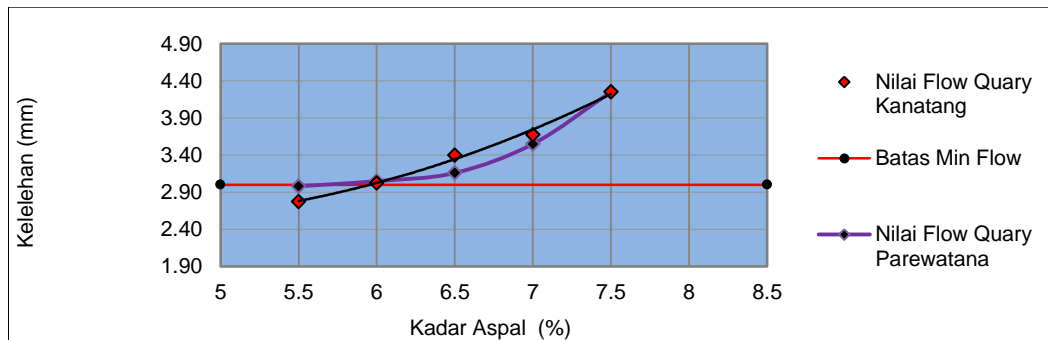
semakin besar karena tebal *Film* yang semakin tebal, sehingga campuran akan semakin *Fleksibel*. Spesifikasi Bina Marga 2010 menetapkan nilai minimum kelelehan untuk campuran Lataston *HRS-Base* adalah 3 mm. Dari hasil pengujian didapatkan nilai *Flow* untuk campuran dengan masing-masing penggunaan agregat *quarry* Parewatana dan Agregat *quarry* Kanatang dapat dilihat pada Tabel 4.28 berikut ini :

Tabel 4.28 Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal

Nama <i>Quarry</i>	Spesifikasi (mm)	Nilai <i>Flow</i> Pada Variasi Kadar Aspal (mm)				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Parewatana	Min – 3	2,98	3,05	3,16	3,55	4,25
Kanatang	Min – 3	2,78	3,03	3,40	3,68	4,25

Sumber : Hasil pengujian d laboratorium tahun 2017

Gambar 4.4 Grafik Hubungan *Flow* dengan Kadar Aspal *Quarry* Parewatana dan *Quarry* Kanatang



Sumber : Hasil pengujian d laboratorium tahun 2017

Dari Gambar 4.4 nilai *Flow* untuk campuran yang menggunakan material *quarry* Parewatana dan material *quarry* Kanatang diperoleh hasil yang memenuhi syarat dan tidak memenuhi syarat. Hasil hubungan kadar aspal dengan *Flow* menggunakan material *quarry* Parewatana yang memenuhi syarat dengan nilai 3,05 mm pada kadar aspal 6,0%, 3,16 mm pada kadar aspal 6,5%, 3,55 mm pada kadar aspal 7,0% dan 4,25 pada kadar aspal 7,5% sedangkan yang tidak memenuhi syarat yaitu 2,98 mm pada kadar aspal 5,5%. Sedangkan untuk hasil penelitian campuran dengan menggunakan material *quarry* Kanatang yang memenuhi syarat dengan nilai 3,03 mm pada kadar aspal 6,0%, 3,40 mm pada kadar aspal 6,5%, 3,68 mm pada kadar aspal 7,0% dan 4,25 mm pada kadar aspal 7,5% sedangkan yang tidak memenuhi syarat yaitu 2,78 mm pada kadar aspal 5,5%.

Pada nilai-nilai *Flow* menunjukkan bahwa campuran dengan agregat *quarry* Kanatang lebih tinggi dibandingkan campuran agregat *quarry* Parewatana. Hal ini menunjukkan bahwa campuran agregat *quarry* Kanatang menyerap aspal lebih banyak dibandingkan campuran agregat *quarry* Parewatana. Dengan lebih banyak aspal yang menyelimuti agregat, maka waktu kelelehannya bertambah panjang sehingga pada saat pembebanan campuran dengan agregat *quarry* Kanatang mudah mengalami perubahan bentuk plastis dibandingkan dengan agregat *quarry* Parewatana apabila dikenakan beban yang sama. Dengan demikian campuran pada agregat *quarry* Parewatana memiliki nilai kelelehan yang lebih rendah dibandingkan campuran agregat *quarry* Kanatang yang lebih tinggi.

4.3.2.3 Hubungan Antara (MQ) dan Kadar Aspal antara Quarry Parewatana dan Quarry Kanatang

Marshall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai *Flow*. Tujuannya adalah untuk mendapatkan tingkat *Fleksibilitas* dari suatu campuran. *Fleksibilitas* yang dimaksudkan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban berulang yang bekerja tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan campuran menjadi kaku dan *Fleksibilitasnya* rendah, sebaliknya jika nilai *Marshall Quotient* rendah akan menyebabkan campuran menjadi plastis dan akibatnya lapis keras mengalami deformasi yang besar apabila menerima beban lalu lintas. Hasil pengujian mengenai *Marshall Quotient* dari benda uji dapat dilihat pada Gambar 4.5. Nilai tertinggi MQ terdapat pada kadar aspal 6,5% sebesar 308,1 Kg/mm memenuhi spesifikasi yakni minimal 250 Kg/mm. Nilai MQ akan meningkat sejalan dengan penambahan kadar aspal. Setelah mencapai nilai maksimum, nilai *Marshall Quotient* akan turun. Campuran yang memiliki MQ rendah, maka campuran beraspal panas akan semakin *Fleksibel*, cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahan bentuk pada saat menerima beban lalu lintas yang tinggi. Sedangkan campuran yang memiliki nilai MQ tinggi campuran beraspal panas akan kaku dan kurang lentur. Faktor yang mempengaruhi nilai MQ adalah gradasi bahan susun, bentuk butir, kadar aspal, kohesi energi pemadatan, dan temperatur pemadatan. Dalam Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3, nilai *Marshall Quotient* minimum yang

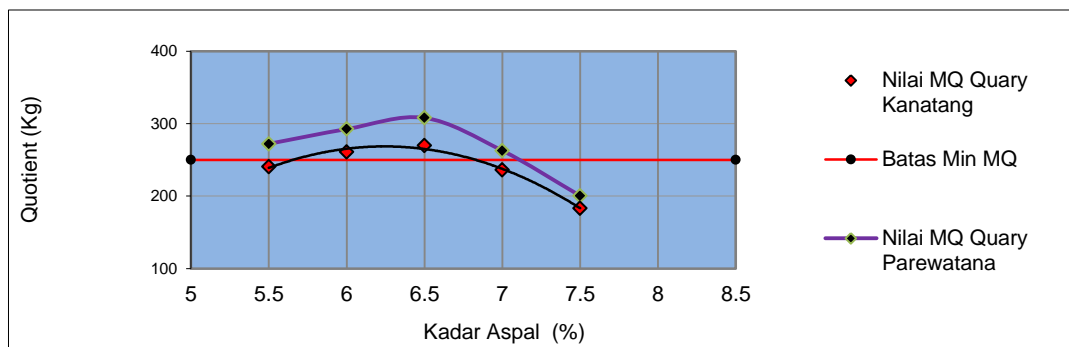
disyaratkan untuk Lataston HRS-Base adalah 250 kg/mm. Hasil pengujian *Marshall Quotient* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.29 dibawah ini :

Tabel 4.29 Hubungan MQ dengan Kadar Aspal

Nama Quarry	Spesifikasi (%)	Nilai <i>Marshall Quotient</i> Pada Variasi Kadar Aspal (kg/mm)				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Parewatana	Min – 250	272,3	292,6	308,1	262,8	200,5
Kanatang	Min – 250	240,5	265,0	269,7	237,2	183,4

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.5 Grafik Hubungan *Marshall Quantient* dengan Kadar Aspal Quarry Parewatana dan Quarry Kanatang



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Nilai MQ akan meningkat tergantung dari besarnya nilai stabilitas dan *Flow*. Nilai MQ terendah dihasilkan oleh campuran yang menggunakan agregat *quarry* Kanatang yaitu pada kadar aspal 7,5 % (183,4 kg/mm) jelas hasil tersebut dibawah batas spesifikasi yang syarat yaitu minimum (250 kg/mm), dan tertinggi pada campuran yang menggunakan agregat *quarry* Parewatana pada kadar aspal 6,5 % (308,1 kg/mm). Hal ini disebabkan nilai stabilitas dari pemakaian agregat *quarry* Parewatana lebih besar dan *Flow* yang lebih kecil. Sedangkan pada campuran yang menggunakan *quarry* Kanatang memiliki nilai stabilitas yang kecil dan *Flow* yang lebih besar, sehingga cenderung menghasilkan nilai MQ yang lebih kecil. Nilai MQ pada campuran agregat *quarry* Parewatana yang tidak memenuhi spesifikasi adalah pada Kadar Aspal 7,5% yaitu (200,5 kg/mm) sedangkan pada *quarry* Kanatang adalah pada kadar aspal 5,5 % (240,5 kg/mm), 7,0 % (237,2 kg/mm) dan 7,5 % (183,4 kg/mm).

Dari Tabel 4.29 dan Gambar 4.5 yang menunjukkan bahwa semakin bertambahnya agregat *quarry* Kanatang kedalam campuran, maka akan

menurunkan nilai MQ, sebaliknya dengan agregat *quarry* Parewatana kedalam campuran akan meningkatkan nilai MQ. Hal ini menunjukkan bahwa campuran Lataston yang menggunakan agregat *quarry* Kanatang bersifat lebih elastis sedangkan agregat *quarry* Parewatana bersifat lebih kaku.

4.3.2.4 Hubungan Antara *Void In Mix (VIM)* dan Kadar Aspal antara *Quarry* Parewatana dan *Quarry* Kanatang

VIM adalah volume rongga atau pori yang masih tersisa yang terdapat diantara butir-butir agregat terselimuti aspal setelah campuran beton aspal dipadatkan. Apabila VIM tinggi dalam campuran maka akan menyebabkan kelelahan yang lebih cepat, yakni tidak mampu menerima beban berulang tanpa terjadi alur (*Rutting*) dan retak, sedangkan apabila VIM kecil maka akan menyebabkan lapisan aspal meleleh keluar (*Bleeding*) pada saat adanya pemadatan tambahan akibat beban lalu lintas. Grafik hubungan kadar aspal dengan VIM menunjukkan bahwa hubungan antara kadar aspal dan VIM cenderung berbanding terbalik, yakni jika nilai VIM cenderung akan menurun dengan semakin meningkatnya kadar aspal, begitu pula sebaliknya apabila kadar aspal semakin rendah maka akan memberikan nilai VIM yang besar. Hal ini disebabkan karena dengan semakin besar kadar aspal maka akan semakin banyak aspal yang akan mengisi rongga-rongga diantara agregat, sehingga dengan sendirinya VIM akan semakin kecil.

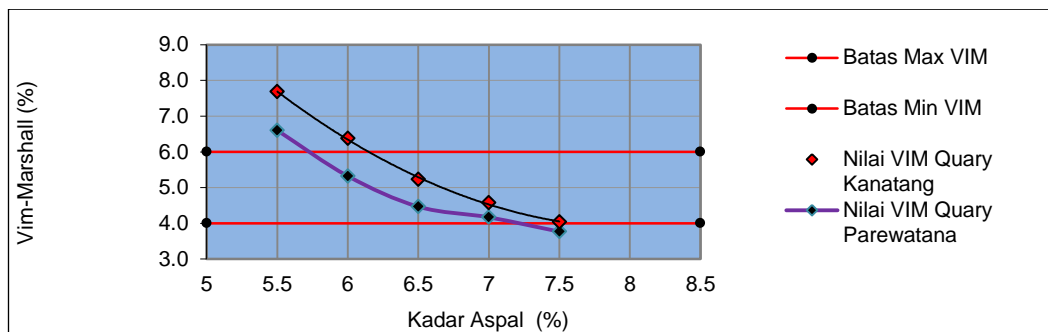
Spesifikasi bina marga 2010 revisi 3 menetapkan nilai minimum yang disyaratkan untuk VIM adalah 4 % dan maksimum 6 %. VIM mempunyai pengaruh yang cukup besar pada kualitas suatu campuran beraspal . Apabila nilai VIM tinggi dan kadar aspal rendah dalam campuran maka akan menghasilkan rongga-rongga yang banyak dalam campuran yang akan mengakibatkan penurunan yang lebih cepat, yakni tidak mampu menerima beban berulang sehingga tidak terjadi alur (*Rutting*) dan retak. Sedangkan apabila nilai VIM terlalu kecil dan kadar aspal tinggi akan menyebabkan kelebihan aspal karena rongga-rongga sudah terisi aspal sehingga lapisan aspal akan meleleh keluar (*Bleeding*) pada saat adanya pemadatan tambahan akibat beban lalu lintas. Hasil pengujian hubungan kadar aspal dengan VIM dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Hubungan VIM dengan Kadar Aspal

Nama Quarry	Spesifikasi (%)	Nilai VIM Pada Variasi Kadar Aspal (%)				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Parewatana	Maks - 4 Min - 6	6,60	5,32	4,47	4,17	3,77
Kanatang	Maks - 4 Min - 6	7,68	6,38	5,23	4,58	4,04

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.6 Grafik Hubungan Nilai Void In Mix (VIM) dengan Kadar Aspal Quarry Parewatana dan Quarry Kanatang



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa nilai *VIM* pada campuran dengan menggunakan agregat *quarry* Parewatana yang memenuhi syarat spesifikasi adalah pada kadar aspal 6,0 %, 6,5 % dan 7,0%, sedangkan pada kadar aspal 5,5% dan 7,5% lebih besar dari 4 % syarat minimum dan 6 % syarat maksimum sebagai syarat nilai *VIM* yang di perbolehkan, sehingga tidak memenuhi syarat yang dikarenakan campuran terlalu banyak aspal dapat mengakibatkan bleeding. Sedangkan nilai *VIM* dengan agregat *quarry* Kanatang yang memenuhi syarat *VIM* adalah pada kadar aspal 6,5 %, 7,0 % dan 7,5 %, sedangkan pada kadar aspal 5,5 % dan 6,0 % tidak memenuhi syarat minimum dan maksimum nilai *VIM*.

Pada penjelasan sebelumnya telah diuraikan tentang perbedaan volume yang dimiliki agregat *quarry* Parewatana dan agregat *quarry* Kanatang, volume tersebut mempengaruhi nilai *VIM* atau rongga dalam campuran. Semakin kecil volume maka semakin sedikit butiran yang terdapat pada campuran, sehingga dalam campuran lebih banyak. Sedangkan semakin besar volume maka semakin sedikit butiran, sehingga rongga dalam campuran lebih sedikit. Nilai *VIM* yang dihasilkan oleh agregat *quarry* Kanatang lebih tinggi dari pada campuran yang menggunakan agregat *quarry* Parewatana. Hal ini disebabkan kebutuhan aspal

untuk menyelimuti material dengan agregat *quarry* Kanatang lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan agregat *quarry* Parewatana.

Nilai *VIM* terlalu rendah berarti rongga pada campuran relatif kecil, menjadikan tidak tersedianya ruang yang cukup, menyebabkan aspal akan naik ke permukaan (*Bleeding*) apabila mendapat pengaruh beban dan tingginya suhu udara permukaan jalan. Sebaliknya untuk nilai *VIM* yang tinggi diatas 6% akan menyebabkan campuran kurang kedap air dan udara, sehingga campuran beraspal panas tersebut kurang awet dan mudah retak (*Crack*).

4.3.2.5 Hubungan Antara *Void in the Mineral Agregat (VMA)* dengan Kadar Aspal

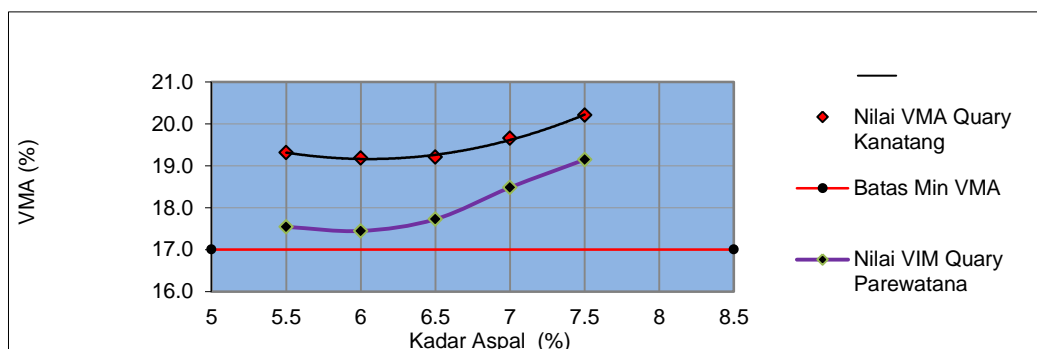
VMA adalah volume pori diantara butir agregat campuran dalam beton aspal padat. *VMA* akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan semakin bertambahnya kadar aspal. Hubungan antara *VMA* dan kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.31 dan Gambar 4.7 berikut ini :

Tabel 4.31 Hubungan *VMA* dengan Kadar Aspal

Nama <i>Quarry</i>	Spesifikasi (%)	Nilai <i>VMA</i> Pada Variasi Kadar Aspal (%)				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Parewatana	Min – 17	17,54	17,44	17,72	18,48	19,15
Kanatang	Min – 17	19,31	19,19	19,21	19,66	20,21

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.7 Grafik Hubungan Nilai *Void In The Mineral Agregate (VMA)* dengan Kadar Aspal *Quarry* Parewatana dan *Quarry* Kanatang



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Dari Tabel 4.31 dan Gambar 4.7 dapat diketahui campuran dengan menggunakan agregat *quarry* Parewatana dan agregat *quarry* Kanatang

memenuhi syarat minimum 17 %. Nilai VMA semakin besar seiring bertambahnya kadar aspal. Nilai VMA terendah pada campuran yang menggunakan agregat *quarry* Parewatana pada kadar aspal 6,0% (17,44 %), sedangkan campuran yang menggunakan agregat *quarry* Kanatang pada kadar aspal 6,0 % (19,19 %), akan tetapi pada saat kadar aspal mencapai 6,0 % VMA agregat *quarry* Parewatana dan *quarry* Kanatang menurun dengan nilai (17,44 %) dan (19,19 %). Kecenderungan ini disebabkan karena dengan semakin besar kadar aspal maka semakin banyak aspal yang akan mengisi rongga-rongga diantara agregat sehingga dengan sendirinya VMA akan menjadi kecil, setelah mencapai nilai minimum dan kadar aspal bertambah mengakibatkan naiknya VMA.

4.3.2.6 Hubungan Antara *Void Filled with Asphalt (VFA)* / *Void Filled with Bitumen (VFB)* dengan Kadar Aspal

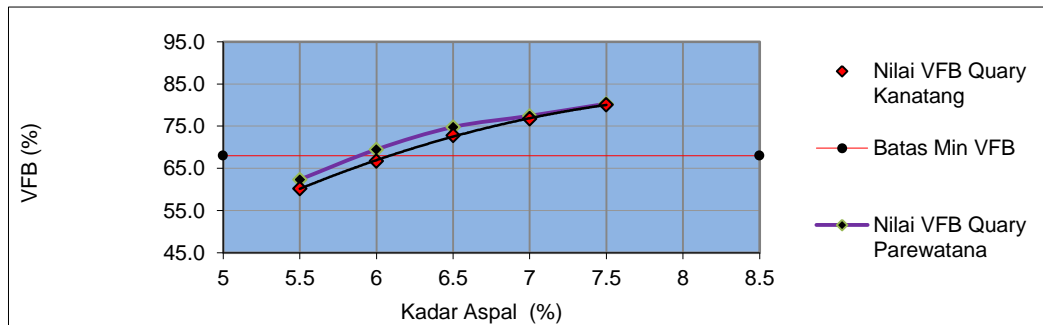
Volume pori antar butir agregat terisi aspal adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat atau VFB yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi *Film* atau selimut aspal. Nilai VFB dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFB berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta elastisitas campuran. Dengan kata lain VFB menurut stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFB berarti semakin banyak rongga terisi aspal sehingga kekedapan terhadap air dan udara akan semakin tinggi, tetapi nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan aspal naik ke permukaan (*Bleeding*). Nilai VFB terlalu kecil akan mengakibatkan campuran kurang kedap air dan udara karena lapisan *Film* aspal menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima beban sehingga campuran mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3, dimana ketentuan VFB untuk Lataston HRS-Base minimum 68%. Dari grafik dibawah ini terlihat bahwa kecenderungan nilai VFB semakin meningkat berbanding lurus dengan nilai kadar aspal, atau dengan kata lain VFB akan semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Dari hasil pengujian pada penelitian ini diperoleh nilai VFB terhadap masing-masing kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.32 berikut ini :

Tabel 4.32 Hubungan VFB dengan Kadar Aspal

Nama Quarry	Spesifikasi (%)	Nilai VFB Pada Variasi Kadar Aspal (%)				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Parewatana	Min – 68	62,37	69,49	74,80	77,45	80,32
Kanatang	Min - 68	60,22	66,76	72,79	76,72	80,07

Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.8 Grafik Hubungan Nilai Void Filled With Asphalt (VFA) dengan Kadar Aspal Quarry Parewatana dan Quarry Kanatang



Sumber : Hasil pengujian di laboratorium tahun 2017

Dari Tabel 4.32 dan Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa pada campuran HRS-Base pada masing-masing penggunaan jenis agregat *quarry* Parewatana ataupun agregat *quarry* Kanatang pada kadar aspal 5,5 % menghasilkan nilai VFB rendah (dibawah ambang batas spesifikasi) yaitu kadar aspal 4,5 % *quarry* Parewatana memiliki nilai sebesar (62,37 %) dan *quarry* Kanatang memiliki nilai sebesar (60,22 %), hal ini menggambarkan bahwa campuran tersebut tidak mempunyai ruang atau rongga yang cukup untuk terisi aspal, sehingga campuran bersifat porous dan kerekatan antar agregat berkurang. Tetapi seiring dengan bertambahnya kadar aspal, nilai VFB antara agregat *quarry* Parewatana dan agregat *quarry* Kanatang mulai naik, hal ini disebabkan rongga dalam campuran mengecil karena bertambahnya kadar aspal yang meresap dan menyelimuti butiran agregat. Nilai VFB menunjukkan perbandingan jumlah kandungan aspal dan jumlah kadungan rongga didalam campuran, Nilai VFB yang rendah berarti jumlah aspal efektif yang mengisi rongga-rongga antar butir agregat sedikit, berarti jumlah rongga udara besar. Hal ini akan mengurangi keawetan dari campuran. Sebaliknya nilai VFB yang terlalu tinggi akan menyebabkan (*Bleeding*) karena rongga antar butiran terlalu kecil. Dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai VFB untuk campuran yang menggunakan agregat *quarry* Parewatana lebih besar dari pada campuran yang menggunakan

agregat *quarry* Kanatang, berarti campuran yang menggunakan agregat *quarry* Parewatana mempunyai rongga terisi aspal yang lebih banyak sehingga campuran yang lebih durable sedangkan campuran yang menggunakan agregat *quarry* Kanatang tidak mempunyai rongga yang cukup untuk terisi aspal, sehingga kerekatan antar agregat berkurang yang akan berpengaruh *durabilitas* pada campuran.

4.3.3 Pengaruh Nilai Abrasi dengan Parameter *Marshall*

4.3.3.1 Pengaruh Nilai Abrasi dengan Stabilitas (*Stability*)

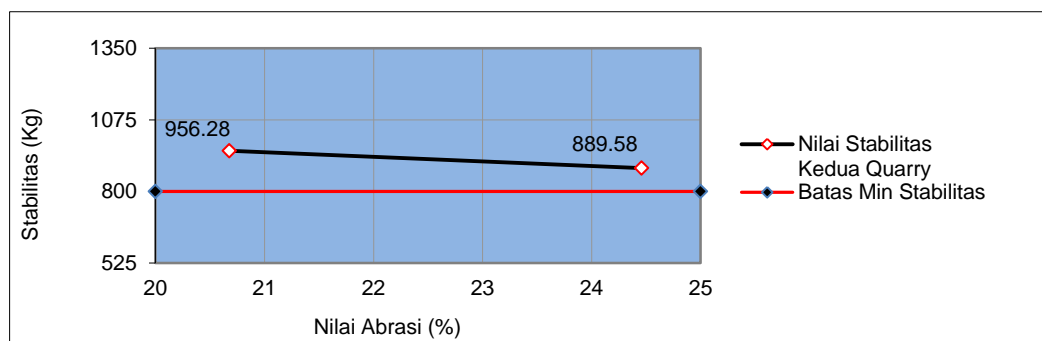
Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Dalam pengujian *Marshall*, pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban.

Tabel 4.33 Hubungan Nilai Abrasi dengan Nilai Stabilitas

QUARRY	NILAI ABRASI (%)	NILAI STABILITAS (Kg)
Parewatana	20,68	956,28
Kanatang	24,46	889,58

Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.9 Kurva Hubungan antara Nilai Abrasi dengan Nilai Stabilitas



Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.33 dan Gambar Grafik 4.9 di atas menunjukkan bahwa nilai stabilitas dari *quarry* Kanatang lebih rendah dari *quarry* Parewatana. Nilai stabilitas dari *quarry* Parewatana lebih kuat memikul beban karena dapat menerima beban maksimum sebesar 956,28 kg sedangkan *quarry* Kanatang

sebesar 889,58 kg. Hal ini diakibatkan karena semakin besar nilai abrasi agregat maka tingkat keausan agregat menjadi besar sehingga kemampuan dalam memikul beban semakin kecil.

Salah satu indikatornya adalah nilai stabilitas, dimana nilai stabilitas cenderung mengalami penurunan dengan semakin besarnya nilai abrasi. Nilai maksimum abrasi agregat yang disyaratkan. Stabilitas juga dapat didefinisikan sebagai lapisan perkerasan dalam melayani beban lalu lintas dengan tanpa mengalami deformasi permanen, seperti bergelombang dan timbulnya alur-alur. Stabilitas ditentukan oleh tahanan gesek atau derajat penguncian yang dapat dikembangkan oleh semen aspal. Stabilitas akan maksimal, jika agregat mempunyai permukaan kasar atau tidak beraturan, dan volume aspal yang cukup, sehingga adhesi dengan permukaan agregat dapat disebarkan dengan merata. Nilai stabilitas *Marshall* menyatakan beban yang menyebabkan keruntuhan dari benda uji campuran beton aspal panas padat yang diuji dalam alat *Marshall*. Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban dan *flowmeter* mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban.

Untuk mendapatkan temperatur benda uji sesuai dengan temperatur terpanas dilapangan, maka sebelum dilakukan pemeriksaan benda uji dipanaskan terlebih dahulu 30 atau 40 menit dengan temperatur 60°C didalam *water bath*. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan benda uji pada alat *Marshall*, dan beban diberikan benda uji dengan kecepatan 2 inci atau menit atau 51 mm atau menit. Beban pada saat terjadi keruntuhan dibaca pada arloji pengukuran dari *proving ring*, deformasi yang terjadi pada saat itu merupakan nilai *flow* yang dapat dibaca pada *flowmeternya*. Nilai stabilitas merupakan nilai arloji pengukur dikalikan dengan nilai kalibrasi *proving ring*, dan dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji.

4.3.3.2 Pengaruh Nilai Abrasi dengan Kelelehan (*Flow*)

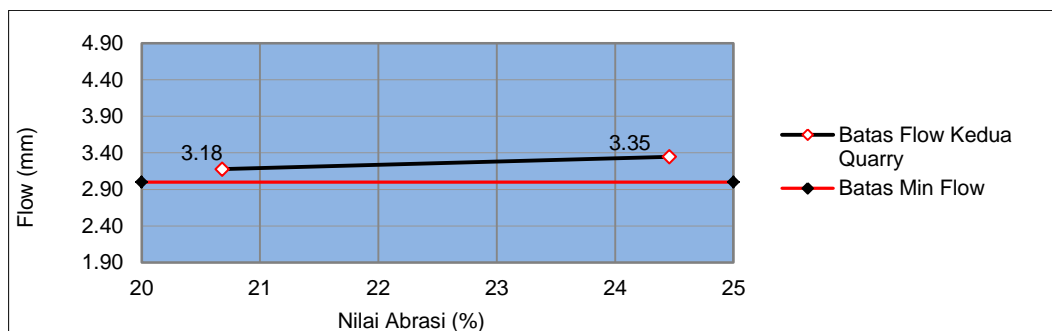
Kelelehan (*flow*) adalah kemampuan perkerasan menerima beban secara berulang tanpa terjadinya perubahan berupa alur dan retak. Kelelehan merupakan perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.

Tabel 4.34 Hubungan Nilai Abrasi dengan Nilai Kelelehan

QUARRY	NILAI ABRASI (%)	NILAI KELELEHAN (mm)
Parewatana	20,68	3,18
Kanatang	24,46	3,35

Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.10 Kurva Hubungan antara Nilai Abrasi dengan Nilai Kelelehan



Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.34 dan Gambar Grafik 4.10 di atas menunjukkan bahwa nilai Kelelehan dari *quarry* Kanatang lebih tinggi dari *quarry* Parewatana. Nilai kelelehan dari *quarry* Parewatana adalah 3,18 mm sedangkan *quarry* Kanatang adalah 3,35 mm. Hal ini diakibatkan semakin besar nilai abrasi maka nilai kelelehan akan semakin besar karena tebal *film* lebih tebal sehingga campuran akan semakin fleksibel. Sebaliknya apabila nilai abrasi kecil maka nilai kelelehan semakin kecil karena tebal *film* yang lebih tipis dengan kata lain campuran akan semakin kaku karena daya ikat aspal terhadap agregat semakin kuat sehingga tidak mudah terjadi deformasi apabila mendapat beban lalu-lintas.

4.3.3.3 Pengaruh Nilai Abrasi dengan Rongga dalam Campuran (VIM)

Void in Mix (VIM) adalah banyaknya pori atau rongga dalam campuran atau rongga diantara butir-butir agregat yang menyelimuti aspal. Untuk pengujian sifat campuran dalam metode *Marshall*, nilai *VIM* dalam spesifikasi Bina Marga tahun 2010 revisi 3 adalah minimal 4 % dan maksimum 6 %. Nilai *VIM* sangat berpengaruh terhadap kekakuan campuran dan kedekatan campuran terhadap

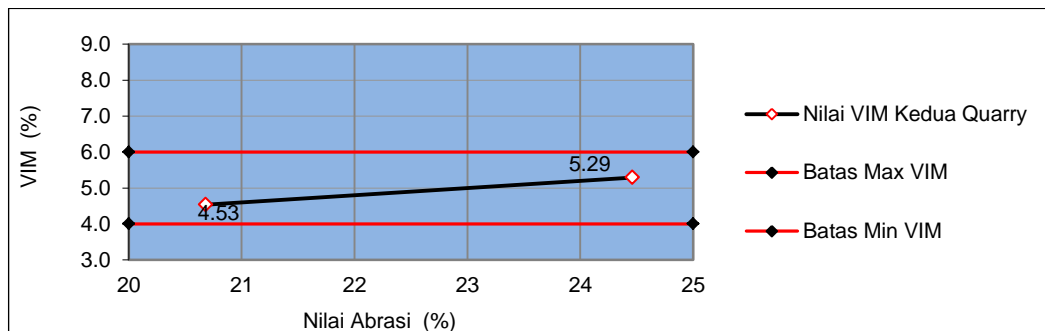
air dan udara. Nilai *VIM* yang buruk dapat mempengaruhi durabilitas atau kemampuan perkerasan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, yaitu air dan perubahan suhu, ataupun keausan akibat dari gesekan roda kendaraan.

Tabel 4.35 Hubungan Nilai Abrasi dengan Nilai *VIM*

<i>QUARRY</i>	NILAI ABRASI (%)	NILAI <i>VIM</i> (%)
Parewatana	20,68	4,53
Kanatang	24,46	5,29

Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.11 Kurva Hubungan antara Nilai Abrasi dengan Nilai *VIM*



Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.35 dan Gambar Grafik 4.11 di atas menunjukkan bahwa nilai *VIM* dari *quarry* Kanatang lebih tinggi dari *quarry* Parewatana. Nilai *VIM* dari *quarry* Kanatang adalah 5,29 % sedangkan *quarry* Parewatana adalah 4,53 %. Hal ini diakibatkan semakin besar nilai abrasi maka nilai *VIM* akan meningkat karena berkurangnya daya ikat aspal terhadap agregat dan berakibat timbulnya perubahan bentuk. Nilai *VIM* kedua *quarry* tersebut memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yaitu 4 – 6 %. *VIM* ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur.

Seperti yang diketahui bahwa jika nilai *VIM* yang terlalu besar (melebihi batas maksimum spesifikasi) akan menyebabkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton

aspal, sedangkan bila *VIM* yang terlalu kecil (melebihi batas minimum spesifikasi) akan menyebabkan lapisan aspal meleleh (*bleeding*) jika temperatur meningkat.

4.3.3.4 Pengaruh Nilai Abrasi dengan Rongga dalam Agregat (*VMA*)

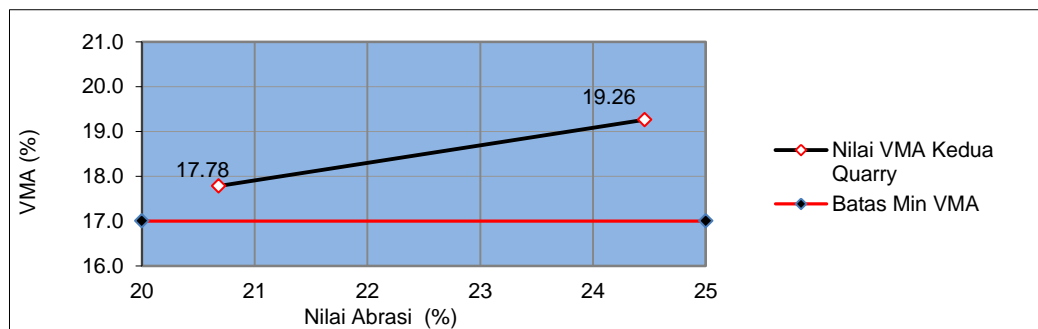
Rongga dalam agregat atau yang sering disebut *Void in Mineral Aggregate (VMA)* adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat termasuk yang terisi oleh aspal. Nilai *VMA* tersebut dinyatakan dalam persen (%). Nilai *VMA* akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin kecil dan nilai *VMA* akan semakin besar apabila kadar aspalnya yang semakin meningkat.

Tabel 4.36 Hubungan Nilai Abrasi dengan Nilai *VMA*

<i>QUARRY</i>	NILAI ABRASI (%)	NILAI <i>VMA</i> (%)
Parewatana	20,68	17,78
Kanatang	24,46	19,26

Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.12 Kurva Hubungan antara Nilai Abrasi dengan Nilai *VMA*



Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.36 dan Gambar Grafik 4.12 di atas menjelaskan bahwa nilai *VMA* dari *quarry* Kanatang lebih tinggi dari *quarry* Parewatana. Nilai *VMA* dari *quarry* Kanatang adalah 19,26 % sedangkan *quarry* Parewatana adalah 17,78 %. Hal ini diakibatkan semakin besar nilai abrasi maka nilai *VMA* akan meningkat karena selimut aspal yang menyelimuti agregat lebih tebal dan mengakibatkan kurangnya ikatan diantara agregat. Nilai *VMA* kedua *quarry* tersebut memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yaitu Minimal 17 %.

4.3.3.5 Pengaruh Nilai Abrasi dengan Rongga Terisi Aspal (VFB)

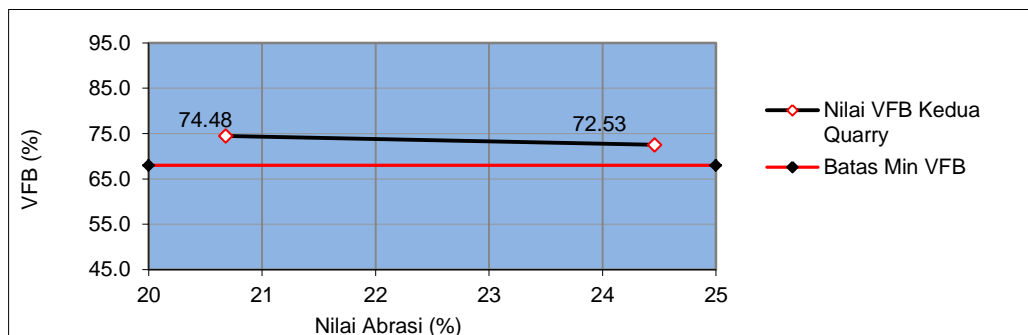
Rongga terisi aspal adalah banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal. Syarat nilai *VFB* dalam spesifikasi Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yaitu minimum 68 %. Volume pori antara butir agregat terisi aspal (*VFB*) adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat atau *VFB* yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi *film* atau selimut aspal.

Tabel 4.37 Hubungan Nilai Abrasi dengan Nilai *VFB*

QUARRY	NILAI ABRASI (%)	NILAI <i>VFB</i> (%)
Parewatana	20,68	74,48
Kanatang	24,46	72,53

Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.13 Kurva Hubungan antara Nilai Abrasi dengan Nilai *VFB*



Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Tabel 4.37 dan Gambar Grafik 4.13 di atas menunjukkan bahwa nilai *VFB* *quarry* Parewatana lebih tinggi dari *quarry* Kanatang. Nilai *VFB* dari *quarry* Parewatana adalah 74,48 % sedangkan *quarry* Kanatang adalah 72,53 %. Hal ini diakibatkan semakin besar nilai abrasi maka nilai *VFB* akan meningkat karena campuran kurang kedap terhadap air dan udara sehingga lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak akan bertahan lama. Nilai *VFB* kedua *quarry* tersebut memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yaitu Minimal 68 %. *FVB* merupakan volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal atau volume selimut aspal. Biasa juga disebut rongga terisi

aspal, *FVB* dipengaruhi oleh presentase kadar aspal serta berat jenis dan penyerapan agregat.

4.3.3.6 Pengaruh Nilai Abrasi dengan Hasil Bagi *Marshall* (*MQ*)

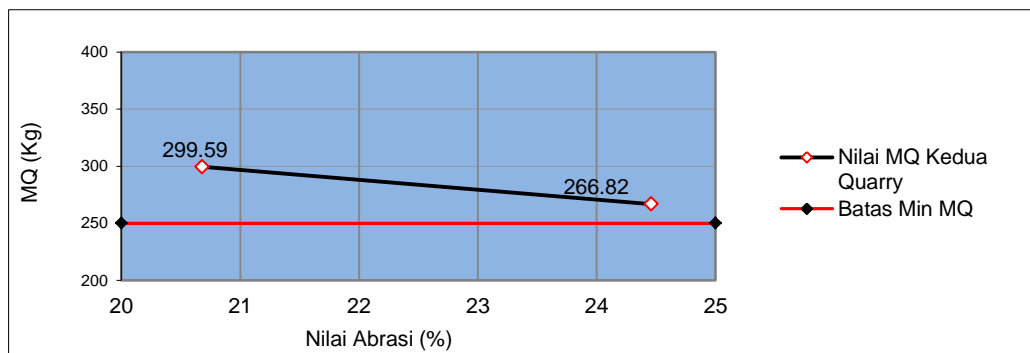
Nilai *Marshall Quotient* (*MQ*) hasil bagi *marshall* adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan. *Marshall Quotient* dimaksudkan untuk mendapatkan campuran dengan tingkat fleksibilitas yang baik. Fleksibilitas yang dimaksudkan ialah kemampuan lapis perkerasan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang dan pemadatan tanpa terjadi perubahan bentuk berupa alur dan retak.

Tabel 4.38 Hubungan Nilai Abrasi dengan Nilai *MQ*

<i>QUARRY</i>	NILAI ABRASI (%)	NILAI <i>MQ</i> (Kg/mm)
Pawatana	20,68	299,59
Kanatang	24,46	266,82

Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Gambar 4.14 Kurva Hubungan antara Nilai Abrasi dengan Nilai *MQ*



Sumber : Hasil perhitungan di laboratorium tahun 2017

Penelitian menunjukkan bahwa nilai *MQ quarry* Pawatana lebih tinggi dari *quarry* Kanatang. Nilai *MQ* dari *quarry* Pawatana adalah 299,59 Kg/mm sedangkan *quarry* Kanatang adalah 266,82 Kg/mm. hal ini diakibatkan semakin besar nilai abrasi maka nilai *MQ* menurun karena campuran yang terlalu plastis dan mudah terjadi deformasi. Nilai *MQ* kedua *quarry* tersebut memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga tahun 2010 revisi 3 yaitu Minimal 250 Kg/mm.

