

Kepadatan Campuran dengan Variasi Tumbukkan Terhadap AC-WC Gradasi Halus

Yuliansyah¹⁾

Hadi Ali²⁾

Priyo Pratomo³⁾

Abstract

This study was conducted to determine the effect of variations in the compaction of the characteristics of the asphalt layer using the Marshall method which refers to the building specifications of bina marga 2010. In the Marshall plan establishes parameters for the number of compaction of heavy traffic conditions compaction test specimen as 2x75 compaction with the cavity boundary mixture of 3,5- 5.5%. While on the asphalt concrete layer is studied Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC) subtle gradations lower limit.

After the results of the testing materials testing both asphalt and aggregate meets the standards and then do the manufacture asphalt mixture specimen. From the analysis of the value obtained after calculating the optimum asphalt content lower limit of 6,8%. Then used in mixing asphalt content for the variation of the collision is 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, 2x70, 2x75, 2x80, and 2x85. After it was examined Marshall.

From the test results on compaction Marshall 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, and 2x70. Does not meet the Marshall parameter value because Marshall Quotient (MQ) does not enter the specifications. While the value of voids In The Mix (VIM) in the collision 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, and 2x70 are also not included in the specification. Only on compaction of 2x75, 2x80 and 2x85 that meet the parameters of Marshall.

Keywords : *Compaction, Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Subtle Gradation, Marshall Parameters, Bina Marga Specifications 2010.*

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tumbukan terhadap karakteristik lapisan aspal menggunakan metode *Marshall* yang mengacu pada spesifikasi bina marga 2010. Pada perencanaan *Marshall* menetapkan parameter jumlah tumbukan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5,5 %. Sedangkan terhadap lapisan aspal beton yang diteliti adalah *Asphalt Concrete Wearing Coarse* (AC-WC) gradasi halus batas bawah.

Setelah hasil pengujian bahan baik pengujian aspal dan agregat telah memenuhi standar maka dilakukan pembuatan benda uji campuran beraspal . Dari hasil analisis setelah dilakukan perhitungan didapat nilai kadar aspal optimum batas bawah 6,8%. Kemudian kadar aspal digunakan dalam pencampuran untuk variasi tumbukan yaitu 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, 2x70, 2x75, 2x80, dan 2x85. Setelah itu dilakukan pengujian *Marshall*.

Dari hasil pengujian *Marshall* pada tumbukan 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, dan 2x70. Tidak memenuhi parameter *Marshall* dikarenakan nilai *Marshall Quotient* (MQ) tidak masuk spesifikasi. Sedangkan nilai *Void In The Mix* (VIM) pada tumbukan 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, dan 2x70 juga tidak masuk dalam spesifikasi. Hanya pada tumbukan 2x75, 2x80 dan 2x85 yang memenuhi parameter *Marshall*.

Kata kunci: Tumbukan, *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) Gradasi Halus, Parameter *Marshall*, Spesifikasi Bina Marga 2010.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedung Meneng Bandar Lampung.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan jaman, tuntutan akan kebutuhan sarana dan prasarana jalan pada negara berkembang telah menjadi masalah yang cukup pelik. Kebutuhan akan sarana transportasi khususnya jalan raya dapat mempengaruhi pula tingkat perekonomian suatu daerah. Oleh karena itu pemerintah telah mencanangkan program pembangunan maupun peningkatan jalan.

Oleh karena itu untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan penelitian uji pengaruh variasi jumlah tumbukan yang berada pada batas bawah. Sedangkan terhadap lapis aspal beton yang diteliti adalah *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* (AC-WC) menggunakan aspal keras penetrasi 60/70. Variasi jumlah tumbukan yang digunakan adalah 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, 2x70, 2x75, 2x80, 2x85, dengan standar jumlah tumbukan 2x75 tumbukan. Selain itu Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap karakteristik campuran aspal dengan standar tumbukan menggunakan metode marshall.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan jalan raya

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas diatasnya ke tanah dasar secara aman. Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri antara lain: konstruksi perkerasan lentur, konstruksi perkerasan kaku dan konstruksi perkerasan komposit.

2.2. Bahan Campuran Aspal Beton

Campuran aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Material dalam pengerjaan konstruksi perkerasan lapis aspal beton terdiri dari agregat (agregat kasar dan agregat halus) *filler* dan aspal. Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold,1997).

2.2.1. Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu agregat yang diameternya lebih besar dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO. Agregat kasar adalah material yang tidak lolos pada saringan no.8 (2,36 mm) saat pengayakan.

2.2.2. Agregat Halus

Agregat halus yaitu agregat yang ukurannya lebih kecil dari 4,75 mm menurut ASTM atau ukurannya berada di antara 0,075 mm sampai 2 mm menurut AASHTO. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36mm) dan tertahan saringan no. 200 (0.075 mm).

2.2.3. Filler

Bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200, dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland*. Menurut Kerbs dan Walker (1971) definisi dari semen *portland*, adalah produk yang didapatkan dengan membubukkan kerak besi yang terdiri dari material pokok, yaitu kalsium silikat hidrolik. Semen portland dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran dan sesudah itu didapat bahan material yang berupa bubuk.

2.2.4. Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana unsur pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*). Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak (*cair*) sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam atau pun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis) (Tenriajeng, 1999).

2.3. Karakteristik Campuran Aspal

Menurut Sukirman (2003), Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

2.4. Lapisan Aspal Beton (LASTON)

Lapis yang terdiri dari campuran aspal keras (*Asphalt Concrete*) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm, sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- Sebagai lapis permukaan (lapis aus) dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)
- Sebagai lapis pengikat dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC)
- Sebagai lapis pondasi dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Base* (AC-Base)

2.5. Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam, tergantung kepada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan. Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Ada dua jenis gradasi pada Laston

Asphalt Concrete –Wearing Course (AC-WC) yaitu gradasi halus dan gradasi kasar yang dapat dibedakan berdasarkan saringan mulai dari saringan berdiameter 4,3 mm sampai dengan saringan berdiameter 0,15 mm.

2.6. Volumetrik Campuran Aspal Beton

Volumetrik campuran aspal beton yang dimaksud adalah volume benda uji campuran setelah dipadatkan. Komponen campuran aspal secara volumetrik yaitu Volume rongga diantara mineral agregat (VMA), Volume bulk campuran padat, Volume campuran padat tanpa rongga, Volume rongga terisi aspal (VFA), Volume rongga dalam campuran (VIM), dan Volume aspal yang diserap agregat.

2.7. Metode Marshall

Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan Marshall. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain: Stabilitas *Marshall (Stability)*, Kelelahan (*Flow*), Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*), Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt (VFA)*, Rongga diantara mineral agregat/*Voids in Mineral Agregat (VMA)*, Rongga di Dalam Campuran /*Void in Mix (VIM)*.

2.8. Penelitian Terdahulu

Sugiarto (2003), telah melakukan penelitian tentang Pengaruh tingkat kepadatan terhadap sifat marshall dan indeks kekuatan sisa berdasarkan spesifikasi baru beton aspal pada laston AC-WC menggunakan jenis aspal pertamina dan aspal esso penetrasi 60/70. Sastra (2009), telah melakukan penelitian tentang perubahan parameter *marshall* akibat variasi tumbukan Dalam Judul Tesis “Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Pada Lapisan Aspal Buton Beragregat (LASBUTAG) Campuran Dingin (Coldmix) Dengan Modifier Pertamina Terhadap Karakteristik Marshall”, Kemudian satu tahun berikutnya Amal (2010) melakukan penelitian yang berjudul “Variasi Jumlah Tumbukan Pada Campuran Beton Aspal Terhadap Nilai Density Dan Void In The Mix (VITM)”.

3. METODE PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari persiapan yaitu meliputi studi pendahuluan dan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Persiapan bahan (aspal, agregat kasar, agregat halus, *filler* (berupa semen)) dengan mendatangkan bahan-bahan yang diperlukan ke laboratorium inti jalan raya Fakultas Teknik Universitas Lampung. Menyiapkan peralatan dan bahan sebelum digunakan.

Pengujian bahan dilakukan untuk mengetahui kelayakan bahan yang akan digunakan. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian Aspal dan pengujian agregat, Pengujian Aspal meliputi uji penetrasi, uji pemeriksaan berat jenis aspal, titik lembek aspal, uji berat yang hilang, uji daktilitas bahan-bahan aspal. Pengujian Agregat meliputi uji Analisis saringan agregat halus dan kasar, Berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus, Pengujian Keausan Agregat, *Aggregate Impact Value (AIV)*, *Aggregate Crushing Value (ACV)*, Indeks Kepipihan (*Flakyness*). Setelah dilakukan Uji kelayakan bahan maka akan dilakukan pencampuran dan dipadatkan dengan menggunakan jenis campuran AC-WC gradasi halus, setelah itu diuji dengan meninjau parameter *marshall*. Dari

pengujian marshall tersebut akan diperoleh kadar aspal optimum yang akan digunakan sebagai kadar aspal untuk melakukan pencampuran dengan variasi jumlah tumbukan.

Benda uji akan dikelompokkan untuk variasi jumlah tumbukan yang berbeda yaitu 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, 2x70, 2x75, 2x80, dan 2x85. Untuk benda uji yang telah dibuat maka akan diuji dengan memperhatikan parameter marshall. Hasil penelitian di laboratorium akan diperoleh nilai parameter *Marshall (Stability, Flow, Void in Mineral Agregat (VMA), Void in The Mix (VIM), Void Filled with Asphalt (VFA) dan (Marshall Quotient.)* dari campuran perkerasan AC-WC gradasi halus dengan perbedaan jumlah tumbukan saat pemadatan campuran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Material

Pengujian material yang dilakukan meliputi uji aspal dan uji agregat. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina pen 60/70. Hasil pengujian aspal dan pengujian agregat yaitu:

Tabel 1. Hasil pengujian aspal Pertamina penetrasi 60/70.

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan Pen 60/70	Hasil	Keterangan
1.	Penetrasi 25 °C, 5 detik (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	64,833	Memenuhi
2.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48	52	Memenuhi
3.	Daktilitas 25 °C (cm)	SNI 06-2432-1991	>100	>100	Memenuhi
4.	Berat Jenis (gr/cm ³)	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0	1,011	Memenuhi
5.	Kehilangan Berat 163°C (%)	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8	0,0412	Memenuhi

Tabel 2. Hasil pengujian agregat kasar.

Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1. BJ curah (<i>bulk</i>)	AASHTO T-85-81	Min. 2,5 gr/cc	2,6453 gr/cm ³	Memenuhi
2. BJ SSD	AASHTO T-85-81	-	2,6732 gr/cm ³	Memenuhi
3. BJ semu	AASHTO T-85-81	-	2,7213 gr/cm ³	Memenuhi
4. Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	1,0556 %	Memenuhi
5. <i>Los angeles test</i>	SNI 03-2417-1990	Maks. 40%	11,3460 %	Memenuhi

Tabel 3. Hasil pengujian agregat halus.

Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1. BJ curah (<i>bulk</i>)	AASHTO T-85-81	Min. 2,5 gr/cc	2,5643 gr/cm ³	Memenuhi
2. BJ SSD	AASHTO T-85-81	-	2,6151 gr/cm ³	Memenuhi
3. BJ semu (<i>apparent</i>)	AASHTO T-85-81	-	2,7014 gr/cm ³	Memenuhi
4. Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	Maks. 5%	1,9784 %	Memenuhi

Tabel 4. Hasil pengujian *filler*.

Jenis <i>Filler</i>	Pengujian	Standar	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
Semen <i>Portland</i>	Berat Jenis	AASHTO T 85-81		-	Memenuhi
	Lolos saringan No.200	SNI-03-1968-1990	Min.75 %	100 %	Memenuhi

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa agregat dan aspal yang diuji memasuki spesifikasi layakakan untuk dijadikan sebagai bahan pembuatan benda uji dalam penelitian ini.

4.2.Desain Campuran Aspal

Gradasi argegat campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah *AC-WC (Asphalt Concrete -Wearing Course)* gradasi halus dengan menggunakan gradasi batas bawah pada spesifikasi teknis Bina Marga 2010, dapat dilihat seperti pada Gambar 3. Gradasi agregat untuk campuran AC-WC dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 5. Gradasi agregat untuk campuran AC-WC.

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Gradasi Halus			
(inchi)	(mm)	AC-WC	% Lolos Batas Atas	% Lolos Batas Bawah	% Lolos Batas Tengah
1 1/2 "	37.5	-	-	-	-
1"	25	-	-	-	-
3/4"	19	100	100	100	100
1/2"	12.5	90 – 100	100	90	95
3/8"	9.5	72 - 90	90	72	81
No.4	4.75	54 - 69	69	54	61.5
No.8	2.36	39,1 – 53	53	39.1	46.05
No.16	1.18	31,6 – 40	40	31.6	35.8
No.30	0.6	23,1 – 30	30	23.1	26.55
No.50	0.3	15,5 – 22	22	15.5	18.75
No.100	0.15	9 - 15	15	9	12
No.200	0.075	4 - 10	10	4	7

Perhitungan kadar aspal rencana (Pb) batas bawah :

$$\begin{aligned}
 Pb &= 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + KPb \\
 &= 0,035(60,9) + 0,045(35,1) + 0,18(4) + 0,75 \\
 &= 5,18\% \approx 5\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai perkiraan kadar aspal rencana dan berat jenis teori maksimum yang telah diperoleh dari perhitungan sebelumnya, kemudian dilakukan perhitungan proporsi berat agregat yang lolos saringan sesuai dengan diameter agregat serta berat aspal yang diperlukan untuk sebuah benda uji. Sebelum itu perlu dilakukan perhitungan volume benda uji sebagai berikut:

$$\text{Volume benda uji (V)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$$

$$\text{Dimana : } d = 10,16 \text{ cm ; } t = 6,35 \text{ cm}$$

$$\text{void (3,5-5)} = 100\% - \text{void} = 100\% - 4\% = 96\% = 0.96$$

$$\text{Volume benda uji (V)} = \frac{1}{4} \times \pi \times (10,16)^2 \times 6,35 = 514,8148 \text{ cm}^3$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan pada benda uji untuk batas bawah untuk kadar aspal 4 % dengan berat jenis teori maksimum $2,5344 \text{ gr/cm}^3$ yang akan diperoleh:

$$\begin{aligned}\text{Berat total sampel} &= V \times \text{berat jenis teori maksimum void} \\ &= 514,8148 \text{ cm}^3 \times 2,5344 \text{ gr/cm}^3 \times 0,96 = 1252,5 \text{ gram} \\ \text{Berat aspal} &= \text{berat sampel} \times \text{kadar aspal} \\ &= 1252,5 \text{ gram} \times 4 \% = 50,1 \text{ gram} \\ \text{Berat agregat} &= \text{berat total sampel} - \text{berat aspal} \\ &= 1252,5 \text{ gram} - 50,1 \text{ gram} = 1202,4 \text{ gram}\end{aligned}$$

Setelah dihitung maka diperoleh berat total benda uji yang dibuat dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Berat masing-masing agregat untuk batas bawah.

Saringan	% Lolos Tertahan		Kadar Aspal (%)					Total Agregat
			4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	
19	100	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
12,5	90	10	120,24	118,69	117,15	115,64	114,16	585,88
9,5	72	18	216,44	213,63	210,87	208,16	205,48	1054,58
4,75	54	18	216,44	213,63	210,87	208,16	205,48	1054,58
2,36	39,1	14,9	179,16	176,84	174,56	172,31	170,09	872,96
1,18	31,6	7,5	90,18	89,01	87,86	86,73	85,62	439,41
0,6	23,1	8,5	102,21	100,88	99,58	98,30	97,03	498,00
0,3	15,5	7,6	91,39	90,20	89,04	87,89	86,76	445,27
0,15	9	6,5	78,16	77,15	76,15	75,17	74,20	380,82
0,075	4	5	60,12	59,34	58,58	57,82	57,08	292,94
Pan	0	4	48,10	47,47	46,86	46,26	45,66	234,35
Berat Total Agregat (gr)			1202,4	1186,9	1171,5	1156,4	1141,6	5858,8
Berat Aspal (gr)			50,1	55,9	61,7	67,3	72,9	307,9
Berat Total Benda Uji (gr)			1252,5	1242,8	1233,2	1223,7	1214,4	6166,6
BJ Teori Max			2,5344	2,5146	2,4952	2,4761	2,4572	-

Setelah diperoleh jumlah agregat dan aspal yang dibutuhkan untuk membuat benda uji maka dilakukan pencampuran dan pemadatan dengan suhu dan parameter standar. Setelah benda uji selesai dibuat maka dilakukan uji marshall dan mengamati setiap parameter marshall. Berikut adalah hasil pengujian pada batas bawah.

Tabel 7. Hasil pengujian sampel pada batas bawah.

Kadar aspal	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
4	781,853	18,667	11,982	35,8116	5,90	132,517
	647,737	18,612	11,923	35,9411	6,30	102,815
	819,245	18,021	11,282	37,3911	4,30	190,522
Rata-rata	749,612	18,433	11,729	36,381	5,500	141,952
4,5	1003,063	18,140	10,246	43,5138	4,30	233,270
	820,760	18,394	10,525	42,7803	4,90	167,502
	868,809	18,180	10,290	43,3970	5,00	173,762
Rata-rata	897,544	18,238	10,354	43,230	4,733	191,511
5	1007,906	18,594	9,577	48,4934	4,40	229,069
	973,349	18,271	9,218	49,5473	3,80	256,144
	966,767	18,270	9,217	49,5501	3,90	247,889
Rata-rata	982,674	18,378	9,337	49,197	4,033	244,368
5,5	944,019	17,901	8,325	53,4957	3,20	295,006
	1033,820	18,152	7,900	56,4771	3,50	295,377
	1110,871	17,999	7,728	57,0641	4,50	246,860
Rata-rata	1029,570	18,017	7,984	55,679	3,733	279,081
6	1152,203	18,051	6,583	63,5320	3,40	338,883
	1009,727	18,190	6,742	62,9385	3,40	296,979
	878,024	17,877	6,384	64,2877	3,30	266,068
Rata-rata	1013,318	18,039	6,569	63,586	3,367	300,643

Dari hasil yang diperoleh maka tidak diperoleh kadar aspal optimum untuk batas bawah karena setiap kadar aspal yang dicoba tidak ada yang memenuhi semua spesifikasi yang sesuai dengan spesifikasi bina marga 2010. Maka dari itu dilakukan penambahan kadar aspal 6,5% dan 7% didapat nilai kadar aspal optimum 6,8%. Kadar aspal 6,8% digunakan untuk variasi jumlah tumbukan untuk melanjutkan penelitian ini.

4.3 Pembahasan Penelitian

Setelah dilakukan variasi jumlah tumbukan pada batas bawah pertama dan batas bawah kedua diperoleh parameter marshall seperti berikut:

Tabel 8. Hasil pengujian sampel kadar aspal optimum batas bawah pertama.

Variasi tumbukan	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
2x50	866,062	21,019	8,091	61,5091	3,50	247,446
	735,601	19,604	6,444	67,1314	5,50	133,746
	888,345	20,249	7,195	64,4704	3,20	277,608
Rata-rata	830,0027	20,29067	7,243	64,3703	4,06	219,600
2x55	1016,692	19,695	6,549	66,7469	5,60	181,552
	924,492	20,715	7,736	62,6544	3,40	271,909
	1088,514	19,805	6,678	66,2829	4,70	231,599
Rata-rata	1009,899	20,07167	6,987	65,2280	4,56	228,353
2x60	1025,948	19,937	6,831	65,7364	4,80	213,739
	984,478	18,548	5,214	71,8884	5,50	178,996
	956,811	19,492	6,314	67,6102	6,00	159,468
Rata-rata	989,079	19,32567	6,119	68,4116	5,43	184,067

Tabel 8. Hasil pengujian sampel kadar aspal optimum batas bawah pertama (lanjutan).

Variasi tumbukan	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
	962,982	19,462	6,278	67,7411	6,80	141,615
2x65	858,688	19,448	6,262	67,8030	5,60	153,337
	921,290	18,695	5,385	71,1929	5,20	177,171
Rata-rata	881,45	17,40	4,36	74,97	5,03	174,39
2x70	1067,955	18,757	5,458	70,9032	3,20	333,736
	1063,152	19,005	5,747	69,7629	4,90	216,970
	991,6360	17,694	4,221	76,1452	5,10	194,438
Rata-rata	1040,914	18,4853	5,142	72,2704	4,40	248,381
	1023,832	17,916	4,479	74,9981	3,40	301,127
2x75	1018,543	18,176	4,782	73,6922	4,00	254,636
	1168,491	17,734	4,267	75,9394	4,10	284,998
Rata-rata	1070,289	17,942	4,509	74,8765	3,83	280,253
	1195,014	17,803	4,348	75,5786	4,70	254,258
2x80	1219,240	17,53	4,030	77,0114	3,20	381,013
	1222,992	17,429	3,912	77,5551	4,20	291,189
Rata-rata	1212,415	17,5873	4,096	76,7150	4,03	308,820
	1246,778	18,17	4,774	73,7237	5,20	239,765
2x85	1251,448	17,591	4,101	76,6866	4,70	266,266
	1184,621	17,367	3,840	77,8874	4,80	246,796
rata-rata	1227,616	17,7093	4,238	76,0992	4,90	250,942

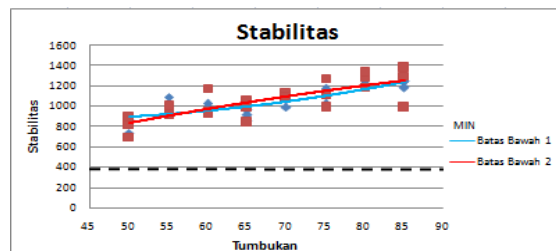
Tabel 9. Hasil pengujian sampel kadar aspal optimum batas bawah kedua.

Variasi jumlah tumbukan	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
	889,975	18,422	5,068	72,4898	4,10	217,067
2x50	698,049	21,173	8,270	60,9430	6,20	112,589
	818,266	21,810	9,011	58,6857	3,80	215,333
Rata-rata	802,097	20,469	7,449	64,039	4,700	181,663
	961,761	18,991	5,730	69,8280	5,00	192,352
2x55	910,956	18,845	5,561	70,4934	5,20	175,184
	1000,908	20,765	7,794	62,4650	3,60	278,030
Rata-rata	957,875	19,534	6,362	67,595	4,600	215,189
	1177,500	18,955	5,688	69,9918	4,50	261,667
2x60	952,664	19,139	5,902	69,1602	4,60	207,101
	931,681	19,343	6,140	68,2584	6,80	137,012
Rata-rata	1020,615	19,146	5,910	69,137	5,300	201,926
	840,435	18,582	5,254	71,7234	7,10	118,371
2x65	987,847	18,545	5,211	71,8988	5,20	189,971
	1067,434	18,827	5,539	70,5790	5,80	184,040
Rata-rata	965,238	18,651	5,335	71,400	6,033	164,127
	1070,825	17,809	4,355	75,5471	4,90	218,536
2x70	1119,263	19,114	5,873	69,2746	3,80	294,543
	1082,252	18,667	5,353	71,3233	4,30	251,686
Rata-rata	1090,780	18,530	5,194	72,048	4,333	254,922

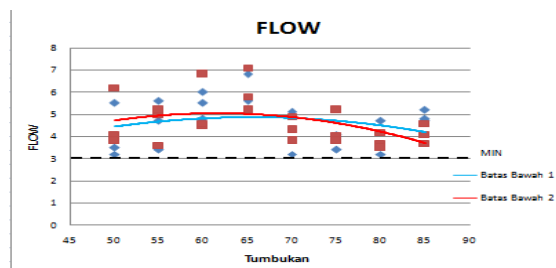
Tabel 9. Hasil pengujian sampel kadar aspal optimum batas bawah kedua (lanjutan).

Variasi jumlah tumbukan	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
	983,140	18,303	4,930	73,0672	5,20	189,065
2x75	1110,424	18,043	4,627	74,3562	4,00	277,606
	1276,077	18,272	4,894	73,2170	3,80	335,810
Rata-rata	1123,214	18,206	4,817	73,547	4,333	267,494
	1286,464	17,154	3,592	79,0601	3,70	347,693
2x80	1329,795	17,506	4,002	77,1384	3,50	379,941
	1188,329	18,265	4,886	73,2518	4,20	282,936
Rata-rata	1268,196	17,642	4,160	76,483	3,800	336,857
	1298,327	17,393	3,871	77,7461	3,70	350,899
2x85	987,858	17,511	4,007	77,1142	4,60	214,752
	1381,189	17,419	3,901	77,6061	4,10	336,875
Rata-rata	1222,458	17,44098	3,926311	77,48879	4,133333	300,8421

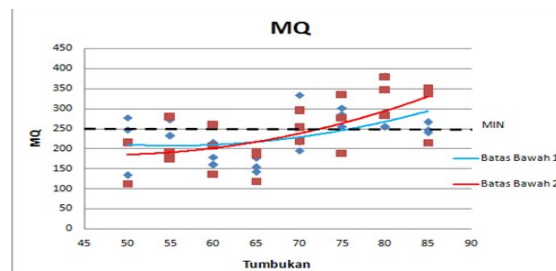
Dari nilai dalam tabel diatas dapat dilihat bentuk grafiknya sebagai berikut:



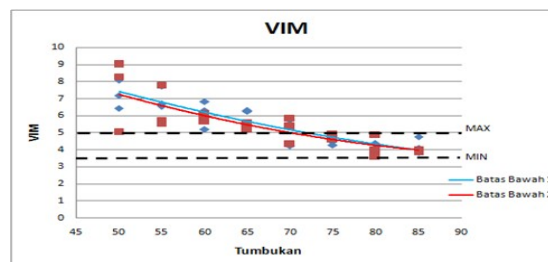
Gambar 1. Grafik hubungan antara variasi tumbukan terhadap stabilitas.



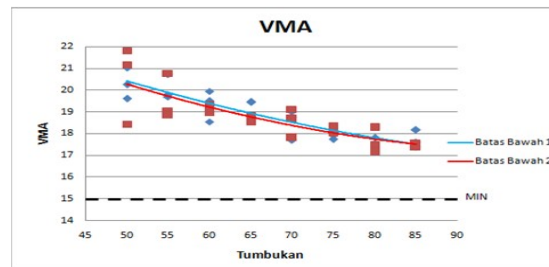
Gambar 2. Grafik hubungan antara variasi tumbukan terhadap Flow.



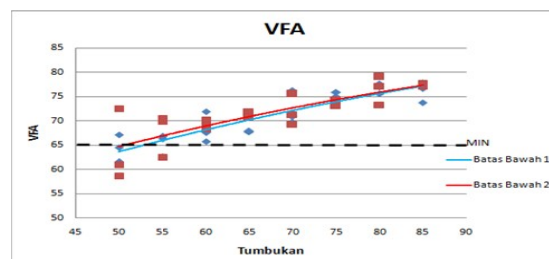
Gambar 3. Grafik hubungan antara variasi tumbukan terhadap MQ.



Gambar 4. Grafik hubungan antara variasi tumbukan terhadap VIM.



Gambar 5. Grafik hubungan antara variasi tumbukan terhadap VMA.



Gambar 6. Grafik hubungan antara variasi tumbukan terhadap VFA.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat (agregat kasar, agregat halus, *filler*) dan aspal didapat bahwa hasil uji memenuhi persyaratan standar spesifikasi Bina Marga 2010 sehingga dapat digunakan dalam campuran beraspal.
2. Dari pengujian batas bawah tidak diperoleh kadar aspal optimum dalam kadar aspal coba-coba sehingga sampel ditambah dan diperoleh kadar aspal optimum 6,8%.
3. Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data pada tumbukan 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, dan 2x70. Tidak memenuhi parameter *Marshall* dikarenakan nilai *Marshall Quotient (MQ)* tidak masuk spesifikasi. Sedangkan nilai *Voids In The Mix (VIM)* pada tumbukan 2x50, 2x55, 2x60, 2x65, dan 2x70 juga tidak masuk dalam spesifikasi.
4. Pada tumbukan 2x50, 2x55, 2x60, 2x65 dan 2x70 tidak baik digunakan Karna memiliki nilai *Marshall Quotient (MQ)* kecil sehingga dapat mengurangi sifat lentur perkerasan . Nilai *Voids In The Mix (VIM)* pada tumbukan yang sama juga tidak baik digunakan karna nilai *Voids In The Mix (VIM)* besar sehingga menyebabkan tingkat keawetan perkerasan yang buruk.
5. Pada LASTON AC-WC untuk gradasi halus batas bawah Jumlah tumbukan yang memenuhi parameter Marshall yaitu tumbukan 2x75, 2x80, dan 2x85.

DAFTAR PUSTAKA

- Amal, Andi Saiful, 2010, *Variasi Jumlah Tumbukan Pada Campuran beton Aspal Terhadap Nilai Density Dan Void In The Mix*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Harold N. Atkins, 1997, *Highway Materials, Soils and Concretes, 3th Edition Prentice Hall*, New Jersey.
- Kerbs, R.D. and Walker, R. D., 1971, *Highway Materials, McGraw Hill*, New York.
- Sastra, Hadi, 2009, *Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Pada Lapisan Aspal Buton Beragregat (LASBUTAH) dengan Modifikasi Campuran Dingin (COLD MIX) Dengan Modifier Pertamina Terhadap Karakteristik Maeshall*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sugiarto, R. E., 2003, *Pengaruh Variasi Tingkat Kepadatan Terhadap Sifat Marshall Dan Indeks Kekuatan Sisa Berdasarkan Spesifikasi Baru Beton Aspal Pada Lasto (AC-WC) Menggunakan Jenis Aspal Pertamina Dan Aspal Esso Penetrasi 60/70*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sukirman, Silvia, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta. Granit. 164 hlm.
- Tenriajeng, Andi Tenrisukki, 1999, *Rekayasa Jalan Raya-2*. Jakarta. Universitas Gunadharma.