

## BAB VI

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 6.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian berisi data-data primer hasil pengujian pada benda uji di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia. Pada pemeriksaan bahan, hasil penelitian ini mengacu pada data sekunder yang telah dimiliki berdasarkan peraturan Bina Marga.

##### 6.1.1 Pemeriksaan Bahan

###### 6.1.1.1 Pemeriksaan Aspal

Hasil pemeriksaan aspal yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia adalah sebagai berikut:

**Tabel 6 Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60/70**

No.	Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	Hasil	Satuan
1	Penetrasi 25 C	60 - 79	62.2	0.1 mm
2	Titik Lembek	48 - 58	57	C
3	Titik Nyala	> 200	348	C
4	Daktalitas	> 100	165	cm
5	Kehilangan Berat	< 0.8		%
6	Kelarutan dalam CCL4	> 99	99.198	%
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	> 75		% of original
8	Berat Jenis	>1	1.08	gr/cc

*Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII.*

###### 6.1.1.2 Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan agregat yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Indonesia adalah sebagai berikut:

- Agregat Kasar berasal dari Clereng Kulon Progo Yogyakarta dengan ukuran maksimal size  $\frac{3}{4}$ "

**Tabel 6.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar Clereng**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Keausan dengan Mesin Los Angles	%	29.59	maks 40
2	Kelekatan terhadap aspal	%	98	min 95
3	Penyerapan terhadap air	%	2.824	maks 3
4	Berat jenis semu		2.792	min 2.5

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII.

- Agregat Halus berasal dari pasir dari Kali Krasak Yogyakarta yang lolos pada saringan # 4 dan tertahan pada saringan # 200 sedangkan filler menggunakan abu batu hasil dari analisa saringan yang lolos saringan # 200 tertahan di pan

**Tabel 6.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Kali Krasak**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Nilai Sand Equivalent	%		min 50
2	Penyerapan agregat terhadap air	%	2.04	maks 3
3	Berat jenis semu		2.8323	min 2.5

**Pemeriksaan Filler Abu Batu**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Penyerapan agregat terhadap air	%	2.04	maks 3
2	Berat jenis semu		2.8323	min 2.5

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII.

- Agregat Halus berasal dari pasir dari Kali Progo Yogyakarta yang lolos pada saringan # 4 dan tertahan pada saringan # 200 sedangkan filler menggunakan abu batu hasil dari analisa saringan yang lolos saringan # 200 tertahan di pan

**Tabel 6.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Kali Progo**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Nilai Sand Equivalent	%		min 50
2	Penyerapan agregat terhadap air	%	2.0408	maks 3
3	Berat jenis semu		2.8	min 2.5

**Pemeriksaan Filler Abu Batu**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Penyerapan agregat terhadap air	%	2.0408	maks 3
2	Berat jenis semu		2	min 2.5

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII.

- Agregat Halus berasal dari Batu Pecah Clereng Kulon Progo (hasil pemecah batu Stone Crusher) Yogyakarta yang lolos pada saringan # 4 dan tertahan pada saringan # 200 sedangkan filler menggunakan abu batu hasil dari analisa saringan yang lolos saringan # 200 tertahan di pan

**Tabel 6.4 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Batu Pecah**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Nilai Sand Equivalent	%	28.88	min 50
2	Penyerapan agregat terhadap air	%	2.04	maks 3
3	Berat jenis semu		2.92	min 2.5

**Pemeriksaan Filler Abu Batu**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Penyerapan agregat terhadap air	%	2.04	maks 3
2	Berat jenis semu		2.92	min 2.5

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII.

- Pemeriksaan Pasir sebagai Agregat Halus dari Kali Buntung

Agregat Halus yang diambil sebagai pokok bahan penelitian tugas akhir ini berasal dari Kali Buntung Yogyakarta yang mana setiap Sungai /Kali di daerah Yogyakarta mempunyai karakteristik yang berbeda-beda dan pasir dari kali tersebut masih belum umum digunakan untuk perkerasan jalan raya. Agregat Halus pasir Kali Buntung yang lolos saringan # 4 dan

tertahan pada saringan # 200 sedangkan filler menggunakan abu batu hasil dari analisa saringan yang lolos saringan # 200 tertahan di pan dan supermill produksi pabrik mill Wonosari Yogyakarta

**Tabel 6.5 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus Kali Buntung**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Nilai Sand Equivalent	%		min 50
2	Penyerapan agregat terhadap air	%	2.2495	maks 3
3	Berat jenis semu		2.9817	min 2.5

**Pemeriksaan Filler Abu Batu**

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil	Spesifikasi
1	Penyerapan agregat terhadap air	%	2.2495	maks 3
2	Berat jenis semu		2.9817	min 2.5

*Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium Jalan Raya UII.*

### 6.1.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan kadar aspal optimum dilakukan dengan metode Narrow Range. Penentuan kadar aspal optimum dilakukan terhadap benda uji dengan 4 jenis agregat yang masing-masing diambil dari beberapa sumber material. Kadar aspal optimum diperoleh dari hubungan empat sifat Marshall yaitu VMA, VFWA, VITM, Marshall Quotient, Flow dan Stabilitas. Setelah dilakukan penghitungan terhadap sifat-sifat Marshall, dibuat grafik hubungan kadar aspal dengan masing-masing sifat Marshall tersebut. Tujuannya adalah untuk mengetahui wilayah kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran. Pada tahap ini digunakan 50 buah benda uji sesuai dengan Tabel 5.2.2, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6.6 dibawah ini:

Tabel 6.6 Hasil Pengujian untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Asal Material Agregat 1200 gr	Kadar Aspal %	Kode Benda Uji	VMA %	VFWA %	VITM %	Densitas gr/cc	Stabilitas kg	Flow mm	Marshall Quotient kg/mm
Kali Krasak	6.5	PKK 1.a	19.446	65.682	6.1835	2.2601	764.32	1.90	402.27
		PKK 1.b	20.847	60.201	7.8155	2.2208	630.85	1.56	404.39
		rerata	20.1465	62.9415	6.9995	2.24045	697.585	1.73	403.33
	7.0	PKK 2.a	19.251	71.621	4.8937	2.2762	834.34	2.12	393.56
		PKK 2.b	17.706	79.361	3.0739	2.3198	897.3	2.32	386.77
		rerata	18.4785	75.491	3.9838	2.298	865.82	2.22	390.165
	7.5	PKK 3.a	18.668	79.707	3.1298	2.3034	1035.5	2.26	458.2
		PKK 3.b	18.634	79.888	3.0889	2.3043	1042.4	2.56	407.2
		rerata	18.651	79.7975	3.10935	2.30385	1038.95	2.41	432.7
	8.0	PKK 4.a	18.242	87.462	1.5341	2.3262	896.47	2.61	343.48
		PKK 4.b	19.811	78.991	3.4233	2.2816	989.44	2.82	350.87
		rerata	19.0265	83.2265	2.4787	2.3039	942.955	2.715	347.175
	8.5	PKK 5.a	19.083	87.918	1.4643	2.3129	836.31	2.90	288.38
		PKK 5.b	18.167	93.397	0.3485	2.3391	829.35	3.02	274.62
		rerata	18.625	90.6575	0.9064	2.326	832.83	2.96	281.5
Penentuan KAO dari Sampel 1									
Kali Progo	6.5	PKP 1.a	21.00	63.366	7.6932	2.211	624.28	2.07	301.58
		PKP 1.b	23.139	55.95	10.193	2.1511	681.77	1.98	344.33
		rerata	22.0695	59.658	8.9431	2.18105	653.025573	2.025	322.956731
	7.0	PKP 2.a	21.826	65.322	7.5688	2.1996	704.56	2.10	335.50
		PKP 2.b	21.008	68.576	6.6015	2.2226	797.95	2.13	374.62
		rerata	21.417	66.949	7.08515	2.2111	751.253085	2.115	355.063674
	7.5	PKP 3.a	21.406	72.13	5.9658	2.2234	814.22	2.30	354.01
		PKP 3.b	20.275	77.251	4.6124	2.2554	874.45	2.34	373.70
		rerata	20.8405	74.6905	5.2891	2.2394	844.335816	2.32	363.852999
	8.0	PKP 4.a	19.352	87.805	2.3598	2.2939	871.82	2.71	321.70
		PKP 4.b	19.026	89.672	1.965	2.3032	921.00	2.67	344.94
		rerata	19.189	88.7385	2.1624	2.29855	896.408232	2.69	333.323651
	8.5	PKP 5.a	19.638	92.105	1.5505	2.2982	829.58	2.98	278.38
		PKP 5.b	19.41	93.451	1.2712	2.3048	893.91	2.95	303.02
		rerata	19.524	92.778	1.41085	2.3015	861.742599	2.965	290.700639
Penentuan KAO dari Sampel 2									
Batu Pecah	6.5	ABP 1.a	19.986	69.122	6.1714	2.2954	871.82	1.15	758.1
		ABP 1.b	18.826	74.446	4.8108	2.287	861.79	2.14	402.71
		rerata	19.406	71.784	5.4911	2.2912	866.805	1.645	580.405
	7.0	ABP 2.a	19.157	78.889	4.0442	2.3317	975.7	1.42	687.11
		ABP 2.b	19.122	79.067	4.0027	2.3327	992.1	2.31	429.48
		rerata	19.1395	78.978	4.02345	2.3322	983.9	1.865	558.295
	7.5	ABP 3.a	18.879	88.526	2.5439	2.3523	1039.5	2.10	494.99
		ABP 3.b	19.384	83.748	3.1503	2.3377	1090.4	2.55	427.62
		rerata	19.1315	86.137	2.8471	2.345	1064.95	2.325	461.305
	8.0	ABP 4.a	19.809	87.428	2.4903	2.338	1042.8	2.75	379.19
		ABP 4.b	19.627	88.441	2.2687	2.3433	1097.7	2.82	389.24
		rerata	19.718	87.9345	2.3795	2.34065	1070.25	2.785	384.215
	8.5	ABP 5.a	20.486	89.55	2.1408	2.3309	1011.4	3.52	287.32
		ABP 5.b	19.649	94.348	1.1105	2.3555	1094	3.05	359
		rerata	20.0675	91.949	1.62565	2.3432	1052.7	3.285	323.16
Penentuan KAO dari Sample 1									

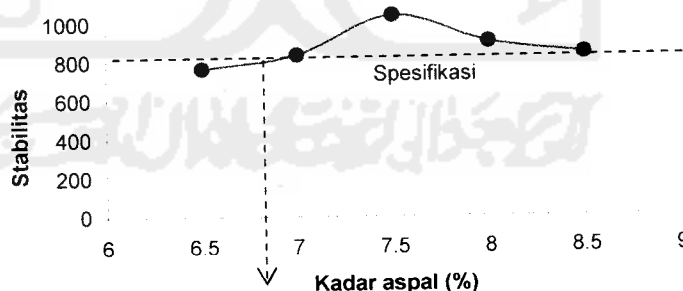
Asal Material Agregat 1200 gr	Kadar Aspal %	Kode Benda Uji	VMA %	VFWA %	VITM %	Densitas gr/cc	Stabilitas kg	Flow mm	Marshall Quotient kg/mm
Kali Buntung	6.5	PKB 1.a	19.528	71.769	5.5129	2.3287	893.91	1.98	451.47
		PKB 1.b	20.688	66.85	6.8514	2.2957	1041.2	0.90	1158.9
		rerata	20.108	69.3095	6.18215	2.3122	967.555	1.44	805.185
	7.0	PKB 2.a	20.015	75.355	4.9328	2.327	1034.9	2.14	483.62
		PKB 2.b	19.728	76.726	4.5916	2.3354	994.44	2.12	469.07
		rerata	19.8715	76.0405	4.7622	2.3312	1014.67	2.13	476.345
	7.5	PKB 3.a	19.717	82.709	3.4093	2.3483	1080.2	2.26	477.98
		PKB 3.b	20.217	80.16	4.0111	2.3337	1011.9	2.15	470.63
		rerata	19.967	81.4345	3.7102	2.341	1046.05	2.205	474.305
	8.0	PKB 4.a	20.01	87.086	2.584	2.3525	1077	2.43	443.19
		PKB 4.b	19.722	88.677	2.2332	2.3609	871.82	2.12	411.24
		rerata	19.866	87.8815	2.4086	2.3567	974.41	2.275	427.215
	8.5	PKB 5.a	21.12	86.918	2.7629	2.3325	1045.9	3.24	322.8
		PKB 5.b	19.909	93.621	1.2699	2.6832	876.75	2.05	828
		rerata	20.5145	90.2695	2.0164	2.50785	961.325	2.645	575.4
Penentuan KAO dari Sample 1									
Kali Buntung Filler SuperMill	6.5	BSM 1.a	20.58	67.211	6.748	2.2982	788.32	1.76	447.91
		BSM 1.b	18.149	78.545	3.8938	2.3686	951.04	1.82	522.55
		rerata	19.3645	72.878	5.3209	2.3334	869.68	1.79	485.23
	7.0	BSM 2.a	19.463	78.028	4.2768	2.3431	853.41	1.66	514.1
		BSM 2.b	18.395	83.652	3.0072	2.3741	1024.8	1.36	753.54
		rerata	18.929	80.84	3.642	2.3586	939.105	1.51	633.82
	7.5	BSM 3.a	18.889	87.224	2.4132	2.3725	1021.2	2.32	440.19
		BSM 3.b	18.468	89.677	1.9064	2.3848	998.05	1.69	590.56
		rerata	18.6785	88.4505	2.1598	2.37865	1009.625	2.005	515.375
	8.0	BSM 4.a	19.188	91.747	1.5836	2.3766	1019.8	2.93	348.04
		BSM 4.b	19.588	89.431	2.0703	2.3649	980.7	2.73	359.23
		rerata	19.388	90.589	1.82695	2.37075	1000.25	2.83	353.635
	8.5	BSM 5.a	20.097	92.53	1.5013	2.3627	1016.6	3.42	297.24
		BSM 5.b	21.082	87.118	2.7157	2.3336	881.61	3.76	234
		rerata	20.5895	89.824	2.1085	2.34815	949.105	3.59	265.62
Penentuan KAO dari Sample 2									

Dari data tabel 6.6 diatas, dipilih salah satu sampel dari 2 sampel benda uji di atas untuk setiap variasi kadar aspalnya dari beberapa sumber agregat halus yang berbeda-beda sebagai *penentu kadar aspal optimalnya*. Sebagai langkah awal dalam perhitungan kadar aspal optimal setelah didapatkan data perhitungan sifat-sifat Marshall tersebut maka dibuat grafik dari setiap sumber material yang diambil yakni agregat kali krasak, kali progo, batu pecah clereng, kali buntung. Lebih rinci penjelasan ini akan disampaikan pada halaman berikutnya.

Nilai Marshall properties, VITM, VMA, dan VFWA untuk masing-masing benda uji direpresentasikan dalam bentuk grafik yang terdiri dari 3 bagian:

- 1) Sumbu X, yaitu kadar aspal benda uji
- 2) Sumbu Y, yaitu nilai yang direpresentasikan
- 3) Kurva grafik, yaitu kurva penghubung antara plotting nilai rata-rata dari setiap benda uji pada kadar aspal 6.5%, 7.0%, 7.5%, 8.0%, 8.5%.

Setelah itu dengan mengacu pada spesifikasi Marshall seperti dalam Tabel 2.6.3, dibuat garis horisontal dari sumbu Y pada nilai-nilai batas spesifikasi menuju kurva grafik. Setelah itu pada titik pertemuan tersebut dibuat garis vertikal sehingga memotong sumbu X pada nilai kadar aspal tertentu. Sebagai contoh dapat dilihat cara penentuan batas-batas wilayah kadar aspal yang memenuhi syarat pada *Stabilitas* untuk agregat halus dari Kali Krasak yang tampak dalam Gambar 6.1 dibawah ini:



**Gambar 6.1 Grafik Stabilitas pada agregat Kali Krasak**

*Keterangan gambar:*

- nilai batas untuk Stabilitas menurut spesifikasi HRS WC adalah >800kg
- wilayah kadar aspal yang memenuhi kriteria stabilitas 6.8% - 8.5%

Apabila tidak diketemukan titik potong antara batas spesifikasi dengan kurva grafik, berarti kadar aspal untuk parameter tersebut hanya ada kemungkinan tidak lolos spesifikasi sama sekali atau memenuhi spesifikasi seluruhnya.

Dari beberapa kriteria pengujian metode Marshall seperti VMA, VFWA, VITM, Stabilitas, Flow, Marshall Quotient, dan Density, ditentukan wilayah kadar aspal yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (1999). Kemudian dari batas atas dan bawah dari wilayah tersebut, dicari nilai rata-ratanya menjadi kadar aspal optimum.

$$KAO = \frac{(\text{Batas Atas} + \text{Batas Bawah})}{2} \dots\dots\dots (6.1)$$

Kadar aspal optimum ini dicari untuk setiap jenis benda uji, yakni benda uji asal agregat dari Kali Buntung Yogyakarta (agregat yang menjadi pokok penelitian) dan sebagai pembandingan adalah asal agregat dari Kali Krasak, Kali Progo, dan Batu Pecah Clereng (dipecah dengan Stone Crusher).

Kadar aspal optimum menentukan berat aspal yang harus ditambahkan dalam setiap klasifikasi benda uji. Cara penghitungan berat aspal pada benda uji adalah:

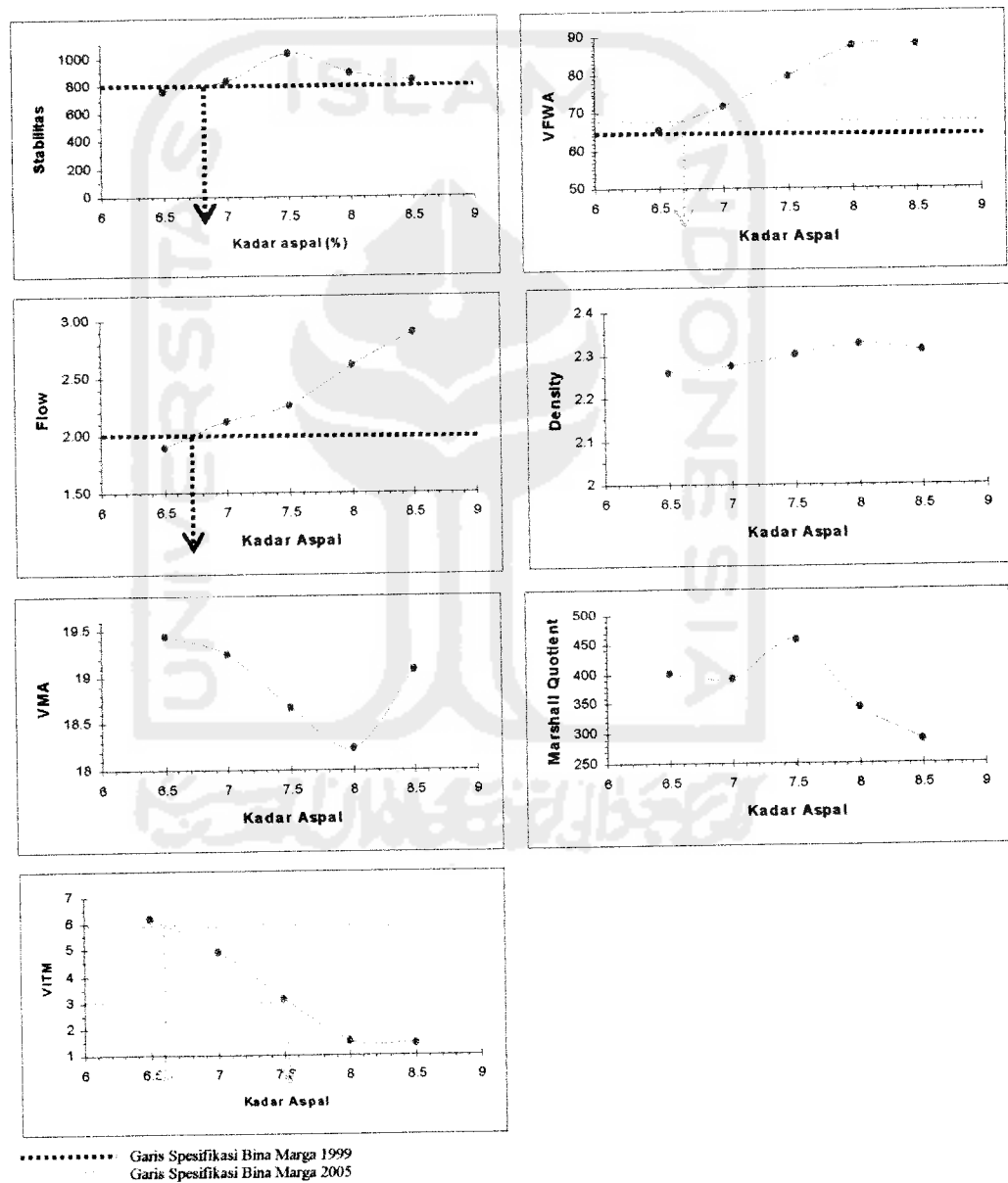
$$\text{Berat Aspal Optimum} = \frac{KAO (\%)}{100 - KAO (\%)} \times \text{Berat Agregat} \dots\dots\dots (6.2)$$

*Narrow Range* dalam penentuan KAO (Kadar Aspal Optimum) secara berturut-turut agregat/material yang berasal dari kali krasak, progo, batu pecah, buntung akan diperlihatkan dibawah ini.



a) Penentuan Kadar Aspal Optimum asal agregat/material Kali Krasak

Hasil perhitungan dan pengujian Marshall dari sampel benda uji dibuat grafik hubungan antara variasi kadar aspal dengan sifat-sifat Marshall dan menarik garis spesifikasi perkerasan jalan yang telah ditentukan. Dibawah ini grafik hasil Marshall tersebut.



**Gambar 6.2.1 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat Kali Krasak**

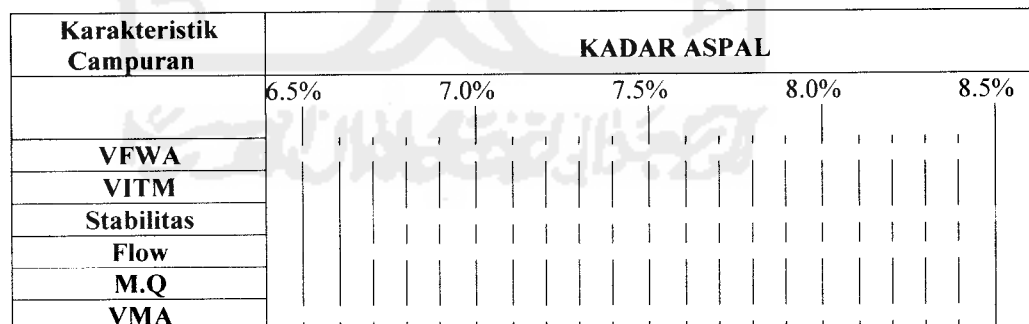
Berdasarkan garis spesifikasi Bina Marga 1999 pada gambar 6.2.1 diatas maka didapatkan *upper limit* dan *lower limit* untuk mengetahui batas *narrow range* yang diperlihatkan dalam tabel 6.7.1 di bawah ini.

**Tabel 6.7.1 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material dari Kali Krasak (B.M 1999)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	65	6.50	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	-	6.50	8.50
Stabilitas	800	6.72	8.50
Flow	2.0	6.70	8.50
Marshall Quotient	200 - 500	6.50	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 1999

Selanjutnya dibuat *bar chart* dari data tabel *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain sehingga didapat garis tengah yang menjadi nilai kadar aspal optimum yang dicari. Di bawah ini diilustrasikan *bar chart* tersebut untuk menentukan kadar aspal optimumnya.



**Gambar 6.2.2 Bar Chart dari Data *Narrow Range* Kali Krasak (B.M 1999)**

Dari analisis *bar chart* diatas, tidak ditemukan kadar aspal optimumnya.

Meninjau garis spesifikasi Bina Marga 2005 pada gambar 6.2.1 diatas, terjadi perbedaan pada nilai VFWA, VITM, Flow sehingga *upper limit* dan *lower*

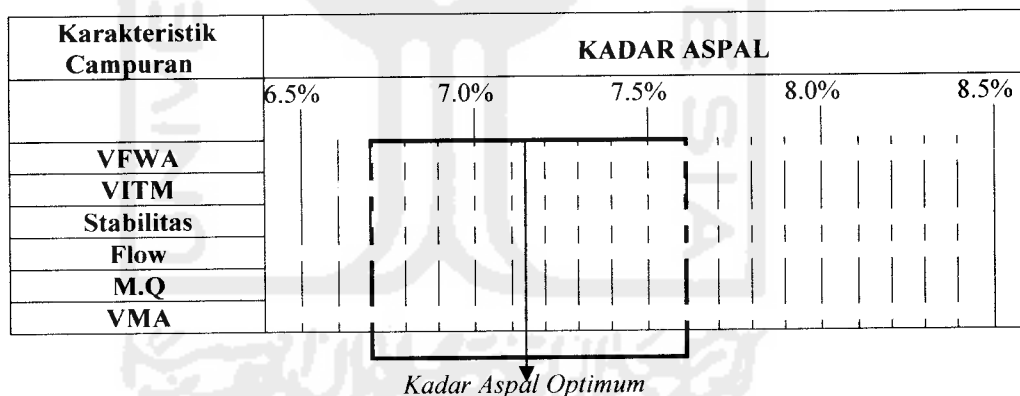
limit untuk menentukan *narrow range* mengalami sedikit perubahan. Tabel 6.7.2 memperlihatkan perbedaan nilai dari parameter diatas.

**Tabel 6.7.2 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material dari Kali Krasak (B.M 2005)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	68	6.70	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	3 – 6	6.58	7.52
Stabilitas	800	6.72	8.50
Flow	3.0	6.50	8.50
Marshall Quotient	250	6.50	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 2005

Dibuat *bar chart* dari data *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain yang diperlihatkan pada gambar 6.2.3 di bawah ini.

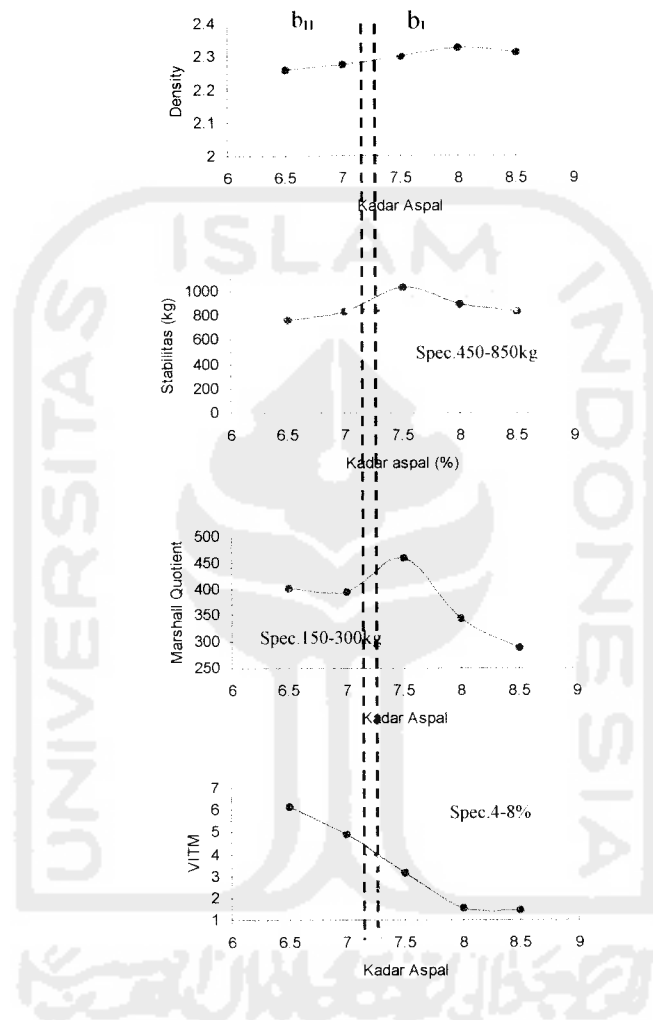


**Gambar 6.2.3 Bar Chart dari Data *Narrow Range* Kali Krasak (B.M 2005)**

Dari analisis *bar chart* diatas, kadar aspal optimumnya dapat dihitung dengan

$$\text{rumus (6.1) yakni } \frac{(7.52 + 6.72)}{2} = 7.12\%.$$

Untuk menghitung kadar aspal optimum spesifikasi HRA WC metode BS 594 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



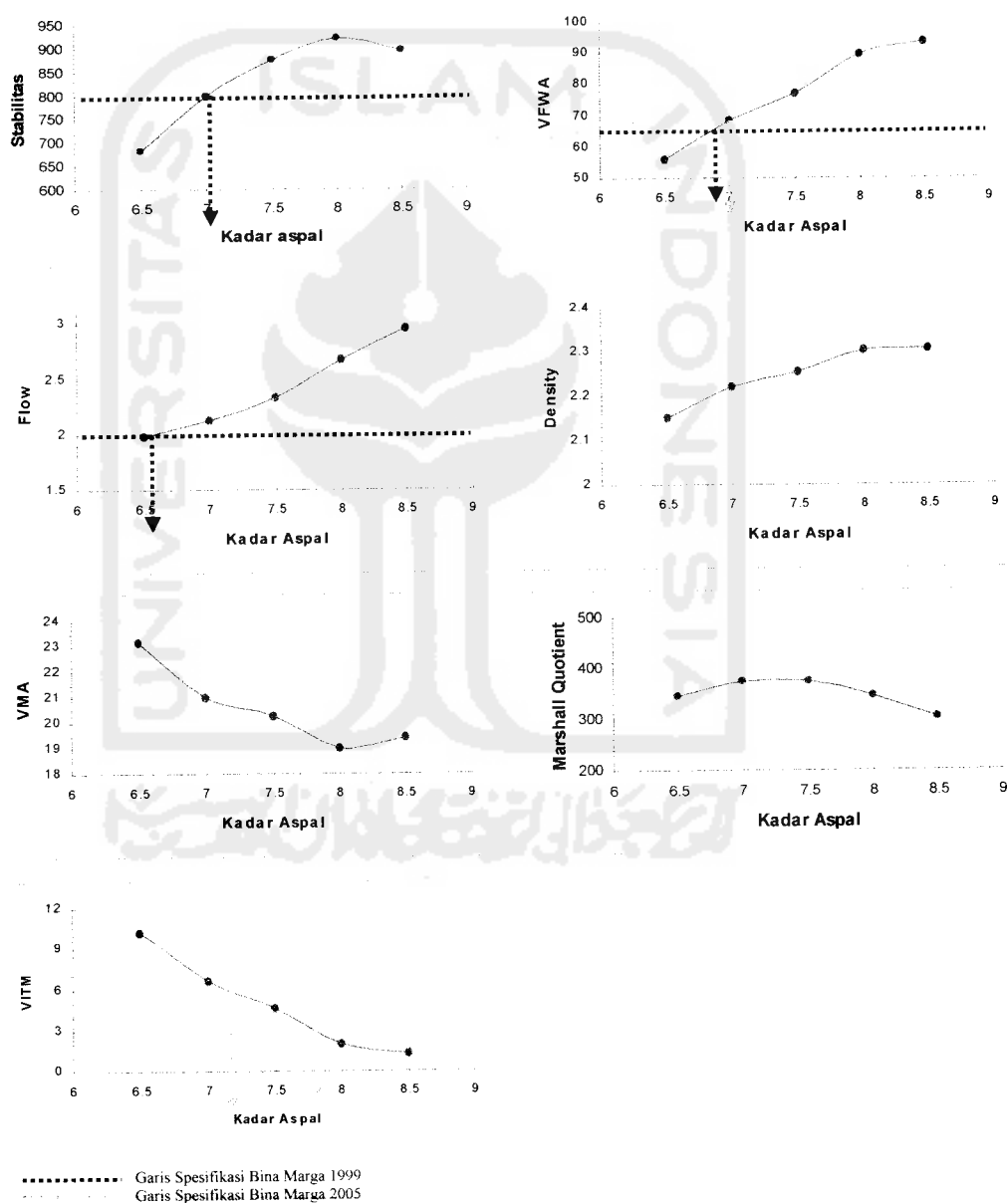
**Gambar 6.2.4 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat Kali Krasak Metode BS 594 jenis HRA Wearing Course**

$KAO$  Kali Krasak dihitung dengan cara memasukkan angka batas atas dan batas bawah yang didapat dari grafik di atas kedalam rumus yakni

$$KAO = \frac{(bI + bII)}{2} = \frac{(7.15 + 7.25)}{2} = 7.20\%$$

b) Kadar Aspal Optimum asal agregat/material Kali Progo

Hasil perhitungan dan pengujian Marshall dari sample benda uji dibuat grafik hubungan antara variasi kadar aspal dengan sifat-sifat Marshall dan menarik garis spesifikasi perkerasan jalan yang telah ditentukan. Dibawah ini grafik hasil Marshall tersebut.



**Gambar 6.2.5 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat Kali Progo**

Berdasarkan garis spesifikasi Bina Marga 1999 pada gambar 6.2.5 diatas maka didapatkan *upper limit* dan *lower limit* untuk mengetahui batas *narrow range* yang diperlihatkan dalam tabel 6.7.3 di bawah ini.

**Tabel 6.7.3 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material dari Kali Progo (BM 1999)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	65	6.90	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	-	6.50	8.50
000Stabilitas	800	7.00	8.50
Flow	2.0	6.55	8.50
Marshall Quotient	200 - 500	6.50	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 1999

Selanjutnya dibuat *bar chart* dari data tabel *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain sehingga didapat garis tengah yang menjadi nilai kadar aspal optimum yang dicari. Di bawah ini diilustrasikan *bar chart* tersebut untuk menentukan kadar aspal optimumnya.

Karakteristik Campuran	KADAR ASPAL				
	6.5%	7.0%	7.5%	8.0%	8.5%
VFWA					
VITM					
Stabilitas					
Flow					
M.Q					
VMA					

**Gambar 6.2.6 Bar Chart dari Data *Narrow Range* Kali Progo (B.M 1999)**

Dari analisis *bar chart* diatas, tidak ditemukan kadar aspal optimumnya.

Meninjau garis spesifikasi Bina Marga 2005 pada gambar 6.2.5 diatas, terjadi perbedaan pada nilai VFWA, VITM, Flow sehingga *upper limit* dan *lower*

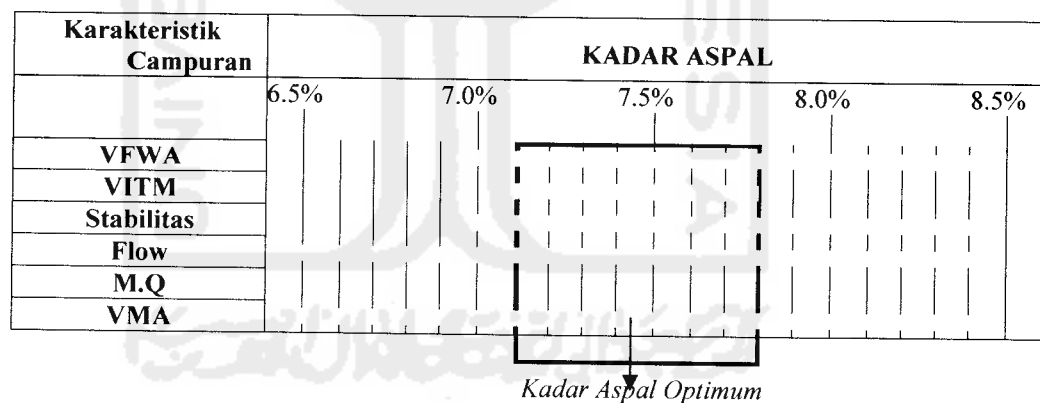
*limit* untuk menentukan *narrow range* mengalami sedikit perubahan. Tabel 6.7.4 memperlihatkan perbedaan nilai dari parameter diatas.

**Tabel 6.7.4 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material dari Kali Progo (2005)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	68	7.00	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	3 – 6	<b>7.19</b>	<b>7.80</b>
Stabilitas	800	7.02	8.50
Flow	3.0	6.50	8.50
Marshall Quotient	250	6.50	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 2005

Dibuat *bar chart* dari data *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain yang diperlihatkan pada gambar 6.2.7 di bawah ini.

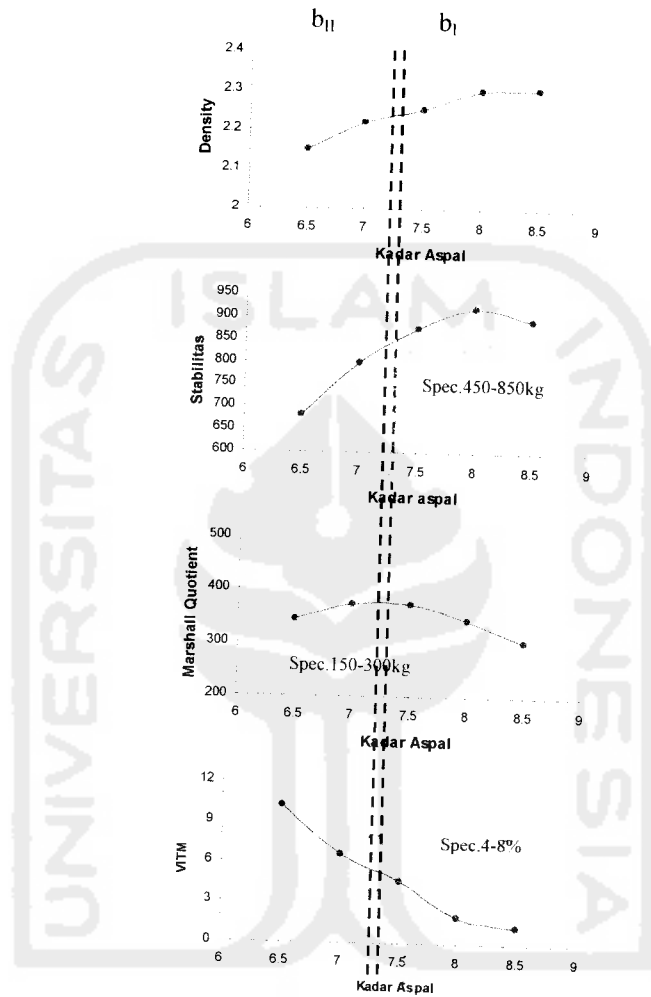


**Gambar 6.2.7 Bar Chart dari Data *Narrow Range* Kali Progo (B.M 2005)**

Dari analisis *bar chart* diatas, kadar aspal optimumnya dapat dihitung dengan

$$\text{rumus (6.1) yakni } \frac{(7.80 + 7.19)}{2} = 7.490\%$$

Untuk menghitung kadar aspal optimum spesifikasi HRA WC metode BS 594 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 6.2.8 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat Kali Progo Metode BS 594 jenis HRA Wearing Course**

*KAO* Kali Progo dihitung dengan cara memasukkan angka batas atas dan batas bawah yang didapat dari grafik diatas kedalam rumus yakni

$$KAO = \frac{(bI + bII)}{2} = \frac{(7.20 + 7.30)}{2} = 7.25\%$$



c) Kadar Aspal Optimum asal agregat/material Batu Pecah Clereng

Hasil perhitungan dan pengujian Marshall dari sample benda uji dibuat grafik hubungan antara variasi kadar aspal dengan sifat-sifat Marshall dan menarik garis spesifikasi perkerasan jalan yang telah ditentukan. Dibawah ini grafik hasil Marshall tersebut.



**Gambar 6.2.9 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat Batu Pecah**

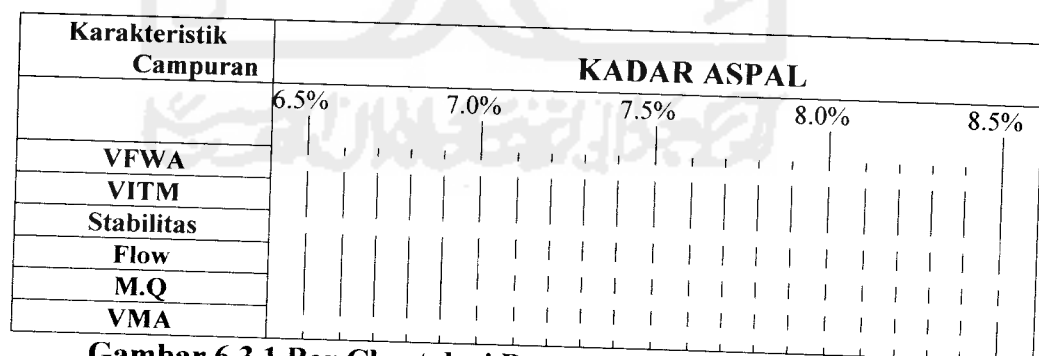
Berdasarkan garis spesifikasi Bina Marga 1999 pada gambar 6.2.9 diatas maka didapatkan *upper limit* dan *lower limit* untuk mengetahui batas *narrow range* yang diperlihatkan dalam tabel 6.7.5 di bawah ini.

**Tabel 6.7.5 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material Batu Pecah (B.M 1999)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	65	6.50	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	-	6.50	8.50
Stabilitas	800	6.50	8.50
Flow	2.0	7.05	8.50
Marshall Quotient	200 - 500	7.00	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 1999

Selanjutnya dibuat *bar chart* dari data tabel *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain sehingga didapat garis tengah yang menjadi nilai kadar aspal optimum yang dicari. Di bawah ini diilustrasikan *bar chart* tersebut untuk menentukan kadar aspal optimumnya.



**Gambar 6.3.1 Bar Chart dari Data *Narrow Range* Batu Pecah (B.M 1999)**

Dari analisis *bar chart* diatas, tidak ditemukan kadar aspal optimumnya.

Meninjau garis spesifikasi Bina Marga 2005 pada gambar 6.2.9 diatas, terjadi perbedaan pada nilai VFWA, VITM, Flow sehingga *upper limit* dan *lower*

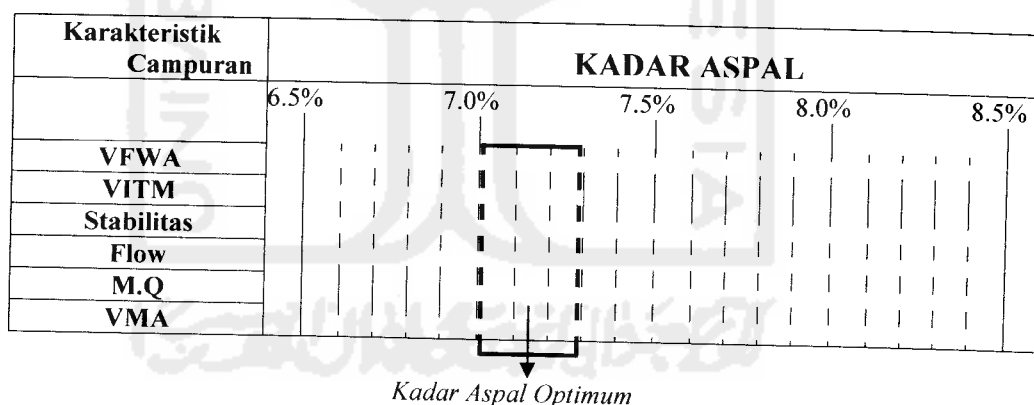
limit untuk menentukan *narrow range* mengalami sedikit perubahan. Tabel 6.7.6 memperlihatkan perbedaan nilai dari parameter diatas.

**Tabel 6.7.6 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material Batu Pecah (B.M 2005)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	68	6.50	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	3 - 6	6.50	7.30
Stabilitas	800	6.50	8.50
Flow	3.0	6.50	8.50
Marshall Quotient	200 - 500	7.00	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 2005

Dibuat *bar chart* dari data *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain yang diperlihatkan pada gambar 6.3.2 di bawah ini.

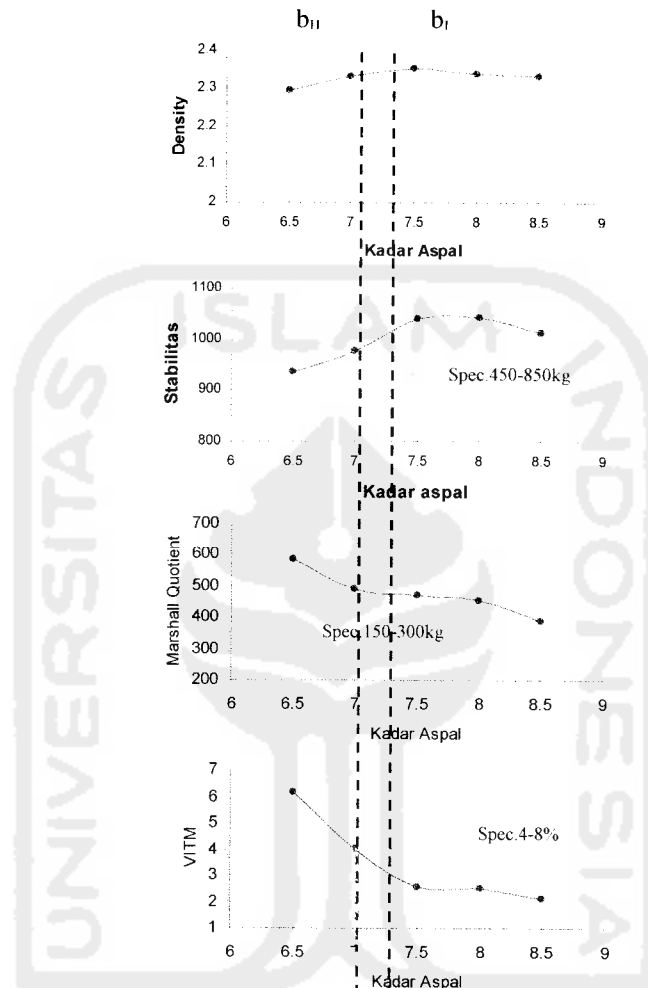


**Gambar 6.3.2 Bar Chart dari Data *Narrow Range* Batu Pecah (B.M 2005)**

Dari analisis *bar chart* diatas, kadar aspal optimumnya dapat dihitung dengan

rumus (6.1) yakni  $\frac{(7.30 + 7.00)}{2} = 7.15\%$

Untuk menghitung kadar aspal optimum spesifikasi HRA WC metode BS 594 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



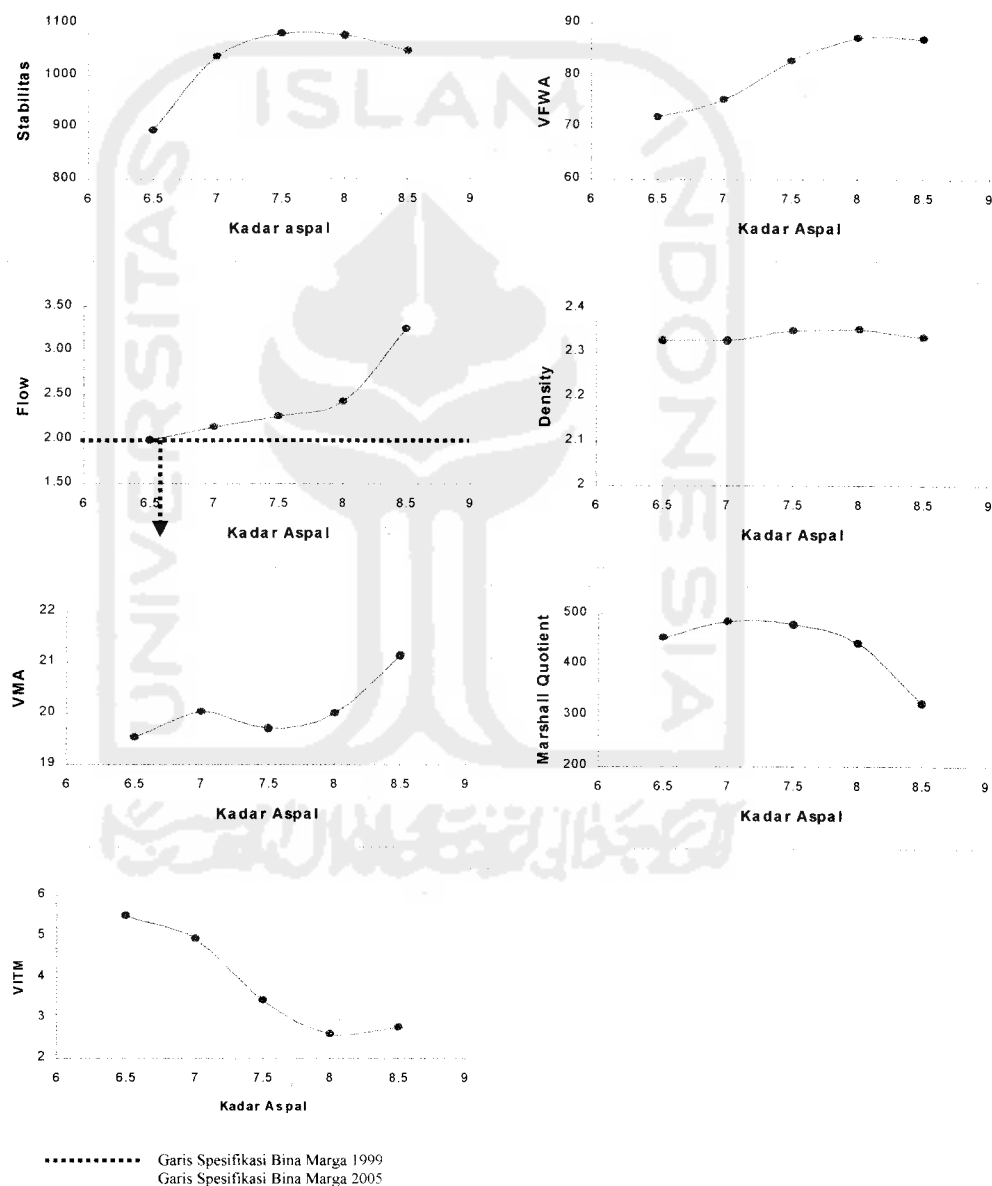
**Gambar 6.3.3 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat Batu Pecah BS 594 jenis HRA Wearing Course**

KAO Kali Batu Pecah dihitung dengan cara memasukkan angka batas atas dan batas bawah yang didapat dari grafik berdasarkan karakteristik Marshall

$$\text{kedalam rumus (6.1) yakni } KAO = \frac{(bI + bII)}{2} = \frac{(7.30 + 7.00)}{2} = 7.15\%$$

d) Kadar Aspal Optimum asal agregat/material K. Buntung

Hasil perhitungan dan pengujian Marshall dari sample benda uji dibuat grafik hubungan antara variasi kadar aspal dengan sifat-sifat Marshall dan menarik garis spesifikasi perkerasan jalan yang telah ditentukan. Dibawah ini grafik hasil Marshall tersebut.



**Gambar 6.3.4 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat Kali Buntung**

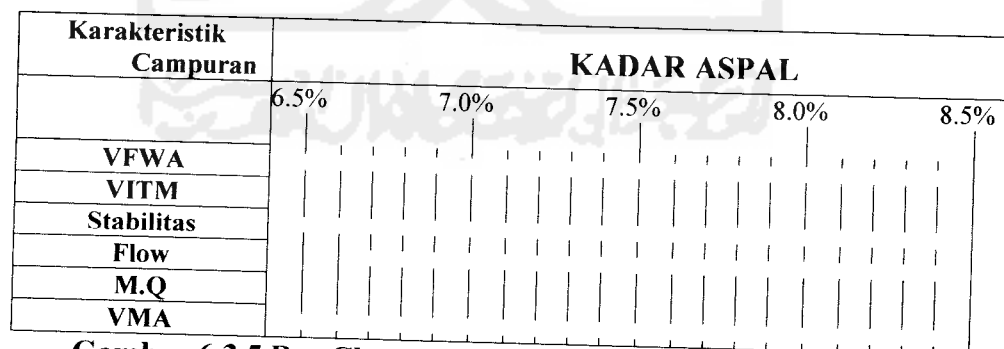
Berdasarkan garis spesifikasi Bina Marga 1999 pada gambar 6.3.4 diatas maka didapatkan *upper limit* dan *lower limit* untuk mengetahui batas *narrow range* yang diperlihatkan dalam tabel 6.7.7 di bawah ini.

**Tabel 6.7.7 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material K. Buntung (B.M 1999)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	65	6.50	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	-	6.50	8.50
Stabilitas	800	6.50	8.50
Flow	2.0	6.60	8.50
Marshall Quotient	200 - 500	6.50	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 1999

Selanjutnya dibuat *bar chart* dari data tabel *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain sehingga didapat garis tengah yang menjadi nilai kadar aspal optimum yang dicari. Di bawah ini diilustrasikan *bar chart* tersebut untuk menentukan kadar aspal optimumnya.



**Gambar 6.3.5 Bar Chart dari Data *Narrow Range* Kali Buntung (B.M 1999)**

Dari analisis *bar chart* diatas, tidak ditemukan kadar aspal optimumnya.

Meninjau garis spesifikasi Bina Marga 2005 pada gambar 6.3.4 diatas, terjadi perbedaan pada nilai VFWA, VITM, Flow sehingga *upper limit* dan *lower*

*limit* untuk menentukan *narrow range* mengalami sedikit perubahan. Tabel 6.7.8 memperlihatkan perbedaan nilai dari parameter diatas.

**Tabel 6.7.8 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material  
K. Buntung (B.M 2005)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	68	6.50	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	3 – 6	6.50	7.70
Stabilitas	800	6.50	8.50
Flow	3.0	8.35	8.50
Marshall Quotient	200 - 500	6.50	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, *Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan*, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 2005

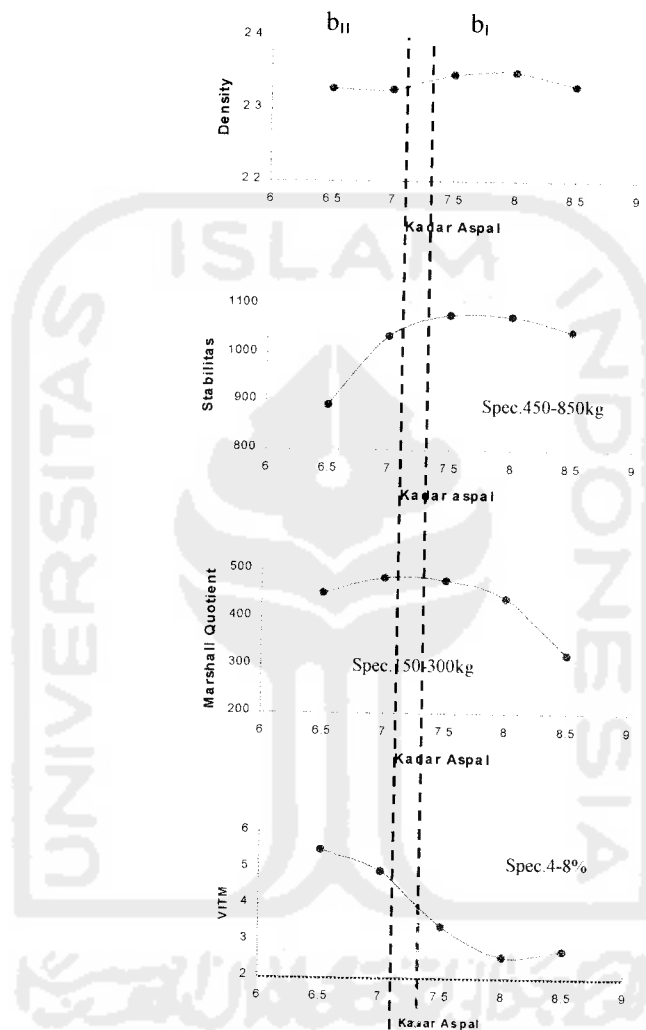
Dibuat *bar chart* dari data *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain yang diperlihatkan pada gambar 6.3.6 di bawah ini.

Karakteristik Campuran	KADAR ASPAL				
	6.5%	7.0%	7.5%	8.0%	8.5%
VFWA					
VITM					
Stabilitas					
Flow					
M.Q					
VMA					

**Gambar 6.3.6 Bar Chart dari Data *Narrow Range* Kali Buntung  
(B.M 2005)**

Dari analisis *bar chart* diatas, tidak ditemukan kadar aspal optimumnya.

Untuk menghitung kadar aspal optimum spesifikasi HRA WC metode BS 594 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 6.3.7 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat Kali Buntung BS 594 jenis HRA Wearing Course**

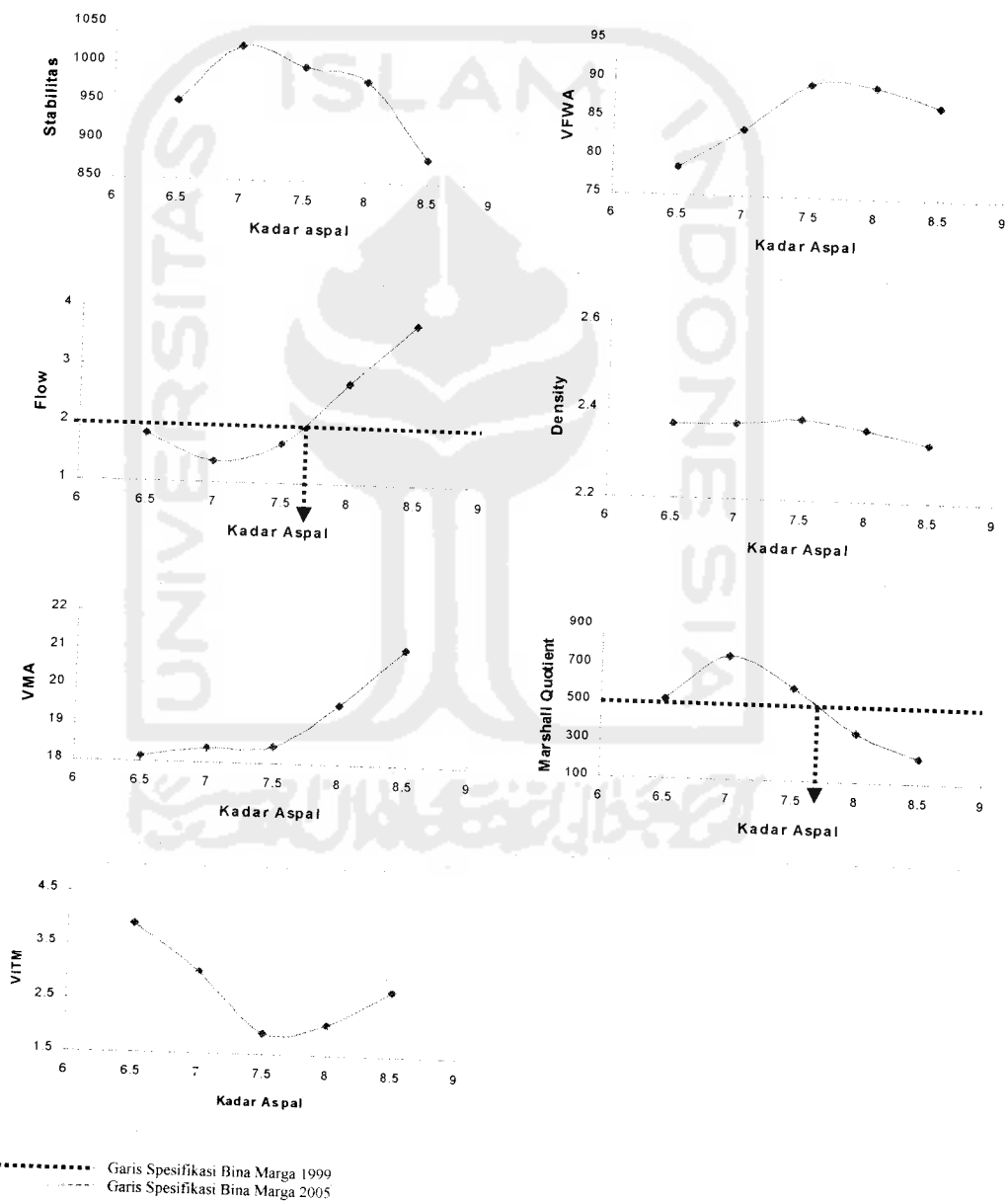
*KAO* Kali Buntung dihitung dengan cara memasukkan angka batas atas dan batas bawah yang didapat dari grafik berdasarkan karakteristik Marshall

$$\text{kedalam rumus (6.1) yakni } KAO = \frac{(bI + bII)}{2} = \frac{(7.10 + 7.30)}{2} = 7.20\%$$



e) Kadar Aspal Optimum asal agregat/material K. Buntung (F. SuperMill)

Hasil perhitungan dan pengujian Marshall dari sample benda uji dibuat grafik hubungan antara variasi kadar aspal dengan sifat-sifat Marshall dan menarik garis spesifikasi perkerasan jalan yang telah ditentukan. Di bawah ini grafik hasil Marshall tersebut.



**Gambar 6.3.8 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat K. Buntung Filler Supermill**

Berdasarkan garis spesifikasi Bina Marga 1999 pada gambar 6.3.8 diatas maka didapatkan *upper limit* dan *lower limit* untuk mengetahui batas *narrow range* yang diperlihatkan dalam tabel 6.7.9 di bawah ini.

**Tabel 6.7.9 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material K. Buntung Filler SuperMill (B.M 1999)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	65	6.50	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	-	6.50	8.50
Stabilitas	800	6.50	8.50
Flow	2.0	7.70	8.50
Marshall Quotient	200 - 500	7.70	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 1999

Selanjutnya dibuat *bar chart* dari data tabel *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain sehingga didapat garis tengah yang menjadi nilai kadar aspal optimum yang dicari. Di bawah ini diilustrasikan *bar chart* tersebut untuk menentukan kadar aspal optimumnya.

Karakteristik Campuran	KADAR ASPAL				
	6.5%	7.0%	7.5%	8.0%	8.5%
VFWA	✓	✓	✓	✓	✓
VITM	✓	✓	✓	✓	✓
Stabilitas	✓	✓	✓	✓	✓
Flow	✓	✓	✓	✓	✓
M.Q	✓	✓	✓	✓	✓
VMA	✓	✓	✓	✓	✓

**Gambar 6.3.9 Bar Chart dari Data *Narrow Range* K. Buntung Filler Supermill (B.M 1999)**

Dari analisis *bar chart* diatas, tidak ditemukan kadar aspal optimumnya. Meninjau garis spesifikasi Bina Marga 2005 pada gambar 6.3.8 diatas, terjadi perbedaan pada nilai VFWA, VITM, Flow sehingga *upper limit* dan *lower*

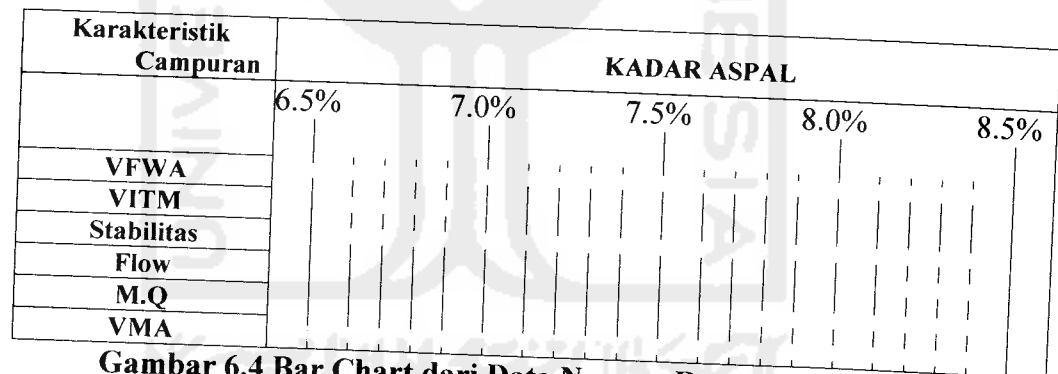
limit untuk menentukan *narrow range* mengalami sedikit perubahan. Tabel 6.8 memperlihatkan perbedaan nilai dari parameter diatas.

**Tabel 6.8 Batas-batas *Narrow Range* agregat/material  
K. Buntung Filler SuperMill (B.M 2005)**

PARAMETER	SPESIFIKASI HRS WC	BATAS	
		Bawah	Atas
Density	-	6.50	8.50
VFWA ( <i>Voids Filled With Asphalt</i> )	68	6.50	8.50
VITM ( <i>Voids In The Mix</i> )	3 - 6	6.50	7.00
Stabilitas	800	6.50	8.50
Flow	3.0	8.10	8.50
Marshall Quotient	200 - 500	7.70	8.50
VMA ( <i>Voids in Mineral Aggregate</i> )	18	6.50	8.50

Sumber : Buku seksi 6.3 Bab V, Spesifikasi Proyek Perencanaan Teknik Jalan dan Jembatan, Sub Dinas Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 2005

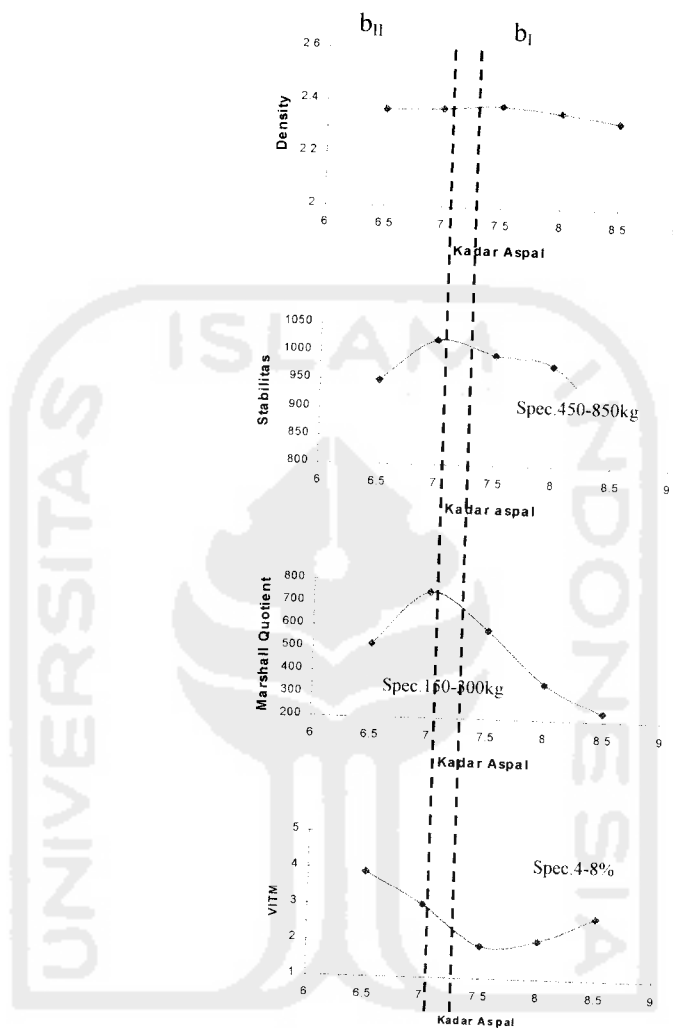
Dibuat *bar chart* dari data *narrow range* diatas untuk mencari parameter-parameter *Marshall* yang saling bersinggungan/bertemu satu sama lain yang diperlihatkan pada gambar 6.4 di bawah ini



**Gambar 6.4 Bar Chart dari Data *Narrow Range* K. Buntung  
Filler Supermill (B.M 2005)**

Dari analisis *bar chart* diatas, tidak ditemukan kadar aspal optimumnya

Untuk menghitung kadar aspal optimum spesifikasi HRA WC metode BS 594 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 6.4.1 Grafik Hubungan Variasi Kadar Aspal Hasil Penelitian Agregat K. Buntung Filler SupermillBS 594 jenis HRA Wearing Course**

KAO Kali Buntung filler supermill dihitung dengan cara memasukkan angka batas atas dan batas bawah yang didapat dari grafik berdasarkan karakteristik Marshall kedalam rumus (6.1) yakni:  $KAO = \frac{(bI + bII)}{2} = \frac{(7.30 + 7.00)}{2} = 7.15\%$

Berdasarkan grafik hubungan variasi kadar aspal dengan *sifa-sifat Marshall* tersebut yangmana material uji diambil dari beberapa jenis sumber sungai/kali maka penentuan *kadar aspal optimum* menurut perhitungan diatas yang diambil adalah spesifikasi dari *Hot Rolled Asphalt Wearing Course* menurut metode BS 594. Perhitungan kadar aspal optimum berdasarkan metode BS 594 yang menitikberatkan pada grafik kerapatan sebagai tolak ukurnya dalam perhitungan kadar aspal optimumnya tetapi bukan pada batas titik maksimum dari nilai kerapatan dan memungkinkan untuk penggunaan kadar aspal yang tinggi sebagaimana terlihat pada gambar grafik untuk Hot Rolled Asphalt Wearing Course diatas.

Hasil dari perhitungan grafik diatas diperoleh kadar aspal optimumnya dan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 6.8.1 Perolehan Kadar Aspal Optimum  
Hasil Perhitungan Grafik Metode BS 594**

No.	Jenis Material	Kadar Aspal Optimum (dalam %)	Berat Aspal (dalam gr)
1	Kali Krasak	7.200	86
2	Kali Progo	7.250	87
3	Batu Pecah Clereng	7.150	86
4	Kali Buntung (filler abu batu)	7.200	86
5	Kali Buntung (filler supermill)	7.150	86

### 6.1.3 Analisa Data

Selama penelitian di Laboratorium data yang akan dianalisa dan didapatkan untuk uji Marshall sebagai berikut:

- a. Tebal benda uji
- b. Berat kering sebelum direndam air

- c. Berat dalam air
- d. Berat dalam kondisi jenuh air (saturated surface dry)
- e. Pembacaan arloji stabilitas
- f. Pembacaan arloji flow-meter

Dari data-data tersebut dapat diperoleh nilai stabilitas, flow, dan Marshall Quotient dari benda uji dengan perendaman *Marshall Standard* yakni perendaman 24 jam dan waterbatch selama 30 menit dengan suhu 60°C.

#### 6.1.4 Hasil Pengujian test Marshall

Pengujian Marshall pada kadar aspal optimum secara keseluruhan adalah dipresentasikan pada tabel 7.2 dibawah ini:

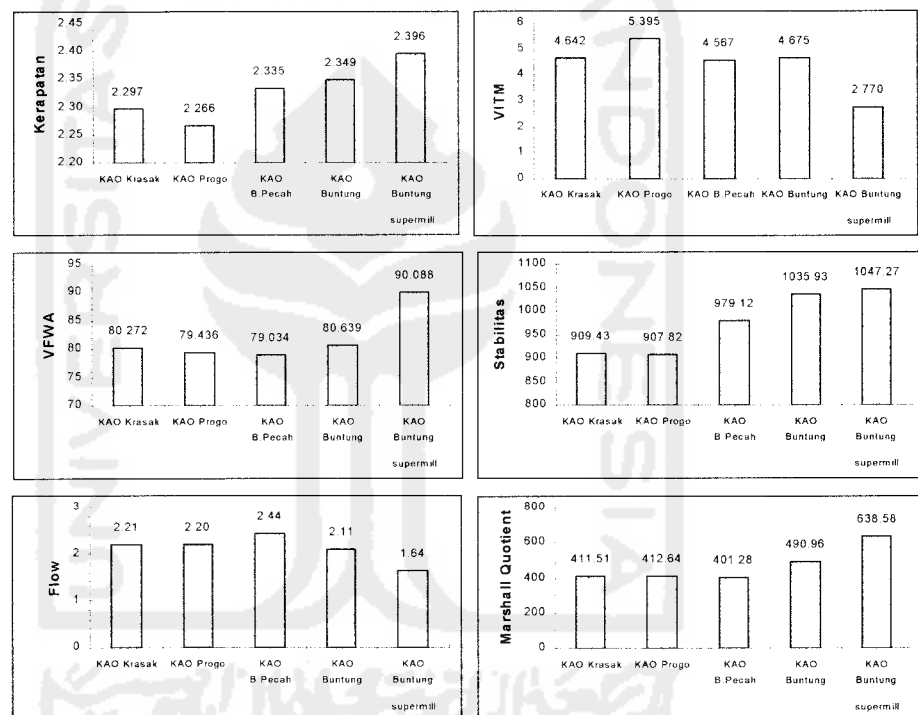
**Tabel 6.9 Nilai-nilai Parameter Marshall berdasarkan Kadar Aspal Optimum dari berbagai Sumber Agregat**

No.	Jenis Material	B.Uji	Sifat-sifat Marshall					
			Density	VFWA (%)	VITM (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)
1	Kali Krasak	1	2.296	80.126	4.676	958.61	2.19	437.72
		2	2.297	80.272	4.642	909.43	2.21	411.51
		3	2.290	78.998	4.935	882.08	2.08	424.07
2	Kali Progo	1	2.287	80.978	4.538	894.01	2.29	390.40
		2	2.266	77.286	5.395	907.82	2.20	412.64
		3	2.290	81.559	4.409	861.76	2.32	371.45
3	Batu Pecah Clereng	1	2.335	80.571	4.567	979.12	2.44	401.28
		2	2.331	79.859	4.729	1002.59	2.34	428.46
		3	2.331	79.979	4.702	966.50	2.13	453.75
4	Kali Buntung (filler abu batu)	1	2.349	80.639	4.675	1035.93	2.11	490.96
		2	2.365	83.478	4.042	1090.43	1.99	547.96
		3	2.345	79.926	4.840	1036.12	2.08	498.14
5	Kali Buntung (filler supermill)	1	2.395	88.946	2.836	1055.26	1.56	676.45
		2	2.396	89.289	2.770	1047.27	1.64	638.58
		3	2.405	91.154	2.415	1015.41	1.62	626.80

Tabel 6.9 diatas menunjukkan setiap jenis asal agregat mempunyai kinerja yang berbeda-beda terhadap pengaruh Density, VFWA, VITM, Stability, Flow dan Marshall Quotient.

Agregat khususnya pasir yang menjadi pokok penelitian ini yaitu berasal dari Kali Buntung diberikan perbedaan dari jenis filler yang digunakan yakni filler abu batu hasil penyaringan dan filler supermill sebagai pembandingan dari filler abu batu dari pasir tersebut.

Di bawah ini kerapatan, VITM, VFWA, stabilitas, flow, dan Marshall Quotient yang merupakan kadar aspal optimal hasil dari *Uji Marshall* menjadi resep campuran akhir dan diilustrasikan dalam gambar di bawah ini.



**Gambar 6.5 Grafik Balok dari Parameter-parameter Marshall berdasarkan Kadar Aspal Optimum yang dipilih**

Dari grafik kolom diatas dapat dilihat bahwa kerapatan agregat dari kali buntung baik menggunakan filler abu batu atau supermill mempunyai kerapatan yang tinggi dibandingkan dengan agregat dari kali krasak, progo, dan batu pecah sehingga nilai stabilitasnya tinggi pula seperti pada grafik

kolom stabilitas diatas. Hal ini menyebabkan campuran perkerasan ini menjadi lebih kaku/getas dibandingkan dengan agregat lainnya yang berpengaruh pada kelelahan dari campuran perkerasan aspal beton tersebut sebagaimana pada grafik kolom flow yang menunjukkan kelelahan perkerasan tersebut rendah mencapai angka 2.11 dan 1.64 sehingga fleksibilitasnya menjadi rendah.

Begitu pula pada nilai VITM campuran perkerasan agregat kali buntung menggunakan filler supermill mempunyai rongga campuran yang kecil sehingga campuran perkerasan tersebut sedikit sekali aspal yang akan mengisi rongga campuran tetapi dikarenakan daya serap dari filler ini yang cukup besar memungkinkan untuk penggunaan aspal yang banyak dan ditunjukkan pada grafik kolom VFWA mempunyai nilai 90.0885% atau lebih besar dibanding dengan agregat dari kali krasak, progo, maupun batu pecah.

## **6.2 Pembahasan**

### **6.2.1 Sifat-sifat Marshall**

Pada penelitian ini sifat-sifat Marshall dari campuran HRS WC diukur dengan nilai-nilai dari:

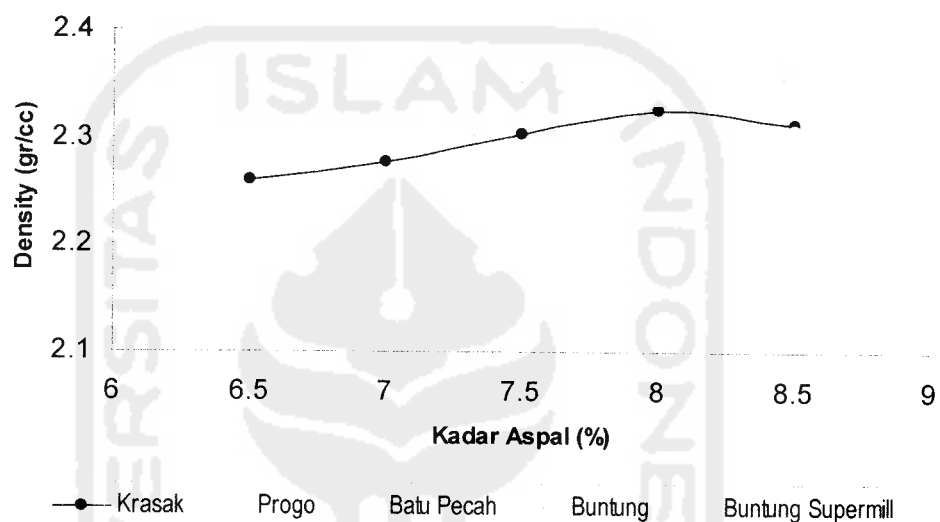
#### **1. *Density* (Kepadatan) dalam gr/cc,**

Kerapatan campuran (*Density*) menunjukkan besarnya kepadatan dari suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan mempunyai kekuatan menahan beban lebih tinggi dari pada campuran yang kepadatannya rendah. Campuran tersebut umumnya



mempunyai bentuk agregat tidak beraturan, porositas agregat rendah serta kadar aspal yang cukup menyelimuti agregat. Nilai density sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan dan cara pemadatannya.

Analisa hasil penelitian dapat digambarkan dalam grafik hubungan kadar aspal dengan density dibawah ini.



**Gambar 6.5.1 Nilai Density pada berbagai Asal Agregat dan berbagai Variasi Kadar Aspal**

Didalam beton aspal campuran panas, aspal berfungsi sebagai bahan pengikat. Penambahan aspal akan berpengaruh pada segi pelumasan butiran agregat, sehingga saat dipadatkan agregat lebih mudah untuk bergerak, karena gaya pemadatan diimbangi dengan pelumasan yang baik antar butir agregat. Hal ini mengakibatkan volume rongga antar agregat mengecil, sehingga volume campuran pun ikut berkurang. Oleh karena itu nilai densitas bertambah mengikuti kenaikan kadar aspal. Akan tetapi pada suatu kadar aspal tertentu, pelumasan yang diberikan aspal tidak berpengaruh lagi karena

hampir seluruh permukaan agregat telah terselimuti aspal. Pada umumnya kondisi ini dicapai suatu kadar aspal optimum dalam campuran.

Nilai densitas akan menurun kembali oleh karena berat jenis aspal lebih kecil dari berat jenis agregat, sehingga penambahan volume campuran akibat semakin banyak aspal yang masuk lebih besar pengaruhnya daripada penambahan berat campuran secara keseluruhan.

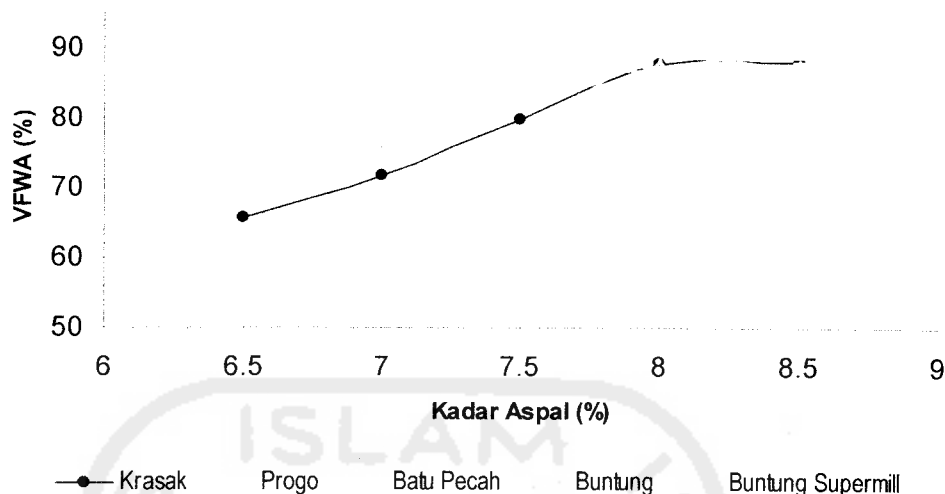
Berdasarkan gambar grafik diatas, agregat dari kali buntung baik menggunakan filler dari abu batu maupun supermill mempunyai nilai densitas yang lebih tinggi dibandingkan dari agregat pasir lain dengan nilai optimumnya sebesar 2.349 dan 2.396 dikarenakan berat jenisnya yang lebih tinggi sehingga kepadatan serta kedap airnya lebih tinggi.

## 2. **VFWA (*Void Filled With Asphalt* = % rongga terisi aspal) dalam %,**

Nilai VFWA berpengaruh pada kekedapan dan keawetan suatu campuran, lapis keras HRS WC dengan VFWA yang tinggi akan memiliki kekedapan dan keawetan campuran yang tinggi pula.

Nilai VFWA menunjukkan besarnya rongga didalam campuran yang dapat terisi oleh aspal setelah mengalami pemadatan. Nilai VFWA yang tinggi dapat mengakibatkan campuran mengalami *bleeding* pada saat terkena temperatur yang tinggi. Hal ini terjadi pada saat lapisan perkerasan menerima beban, aspal akan mencari ruang kosong dan apabila ruang kosong yang tersedia tidak mencukupi, maka aspal akan naik ke permukaan.

Analisa hasil penelitian dapat digambarkan dalam grafik hubungan kadar aspal dengan VFWA dibawah ini.



**Gambar 6.5.2 Nilai VFWA pada berbagai Asal Agregat dan berbagai Variasi Kadar Aspal**

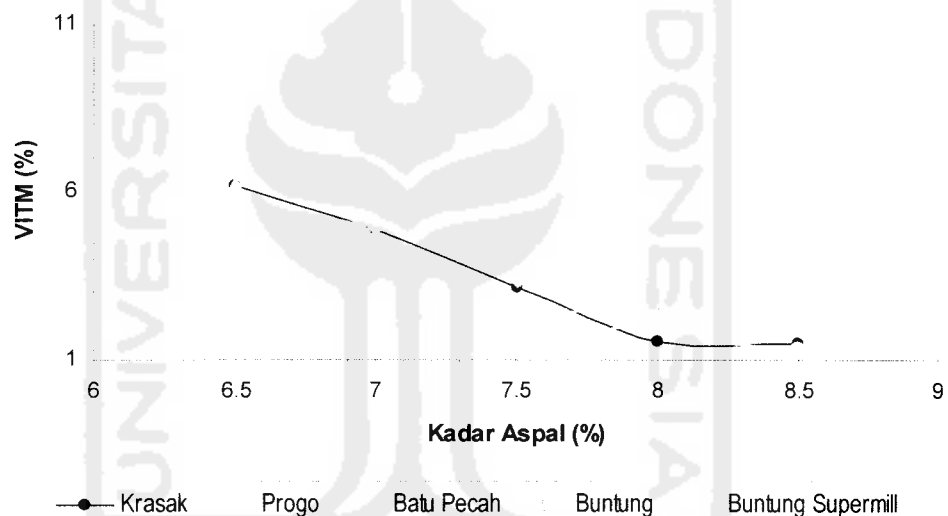
Gambar diatas menunjukkan bahwa peningkatan kadar aspal akan menyebabkan peningkatan nilai VFWA sehingga dengan bertambahnya kadar aspal maka semakin tersedianya aspal untuk mengisi rongga udara dalam campuran tersebut. Secara keseluruhan agregat dari kali yang menjadi bahan penelitian ini memiliki perilaku yang sama yakni pada suatu kadar aspal > 8% akan mengalami pengurangan rongga dalam campuran untuk terisi oleh aspal. Pada agregat dari kali buntung menggunakan filler supermill, nilai VFWA menunjukkan kadar optimumnya sebesar 90.088 % sehingga bahaya *flushing/bleeding* dapat terjadi pada campuran perkerasan ini.

### 3. VITM (*Void In The Mix* = % rongga terhadap campuran) %

Nilai VITM menunjukkan banyaknya rongga yang terdapat dalam campuran. Semakin banyaknya rongga terhadap campuran maka semakin kurang kedap terhadap air dan udara. Lapis keras dengan VITM tinggi akan mudah untuk ditembus oleh air dan udara, aspalnya akan mudah teroksidasi

dan larut terkena air, sehingga aspal dalam campuran itu akan cepat habis, berkebalikan dengan VITM yang rendah pada kadar aspal yang tinggi. Nilai VITM tersebut berpengaruh pada suhu yang tinggi dan nilai kekakuan campuran karena dapat menyebabkan ruangan/rongga yang akan terisi aspal semakin kecil dan *cracking* pada saat menerima beban lalu lintas (tidak cukup lentur untuk menahan deformasi yang terjadi).

Analisa hasil penelitian dapat digambarkan dalam grafik hubungan kadar aspal dengan VITM dibawah ini.



**Gambar 6.5.3 Nilai VITM pada berbagai Asal Agregat dan berbagai Variasi Kadar Aspal**

Grafik nilai VITM diatas menggambarkan penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Nilai VITM pada perkerasan HRS WC untuk beban > 1juta ESA tidak disyaratkan batasan-batasannya. Dr. K.A. Zamhari, dkk didalam salah satu cuplikan journalnya “...kegagalan mempertahankan rongga udara dalam campuran diatas tiga persen (3%) hampir dapat dipastikan akan mengakibatkan deformasi plastis.” Sehingga

ditinjau dari grafik diatas, pada umumnya agregat/pasir yang berasal dari kali memiliki nilai VITM < 3% cukup tinggi dan mempunyai nilai VITM  $\approx$ 3% pada kadar aspal antara 7.0% - 7.8%. Hal tersebut berpengaruh pada kedapannya terhadap air dan udara.

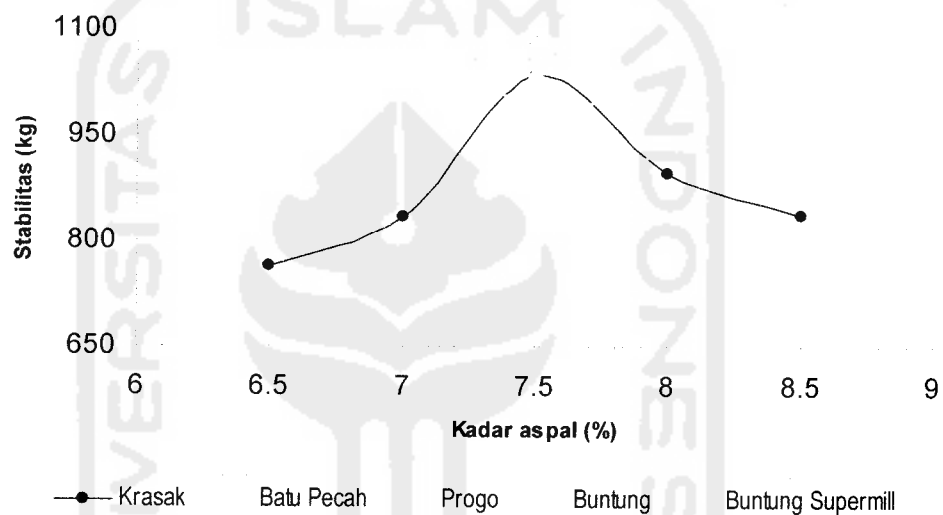
Agregat yang berasal dari kali buntung dengan menggunakan filler abu batu terlihat dapat mempertahankan rongga udara diatas 3% nilai optimumnya sebesar 4.6752%. Campuran dengan filler supermill mempunyai nilai optimum 2.7696% tidak dapat mempertahankan rongga udara sehingga perkerasan lebih kenyang akan aspal dan mengakibatkan *kegemukan*. Berlainan dengan agregat kali buntung dengan filler abu batu yang dapat lebih mempertahankan rongga udara pada penambahan kadar aspal yang tinggi sehingga keawetan dalam campuran dan kedapannya terhadap air dapat terjaga.

#### 4. Stabilitas (ketahanan) dalam Kg

Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan hasil test Marshall pada masing-masing benda uji pada setiap variasi kadar aspal. Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan campuran perkerasan dalam menahan beban tanpa terjadinya *deformasi*. Lapis perkerasan yang mempunyai stabilitas tinggi akan mampu menahan beban lalulintas yang besar. Namun stabilitas yang terlalu tinggi menjadikan perkerasan kaku sehingga mudah patah/retak-retak pada waktu menerima beban, sebaliknya dengan stabilitas yang rendah maka perkerasan akan mudah mengalami *rutting* oleh beban lalulintas atau oleh perubahan bentuk subgrade/tanah dasar.

Stabilitas yang disyaratkan untuk perkerasan jenis HRS WC ini adalah lebih besar dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas yang kurang dari 800kg akan mudah mengalami rutting karena perkerasan bersifat lunak/lembek sehingga tidak mampu menahan beban yang berat.

Analisa hasil penelitian dapat digambarkan dalam grafik hubungan kadar aspal dengan Stabilitas dibawah ini



**Gambar 6.5.4 Nilai Stabilitas pada berbagai Asal Agregat dan berbagai Variasi Kadar Aspal**

Dari gambar diatas, tampak bahwa penambahan kadar aspal akan meningkatkan nilai stabilitas pada campuran karena fungsi aspal sebagai perekat antar agregat. Stabilitas akan kembali menurun setelah kadar aspal yang diperlukan melewati.

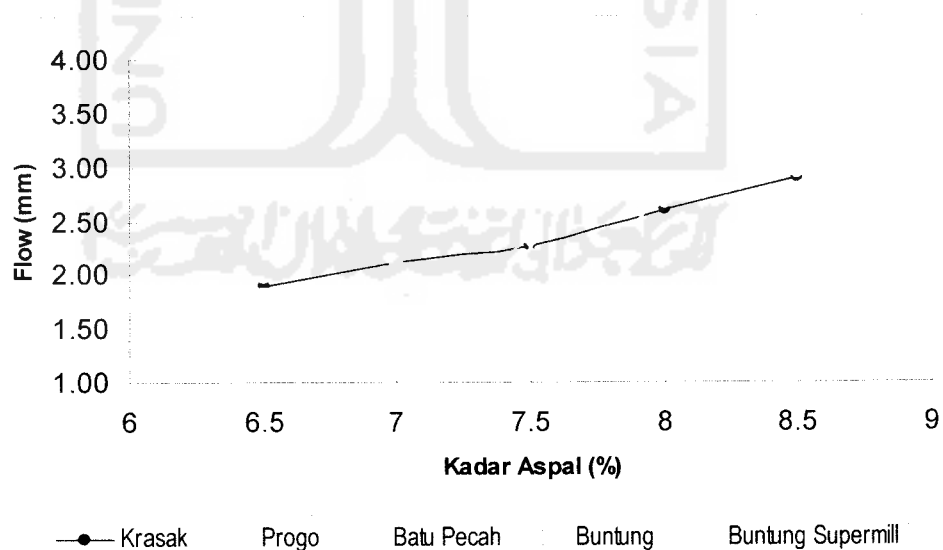
Pada campuran beton aspal dengan menggunakan agregat dari kali buntung mempunyai nilai stabilitas optimum 1035.9 kg. Nilai stabilitas optimum agregat tersebut lebih tinggi dibandingkan agregat dari kali progo dan kali krasak, sehingga deformasi plastis yang akan dialami dan

dikhawatirkan oleh perkerasan jalan ini tidak terjadi. Hal ini dikarenakan kualitas agregat yang bersifat *interlocking* antar butiran-butiran cukup baik meskipun menggunakan filler dari abu batu. Tetapi lain halnya dengan penggunaan filler supermill yang mempunyai nilai optimum sebesar 1047.3 kg, nilai stabilitas mengalami penurunan pada kadar aspal 7.5 %. Perilaku agregat dengan menggunakan filler ini dapat menyebabkan perkerasan jalan akan mengalami *corrugation* pada menggunakan kadar aspal tinggi dengan penetrasi aspal besar.

#### 5. *Flow* (kelelahan) dalam mm

Nilai *flow* diperoleh dengan pembacaan arloji *flow* ketika uji Marshall dilakukan pada tiap-tiap variasi kadar aspal.

Analisa hasil penelitian dapat digambarkan dalam grafik hubungan kadar aspal dengan *Flow* dibawah ini



**Gambar 6.5.5 Nilai Flow pada berbagai Asal Agregat dan berbagai Variasi Kadar Aspal**

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai flow cenderung naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Berbeda dengan agregat kali buntung filler supermill bahwa terjadi perubahan grafik yang mencolok pada kadar aspal 7.0 % yakni mengalami penurunan drastis dan menaik pada penambahan kadar aspal sampai kadar aspal tertinggi yakni 8.5%. Perkerasan jalan dengan menggunakan agregat kali buntung filler abu batu dengan nilai flow optimum 2.11 mm dapat menahan kelelahan dengan baik. Agregat kali buntung filler supermill mempunyai angka optimum 1.64 mm sehingga campuran perkerasan ini telah mengalami *cracking* pada permukaan dan apabila penambahan aspal dilakukan maka bahaya *bleeding* akan terjadi.

#### 6. **Marshall Quotient (hasil bagi stabilitas dan flow) dalam Kg/mm**

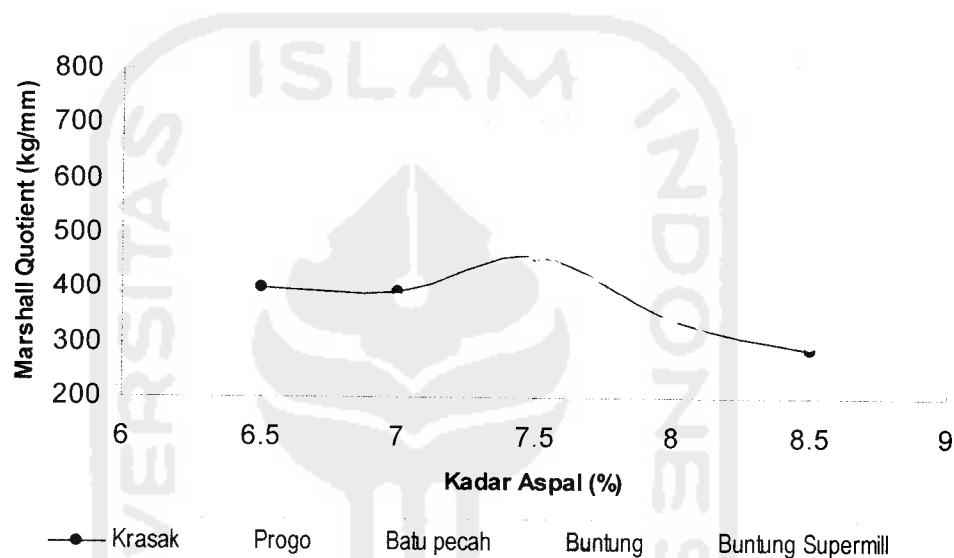
Nilai Marshall Quotient merupakan pendekatan terhadap sifat kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran. Campuran dengan nilai Marshall Quotient tinggi mempunyai campuran yang kaku dan fleksibilitas yang rendah sehingga campuran akan mengalami retak-retak (*cracking*). Sebaliknya campuran yang memiliki Marshall Quotient rendah mempunyai campuran yang lembek/lunak dan fleksibilitas tinggi sehingga campuran menjadi lebih plastis dan mudah mengalami deformasi pada saat menerima beban lalulintas.

Nilai Marshall Quotient yang disyaratkan adalah 200 – 500 kg/mm. Perkerasan yang memiliki Marshall Quotient  $\leq 200$  kg/mm akan mempunyai sifat yang terlalu plastis sehingga waktu menerima beban akan mudah bergeser dan sebaliknya, perkerasan dengan nilai Marshall Quotient yang



terlalu tinggi yakni  $\geq 500$  kg/mm maka perkerasan tersebut akan berkurang fleksibilitasnya dan akan lebih mudah mengalami *cracking* pada saat menerima beban lalu lintas.

Analisa hasil penelitian dapat digambarkan dalam grafik hubungan kadar aspal dengan Marshall Quotient dibawah ini



**Gambar 6.5.6 Nilai Marshall Quotient pada berbagai Asal Agregat dan berbagai Variasi Kadar Aspal**

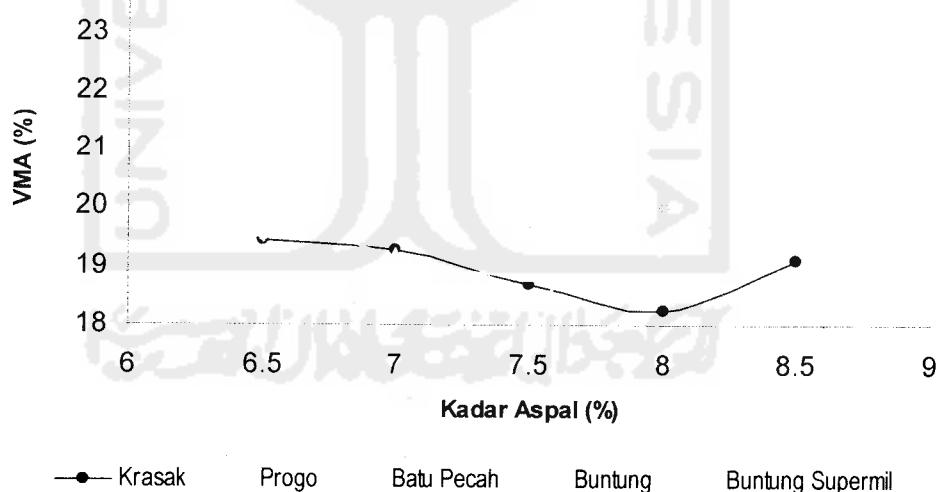
Nilai Marshall Quotient bertambah sesuai dengan peningkatan kadar aspal yang dipakai. Pemakaian agregat dari kali buntung filler abu batu tidak mempunyai perbedaan yang mencolok dengan agregat dari kali krasak, progo maupun batu pecah dan nilai Marshall Quotient optimum yang dicapai sebesar 490.96 kg/mm. Sedangkan perbedaan yang mencolok adalah agregat menggunakan filler supermill yakni campuran beton aspal ini tidak dapat mempertahankan kekakuan dan fleksibilitas bila menerima beban lalu lintas

diatasnya karena batas maksimum dari nilai Marshall Quotient didapat setelah penambahan kadar aspal yang tinggi.

#### 7. VMA (*Void in Mineral Aggregate*) dalam %

Nilai VMA menunjukkan rongga diantara mineral agregat dalam campuran. Nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi agregat dan pematatannya. Campuran dengan nilai VMA tinggi menunjukkan bahwa rongga diantara mineral agregat tersebut besar. HRS WC dengan gradasi senjang sehingga rongga diantara mineral dalam campuran menunjukkan nilai yang besar. Spesifikasi nilai VMA yang disyaratkan adalah 18 %.

Analisa hasil penelitian dapat digambarkan dalam grafik hubungan kadar aspal dengan Marshall Quotient dibawah ini



**Gambar 6.5.7 Nilai Marshall Quotient pada berbagai Asal Agregat dan berbagai Variasi Kadar Aspal**

Pada grafik diatas, tampak bahwa penambahan kadar aspal akan mengalami peningkatan nilai VMA. Hal ini terjadi karena aspal yang berlebihan setelah cukup menyelimuti seluruh permukaan agregat juga akan

menyebabkan jarak antar agregat membesar pada campuran perkerasan tersebut. Secara keseluruhan agregat yang menjadi bahan penelitian ini mempunyai kemampuan yang baik bila rongga campuran agregat diisi oleh aspal karena daya serap dari partikel-partikel agregat tersebut. Penggunaan filler supermill berpengaruh pada daya serap dari agregat kali buntung, yakni ruangan yang disediakan untuk aspal guna menyelimuti partikel-partikel agregat tersebut kecil sehingga penambahan kadar aspal yang tinggi dapat menyebabkan kegemukan dini pada campuran perkerasan ini.

