

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Pengujian Material

##### 4.1.1 Pengujian Persiapan Agregat

Pembuatan benda uji AC-WC dengan campuran LGA (Lawele Granular Asphalt) bahan-bahan yang dipakai adalah agregat kasar (10-15mm), agregat medium (5-10mm), agregat halus (0-5mm), serta filler. Sesuai dengan alur pada bab III, maka dilakukan beberapa uji kualitas agregat untuk mengetahui apakah agregat kasar, medium dan halus yang berasal dari pemecah batu kejayan pasuruan dan LGA yang berasal dari PT.Sumitama Intinusa ini layak dipakai untuk penelitian bahan konstruksi. Pengujian agregat kasar yang meliputi kekekalan bentuk terhadap  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , abrasi, kelekatan aspal, angularitas, partikel pipih lonjong, berat jenis dan penyerapan dan agregat halus yang meliputi nilai setara pasir, angularitas, berat jenis dan penyerapan dilakukan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 - Tabel 4.6 serta Gambar 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar 10-15mm. (SNI 03-1969-1990)

Nomor Contoh	I	II
Berat Contoh Kering	1086,1	1029,2
Berat Botol + Air Sampai Batas Kalibrasi	1097,3	1040,1
Berat Contoh + Botol + Air Sampai Batas Kalibrasi	682,7	645,4
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	2,620	2,608
	Rata-rata	2,614
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan Jenuh)	2,633	2,640
	Rata-rata	2,637
Berat Jenis Semu	2,686	2,633
	Rata-rata	2,660
Penyerapan Air	1,221	1,208
	Rata-rata	1,214

(Sumber: Analisa Penelitian)

Tabel 4.2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Medium 5-10mm. (SNI 03-1969-1990)

Nomor Contoh	I	II
Berat Contoh Kering	981,1	1037,8
Berat Botol + Air Sampai Batas Kalibrasi	994,2	1051,8
Berat Contoh + Botol + Air Sampai Batas Kalibrasi	616,1	650,2
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	2,595	2,584
	Rata-rata	2,590
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan Jenuh)	2,629	2,619
	Rata-rata	2,624
Berat Jenis Semu	2,688	2,678
	Rata-rata	2,683
Penyerapan Air	1,335	1,349
	Rata-rata	1,342

(Sumber: Analisa Penelitian)

Tabel 4.3. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus 0-5mm. (SNI 03-1969-1990)

Nomor Contoh	I	II
Berat Contoh Kering	491,9	491,5
Berat Botol + Air Sampai Batas Kalibrasi	632,4	634,1
Berat Contoh + Botol + Air Sampai Batas Kalibrasi	940,3	943,2
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Oven)	2,561	2,575
	Rata-rata	2,568
Berat Jenis Bulk (Atas Dasar Kering Permukaan Jenuh)	2,603	2,619
	Rata-rata	2,611
Berat Jenis Semu	2,673	2,695
	Rata-rata	2,684
Penyerapan Air	1,647	1,729
	Rata-rata	1,688

(Sumber : Analisa Penelitian)

Dari hasil pengujian agregat di atas berdasarkan SNI 03-1969-1990 dapat disimpulkan bahwa berat jenis di dapatkan hasil 2.63 untuk filler fly ash, 2.68 untuk FA (Fine Agregat) 0-5mm, 2.68 untuk MA (Medium Agregat) 5-10mm, 2.69 untuk CA (Course Agregat) 10-15mm.

Tabel 4.4. Hasil Pengujian Agregat Kasar

NO	URAIAN	AGREGAT	PERSYARATAN
		BARU	
1.	Kekekalan bentuk thd Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	3,6%	Maks 12%
2.	Abrasi (%)	25,06%	Maks 40%
3.	Kelekatan aspal (%)	>95	Min 95%
4.	Angularitas(%)	97,21/94,98	Min 95/90
5.	Partikel pipih lonjong (%)	1,35	Maks 10%
6.	Berat Jenis(%)	2,695	
7.	Penyerapan (%)	1,620%	Maks 3%

(Sumber : Analisa Penelitian)

Tabel 4.4 menunjukkan bahwa nilai angularitas yang besar dan partikel pipih lonjong yang kecil dapat memberikan *interlocking*/saling mengunci yang lebih besar sehingga kestabilan campuran lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi.

Tabel 4.5. Hasil Pengujian Agregat Halus

NO	URAIAN	AGREGAT		PERSYARATAN
		RAP	BARU	
1.	Nilai setara pasir (%)	64,30%	65,85%	Min 50%
2.	Angularitas (%)	68,35%	68,72%	Min 45%
3.	Berat Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	2,792	2,675	
4.	Penyerapan (%)	0,99%	1,40%	Maks 3%

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa dengan sedikitnya pori-pori agregat maka aspal yang terserap juga sedikit sehingga penggunaan aspal menjadi lebih sedikit. Berikut adalah hasil pengujian berat jenis dan penyerapan air pada LGA (*Lawele Granular Asphalt*).

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Berat Jenis LGA

LGA			
Test No		1	2
No Piknometer		30	40
Berat piknometer kosong (W1)	gr	72.9	60.9
Berat piknometer + tanah kering (W2)	gr	82.9	70.9
Berat piknometer + tanah kering + air (W3)	gr	172.9	160.9
Temperatur campuran tanah + air (T1)	°C	30	30

LGA			
Test No		1	2
Berat piknometer + air (W4)	gr	172.4	160.4
Berat tanah kering (W2-W1)	gr	10	10
Volume butiran tanah (W4) + (W2-W1) - (W3)	cc	9.5	9.5
Gs (pada T1 °C) = (W2-W1)/(W4)+(W2-W1)-(W3)	gr/cc	1.05	1.05
Koreksi (K)		1.00	1.00
Gs (c = Gs (pada T1 °C) * K	gr/cc	1.05	1.05
Gs (pada 20 °C) rata-rata	gr/cc	1.05	
Kadar air rata-rata	%	0.87	

(Sumber : Hasil Pengujian)

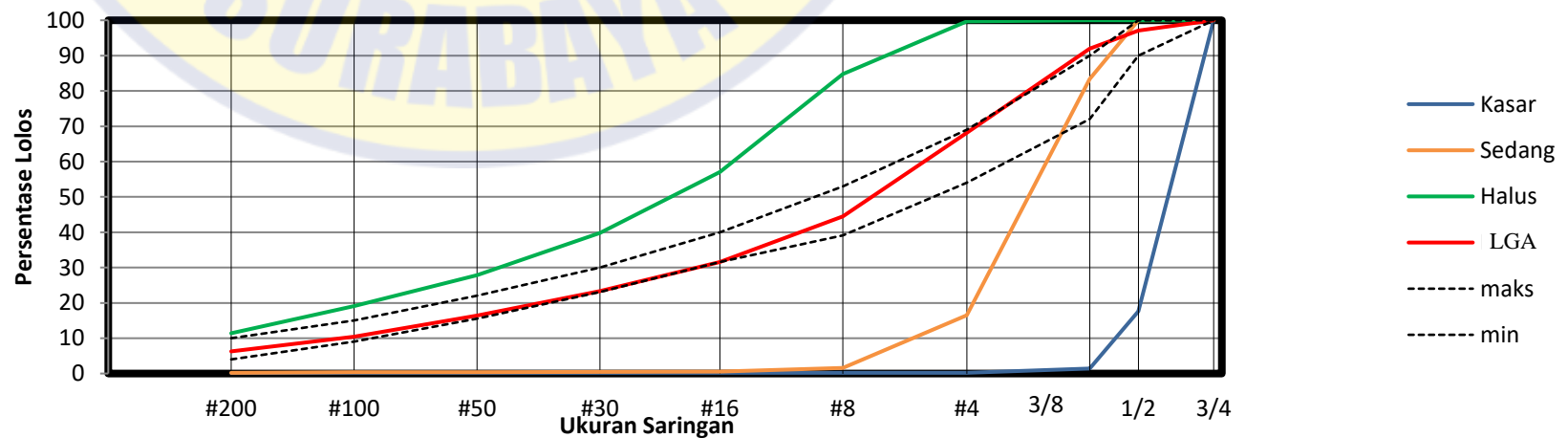
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Penyerapan LGA

Test No		2	3
No Cawan		73	74
Berat cawan kosong (W1)	gr	7.1	6.8
Berat cawan + tanah basah (W2)	gr	27.1	26.8
Berat cawan + tanah kering (W3)	gr	26.8	26
Berat air (W2-W3)	gr	0.3	0.8
Berat tanah kering (W3-W1)	gr	19.7	19.2
Kadar air w = (W2-W3)/(W3-W1)*100%	%	2.1	2.2
Kadar air rata-rata	%	2.06	
Kadar air rata-rata	%	0.87	

Tabel 4.7. Analisa Saringan Material Agregat

URAIAN	UKURAN SARINGAN										
	Inchi	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
Mm	19,0	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075	
<b>Data Gradasi Agregat</b>											
- Agregat LGA	100,00	97,08	91,93	68,15	44,48	31,56	23,34	16,37	10,44	6,27	
- Agregat kasar ( 10-15 )	100,00	17,59	1,37	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,17	0,14	
- Agregat sedang ( 5-10 )	100,00	100,00	83,36	16,47	1,55	0,51	0,43	0,40	0,34	0,19	
- Agregat halus ( 0-5 )	100,00	100,00	100,00	99,70	84,77	57,01	39,79	27,85	19,07	11,40	
- Semen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
<b>Titik Kontrol</b>											
<b>Maksimum</b>	100	100,0	90,0	69,0	53,0	40,0	30,0	22,0	15,0	10,0	
<b>Minimum</b>	100	90,0	72,0	54,0	39,1	31,6	23,1	15,5	9,0	4,0	
<b>Ideal</b>	100	95,0	81,0	61,5	46,1	35,8	26,6	18,8	12,0	7,0	

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 4.1. Grafik Gradasi Agregat terhadap AC-WC

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa agregat LGA, agregat kasar, agregat sedang agregat halus serta semen jika dalam kondisi sendiri-sendiri tidak memenuhi nilai persentase yang lolos per ukuran saringan yang dipersyaratkan. Ayakan (Grading) yang dilakukan menggunakan alat saringan agregat dari ukuran bukaan saringan yang terbesar yaitu ½”-200” dimana akan menghasilkan gradasi untuk pencampuran komposisi LGA.

Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3 inci, 3 inci, 2 inci, 2 inci, 1 inci, 1 inci, 1 inci, 1 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan ukuran bukaan dalam 1 inci panjang. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis pemeriksaan dengan mempergunakan 1 set saringan. Saringan berukuran bukaan paling besar diletakkan teratas, dan yang paling halus (No.200) (Sukirman,2003).

Secara keseluruhan hasil pengujian terhadap agregat LGA dan agregat baru memenuhi seluruh persyaratan agregat kecuali gradasi yang tidak masuk dalam amplop sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, sehingga untuk dapat dipergunakan sebagai bahan campuran beraspal panas perlu dilakukan dengan penyempurnaan gradasi.

#### **4.1.2 Pengujian Persiapan Aspal**

Pengujian terhadap aspal meliputi penetrasi, viskositas, titik lembek, daktilitas, kelarutan dalam Toluene, berat jenis, berat yang hilang setelah Thin Film Oven Test (TFOT), penetrasi setelah TFOT, daktilitas setelah TFOT, dan kadar aspal. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Aspal Asbuton LGA

NO	URAIAN	ASPAL MODIFIKASI	
		Asbuton Yg Diproses	Spesifikasi
1.	Penetrasi pada 25°C	49	40/40-55
2.	Viskositas pada 135°C	1471	385-2000/ ≤3000
3.	Titik Lembek (°C)	55,3	≥ 54
4.	Daktilitas pada suhu 25°C (cm)	>137	≥100
5.	Kelarutan dalam Toluene (%)	91,938	≥90 / ≥99
6.	Berat Jenis	1,204	≥ 1,0
Setelah TFOT/ RTFOT			
7.	Berat yang hilang (%)	0,005	≤ 0,8
8.	Penetrasi pada 25° (%)	57,4	≥ 54
9.	Daktilitas pada 25° (cm)	>120	≥ 54
10.	Kadar aspal (%)		

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	A	B	Rata-Rata	Satuan	Spek
1	Pemeriksaan (Penetrasi Test) 250 Derajat C : 100gr : 5Second SNI.06-2456-1991	69	68	68,5	Mm	60-79
2	Kelembekan (Softening Point Test) SNI.06-2434-1191	49	48	48,5	Derajat Celcius	48-58
3	Titik Nyala (Flash Point Test) SNI.06-2433-1991	320	322	321	Derajat Celcius	>200
4	Kehilangan Berat (Thick Film 163 Derajat C) SNI.06-2440-1991					
	Berat Semula	49,8672	50,5623		Gr	
	Kehilangan Berat	0,0103	0,0106		Gr	
	Prosentase Kehilangan Berat	0,0207	0,0210	0,0209	%	<0,4
5	Berat Aspal	3,0589	3,1852		Gr	
	Berat Endapan	0,009	0,0092		Gr	
	Bagian Bitumen Larut	0,2942	0,2888	0,2915	%	
	Kelarutan	99,71	99,71	99,71	%	>99
6	Daktalitas (Duktility Test) 25 Derajat C SNI-2432-1991	>140	>140	>140	Cm	>100
7	Daktalitas Setelah Kehilangan Berat SNI-2432-1991	100	100	>100	Cm	>50
8.	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat SNI.06-2456-1991	52	51	51,5	Mm	
	Presentase Asli	75,36	75	75,18	%	>75
9	Berat Jenis (25 Derajat C) SNI.06-2441-1991	1,03	1,029	1,03		>1

Sumber : Hasil Pengujian

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa hasil pengujian terhadap aspal Asbuton nilai penetrasi dan daktilitas lebih kecil dari nilai persyaratan serta viskositas yang lebih besar dari nilai persyaratan sedangkan nilai titik lembek dan berat jenis memenuhi persyaratan. Aspal Asbuton yang mempunyai viskositas yang tinggi dapat meningkatkan stabilitas Marshall campuran. Aspal Asbuton yang mempunyai titik lembek yang lebih tinggi menunjukkan kurang peka terhadap perubahan temperatur sehingga lebih baik untuk bahan pengikat konstruksi perkerasan karena peningkatan nilai titik lembek aspal menurunkan laju deformasi plastis, sehingga nilai stabilitas dinamisnya meningkat.

Hasil pengujian terhadap terhadap aspal baru memenuhi seluruh persyaratan aspal sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, sehingga dapat dipergunakan sebagai bahan campuran beraspal panas. Namun hasil pengujian terhadap aspal Asbuton menunjukkan bahwa aspal tersebut memenuhi sebagian persyaratan aspal sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 sehingga memerlukan penambahan aspal baru agar bisa dipergunakan sebagai bahan campuran beraspal panas.

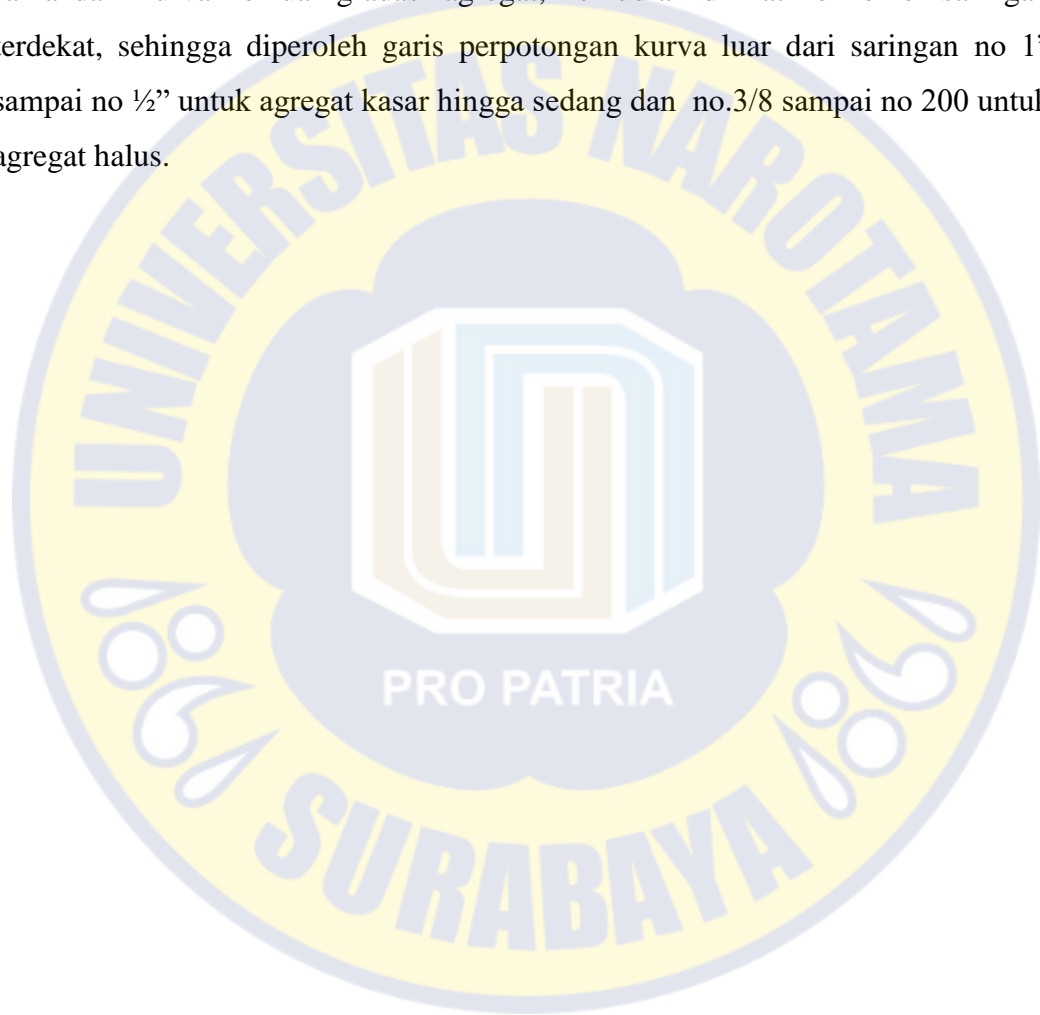
#### **4.2 Perencanaan Campuran**

Agregat RAP yang dipergunakan dapat masuk ke dalam amplop gradasi sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk campuran beraspal panas gradasi halus, diperlukan penambahan agregat baru. Perhitungan komposisi agregat dilakukan dengan coba-coba sampai didapatkan komposisi yang memenuhi persyaratan. Perhitungan komposisi RAP, agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus untuk komposisi 1 dapat dilihat pada Tabel 4.5. Sedangkan perhitungan untuk komposisi 2 dan komposisi 3 dapat dilihat pada lampiran. Dari perhitungan tersebut komposisi yang memenuhi persyaratan adalah:

1. Komposisi 1 : Asbuton LGA 6,0%, 13% agregat kasar, 39% agregat sedang, 42% agregat halus
2. Komposisi 2 : Asbuton LGA 8,0%, 15% agregat kasar, 36% agregat sedang, 41% Agregat halus
3. Komposisi 3 : Asbuton LGA 10,0% , 17% agregat kasar, 33% agregat sedang, 40% Agregat halus



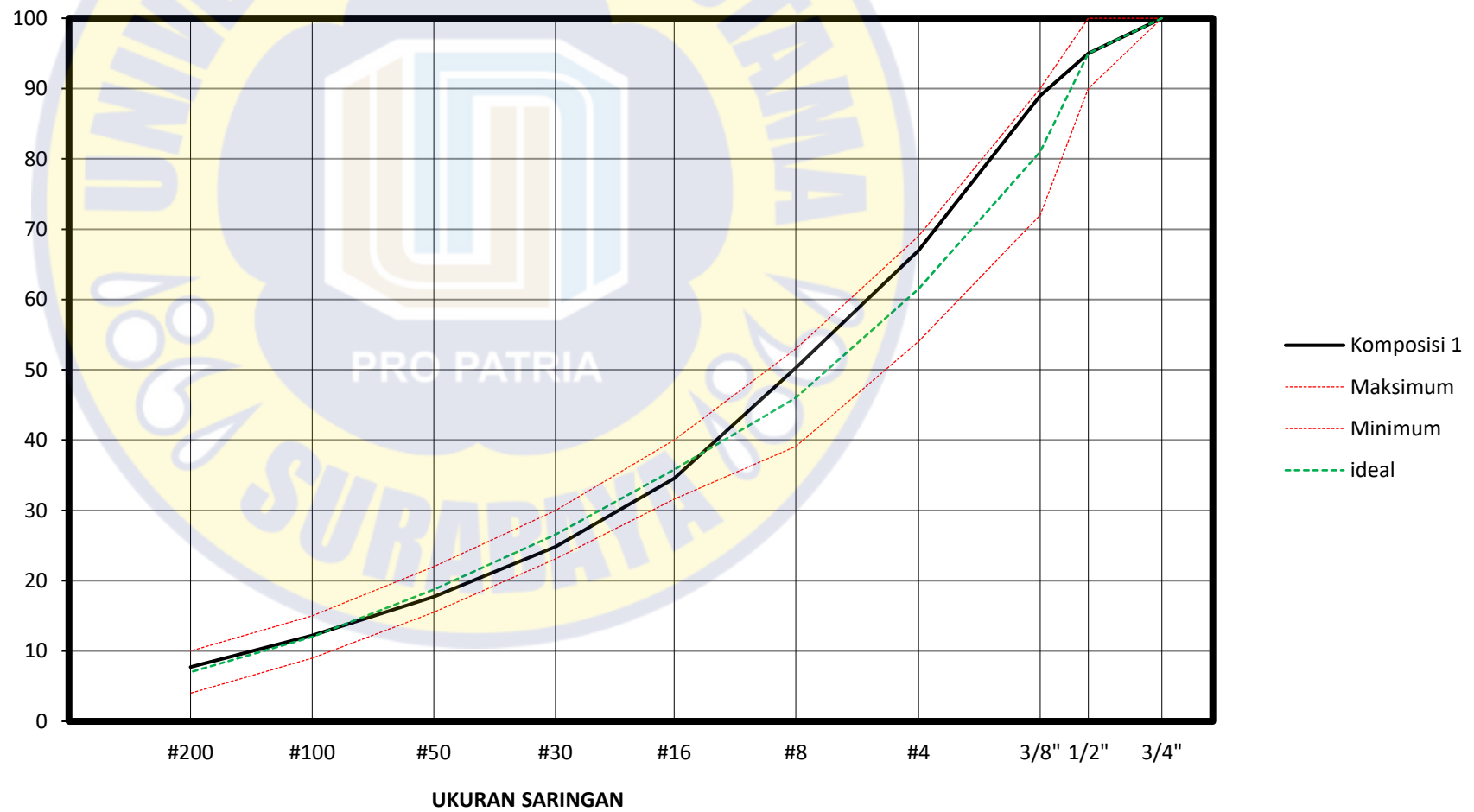
Dalam pembuatan benda uji untuk trial and error ini dibutuhkan beberapa gradasi gabungan agregat dan Asbuton untuk menentukan kontrol atau standar dalam pembuatan benda uji akhir. Untuk mendapatkan gradasi gabungan yang memenuhi standar Bina Marga 2018 maka diperlukan trial and error, yang mana hasil dari gradasi gabungan diharapkan mampu memenuhi atau tidak melebihi dari batas pada kisaran nilai kurva yang telah disyaratkan oleh Bina Marga 2018. Untuk menentukan proporsi agregat kasar, sedang dan halus, maka digunakan jarak yang sama dari kurva ke luar gradasi agregat, kemudian dilihat ke nomer saringan terdekat, sehingga diperoleh garis perpotongan kurva luar dari saringan no 1” sampai no ½” untuk agregat kasar hingga sedang dan no.3/8 sampai no 200 untuk agregat halus.



Tabel 4.9. Perhitungan Komposisi 1

URAIAN	UKURAN SARINGAN									
	3/4" 19,0	1/2" 12,5	3/8" 9,5	#4 4,75	#8 2,36	#16 1,18	#30 0,600	#50 0,300	#100 0,150	#200 0,075
<b>Data Gradasi Agregat</b>										
- Agg Asbuton	100,00	97,08	91,93	68,15	44,48	31,56	23,34	16,37	10,44	6,27
- Agg kasar	100,00	17,59	1,37	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,17	0,14
- Agg sedang	100,00	100,00	83,36	16,47	1,55	0,51	0,43	0,40	0,34	0,19
- Agg halus	100,00	100,00	100,00	99,70	84,77	57,01	39,79	27,85	19,07	11,40
<b>Kombinasi Agregat</b>										
- Agregat rap 30,0%	30,0	29,1	27,6	20,4	13,3	9,5	7,0	4,9	3,1	1,9
- Agg kasar 5,0%	5,0	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
- Agg sedang 21,0%	22,0	22,0	18,3	3,6	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
- Agg halus 43,0%	42,0	42,0	42,0	41,9	35,6	23,9	16,7	11,7	8,0	4,8
<b>Total campuran 100,0%</b>	<b>100,0</b>	<b>95,0</b>	<b>89,0</b>	<b>67,0</b>	<b>50,3</b>	<b>34,5</b>	<b>24,8</b>	<b>17,7</b>	<b>12,2</b>	<b>7,7</b>
<b>Ttitik Kontrol</b>										
<b>Maksimum</b>	100	100,0	90,0	69,0	53,0	40,0	30,0	22,0	15,0	9,0
<b>Minimum</b>	100	90,0	77,0	53,0	33,0	21,0	14,0	9,0	6,0	4,0
<b>Ideal</b>	100	95,0	81,0	61,5	46,1	35,8	26,6	18,8	12,0	7,0

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4.2. Gradasi Agregat Komposisi 1

Selanjutnya dilakukan perhitungan kadar aspal rencana sesuai dengan Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak no. 025/T/BM/1999 Kementerian Pekerjaan Umum Bina Marga.

Perhitungan Kadar Aspal Rencana Komposisi 1:

Dari Tabel 4.5 diperoleh :

$$\% \text{ CA} = (100 - 50,3) \% = 49,7\%$$

$$\% \text{ FA} = (50,3 - 7,7) \% = 42,6 \%$$

$$\% \text{ FF} = 7,7\%$$

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

$$\text{Pb} = 0,035 \times 49,7\% + 0,045 \times 42,6\% + 0,18 \times 7,7\% + 1$$

$$\text{Pb} = 1,7395 \% + 1,917 \% + 1,386 \% + 1 \%$$

$$\text{Pb} = 6,0451 \% \text{ dibulatkan menjadi}$$

$$\text{Pb} = 6,05 \%$$

Keterangan :

%CA = % agregat tertahan #8

%FA = % agregat lolos #8, tertahan #200

%FF = % agregat lolos #200

K = konstanta

Dengan demikian dibuat benda uji komposisi 1 dengan kadar aspal rencana sebagai berikut:

1.	Pb - 1%	:	6,0% - 1,0%	=	5,05%
2.	Pb - 0,5%	:	6,0% - 0,5%	=	5,55%
3.	Pb	:	6,0%	=	6,05%
4.	Pb + 0,5%	:	6,0% + 0,5%	=	6,55%
5.	Pb + 1%	:	6,0% + 1%	=	7,05%

Setelah didapatkan kadar aspal rencana maka selanjutnya direncanakan benda uji Marshal dan benda uji membal (*refusal*)nya dengan berat campuran 1.200 gram untuk benda uji Marshal dan 2.500 gram untuk agregat benda uji kepadatan membal. Kadar aspal rencana ini merupakan kadar aspal total, sehingga aspal baru yang ditambahkan merupakan selisih antara kadar aspal rencana dengan kadar aspal yang terkandung dalam Asbuton. Perhitungan komposisi penyusun untuk komposisi 1 dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

Tabel 4.10. Komposisi RAP, Agregat dan Aspal pada Komposisi 1 untuk Benda Uji Marshall

MATERIAL AC-WC (DLM %)		5,05			5,55			6,05			6,55			7,05		
		% AGREGAT	GRAM	% CAMP	% AGREGAT	GRAM	% CAMP	% AGREGAT	GRAM	% CAMP	% AGREGAT	GRAM	% CAMP	% AGREGAT	GRAM	% CAMP
<b>Agregat Baru</b>																
3/4"	69,00	4,12	46,95	3,91	4,12	46,70	3,89	4,12	46,45	3,87	4,12	46,21	3,85	4,12	45,96	3,83
1/2"	64,88	4,47	50,94	4,25	4,47	50,68	4,22	4,47	50,41	4,20	4,47	50,14	4,18	4,47	49,87	4,16
3/8"	60,41	14,90	169,80	14,15	14,90	168,91	14,08	14,90	168,01	14,00	14,90	167,12	13,93	14,90	166,22	13,85
#4	45,51	9,55	108,86	9,07	9,55	108,29	9,02	9,55	107,72	8,98	9,55	107,14	8,93	9,55	106,57	8,88
#8	35,95	11,89	135,46	11,29	11,89	134,75	11,23	11,89	134,04	11,17	11,89	133,32	11,11	11,89	132,61	11,05
#16	24,06	7,25	82,59	6,88	7,25	82,15	6,85	7,25	81,72	6,81	7,25	81,28	6,77	7,25	80,85	6,74
#30	16,82	5,02	57,20	4,77	5,02	56,90	4,74	5,02	56,60	4,72	5,02	56,30	4,69	5,02	56,00	4,67
#50	11,80	3,70	42,21	3,52	3,70	41,98	3,50	3,70	41,76	3,48	3,70	41,54	3,46	3,70	41,32	3,44
#100	8,09	3,26	37,09	3,09	3,26	36,90	3,07	3,26	36,70	3,06	3,26	36,51	3,04	3,26	36,31	3,03
#200	4,84	4,84	55,12	4,59	4,84	54,83	4,57	4,84	54,54	4,55	4,84	54,25	4,52	4,84	53,96	4,50
Berat Agregat Baru	69,00	786,23	65,52	69,00	782,09	69,00	777,95	69,00	773,81	69,00	769,67	69,00	765,53	69,00	761,39	69,00
Berat Semen	1,00	11,39	0,95	1,00	11,33	0,94	1,00	11,27	0,94	1,00	11,21	0,93	1,00	11,15	0,93	1,00
Berat Agregat RAP	30,00	341,84		30,00	340,04		30,00	338,24		30,00	336,44		30,00	334,64		30,00
Berat Aspal RAP	4,54	16,26		4,54	16,17		4,54	16,09		4,54	16,00		4,54	15,92		4,54
Berat RAP		358,10	29,84		356,21	29,68		354,32	29,53		352,44	29,37		350,55	29,21	
Berat Aspal Baru		44,28	3,69		50,37	4,20		56,45	4,70		62,54	5,21		68,63	5,72	
Berat Aspal		60,54			66,54			72,54			78,54			84,54		
Cek Kadar Aspal Total		5,05			5,55			6,05			6,55			7,05		
		1.200,00	165,52		1.200,00	100,00		1.200,00	100,00		1.200,00	100,00		1.200,00	100,00	

Sumber : Hasil Perhitungan.

Tabel 4.11. Komposisi Asbuton, Agregat dan Aspal pada Komposisi 1 untuk Benda Uji Kepadatan Membal

MATERIAL		5,55			6,05			6,55		
		% AGREGAT	GRAM	% CAMP	% AGREGAT	GRAM	% CAMP	% AGREGAT	GRAM	% CAMP
<b>Agregat Baru</b>										
3/4"	69,00	4,12	<b>103,00</b>	<b>3,89</b>	4,12	<b>103,00</b>	<b>3,87</b>	4,12	<b>103,00</b>	<b>3,85</b>
1/2"	64,88	4,47	<b>111,80</b>	<b>4,22</b>	4,47	<b>111,80</b>	<b>4,20</b>	4,47	<b>111,80</b>	<b>4,18</b>
3/8"	60,41	14,90	<b>372,50</b>	<b>14,07</b>	14,90	<b>372,50</b>	<b>14,00</b>	14,90	<b>372,50</b>	<b>13,92</b>
#4	45,51	9,55	<b>238,80</b>	<b>9,02</b>	9,55	<b>238,80</b>	<b>8,97</b>	9,55	<b>238,80</b>	<b>8,93</b>
#8	35,95	11,89	<b>297,20</b>	<b>11,23</b>	11,89	<b>297,20</b>	<b>11,17</b>	11,89	<b>297,20</b>	<b>11,11</b>
#16	24,06	7,25	<b>181,20</b>	<b>6,85</b>	7,25	<b>181,20</b>	<b>6,81</b>	7,25	<b>181,20</b>	<b>6,77</b>
#30	16,82	5,02	<b>125,50</b>	<b>4,74</b>	5,02	<b>125,50</b>	<b>4,72</b>	5,02	<b>125,50</b>	<b>4,69</b>
#50	11,80	3,70	<b>92,60</b>	<b>3,50</b>	3,70	<b>92,60</b>	<b>3,48</b>	3,70	<b>92,60</b>	<b>3,46</b>
#100	8,09	3,26	<b>81,40</b>	<b>3,08</b>	3,26	<b>81,40</b>	<b>3,06</b>	3,26	<b>81,40</b>	<b>3,04</b>
#200	4,84	4,84	<b>120,90</b>	<b>4,57</b>	4,84	<b>120,90</b>	<b>4,54</b>	4,84	<b>120,90</b>	<b>4,52</b>
Berat Agregat Baru		69,00	1.724,90		69,00	1.724,90		69,00	1.724,90	
Berat Semen		1,00	<b>25,00</b>	<b>0,94</b>	1,00	<b>25,00</b>	<b>0,94</b>	1,00	<b>25,00</b>	<b>0,93</b>
Berat Agregat RAP		30,00	<b>750,00</b>		30,00	<b>750,00</b>		30	<b>750,00</b>	
Berat Aspal RAP		4,54	35,70		4,54	35,70		4,54	35,70	
Berat RAP			<b>785,70</b>	<b>29,68</b>		<b>785,70</b>	<b>29,53</b>		<b>785,70</b>	<b>29,37</b>
Berat Aspal Baru			<b>111,20</b>	<b>4,20</b>		<b>125,30</b>	<b>4,71</b>		<b>139,50</b>	<b>5,21</b>
Berat Aspal			146,90			161,00			175,20	
Cek Kadar Aspal Total			5,55			6,05			6,55	
			<b>2.646,80</b>	<b>100,00</b>		<b>2.660,90</b>	<b>100,00</b>		<b>2.675,10</b>	<b>100,00</b>

Sumber : Hasil Perhitungan.

Pembuatan benda uji Marshal dan benda uji membal (*refusal*) mengacu kepada SNI 06-2489-1991, BS 598 Part 104 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 serta hasil pengujian viskositas aspal sehingga benda uji Marshall dan benda uji kepadatan membal (*refusal*) dibuat dalam kondisi:

- A. Agregat dipanaskan pada suhu 190 °C untuk campuran dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan pada suhu 194 °C untuk campuran dengan aspal modifikasi elastomer sintetis.
- B. RAP dipanaskan pada suhu 160 °C.
- C. Aspal dipanaskan pada suhu pencampuran yaitu 162 °C untuk aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan 166 °C untuk aspal modifikasi elastomer sintetis.
- D. Campuran untuk benda uji Marshall dipadatkan pada suhu 150 °C untuk campuran dengan menggunakan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan

156 °C untuk campuran dengan menggunakan aspal modifikasi elastomer sintetis dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali.

- E. Campuran untuk benda uji kepadatan membal/ *Percentage Refusal Density* (PRD) dipadatkan pada suhu 155 °C untuk campuran dengan menggunakan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan 160 °C untuk campuran dengan menggunakan aspal modifikasi elastomer sintetis dengan menggunakan alat pemadat getar listrik

Setelah pembuatan benda uji Marshall dan Marshall Sisa serta Kepadatan Mutlak, dilanjutkan dengan pengujiannya. Salah satu hasil dari pengujian Marshall didapatkan nilai kepadatan. Untuk pembuatan benda uji stabilitas dinamis dengan *wheel tracking* mengacu kepada nilai kepadatan Marshall tersebut. Untuk itu dilakukan percobaan pembuatan benda uji dengan mencoba-coba jumlah lintasan dan penentuan suhu pemanasan agregat yang berbeda-beda sehingga didapatkan nilai jumlah lintasan dan suhu pemanasan agregat yang dapat membuat benda uji mempunyai kepadatan mendekati kepadatan Marshall.

Dari hasil uji coba, didapatkan bahwa untuk pembuatan benda uji stabilitas dinamis adalah:

- A. Agregat dipanaskan pada suhu 200 °C untuk campuran dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan pada suhu 204 °C untuk campuran dengan aspal modifikasi elastomer sintetis.
- B. RAP dipanaskan pada suhu 160 °C
- C. Aspal dipanaskan pada suhu pencampuran yaitu 162 °C untuk aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan 166 °C untuk aspal modifikasi elastomer sintetis.
- D. Campuran untuk benda uji Marshall dipadatkan pada suhu 150 °C untuk campuran dengan menggunakan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan 156 °C untuk campuran dengan menggunakan aspal modifikasi elastomer sintetis dengan jumlah lintasan sebanyak 38 kali pada tekanan 8,4kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.3 Hasil Marshall Test Campuran Rencana**

Dalam penelitian ini dibuat tiga macam komposisi rencana yaitu Komposisi 1, Komposisi 2 dan Komposisi 3, masing-masing komposisi menggunakan dua

macam jenis aspal yaitu aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan aspal modifikasi Elastomer sintetis.

#### 4.3.1 Hasil Pengujian Campuran Beraspal Panas Komposisi 1

Pengujian campuran yang dilakukan meliputi pengujian Marshall, Marshall hasil perendamaan, dan juga kepadatan membal (*refusal*), secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.12. dan pada Gambar 4.3 sampai dengan Gambar 4.12 untuk campuran dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan pada Tabel 4.13. dan pada Gambar 4.13 sampai dengan Gambar 4.22 untuk campuran dengan aspal modifikasi elastomer sintetis.

Tabel 4.12. Hasil Pengujian Campuran Komposisi 1 dengan Aspal Asbuton yang Diproses

NO	URAIAN	KADAR ASPAL RENCANA KOMPOSISI 1				
		5,05	5,55	6,05	6,55	7,05
1	Kadar aspal efektif (%)	4,17	4,68	5,18	5,69	6,19
2	Penyerapan aspal (%)	0,87	0,87	0,86	0,86	0,86
3	Jumlah tumbukan perbidang	75	75	75	75	75
4	Rongga dalam campuran/ <i>Void in Mix</i> (VIM) (%)	10,90	7,26	4,43	2,73	2,36
5	Rongga dalam agregat/ <i>Voids in Mineral Aggregate</i> (VMA) (%)	19,47	17,19	15,69	15,23	15,93
6	Rongga terisi aspal/ <i>Voids Filled Bitumen</i> (VFB) (%)	44,16	57,83	71,80	82,09	85,38
7	Stabilitas Marshall	2230,16	2118,04	2448,10	2571,69	2448,29
8	Pelelehan (mm)	3,98	4,24	4,43	4,40	4,95
9	Marshall <i>quotient</i> (MQ)	567,84	499,30	553,64	584,68	495,13
10	Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	91,23	91,89	93,83	94,94	95,29
11	Rongga dalam campuran/ <i>Voids in Mix</i> (VIM) (%) pada kepadatan membal/ <i>Percentage Refusal Density</i> (PRD)		2,81	1,73	0,67	

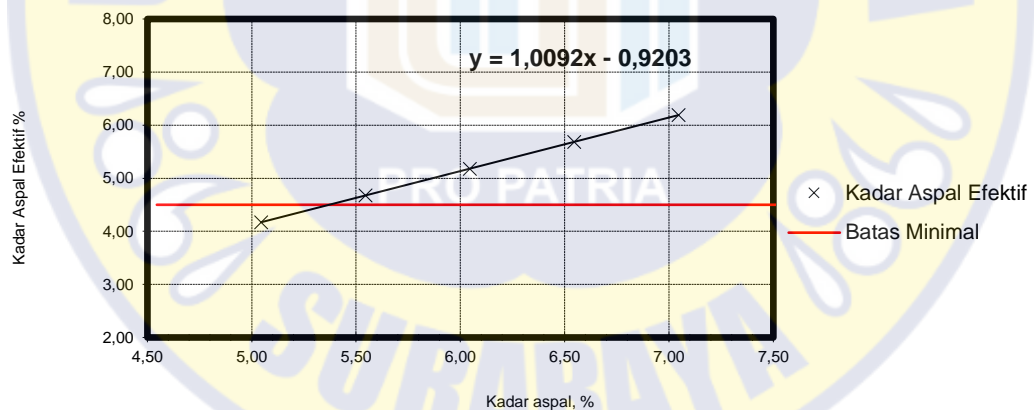
Sumber : Hasil Pengujian.

Hasil pengujian untuk komposisi 1 dengan aspal modifikasi jenis Asbuton yang diproses terlihat bahwa dengan meningkatnya kadar aspal dalam campuran:

- A. Nilai kadar aspal efektif naik, yaitu berkisar antara 4,17 sampai dengan 6,19.
- B. Nilai penyerapan turun, yaitu berkisar antara 0,84 sampai dengan 0,82.

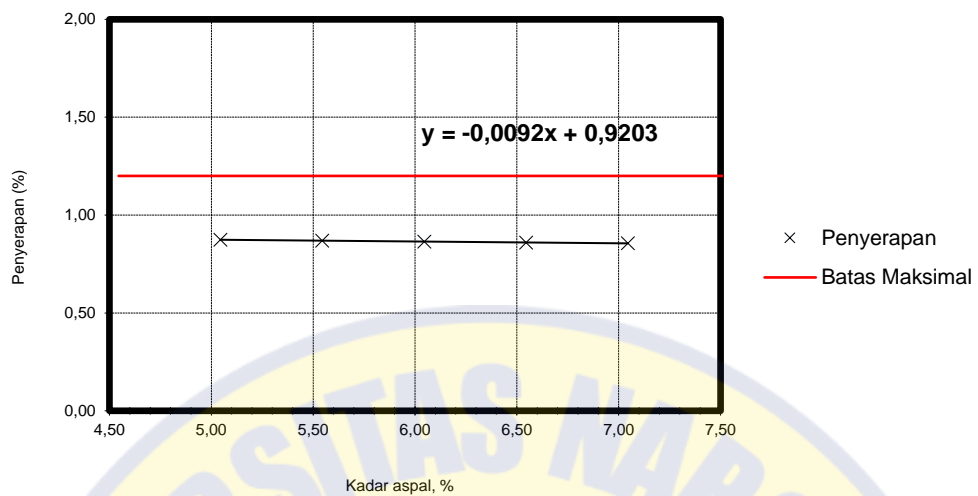


- C. Nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) turun, yaitu berkisar antara 10,09 sampai dengan 2,36.
- D. Nilai rongga dalam agregat/ *Voids in Mineral Aggregate* (VMA) turun, yaitu berkisar antara 19,47 sampai dengan 15,93.
- E. Nilai rongga terisi aspal/ *Voids Filled Bitumen* (VFB) naik, yaitu berkisar antara 44,16 sampai dengan 85,38.
- F. Nilai stabilitas Marshall naik dari 2.230,2 sampai dengan 2.571,7 kemudian turun di 2.448,3.
- G. Nilai pelelehan naik dari 3,98 sampai dengan 4,95.
- H. Nilai Marshall *quotient* turun dari 567,8 sampai dengan 495,1.
- I. Nilai stabilitas Marshall sisa setelah perendaman selama 24 jam naik dari 92,08 sampai dengan 99,1.
- J. Nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) (%) pada kepadatan membal/ *Percentage Refusal Density* (PRD) menurun dari 2,83 sampai dengan 0,67.



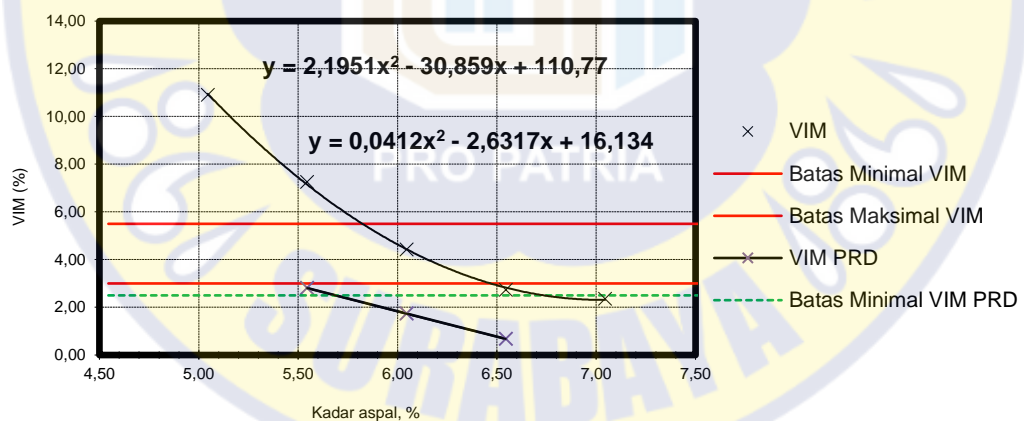
Gambar 4.3. Kadar Aspal Efektif Komposisi 1 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.3 menunjukkan nilai kadar aspal efektif untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,4% sampai dengan 7,05%.



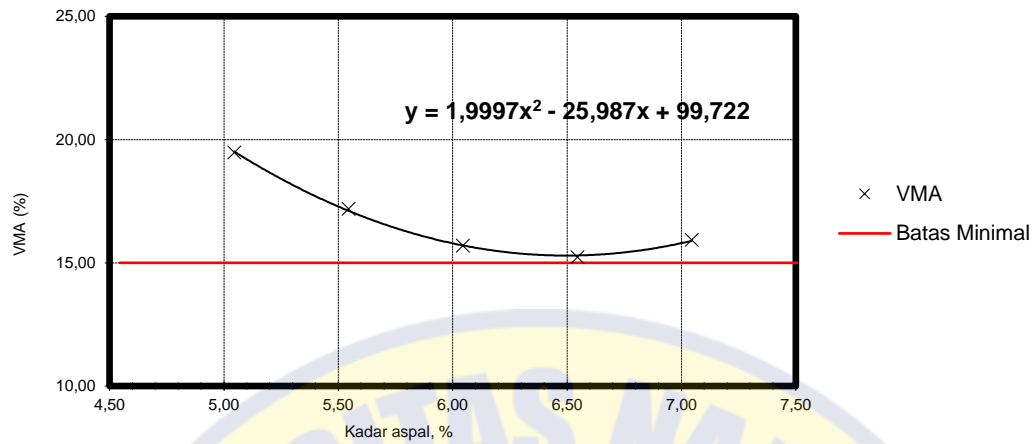
Gambar 4.4. Penyerapan Komposisi 1 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.4 menunjukkan nilai penyerapan untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,05 % sampai dengan 7,05 %.



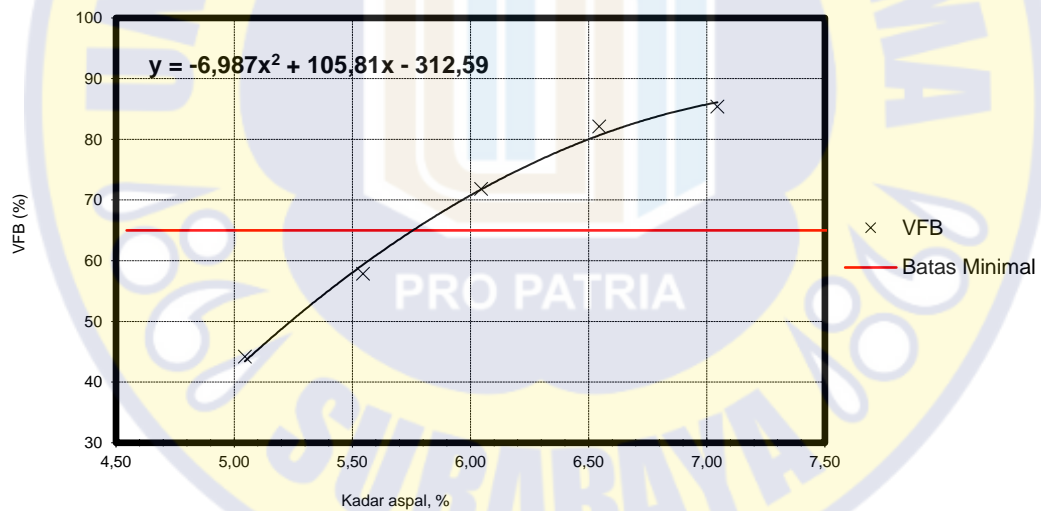
Gambar 4.5. VIM & VIM PRD Komposisi 1 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.5 menunjukkan nilai VIM untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,8 % sampai dengan 6,5 % dan nilai VIM PRD yang memenuhi persyaratan pada kadar aspal 5,05% sampai dengan 5,7%



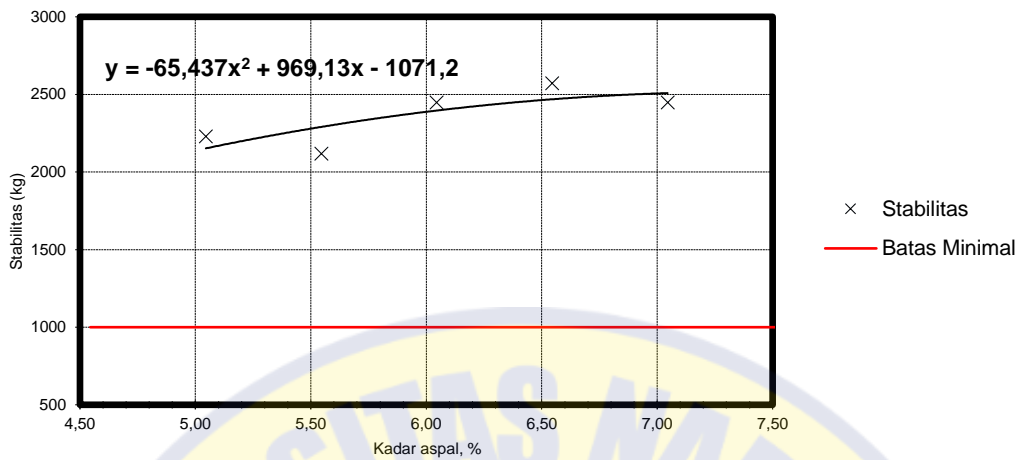
Gambar 4.6. VMA Komposisi 1 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.6 menunjukkan nilai VMA untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,05 % sampai dengan 7,05 %.



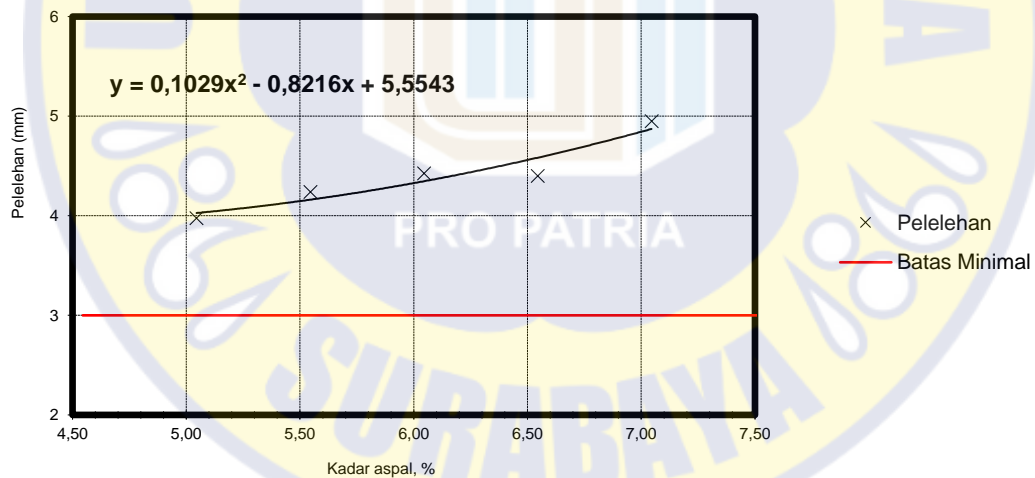
Gambar 4.7. VFB Komposisi 1 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses.

Gambar 4.7 menunjukkan nilai VFB untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,8 % sampai dengan 7,05 %.



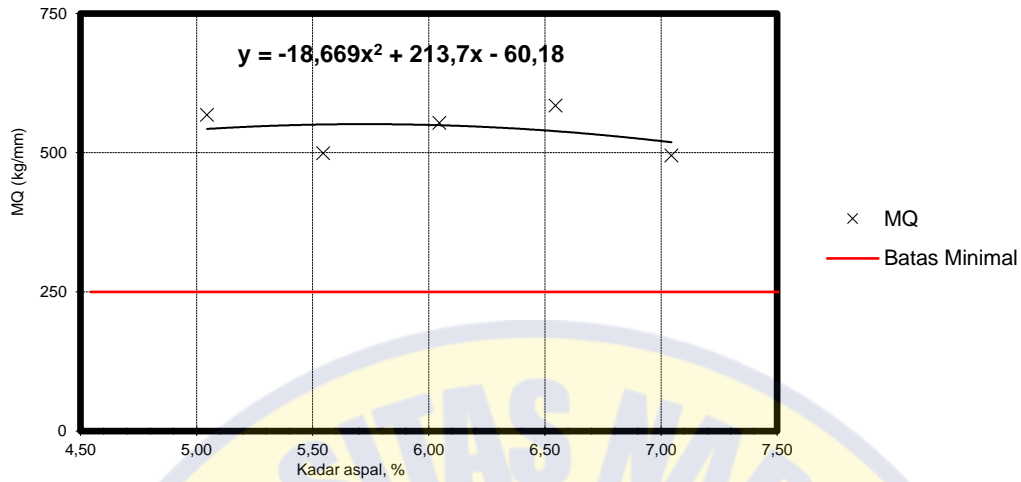
Gambar 4.8. Stabilitas Komposisi 1 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.8 menunjukkan nilai stabilitas untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,05 % sampai dengan 7,05 %.



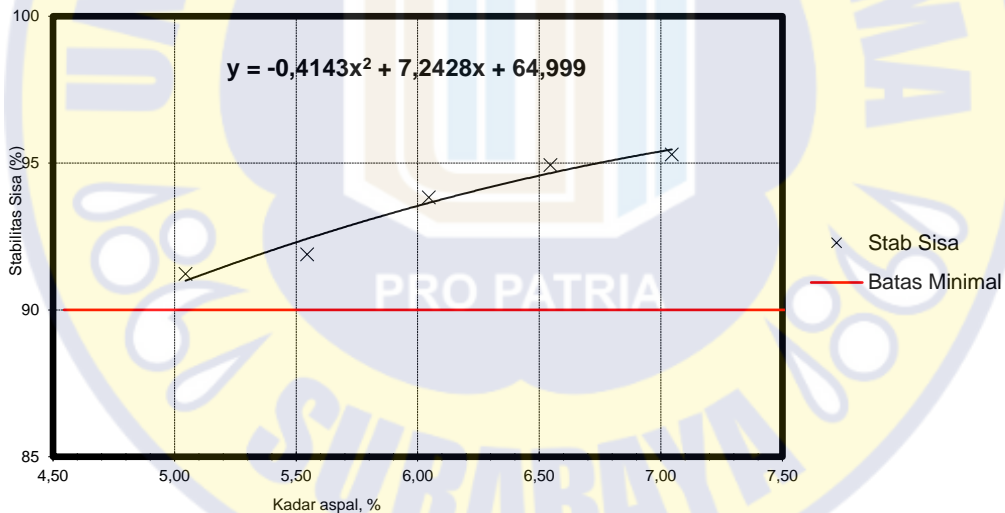
Gambar 4.9 Pelelehan Komposisi 1 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.9 menunjukkan nilai pelelehan untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,05 % sampai dengan 7,05 %.



Gambar 4.10. Marshall *Quotient* Komposisi 1 dengan Asbuton yang Diproses

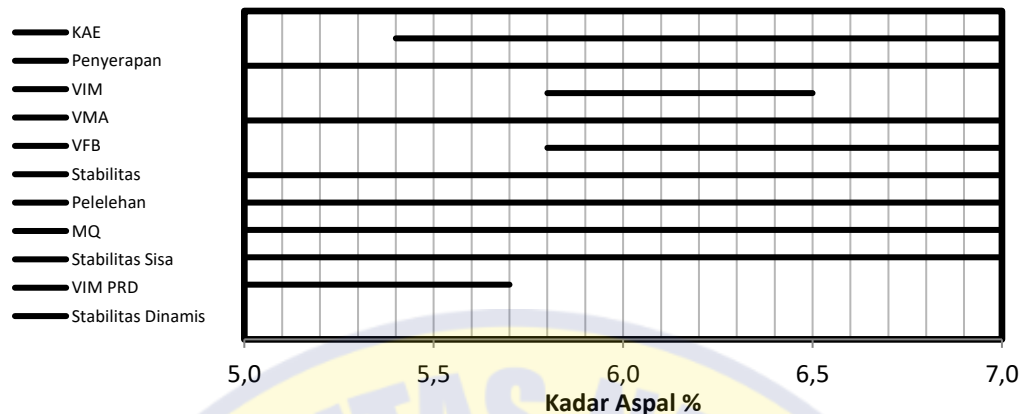
Gambar 4.10 menunjukkan nilai Marshall *Quotient* untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,05 % sampai dengan 7,05 %.



Gambar 4.11. Stabilitas Sisa Komposisi 1 dengan Asbuton yang Diproses

Gambar 4.11 menunjukkan nilai stabilitas sisa untuk campuran beraspal panas Komposisi I dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,05 % sampai dengan 7,05 %.

Dari poin – poin di atas kemudian dibuat grafik yang menggambarkan kadar aspal yang memenuhi setiap persyaratannya untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)-nya seperti pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Penentuan KAO Komposisi 1 dengan Asbuton yang Diproses

Gambar 4.12 di atas menunjukkan bahwa tidak ditemukan kadar aspal rencana yang nilai – nilainya memenuhi seluruh persyaratan, sehingga tidak dapat ditemukan KAO-nya sehingga dilanjutkan dengan pembuatan dan pengujian untuk komposisi 2.

#### 4.3.2 Hasil Pengujian Campuran Beraspal Panas Komposisi 2

Hasil pengujian campuran yang meliputi pengujian Marshall, Marshall hasil perendamaan, dan juga kepadatan membal (*refusal*) untuk komposisi 2, secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.14. dan pada Gambar 4.23 sampai dengan Gambar 4.33 untuk campuran dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan pada Tabel 4.15. dan pada Gambar 4.34 sampai dengan Gambar 4.44 untuk campuran dengan aspal modifikasi elastomer sintetis.

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Campuran Komposisi 2 Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

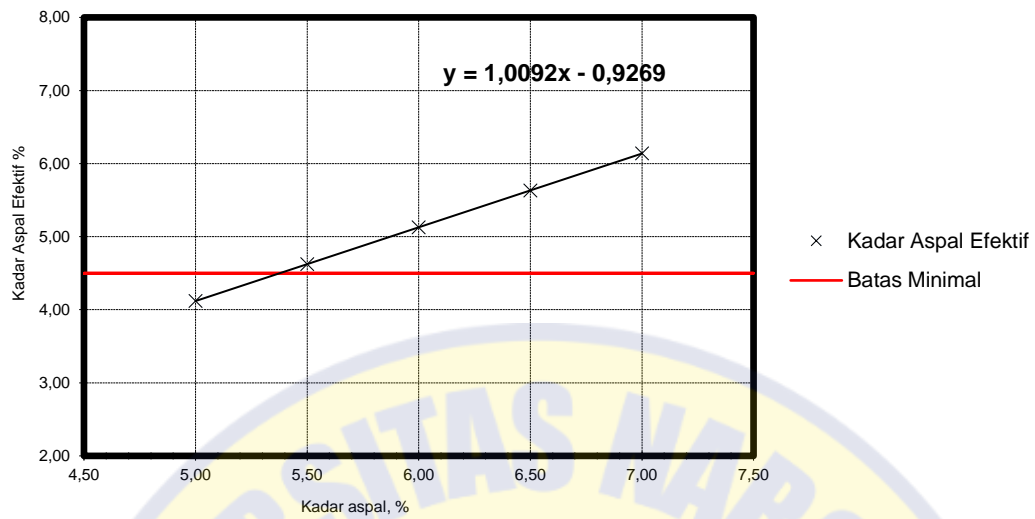
No	Uraian	Kadar Aspal Rencana Komposisi 2				
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1	Kadar aspal efektif (%)	4,12	4,62	5,13	5,63	6,14
2	Penyerapan aspal (%)	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86
3	Jumlah tumbukan perbidang	75	75	75	75	75
4	Rongga dalam campuran/ <i>Void in Mix</i> (VIM) (%)	8,72	6,76	5,44	3,95	2,50
5	Rongga dalam agregat/ <i>Voids in Mineral Aggregate</i> (VMA) (%)	17,37	16,61	16,45	16,15	15,91
6	Rongga terisi aspal/ <i>Voids Filled Bitumen</i> (VFB) (%)	49,80	59,30	66,90	75,54	84,25
7	Stabilitas Marshall	1627,93	1727,52	1800,39	1814,25	1823,10

No	Uraian	Kadar Aspal Rencana Komposisi 2				
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
8	Pelelehan (mm)	3,40	3,70	3,70	3,80	3,70
9	Marshall <i>quotient</i> (MQ)	478,80	466,90	486,59	477,43	492,73
10	Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	95,47	97,10	96,30	97,93	99,29
11	Rongga dalam campuran/ <i>Voids in Mix</i> (VIM) (%) pada kepadatan membal/ <i>Percentage Refusal Density</i> (PRD)		4,25	3,18	2,51	

Sumber: Hasil Pengujian

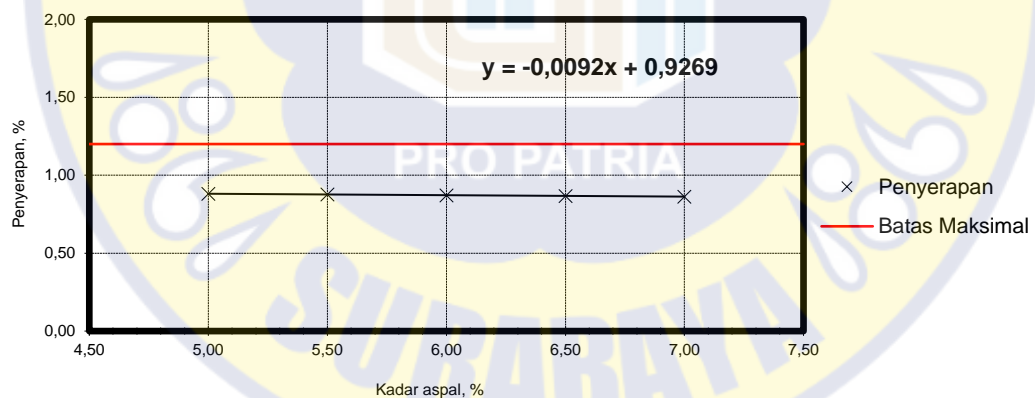
Tabel 4.14 menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kadar aspal dalam campuran:

- A. Nilai kadar aspal efektif naik, yaitu berkisar antara 4,12 sampai dengan 6,14.
- B. Nilai penyerapan turun, yaitu berkisar antara 0,84 sampai dengan 0,82.
- C. Nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) turun, yaitu berkisar antara 8,72 sampai dengan 2,50.
- D. Nilai rongga dalam agregat/ *Voids in Mineral Aggregate* (VMA) turun, yaitu berkisar antara 17,27 sampai dengan 15,91.
- E. Nilai rongga terisi aspal/ *Voids Filled Bitumen* (VFB) naik, yaitu berkisar antara 49,80 sampai dengan 84,25.
- F. Nilai stabilitas Marshall naik dari 1.627,9 sampai dengan 1.823,1.
- G. Nilai pelelehan naik dari 3,40 sampai dengan 4,70.
- H. Nilai Marshall *Quotient* naik dari 478,8 sampai dengan 492,7.
- I. Nilai stabilitas Marshall sisa setelah perendaman selama 24 jam naik dari 95,48 sampai dengan 99,29.
- J. Nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) (%) pada kepadatan membal/ *Percentage Refusal Density* (PRD) menurun dari 4,27 sampai dengan 2,51.



Gambar 4.23 Kadar Aspal Efektif Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

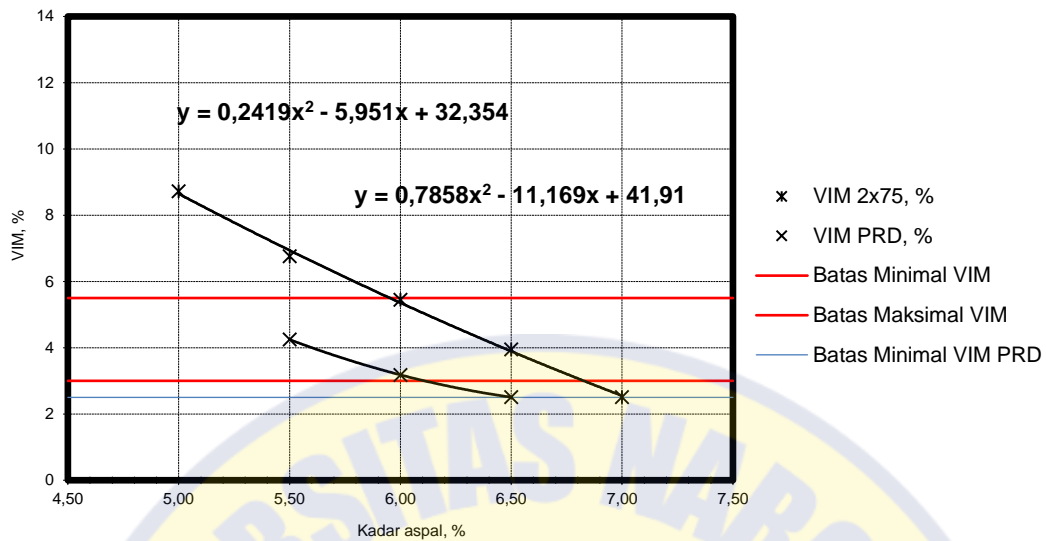
Gambar 4.23 menunjukkan nilai kadar aspal efektif untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,4 % sampai dengan 7,0 %.



Gambar 4.24 Penyerapan Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

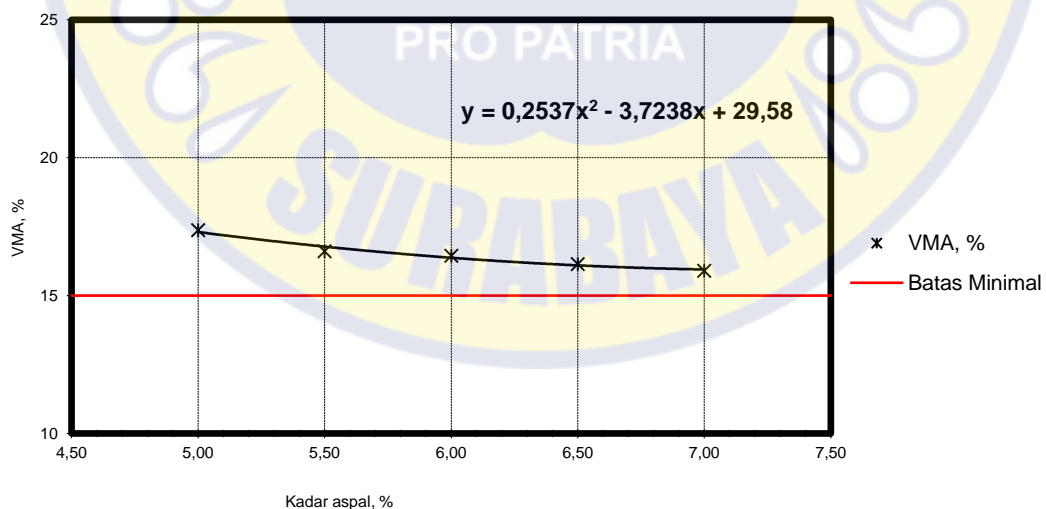
Gambar 4.24 menunjukkan nilai penyerapan untuk campuran beraspal panas Komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.





Gambar 4.25 VIM dan VIM PRD Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

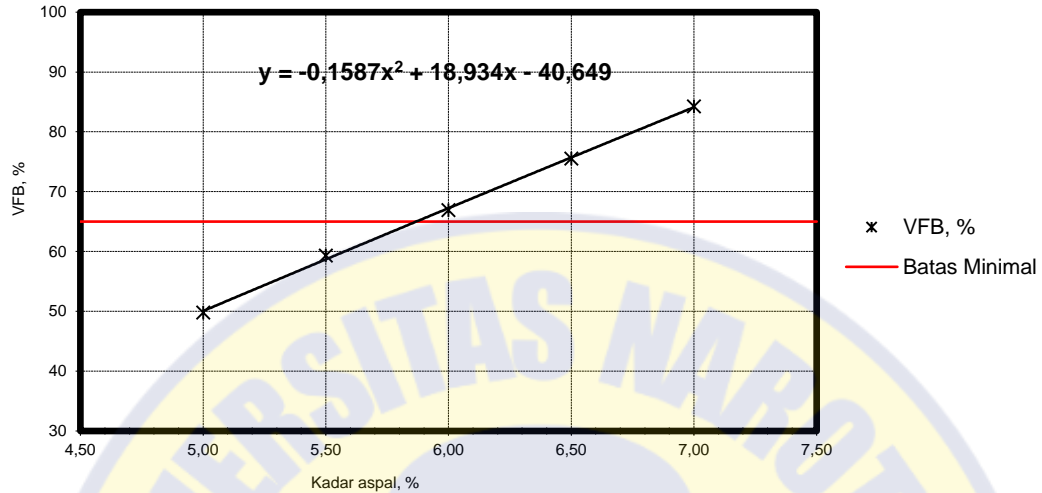
Gambar 4.25 menunjukkan nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 6,0 % sampai dengan 6,8 % serta nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) (%) pada kepadatan membal/ *Percentage Refusal Density* (PRD) yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0% sampai dengan 6,5%.



Gambar 4.26 VMA Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

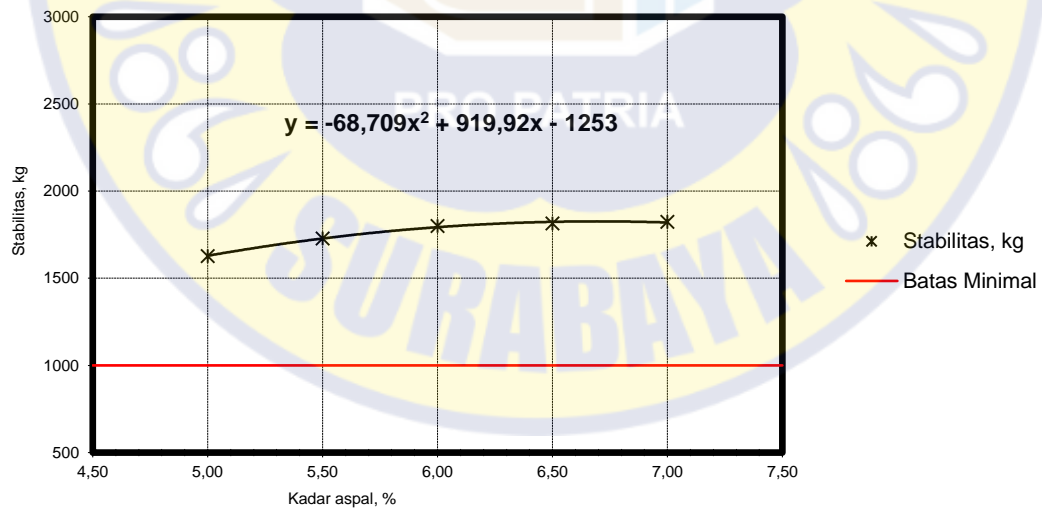
Gambar 4.26 menunjukkan nilai rongga dalam agregat/ *Voids in Mineral Aggregate* (VMA) untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal

modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %



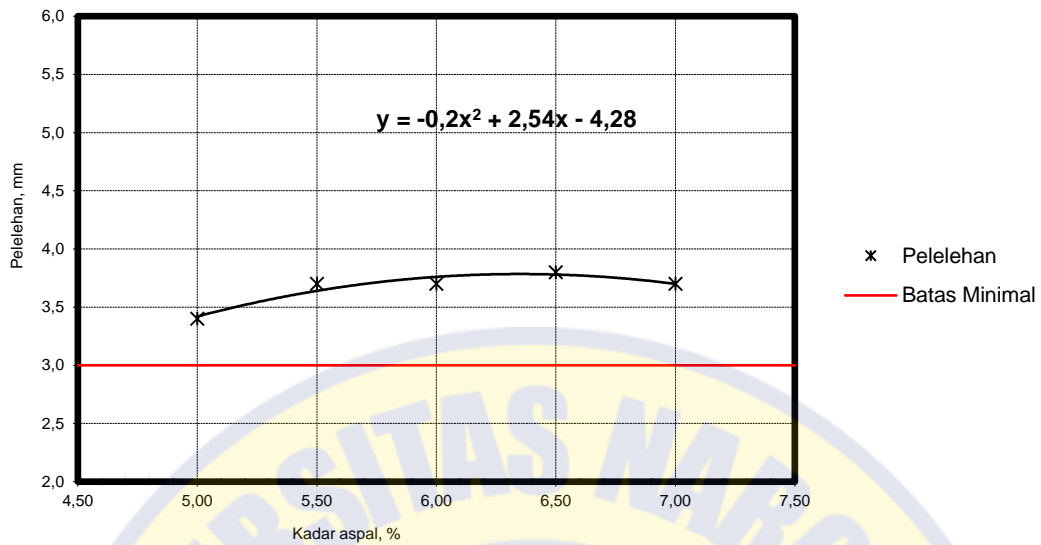
Gambar 4.27 VFB Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.27 menunjukkan nilai rongga terisi aspal/ *Voids Filled Bitumen* (VFB) untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,9 % sampai dengan 7,0 %.



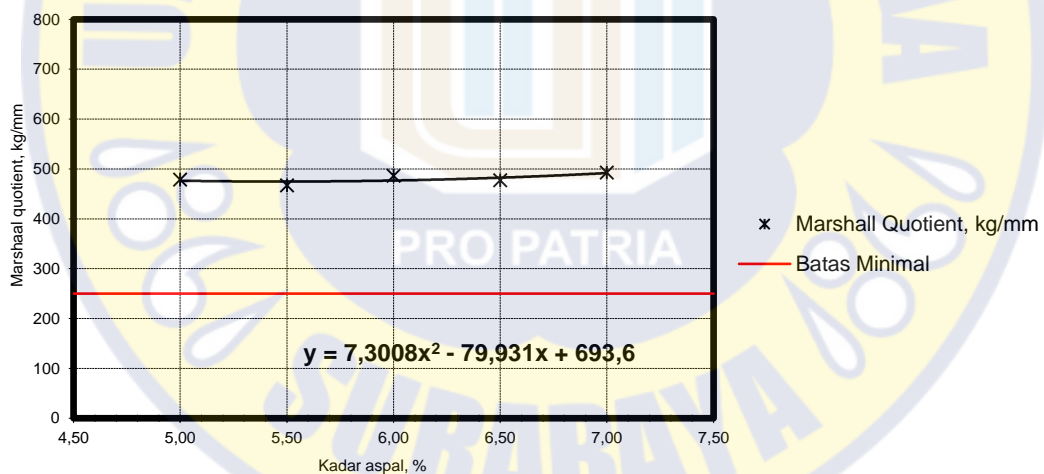
Gambar 4.28 Stabilitas Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.28 menunjukkan nilai stabilitas untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.



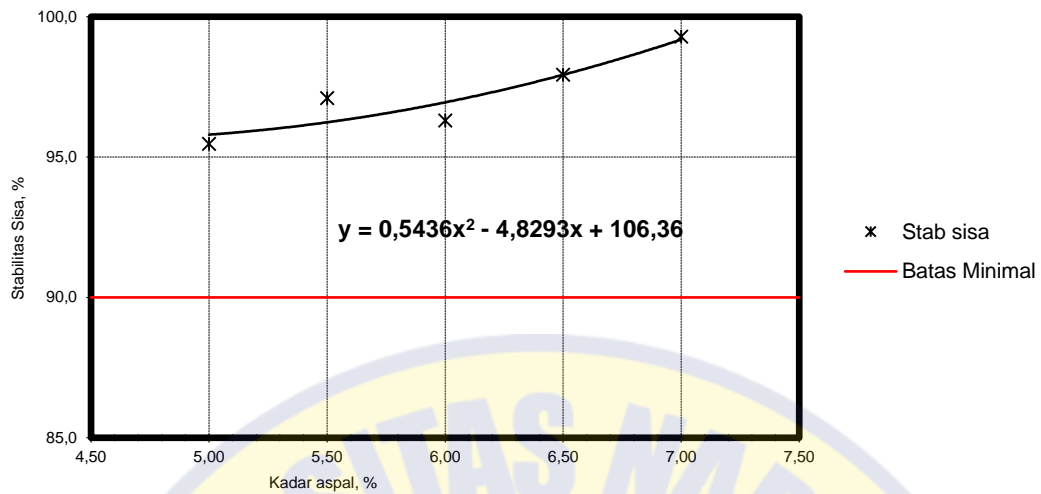
Gambar 4.29 Pelelehan Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.29 menunjukkan nilai pelelehan untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.



Gambar 4.30 Marshall *Quotient* Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

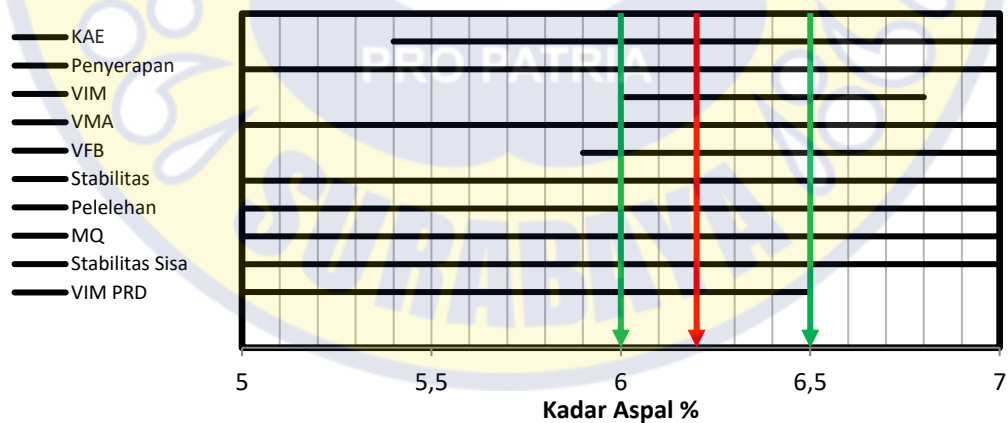
Gambar 4.30 menunjukkan nilai Marshall *quotient* untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.



Gambar 4.31 Stabilitas Marshall Sisa Komposisi 2 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.31 menunjukkan nilai stabilitas Marshall sisa untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.

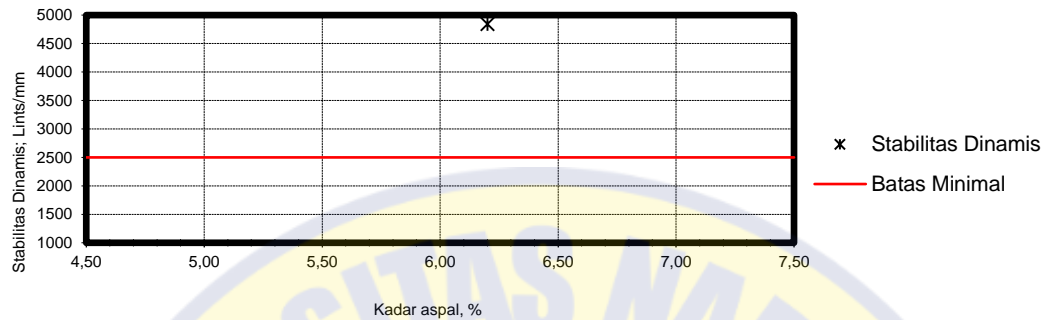
Dari poin – poin di atas kemudian dibuat grafik yang menggambarkan kadar aspal yang memenuhi setiap persyaratannya untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)-nya seperti pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Penentuan KAO Komposisi 2 dengan Asbuton yang Diproses

Gambar 4.32 di atas menunjukkan bahwa pada rentang 6,0% sampai dengan 6,5% nilai – nilainya memenuhi seluruh persyaratan, sehingga didapatkan KAO pada 6,2%, dan selanjutnya dilakukan pembuatan dan pengujian stabilitas dinamis

dengan *wheel tracking* untuk komposisi 2 pada KAO tersebut dengan hasil seperti Gambar 4.33.



Gambar 4.33 Stabilitas Dinamis Komposisi 2 Dengan Asbuton Yang Diproses

Gambar 4.33 di atas menunjukkan nilai stabilitas dinamis untuk campuran beraspal panas komposisi 2 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses pada kadar aspal 6,2% memenuhi persyaratan.

#### 4.3.3 Hasil Pengujian Campuran Beraspal Panas Komposisi 3

Hasil pengujian campuran yang meliputi pengujian Marshall, Marshall hasil perendamaan, dan juga kepadatan membal (*refusal*) untuk Komposisi 3, secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.12. dan pada Gambar 4.45 sampai dengan Gambar 4.56 untuk campuran dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan pada Tabel 4.13. dan pada Gambar 4.57 sampai dengan Gambar 4.68 untuk campuran dengan aspal modifikasi Elastomer sintesis.

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Campuran Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton Yang Diproses

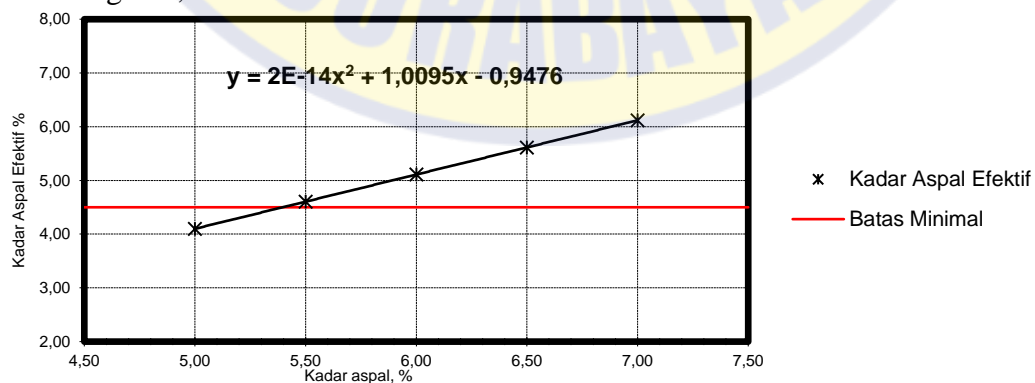
NO	URAIAN	KADAR ASPAL RENCANA KOMPOSISI 3				
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
1	Kadar aspal efektif (%)	4,10	4,60	5,11	5,61	6,12
2	Penyerapan aspal (%)	0,90	0,90	0,89	0,89	0,88
3	Jumlah tumbukan perbidang	75	75	75	75	75
4	Rongga dalam campuran/ <i>Void in Mix</i> (VIM) (%)	7,93	7,52	5,33	4,37	1,71
5	Rongga dalam agregat/ <i>Voids in Mineral Aggregate</i> (VMA) (%)	16,56	17,20	16,25	16,41	15,10
6	Rongga terisi aspal/ <i>Voids Filled Bitumen</i> (VFB) (%)	52,15	56,26	67,19	73,36	88,71
7	Stabilitas Marshall	1080,92	952,56	1215,61	1130,50	1325,63
8	Pelelehan (mm)	3,10	3,30	3,50	3,00	3,10

NO	URAIAN	KADAR ASPAL RENCANA KOMPOSISI 3				
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
9	Marshall <i>quotient</i> (MQ)	348,68	288,65	347,32	376,83	427,62
10	Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	96,36	97,35	97,88	98,74	99,26
11	Rongga dalam campuran/ <i>Voids in Mix</i> (VIM) (%) pada kepadatan membal/ <i>Percentage Refusal Density</i> (PRD)		4,27	3,30	2,66	

Sumber: Hasil Pengujian

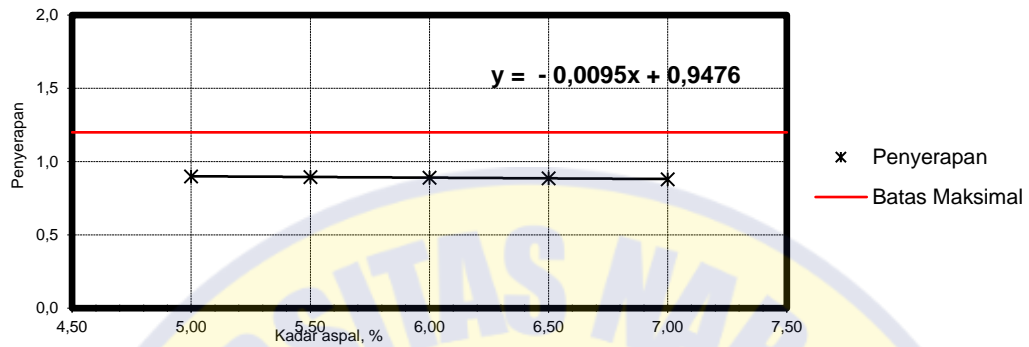
Tabel 4.16 menunjukkan bahwa dengan meningkatnya kadar aspal dalam campuran:

- A. Nilai kadar aspal efektif naik, yaitu berkisar antara 4,10 sampai dengan 6,12.
- B. Nilai penyerapan turun, yaitu berkisar antara 0,84 sampai dengan 0,82.
- C. Nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) turun, yaitu berkisar antara 7,93 sampai dengan 1,71.
- D. Nilai rongga dalam agregat/ *Voids in Mineral Aggregate* (VMA) turun, yaitu berkisar antara 16,56 sampai dengan 15,10.
- E. Nilai rongga terisi aspal/ *Voids Filled Bitumen* (VFB) naik, yaitu berkisar antara 52,15 sampai dengan 88,71.
- F. Nilai stabilitas Marshall naik dari 1.080,9 sampai dengan 1.
- G. Nilai pelelehan naik dari 3,10 sampai dengan 3,5 kemudian turun menjadi 3,10.
- H. Nilai Marshall *Quotient* naik dari 348,7 sampai dengan 427,6.
- I. Nilai stabilitas Marshall sisa setelah perendaman selama 24 jam naik dari 96,36 sampai dengan 99,26.
- J. Nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) (%) pada kepadatan membal/ *Percentage Refusal Density* (PRD) menurun dari 4,27 sampai dengan 2,66.



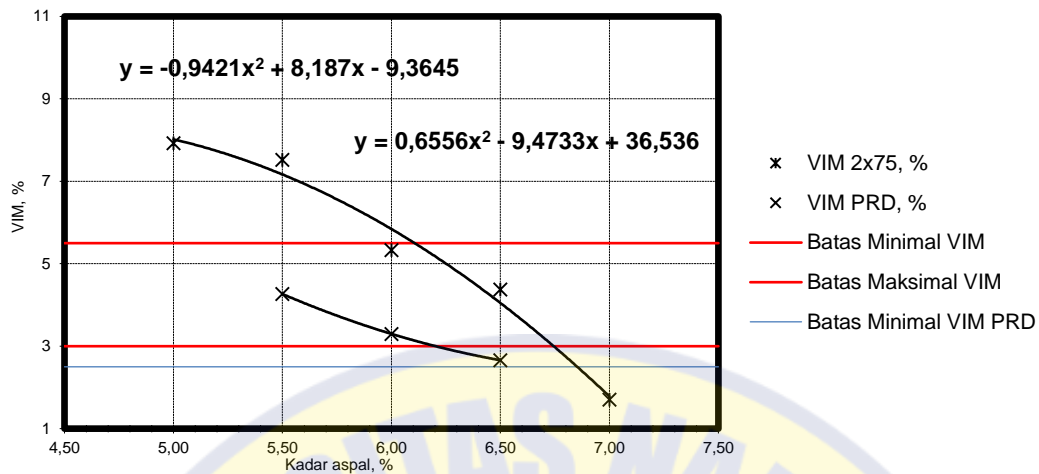
Gambar 4.45 Kadar Aspal Efektif Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4. 45 menunjukkan nilai kadar aspal efektif untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,4 % sampai dengan 7,0 %.



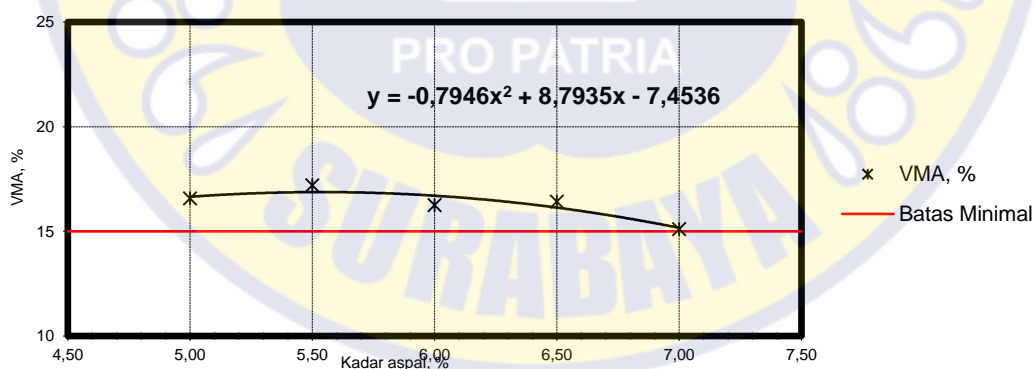
Gambar 4.46 Penyerapan Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.46 menunjukkan nilai penyerapan untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.



Gambar 4.47 VIM Komposisi 3 Dengan Aspal Modifikasi Asbuton Yang Diproses.

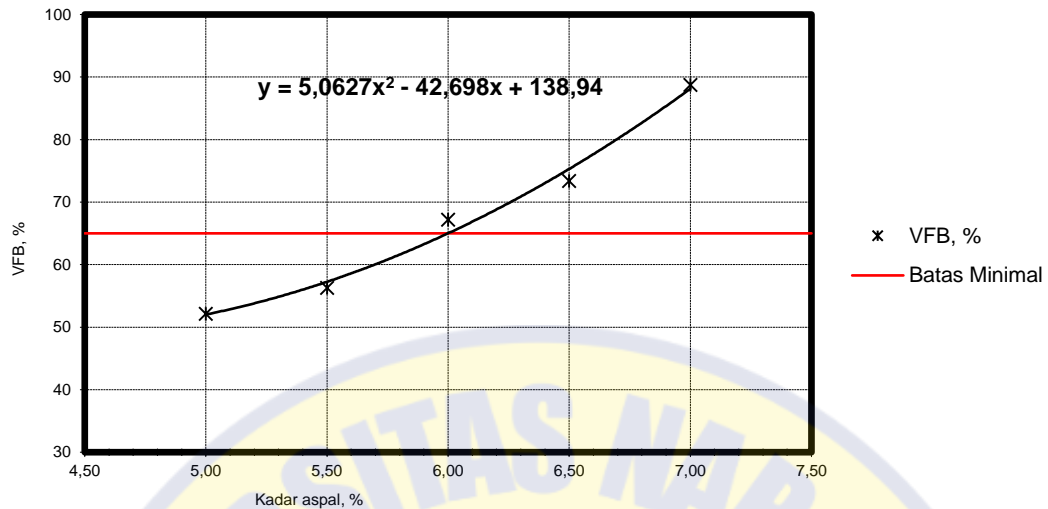
Gambar 4.47 menunjukkan nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 6,1 % sampai dengan 6,7 % serta nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) (%) pada kepadatan membal/ *Percentage Refusal Density* (PRD) yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0% sampai dengan 6,7%.



Gambar 4.48 VMA Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

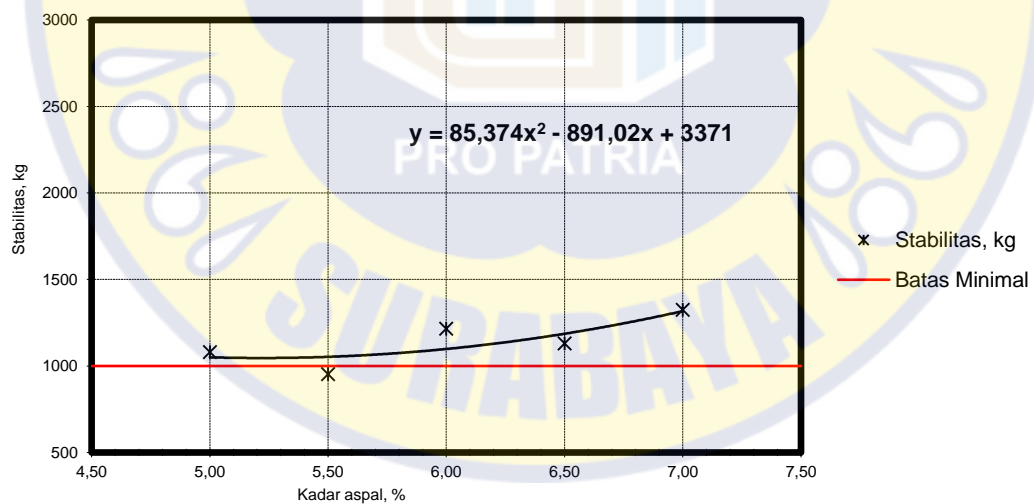
Gambar 4.48 menunjukkan nilai rongga dalam agregat/ *Voids in Mineral Aggregate* (VMA) untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %





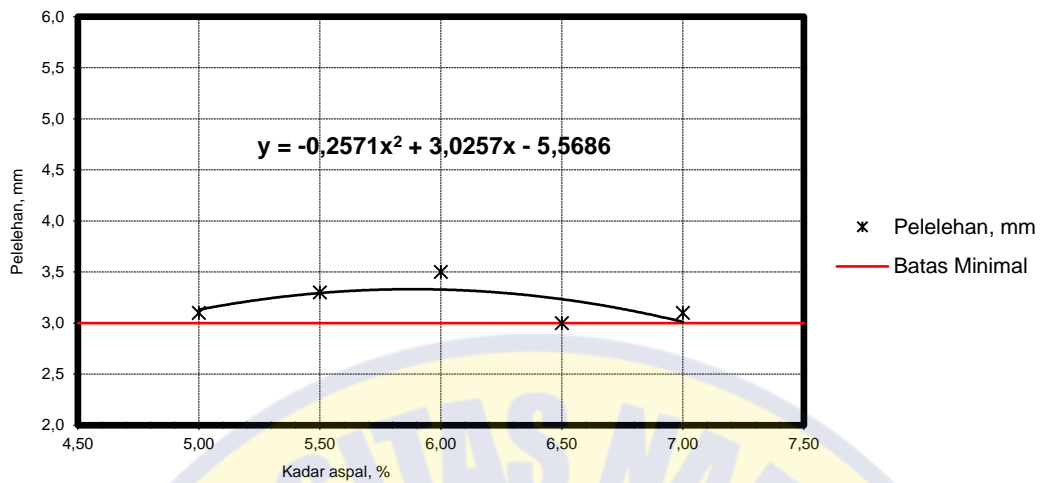
Gambar 4.49 VFB Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.49 menunjukkan nilai rongga terisi aspal/ *Voids Filled Bitumen* (VFB) untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 6,0 % sampai dengan 7,0 %.



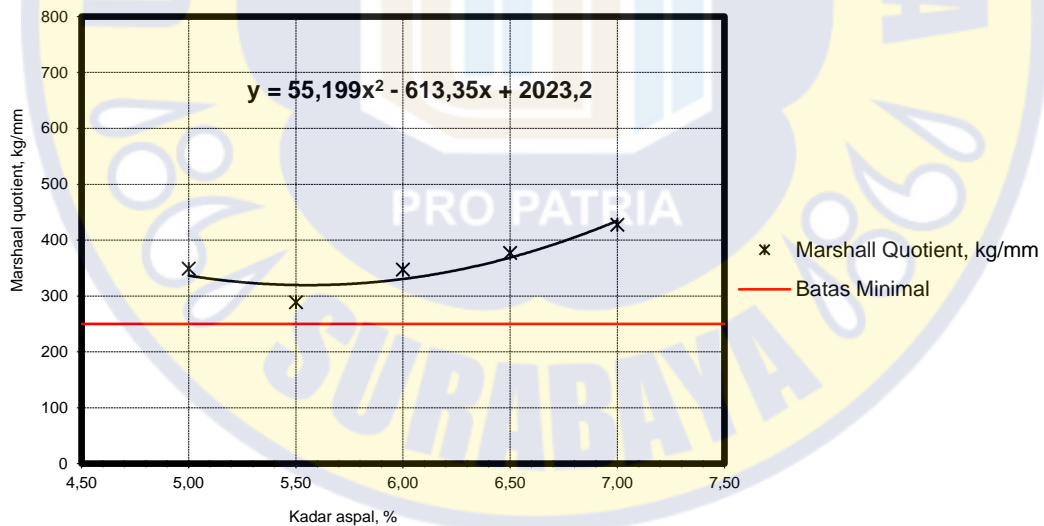
Gambar 4.50 Stabilitas Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.50 menunjukkan nilai stabilitas untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.



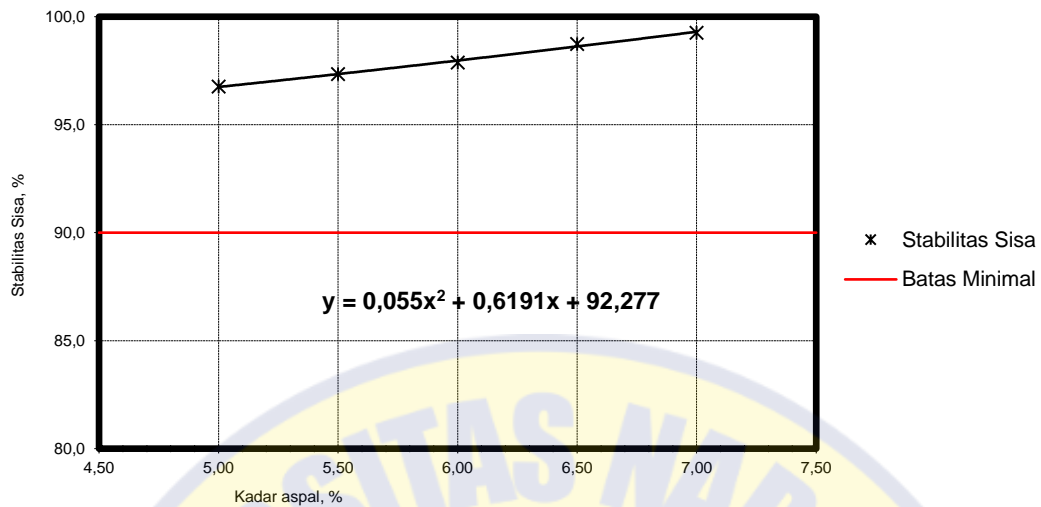
Gambar 4.51 Pelelehan Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.51 menunjukkan nilai pelelehan untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.



Gambar 4.52 Marshall *Quotient* Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

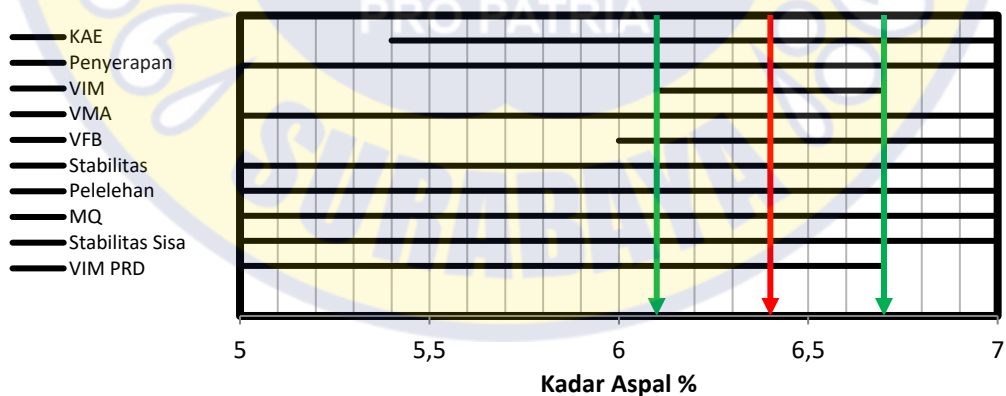
Gambar 4.52 menunjukkan nilai Marshall *Quotient* untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.



Gambar 4.53 Stabilitas Marshall Sisa Komposisi 3 dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

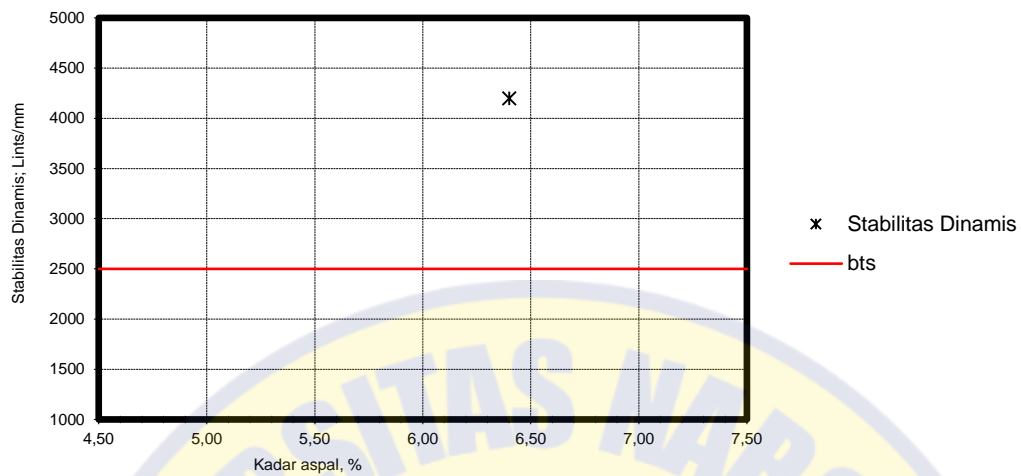
Gambar 4.53 menunjukkan nilai stabilitas Marshall sisa untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses yang memenuhi persyaratan dari kadar aspal 5,0 % sampai dengan 7,0 %.

Dari poin – poin di atas kemudian dibuat grafik yang menggambarkan kadar aspal yang memenuhi setiap persyaratannya untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)-nya seperti pada Gambar 4.54.



Gambar 4.54 Penentuan KAO Komposisi 3 Dengan Asbuton Yang Diproses

Gambar 4.54 di atas menunjukkan bahwa pada rentang 6,1% sampai dengan 6,7% nilai – nilainya memenuhi seluruh persyaratan, sehingga didapatkan KAO pada 6,4%, dan selanjutnya dilakukan pembuatan dan pengujian stabilitas dinamis untuk komposisi 3 pada KAO tersebut.

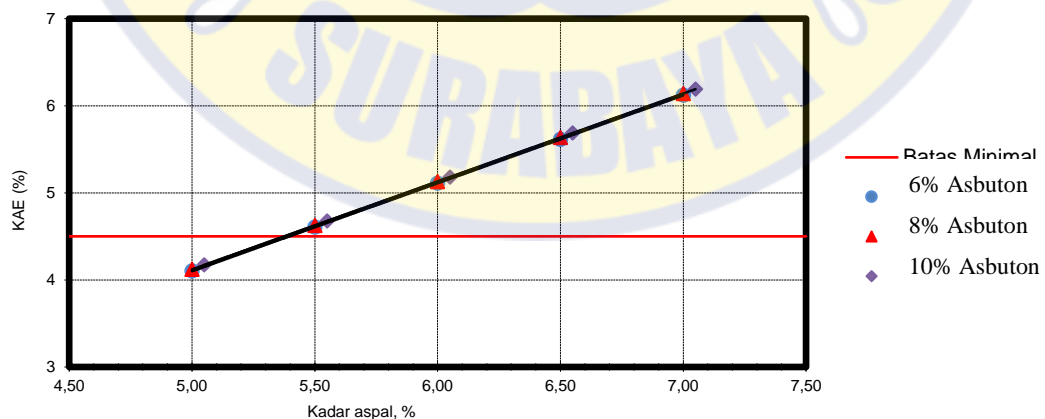


Gambar 4.55 Stabilitas Dinamis Komposisi 3 dengan Asbuton yang Diproses

Gambar 4.55 di atas menunjukkan nilai stabilitas dinamis untuk campuran beraspal panas komposisi 3 dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses pada kadar aspal 6,4% memenuhi persyaratan.

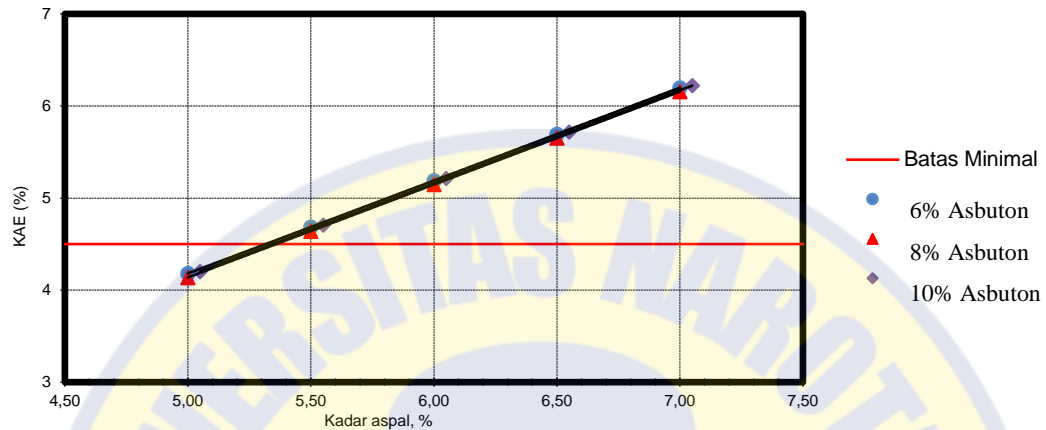
#### 4.4 Analisa Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian campuran beraspal panas masing-masing jenis aspal modifikasi yang digunakan dalam penelitian ini, dirangkum hasilnya dalam satu grafik untuk komposisi 1, komposisi 2 dan komposisi 3, dengan hasil Gambar 4.67 sampai dengan Gambar 4.77.



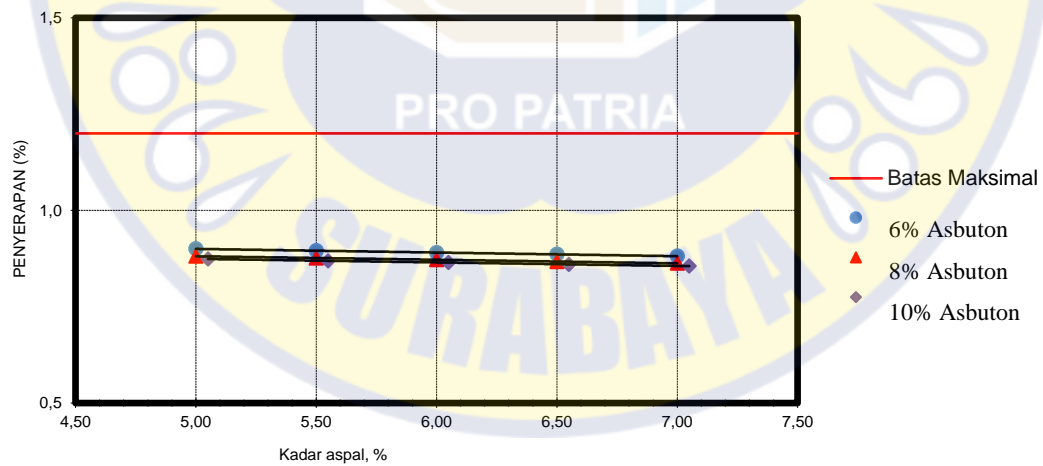
Gambar 4.67. Kadar Aspal Efektif Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.67 menunjukkan nilai kadar aspal efektif untuk campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses, semakin membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



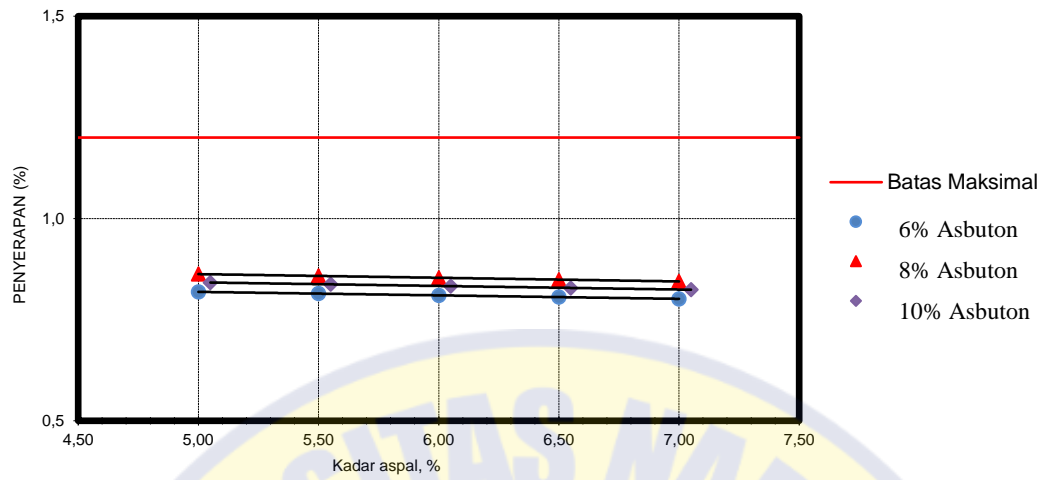
Gambar 4.13. Kadar Aspal Efektif Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis.

Gambar 4.13 menunjukkan nilai kadar aspal efektif untuk campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis nilai terendah pada kadar RAP 20%.



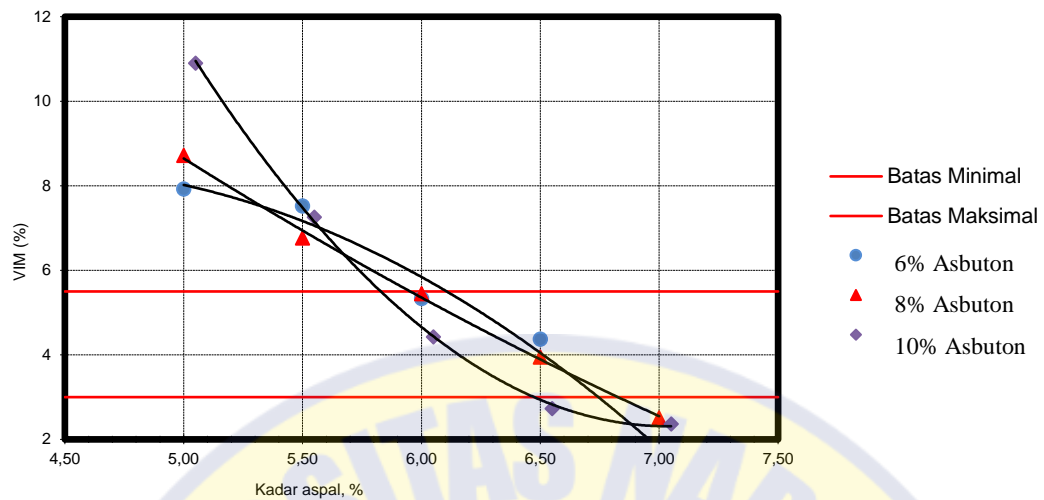
Gambar 4.69. Penyerapan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.69 menunjukkan nilai penyerapan untuk campuran beraspal panas dengan aspal Asbuton yang diproses, mengecil dengan membesarnya kadar RAP.



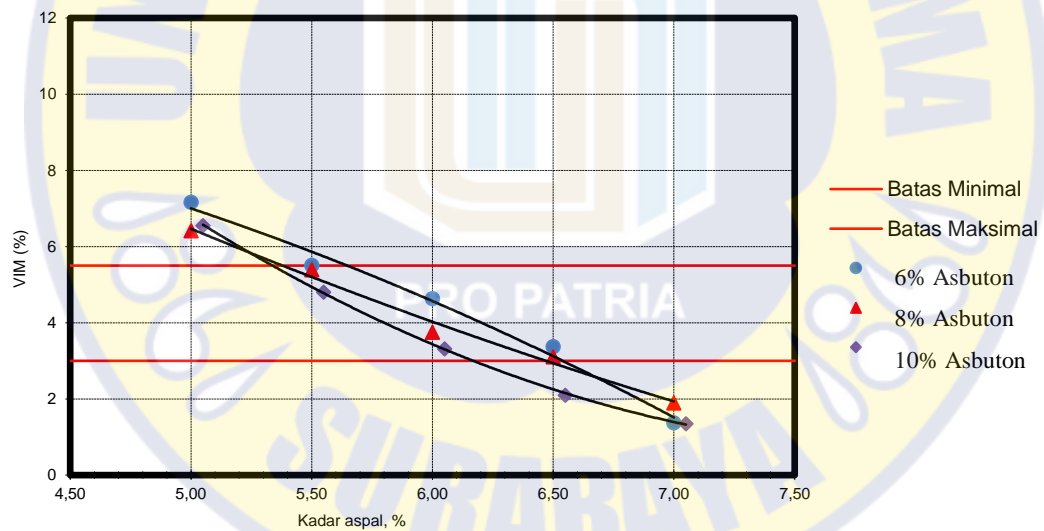
Gambar 4.70. Penyerapan Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

Gambar 4.70 menunjukkan nilai penyerapan untuk campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis nilai terbesar pada kadar RAP 20%.



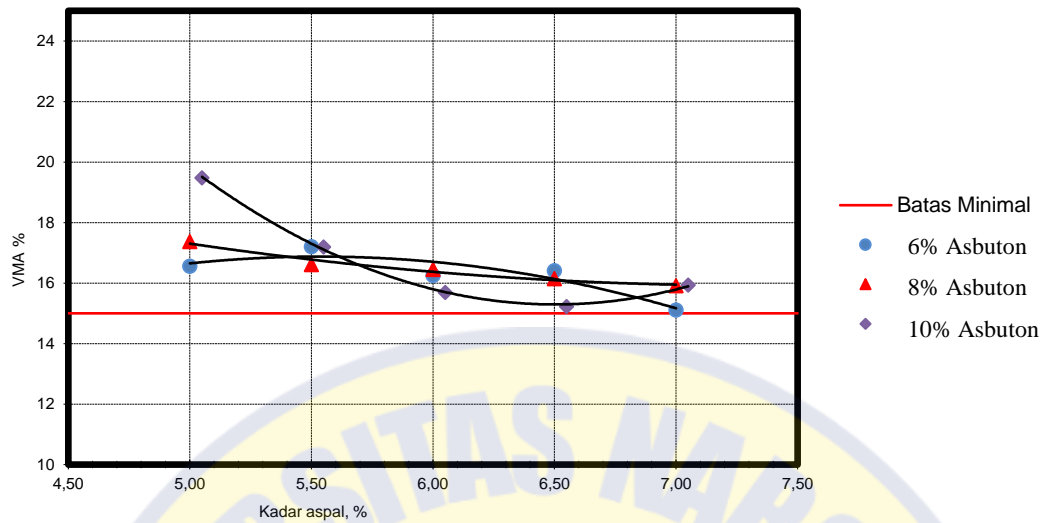
Gambar 4.71. VIM Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.71 menunjukkan nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) untuk campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses mempunyai nilai mengecil dengan bertambahnya kadar RAP.



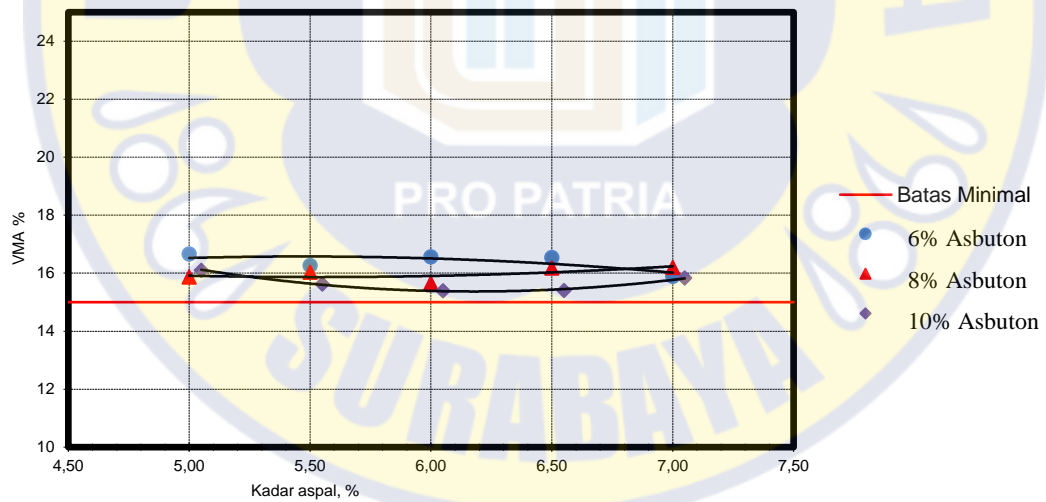
Gambar 4.72. VIM Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

Gambar 4.72 menunjukkan nilai rongga dalam campuran/ *Voids in Mix* (VIM) untuk campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis mengecil dengan bertambahnya kadar RAP.



Gambar 4.73 VMA Campuran Beraspal Panas dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

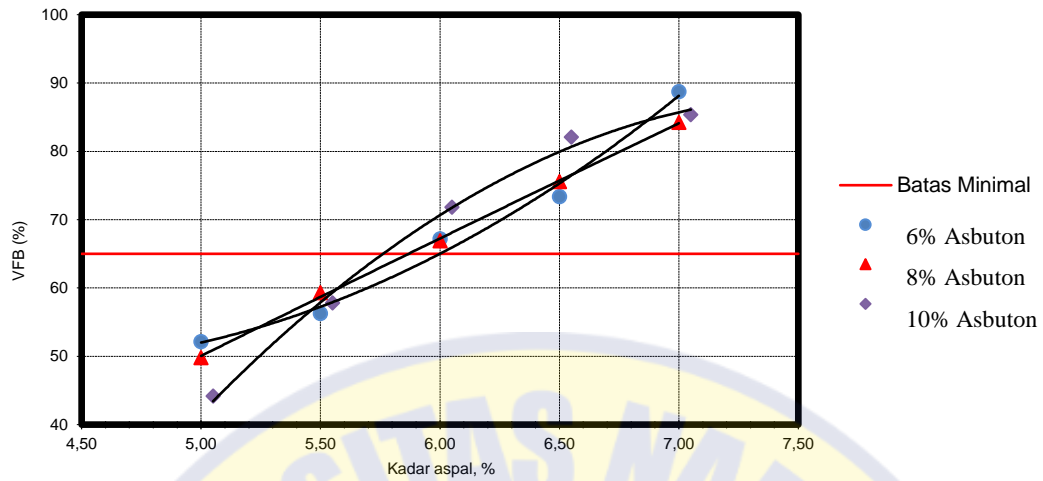
Gambar 4.73 menunjukkan nilai VMA campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses mengecil dengan bertambahnya kadar RAP.



Gambar 4.74. VMA Campuran Dengan Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

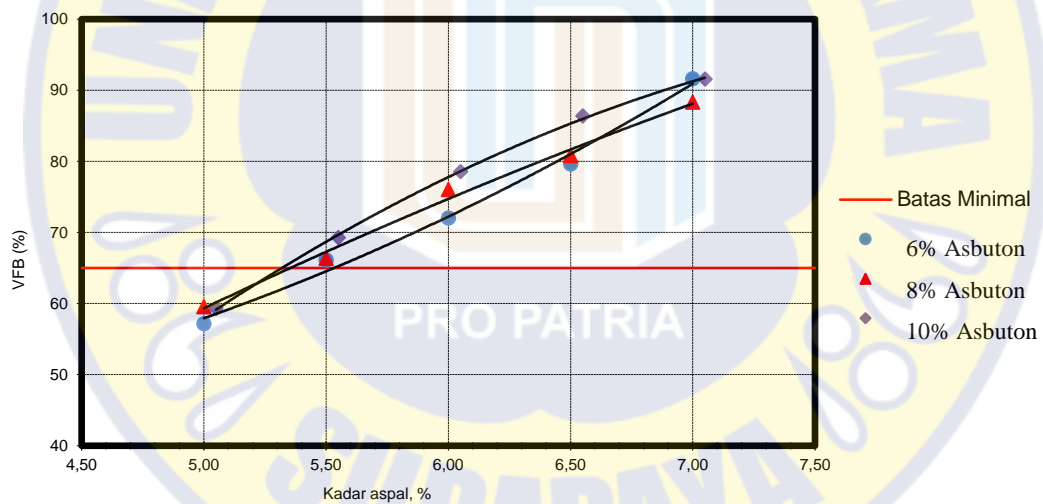
Gambar 4.74 menunjukkan nilai VMA campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis mengecil dengan bertambahnya kadar RAP.





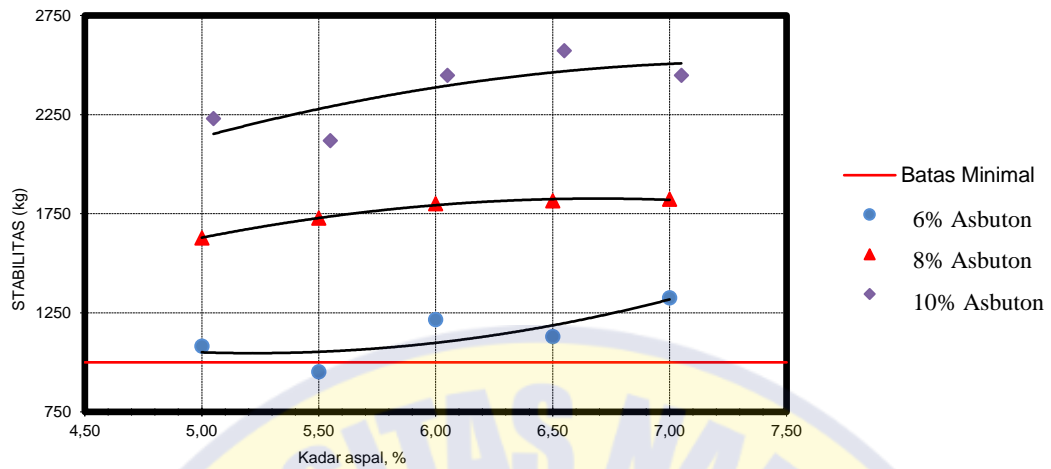
Gambar 4.75. VFB Campuran Dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.75 menunjukkan nilai VFB campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



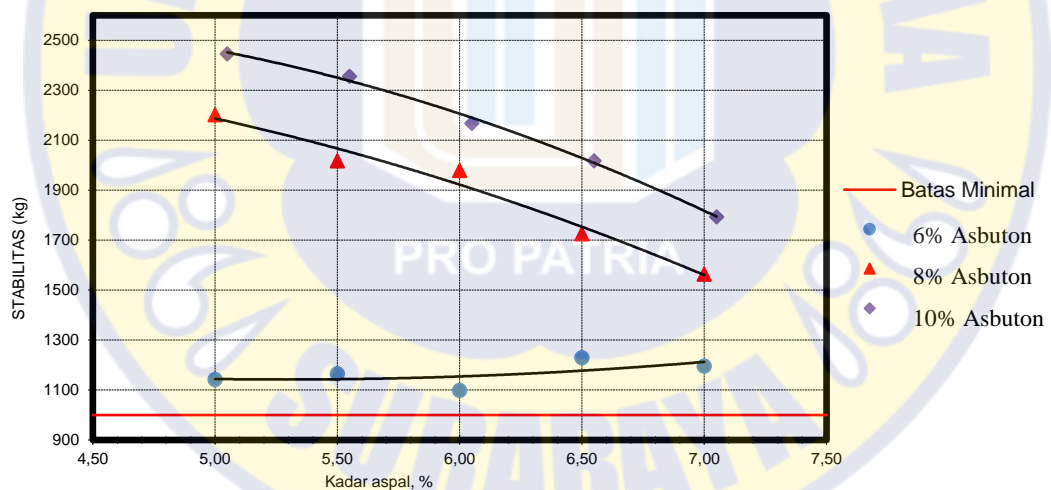
Gambar 4.76. VFB Campuran Dengan Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis.

Gambar 4.76 menunjukkan nilai VFB campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



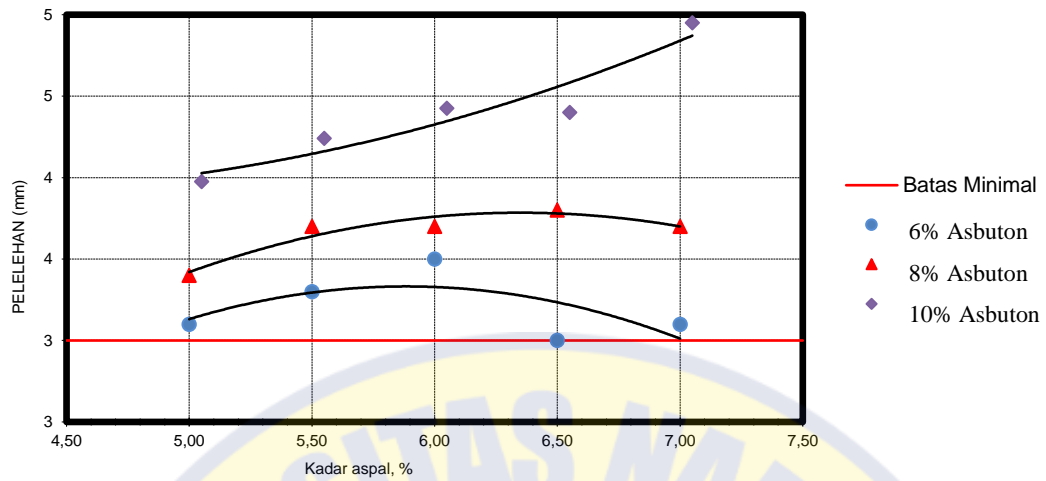
Gambar 4.77. Stabilitas Marshall Campuran dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses.

Gambar 4.77 menunjukkan nilai stabilitas Marshall campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



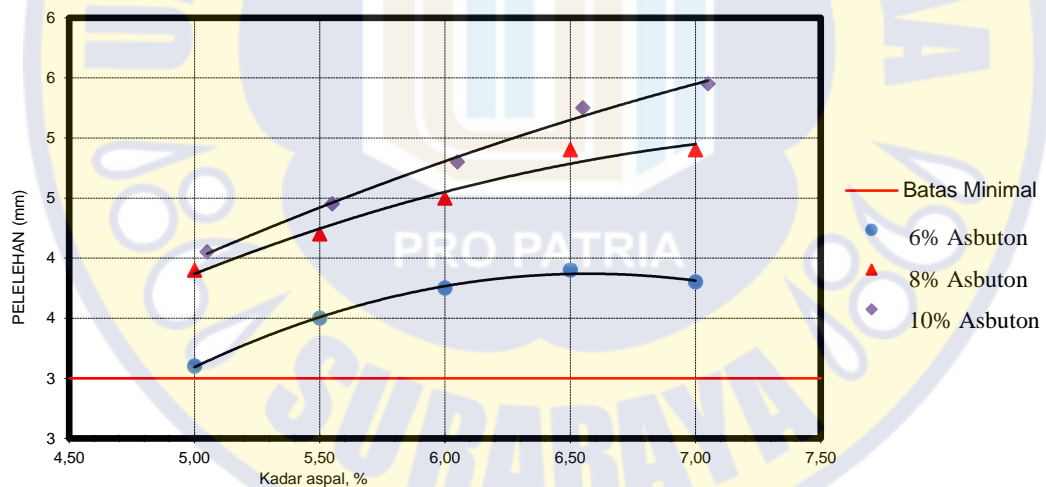
Gambar 4.78. Stabilitas Marshall Campuran dengan Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

Gambar 4.78 menunjukkan nilai stabilitas Marshall campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



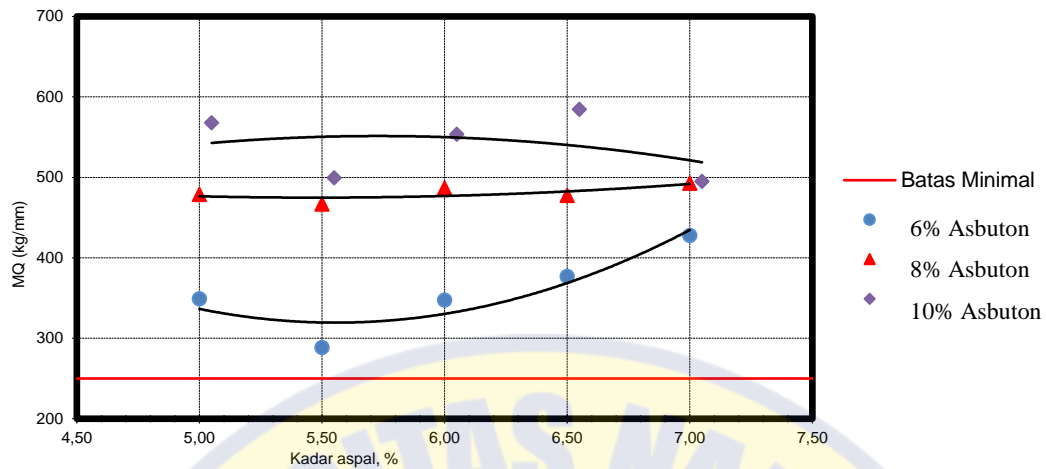
Gambar 4.79. Pelelehan Campuran Beraspal Panas dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.79 menunjukkan nilai pelelehan campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



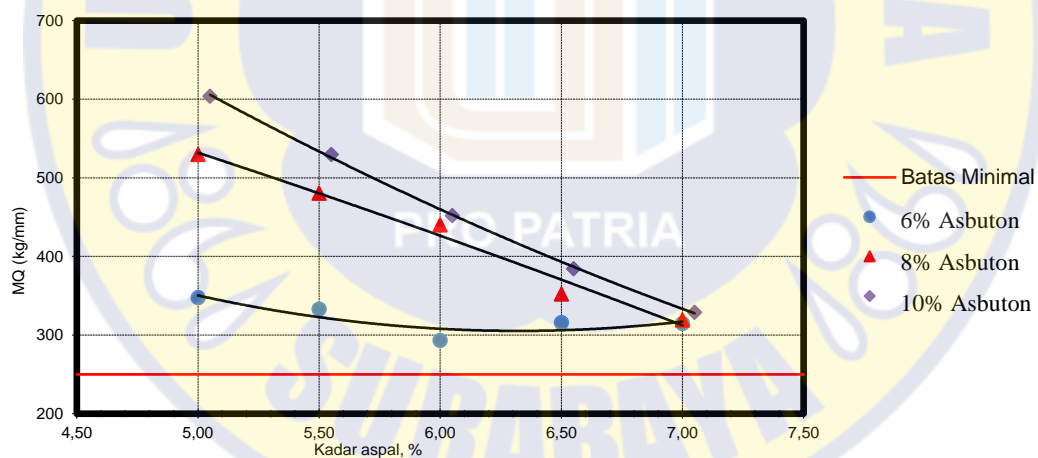
Gambar 4.80. Pelelehan Campuran Beraspal Panas dengan Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

Gambar 4.80 menunjukkan nilai pelelehan campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



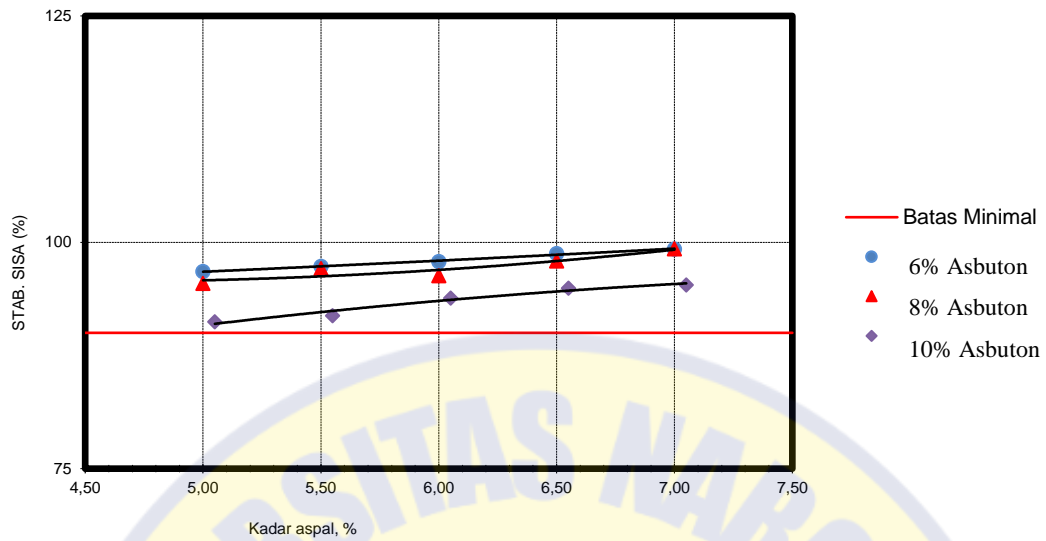
Gambar 4.81 Marshall *Quotient* Campuran Beraspal Panas dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.81 menunjukkan nilai Marshall *Quotient* campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



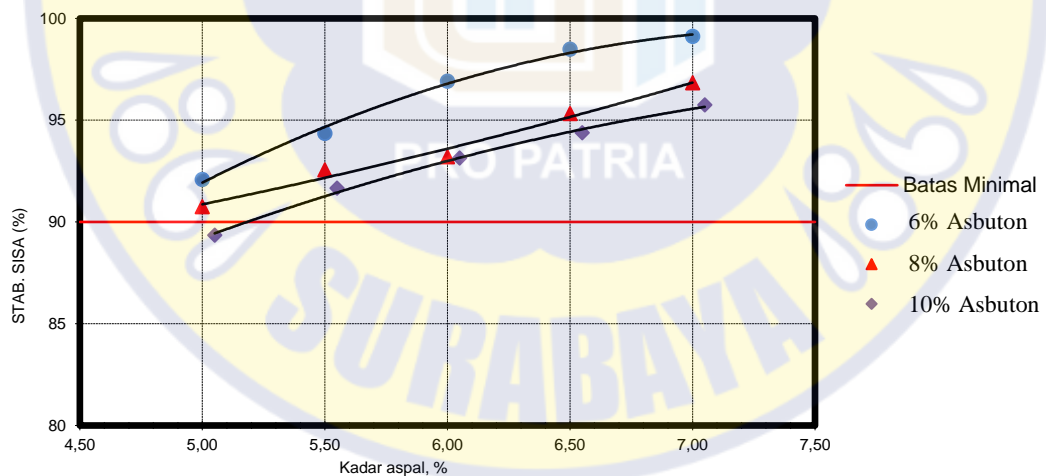
Gambar 4.82 Marshall *Quotient* Campuran Beraspal Panas dengan Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

Gambar 4.82 menunjukkan nilai Marshall *Quotient* campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis membesar dengan bertambahnya kadar RAP.



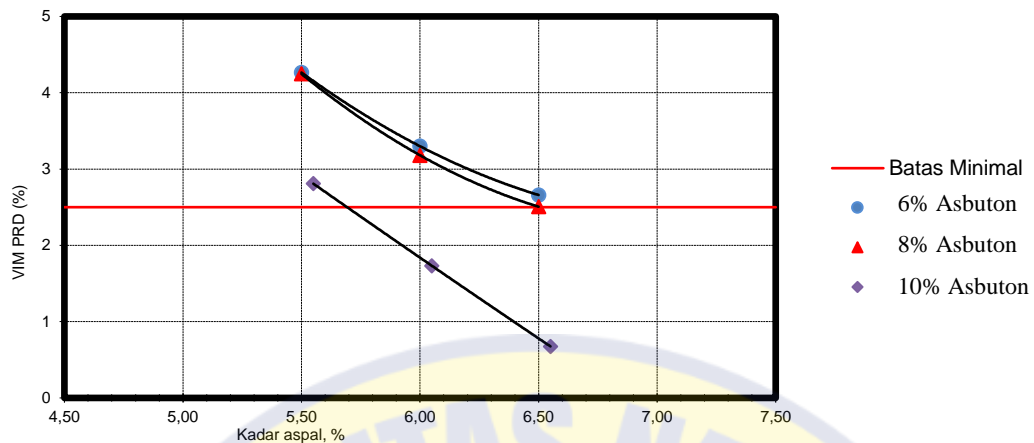
Gambar 4.83. Stabilitas Marshall Sisa Campuran dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.83 menunjukkan nilai stabilitas Marshall sisa campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses mengecil dengan bertambahnya kadar RAP.



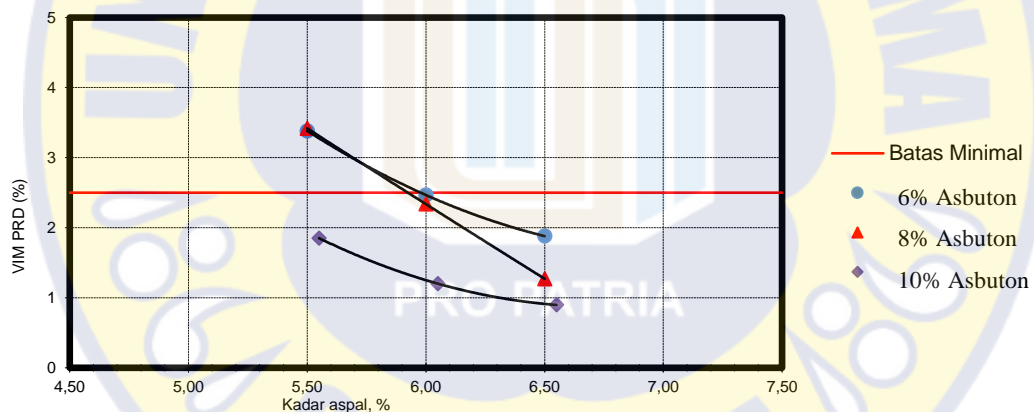
Gambar 4.84. Stabilitas Marshall Sisa Campuran dengan Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

Gambar 4.84 menunjukkan nilai stabilitas Marshall sisa campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis mengecil dengan bertambahnya kadar RAP.



Gambar 4.85. VIM PRD Campuran Beraspal Panas dengan Aspal Modifikasi Asbuton yang Diproses

Gambar 4.85 menunjukkan nilai VIM PRD campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses mengecil dengan bertambahnya kadar RAP.



Gambar 4.86 VIM PRD Campuran Beraspal Panas dengan Aspal Modifikasi Elastomer Sintetis

Gambar 4.86 menunjukkan nilai VIM PRD campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi elastomer sintetis mengecil dengan bertambahnya kadar RAP. Dengan membandingkan hasil pengujian sifat-sifat fisik campuran beraspal panas dengan aspal modifikasi Asbuton yang diproses dapat dituliskan sebagai berikut:

- A. Nilai Rongga Dalam Campuran/ Voids in Mix (VIM) dan Nilai Rongga dalam campuran/ Voids in Mix (VIM) (%) pada kepadatan membal/ Percentage Refusal Density (PRD) untuk aspal modifikasi Asbuton yang mempunyai nilai mengecil dengan bertambahnya kadar komposisi campuran. Demikian juga untuk Nilai Rongga Dalam Agregat/ Voids in Mineral Aggregate (VMA).

Mengecilnya nilai VIM menyebabkan Nilai VMA juga mengecil. Umumnya ada kecenderungan dengan meningkatnya kadar Asbuton dengan menurunnya nilai VMA, yang sebagian disebabkan VIM yang rendah.

- B. Nilai Rongga Terisi Aspal/ *Voids Filled Bitumen* (VFB) untuk aspal modifikasi Asbuton yang diproses mempunyai nilai membesar dengan bertambahnya kadar Asbuton. Nilai VFB ini berkebalikan dengan nilai VIM (NAPA, 1996). Ini sejalan dengan poin A di atas.
- C. Nilai Stabilitas Marshall untuk aspal modifikasi Asbuton yang diproses dan mempunyai nilai membesar dengan bertambahnya kadar Asbuton, hal ini dikarenakan peningkatan nilai viskositas aspal campuran yang digunakan sesuai Tabel 4.14. Peningkatan viskositas aspal meningkatkan stabilitas Marshall (NAPA, 1996).
- D. Nilai Pelelehan untuk aspal modifikasi Asbuton yang diproses mempunyai nilai membesar dengan bertambahnya kadar Asbuton. Nilai pelelehan yang tinggi mengindikasikan campuran yang plastis (NAPA,1996). Hal ini kemungkinan disebabkan karena nilai viskositas yang tinggi dan penetrasi yang rendah.
- E. Nilai Stabilitas Dinamis untuk aspal modifikasi Asbuton yang diproses mempunyai nilai membesar dengan bertambahnya kadar Asbuton, hal ini dikarenakan peningkatan nilai titik leleh aspal campuran yang digunakan. Hal ini sejalan dengan peningkatan titik leleh aspal menurunkan laju deformasi plastis, sehingga nilai stabilitas dinamisnya meningkat (Szatkowski, 1979).