

Perubahan Parameter Parameter Marshall Akibat Perbedaan Jumlah Tumbukan pada Aspal Concrete – Wearing Course (ACWC) Gradasi Halus

Teguh Dwi Istanto¹⁾

Priyo Pratomo²⁾

Hadi Ali³⁾

Abstract

This study was conducted to see the changes in the value of the parameter values marshall after the number of collisions in the standards vary the amount of the collision then analyzed the number of collision and then analyzed the number of collisions are most effective assessed on the value of the characteristic marshall. In the Marshall planning standard for the number of collisions of heavy traffic conditions compaction test specimen as 2x75 collision with a mixture cavity boundary between 3.5-5%.

This study uses gradation Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) smooth gradations for middle and upper limits. From the data obtained aggregate gradation and asphalt aggregate demand needs are used to find the optimum bitumen content that is used in the manufacture of test specimens for variations in the number of collisions is 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, and 2x95. Marshall then test to see the number of collisions are most effective against the characteristics of asphalt mixture.

Based on the analysis of the data processing is obtained that the value content of asphalt is used to limit the middle that is 5.7% and the upper limit of 6.5%. Total Collision 2x75 and 2x85 that meets all the parameters marshall. For the number of collisions 2x55 and 2x65 obtained small stability, voids In The Mix (VIM) is great and does not make the specification, to the number of collisions 2x95, obtained great stability and voids In The Mix (VIM) is small and does not get in the specification.

Keywords: Collision, Marshall, Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC), Smooth Gradation

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk melihat perubahan nilai nilai parameter marshall setelah jumlah tumbukan standar di variasikan jumlah tumbukannya kemudian dianalisa jumlah tumbukan yang paling efektif dinilai dari nilai karakteristik marshall. Pada perencanaan Marshall tersebut jumlah tumbukan standar untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5%.

Penelitian ini menggunakan gradasi Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) gradasi halus untuk batas tengah dan batas atas. Dari data gradasi agregat didapat kebutuhan aspal dan kebutuhan agregat yang digunakan untuk mencari kadar aspal optimum yang dipergunakan pada pembuatan benda uji untuk variasi jumlah tumbukan yaitu 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, dan 2x95. Kemudian dilakukan uji Marshall untuk melihat jumlah tumbukan yang paling efektif terhadap karakteristik campuran beraspal.

Berdasarkan analisa pada pengolahan data diperoleh bahwa nilai kadar aspal yang digunakan untuk batas tengah yaitu 5,7% dan batas atas 6,5%. Jumlah Tumbukan 2x75 dan 2x85 yang memenuhi semua parameter marshall. Untuk jumlah tumbukan 2x55 dan 2x65 diperoleh stabilitas kecil, Voids In The Mix (VIM) besar dan tidak masuk spesifikasi, untuk jumlah tumbukan 2x95, diperoleh stabilitas besar dan Voids In The Mix (VIM) kecil dan tidak masuk spesifikasi

Kata kunci: Tumbukan, Marshall, Asphalt Concrete – Wearing Course (AC- WC) Gradasi Halus

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. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

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

1. PENDAHULUAN

Prasarana transportasi berupa jalan merupakan salah satu unsur pengembangan wilayah yang mengalami pengembangan yang sangat pesat. Guna menghasilkan kondisi jalan seperti yang diharapkan, maka diperlukan bahan – bahan pembentuk jalan yang mempunyai mutu yang baik.

Kondisi lapis perkerasan jalan yang ada di Indonesia pada umumnya mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana, ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi kinerja perkerasan jalan, antara lain: proses pengerjaan, mutu material, beban lalu lintas dan kondisi lingkungan. Dalam proses pengerjaan hal yang paling penting untuk diperhatikan antara lain adalah faktor suhu dan pemadatan. Evaluasi terhadap pemadatan sangat diperlukan untuk mengetahui keawetan dan kekuatan lapis perkerasan, untuk mendapatkan hasil lapis perkerasan yang kuat dan awet diperlukan analisa perencanaan jumlah tumbukan efektif yang digunakan pada pelaksanaan perkerasan jalan raya.

Di Indonesia sendiri campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur dirancang menggunakan metode *Marshall*. Perencanaan *Marshall* tersebut menetapkan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5,5 %. Dalam pencampuran, jumlah tumbukan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal, campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metode *Marshall* (Suprpto, 2000). Oleh karena itu untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan penelitian uji pengaruh variasi jumlah tumbukan yang berada pada batas antara batas tengah dan atas, sedangkan terhadap lapis aspal beton yang diteliti adalah *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* (AC-WC) menggunakan aspal keras penetrasi 60/70.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PEMADATAN.

Menurut Sukirman (1999), pemadatan adalah proses yang mana partikel-partikel solid dirapatkan secara mekanis sehingga volume rongga dalam campuran mengecil dan kepadatan campuran meningkat dan mengatur distribusi partikel agregat dalam campuran sehingga menghasilkan konfigurasi agregat optimum dalam mencapai kepadatan yang ditargetkan. Untuk kondisi lalu lintas berat perencanaan metoda *Marshall* menetapkan pemadatan benda uji sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan batas rongga campuran (VIM) antara 3,5% sampai 5%, hasil pengujian pengendalian mutu menunjukkan bahwa kesesuaian parameter kontrol dilapangan sering kali tidak memenuhi untuk mencapai persyaratan dan spesifikasi (Tenriajeng, 1999). oleh karena itu perlu dilakukan analisa lebih lanjut terhadap metoda tes *Marshall* dengan tumbukan 2x75 untuk melihat kesesuaian jumlah tumbukan yang paling efektif untuk memenuhi karakteristik marshall.

2.2. Pengaruh Pemadatan Terhadap Campuran Aspal

Dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan raya jumlah tumbukan dan pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal. Campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur dirancang menggunakan metode *Marshall*. Pemadatan mempengaruhi kekuatan campuran aspal terutama dari nilai-nilai parameter *marshall* terutama stabilitas dan kadar plastis atau elastisnya suatu campuran, kedua parameter tersebut berpengaruh besar terhadap kekuatan dan keawetan suatu campuran aspal (Alamsyah, 2012). Indeks plastisitas suatu campuran dipengaruhi salah satunya oleh jumlah tumbukan hal ini dikarenakan peningkatan jumlah tumbukan akan membuat kerapatan antar agregat dan aspal menjadi lebih rapat sehingga campuran menjadi lebih

padat dan campuran akan cenderung bersifat plastis ketika jumlah tumbukan ditingkatkan (Sastra, 2009).

2.6. Analisa Karakteristik Marshall

Analisa yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai *Marshall* yang digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran benda uji data yang diperoleh dari penelitian laboratorium adalah stabilitas dan *flow* dan hasil bagi antara keduanya menjadi nilai *MQ*, kemudian untuk mendapatkan nilai *marshall* lainnya sebelum pengujian *marshall* dilakukan penimbangan benda uji dalam kondisi kering, kondisi kering permukaan dan berat didalam air. Data berat hasil penimbangan digunakan untuk menghitung nilai *marshall* seperti nilai *VIM*, *VMAdan* nilai *VFA*.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan ikat jenis aspal produksi Pertamina pen 60/70, agregat yang digunakan untuk membuat benda uji dalam penelitian ini berasal dari PT. Sumber Batu Berkah (SBB) Tanjung, Lampung Selatan dan *Filler* atau material lolos saringan No. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Cement*.

3.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk uji pemeriksaan agregat, Alat uji pemeriksaan aspal dan alat uji karakteristik campuran beraspal serta peralatan lainnya yang ada di Laboratorium Inti jalan raya Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.

3.3. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini mulai dari awal sampai akhirdijelaskan sebagai berikut:

1. Studi pendahuluan yaitu pengumpulan literatur
2. Persiapan alat dan bahan
3. Pengujian bahan yaitu pengujian yang dilakukan untuk menentukan apakah bahan yang digunakan memenuhi spesifikasi.
4. Menentukan Fraksi Agregat yang di gunakan pada penelitian ini sesuai dengan spesifikasi yang digunakan yaitu AC-WC (*Asphalt Concrete -Wearing Course*) pada spesifikasi umum 2010.
5. Pembuatan benda uji campuran beraspal tahap pertama untuk menentukan KAO baik batas atas maupun batas tengah. masing-masing 3 buah (-1;-0.5; Pb,+0.5,+1)
6. Uji *Marshall* yaitu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai parameter *marshall* untuk mengetahui nilai kadar aspal optimum baik untuk batas atas atau batas tengah.
7. Setelah didapat kadar aspal optimum kemudian dilakukan pembuatan benda uji dengan memvariasikan jumlah tumbukan yaitu 2x55, 2x65, 2x75, 2x85 dan 2x95 tumbukan dengan membuat 3 benda uji untuk masing-masing variasi untuk batas atas dan batas tengah dengan jumlah total benda uji 30 sampel.
8. Uji *Marshall* tahap ke dua yaitu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai parameter *marshall* untuk mengetahui nilai parameter *marshall* terbaik untuk hasil variasi jumlah tumbukan baik untuk batas atas atau batas tengah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Material

Pengujian material dilakukan dengan acuan Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan AASTHO sebagai acuan apabila pengujian yang dimaksud tidak terdapat di SNI, pengujian material meliputi : Pemeriksaan sifat agregat (kasar, halus dan *filler*) dan pemeriksaan sifat fisik aspal dalam penelitian ini aspal yang digunakan yaitu aspal pertamina dan diperoleh data hasil pengujian terhadap agregat sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat.

Karakteristik	Standar Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
Agregat kasar				
BJ curah (<i>bulk</i>)	AASHTO T-85-81	Min. 2,5 gr/cc	2,6607 gr/cm ³	Memenuhi
BJ SSD	AASHTO T-85-81	-	2,6649 gr/cm ³	Memenuhi
BJ semu	AASHTO T-85-81	-	2,6718 gr/cm ³	Memenuhi
Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%	0,1560%	Memenuhi
<i>Los angeles test</i>	SNI 03-2417-1990	Maks. 40%	13,7880%	Memenuhi
Agregat halus				
BJ curah (<i>bulk</i>)	AASHTO T-85-81	Min. 2,5 gr/cc	2,5355 gr/cm ³	Memenuhi
BJ SSD	AASHTO T-85-81	-	2,6226 gr/cm ³	Memenuhi
BJ semu	AASHTO T-85-81	-	2,7774 gr/cm ³	Memenuhi
Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	Maks. 5%	2,4340%	Memenuhi
Filler				
Berat Jenis	AASHTO T 85-81		3,1604	Memenuhi
Lolos saringan				
No.200	SNI-03-1968-1990	Min.75 %	100%	Memenuhi

Selanjutnya pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap sifat fisik aspal penetrasi 60/70 pertamina yang diperoleh dari data primer yang dilakukan dan hasilnya telah memenuhi spesifikasi SNI dan AASTHO. Hasil pengujian dapat dilihat selengkapnya dalam Tabel 2. di bawah ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal.

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	66	Memenuhi
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48	56	Memenuhi
3	Daktilitas 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	>100	>108	Memenuhi
4	Berat Jenis (gr/cm ³)	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0	1,0360	Memenuhi
5	Kehilangan Berat 163°C (%)	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8	0,2134	Memenuhi

4.2. Desain Campuran Aspal

Berikut ini adalah urutan pekerjaan dalam mendesain sebuah campuran beraspal : Untuk menentukan kadar aspal rencana diperlukan data proporsi aregat pada tiap fraksi. Berikut tertera jumlah proporsi agregat pada setiap fraksi perhitungan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Proporsi Agregat pada Setiap Fraksi.

Batas Gradasi Kasar Campuran Laston Ac-Wc	Proporsi Agregat (%)		
	Agregat Kasar	Agregat Halus	Filler
Batas Tengah	53,95	39,05	7
Batas Atas	47	43	10

Berdasarkan Pb yang diperoleh dari kedua batas tersebut, maka perkiraan rentang kadar aspal rencana dapat dilihat dalam Tabel 4. Berikut ini :

Tabel 4. Perkiraan Kadar Aspal Batas Atas dan Batas Bawah.

Batas	Pb - 1 %	Pb - 0,5%	Pb	Pb + 0,5	pb + 1
Tengah	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%
Atas	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%

Kemudian dengan menggunakan program excel hasil perhitungan BJ Teori Maksimum untuk Batas Tengah dan Bawah dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 5. Perhitungan Berat Jenis Pada Batas Tengah.

Fraksi	% Tertahan	Berat Jenis			% Penyerapan BJ Terpakai [2] / [7]	[2] / [7]	[7]	[8]
		Bulk	SSD	Apparent				
1	2	3	4	5	6	7	8	
Kasar	53,95	2,6607	2,6649	2,6178	0,1560	2,6178	20,61	
Halus	39,05	2,5355	2,6226	2,7774	2,4340	2,6565	14,70	
Filler	7,00					3,1500	2,22	
Total							37,53	

Tabel 6. Perhitungan Berat Jenis Teori Maksimum pada Batas Tengah.

Kadar Aspal (%)	BJ Aspal (gr/cm ³)	[9] / [10]	$\Sigma[8] \times \{(100-[9])/100\}$	[11] + [12]	BJ Teori Max 100 / [13]
9	10	11	12	13	14
4,50	1,0360	4,34	35,84	40,19	2,4884
5,00	1,0360	4,83	35,65	40,48	2,4703
5,50	1,0360	5,31	35,47	40,78	2,4524
6,00	1,0360	5,79	35,28	41,07	2,4348
6,50	1,0360	6,27	35,09	41,37	2,4175

Tabel 6. Perhitungan Berat Jenis Pada Batas Atas.

Fraksi	% Tertahan	Berat Jenis			% Penyerapan BJ Terpakai [2] / [7]	[2] / [7]	[7]	[8]
		Bulk	SSD	Apparent				
1	2	3	4	5	6	7	8	
Kasar	47,00	2,6158	2,6517	2,7131	1,3699	2,7131	17,32	
Halus	43,00	2,5195	2,5945	2,7245	2,9866	2,6220	16,40	
Filler	10,00					3,1500	3,17	
Total							36,90	

Tabel 7. Perhitungan Berat Jenis Teori Maksimum pada Batas Atas.

Kadar Aspal (%)	BJ Aspal (gr/cm ³)	[9] / [10]	$\Sigma[8] \times \{(100-[9])/100\}$	[11] + [12]	BJ Teori Max 100 / [13]
9	10	11	12	13	14
5,00	1,0223	4,89	35,05	39,94	2,5035
5,50	1,0223	5,38	34,87	40,25	2,4846
6,00	1,0223	5,87	34,68	40,55	2,4659
6,50	1,0223	6,36	34,50	40,86	2,4475
7,00	1,0223	6,85	34,31	41,16	2,4294

Setelah didapatkan berat total agregat batas tengah dan batas bawah, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan berat masing masing fraksi agregat yang tertahan di tiap nomor saringan yang ditunjukkan pada Tabel 18. dan Tabel 19. Berikut ini :

Tabel 8. Berat Masing-Masing Agregat untuk Batas Tengah.

Saringan	% Lolos	% Tertahan	Kadar Aspal (%)					Total Agregat
			4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	
19	100	0	0	0	0	0	0	0
12,5	95,00	5,00	58,7	58,0	57,3	56,6	55,9	286,4
9,5	81,00	14,00	164,4	162,4	160,4	158,4	156,4	801,9
4,75	61,50	19,50	229,0	226,2	223,3	220,6	217,8	1117,0
2,36	46,05	15,45	181,5	179,2	177,0	174,8	172,6	885,0
1,18	35,80	10,25	120,4	118,9	117,4	115,9	114,5	587,1
0,6	26,55	9,25	108,6	107,3	105,9	104,6	103,3	529,8
0,3	18,75	7,80	91,6	90,5	89,3	88,2	87,1	446,8
0,15	12,00	6,75	79,3	78,3	77,3	76,4	75,4	386,6
0,075	7,00	5,00	58,7	58,0	57,3	56,6	55,9	286,4
Pan	0	7	82,2	81,2	80,2	79,2	78,2	401,0
Berat Total Agregat (gr)			1174,5	1159,8	1145,4	1131,1	1117,1	5728,0
Berat Aspal (gr)			55,3	61,0	66,7	72,2	77,7	332,9
Berat Total Benda Uji (gr)			1229,8	1220,9	1212,0	1203,3	1194,8	6060,9
BJ Teori Max			2,4884	2,4703	2,4524	2,4348	2,4175	-

Tabel 9. Berat Masing-Masing Agregat untuk Batas Atas.

Saringan	%	%	Kadar Aspal (%)					Total Agregat
			5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	
19	100	0	0	0	0	0	0	0
12,5	100	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9,5	90	10	117,5	116,0	114,6	113,5	112,0	573,6
4,75	69	21	246,8	243,7	240,6	238,3	235,3	1204,6
2,36	53	16	188,1	185,7	183,3	181,5	179,3	917,8
1,18	40	13	152,8	150,9	148,9	147,5	145,6	745,7
0,6	30	10	117,5	116,0	114,6	113,5	112,0	573,6
0,3	22	8	94,0	92,8	91,6	90,8	89,6	458,9
0,15	15	7	82,3	81,2	80,2	79,4	78,4	401,5
0,075	10	5	58,8	58,0	57,3	56,7	56,0	286,8
Pan	0	10	117,5	116,0	114,6	113,5	112,0	573,6
Berat Total Agregat (gr)			1175,4	1160,4	1145,6	1131,0	1116,6	5736,3
Berat Aspal (gr)			61,9	67,5	73,1	78,6	84,0	365,2
Berat Total Benda Uji (gr)			1237,3	1227,9	1218,7	1209,6	1200,7	6094,2
BJ Teori Max			2,5035	2,4846	2,4659	2,4475	2,4294	-

2. Hasil Pengujian Marshall

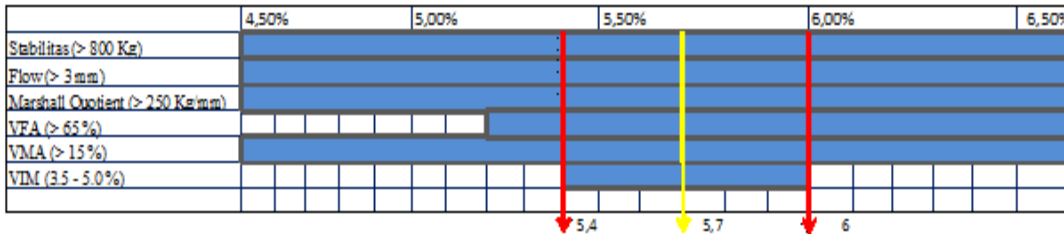
Pengujian marshall bertujuan untuk melihat kadar aspal yang paling efektif dengan melihat nilai yang masuk dalam karakteristik marshall. Tahap pertama dalam pengujian marshall setelah dilakukan pencampuran material dan pemadatan, benda uji dikeluarkan dari cetakan kemudian diukur tingginya menggunakan jangka sorong dan ditimbang beratnya dalam kondisi kering, dalam air, dan jenuh. Sebelum pengujian Marshall dilakukan, sampel direndam di waterbath pada temperatur 60°C selama 30 menit.

Tabel 10. Hasil Pengujian Sampel pada Batas Tengah.

Kadar aspal	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
	1574,081	17,5132	8,12030	53,63325	3,9	403,6105
	1670,413	17,4575	8,05832	53,8405	3,6	464,0035
5%	1541,581	17,3539	7,94286	54,23008	5,5	280,2875
rata-rata	1595,358	17,4415	8,04049	53,90128	4,3	382,6338
	1246,051	19,9111	9,63542	51,60791	3,4	366,4857
	1814,641	15,9378	5,15230	67,67251	4,7	386,0939
5,5%	1884,769	15,6084	4,78062	69,37152	3,2	588,9902
rata-rata	1648,487	17,1525	6,52278	62,88398	3,8	447,1899
	1623,854	17,9895	6,27094	65,14102	5,5	295,2462
	1424,13	16,3764	4,42736	72,96494	5,0	284,8261
6%	1378,095	17,3581	5,54932	68,03027	4,8	287,1031
rata-rata	1475,36	17,2413	5,41587	68,71208	5,1	289,0585
	1263,173	17,1373	4,79059	72,04583	3,8	332,4139
	1246,512	16,8911	3,79048	77,55935	3,6	346,2533
6,5%	1260,602	16,2208	3,01443	81,41621	4,0	315,1505
rata-rata	1256,762	16,7497	3,86517	77,00713	3,8	331,2725
	1186,303	17,0045	2,68507	84,2097	3,9	304,1803
	1317,942	16,8087	2,45547	85,39168	4,6	286,5091
7%	1111,062	16,5598	2,16356	86,93485	4,4	252,514
rata-rata	1205,102	16,7910	2,43470	85,51208	4,3	281,0678

Kemudian Hasil perhitungan dari uji dengan alat Marshall di Gambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara karakteristik campuran dengan kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum. Dari perhitungan yang didapat kemudian dilakukan dengan membuat diagram pita sebagai berikut:

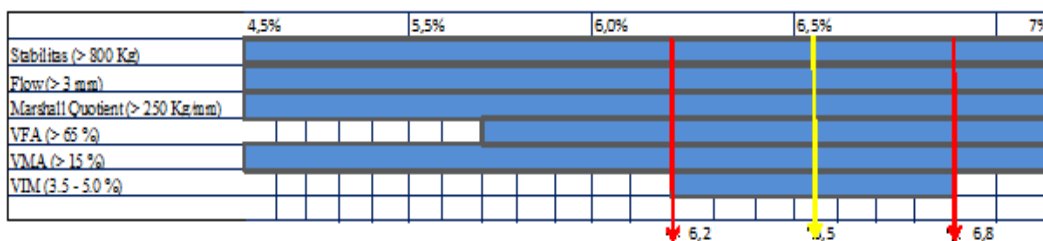
Gambar 1. Kadar Aspal Optimum Batas Tengah.



Tabel 11. Hasil Pengujian Sampel pada Batas Atas.

Kadar aspal	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
	1574,081	17,5132	8,12030	53,63325	3,9	403,6105
	1670,413	17,4575	8,05832	53,8405	3,6	464,0035
5%	1541,581	17,3539	7,94286	54,23008	5,5	280,2875
rata-rata	1595,358	17,4415	8,04049	53,90128	4,3	382,6338
	1246,051	19,9111	9,63542	51,60791	3,4	366,4857
	1814,641	15,9378	5,15230	67,67251	4,7	386,0939
5,5%	1884,769	15,6084	4,78062	69,37152	3,2	588,9902
rata-rata	1648,487	17,1525	6,52278	62,88398	3,8	447,1899
	1623,854	17,9895	6,27094	65,14102	5,5	295,2462
	1424,13	16,3764	4,42736	72,96494	5,0	284,8261
6%	1378,095	17,3581	5,54932	68,03027	4,8	287,1031
rata-rata	1475,36	17,2413	5,41587	68,71208	5,1	289,0585
	1263,173	17,1373	4,79059	72,04583	3,8	332,4139
	1246,512	16,8911	3,79048	77,55935	3,6	346,2533
6,5%	1260,602	16,2208	3,01443	81,41621	4,0	315,1505
rata-rata	1256,762	16,7497	3,86517	77,00713	3,8	331,2725
	1186,303	17,0045	2,68507	84,2097	3,9	304,1803
	1317,942	16,8087	2,45547	85,39168	4,6	286,5091
7%	1111,062	16,5598	2,16356	86,93485	4,4	252,514
rata-rata	1205,102	16,7910	2,43470	85,51208	4,3	281,0678

Gambar 2. Kadar Aspal Optimum Batas Atas.



Dari hasil pencarian kadar aspal optimum untuk batas atas dan batas tengah didapatkan nilai kadar aspal untuk batas tengah yaitu 5,7% dan untuk batas atas yaitu sebesar 6,5%

4.3. Pembahasan penelitian

Dari Hasil kadar aspal optimum pada batas tengah dan atas, dilakukan variasi jumlah tumbukan dalam pemadatan dengan jumlah tumbukan 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, dan 2x95 dengan suhu pencampuran yaitu 150°. Didapat hasil percobaan sebagai berikut:

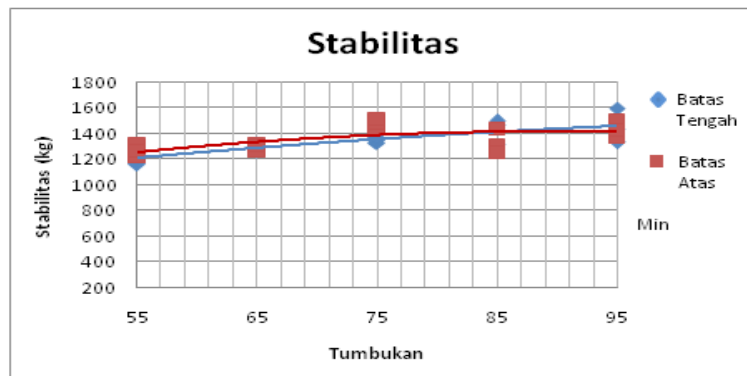
Tabel 12. Hasil Pengujian Sampel pada Batas Tengah.

Variasi jumlah tumbukan	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
	1158,37	17,48	5,20	70,26	3,10	373,67
	1207,37	17,58	5,31	69,78	5,70	211,82
2 x 55	1269,43	16,96	4,60	72,88	5,00	253,89
rata-rata	1211,72	17,34	5,04	70,97	4,60	279,79
	1285,18	16,68	4,28	74,34	5,30	242,49
2 x 65	1328,98	16,56	4,14	75,00	4,00	332,24
rata-rata	1259,06	16,77	4,38	73,87	5,00	251,81
	1291,07	16,67	4,27	74,41	4,77	275,51
	1323,11	16,52	4,10	75,19	4,80	275,65
2 x 75	1341,57	16,77	4,39	73,85	4,00	335,39
rata-rata	1371,78	16,82	4,44	73,59	4,10	334,58
	1345,49	16,70	4,31	74,21	4,30	315,21
	1315,02	16,09	3,60	77,62	4,80	273,96
2 x 85	1491,41	15,97	3,46	78,31	4,40	338,96
rata-rata	1459,32	16,38	3,94	75,96	4,50	324,29
	1421,92	16,15	3,67	77,30	4,57	312,40
	1596,65	15,63	3,08	80,32	4,30	371,31
2 x 95	1435,91	15,55	2,99	80,80	4,00	358,98
rata-rata	1330,33	15,63	3,07	80,33	4,80	277,15
	1454,30	15,60	3,05	80,48	4,37	335,81

Tabel 13. Hasil Pengujian Sampel pada Batas Atas.

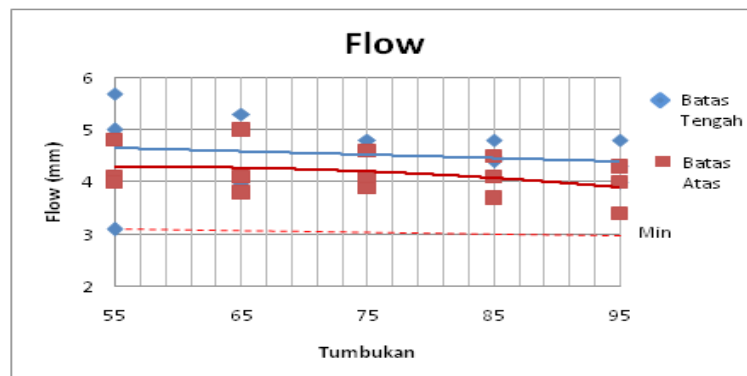
Variasi jumlah tumbukan	Stabilitas	VMA	VIM	VFA	Flow	MQ
	1311,51	19,13	6,58	65,63	4,10	319,88
	1214,36	18,64	6,01	67,77	4,80	252,99
2 x 55	1260,79	19,47	6,97	64,19	4,00	315,20
rata-rata	1262,22	19,08	6,52	65,86	4,30	296,02
	1264,14	19,25	6,71	65,12	4,10	308,33
2 x 65	1311,40	17,86	5,11	71,38	3,80	345,11
rata-rata	1304,96	17,97	5,23	70,87	5,00	260,99
	1293,50	18,36	5,69	69,13	4,30	304,81
	1437,16	17,59	4,80	72,73	3,90	368,50
2 x 75	1480,69	17,59	4,80	72,72	4,10	361,14
rata-rata	1510,28	17,20	4,34	74,75	4,60	328,32
	1476,05	17,46	4,65	73,40	4,20	352,66
	1300,94	17,35	4,52	73,94	3,70	351,60
2 x 85	1250,21	17,82	5,06	71,61	4,50	277,83
rata-rata	1433,99	18,02	5,29	70,63	4,10	349,75
	1328,38	17,73	4,96	72,06	4,10	326,39
	1497,79	15,51	2,40	84,56	4,30	348,32
2 x 95	1372,77	18,23	5,54	69,63	3,40	403,76
rata-rata	1425,92	17,18	4,32	74,83	4,00	356,48
	1432,16	16,97	4,09	76,34	3,90	369,52

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



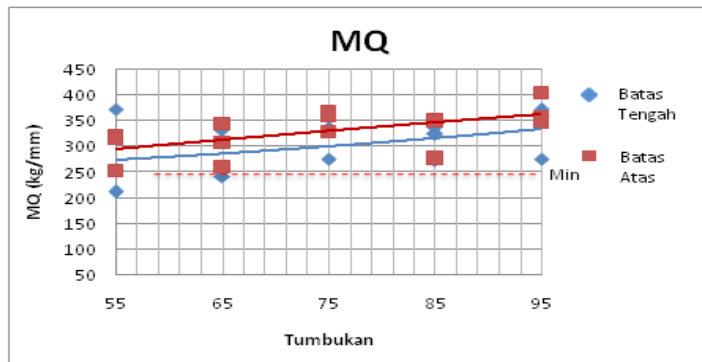
Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Variasi jumlah Tumbukan dan Stabilitas.

Dari grafik terlihat pengaruh tumbukan terhadap stabilitas, dimana semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka semakin besar stabilitas yang terjadi dan sebaliknya semakin sedikit jumlah tumbukan maka semakin kecil stabilitas yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh peningkatan tumbukan maka kepadatan campuran juga semakin tinggi sehingga campuran menjadi keras dan memiliki kekuatan dan stabilitas yang lebih besar.



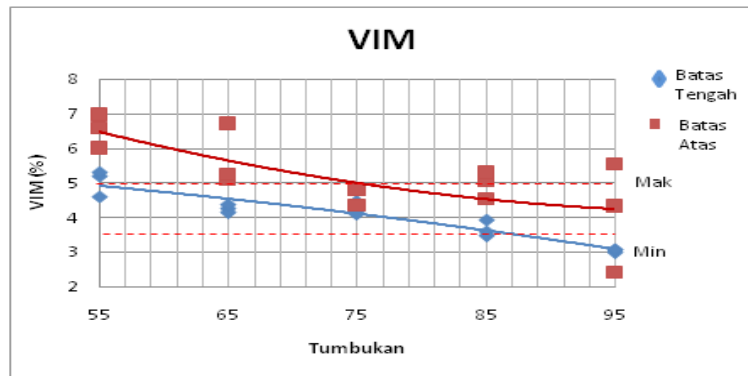
Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Variasi jumlah Tumbukan dan Flow.

Pada Gambar 15. di atas terlihat bahwa nilai kelelahan yang di dapat pada batas tengah maupun batas atas memenuhi batas minimum yang disyaratkan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu sebesar 3,5 mm. Bila dilihat dari grafik terlihat bahwa nilai flow cenderung menurun seiring dengan penambahan tumbukan, Hal ini diakibatkan peningkatan jumlah tumbukan menurunkan porsentase rongga yang ada didalam campuran sehingga campuran menjadi padat dan bersifat plastis.



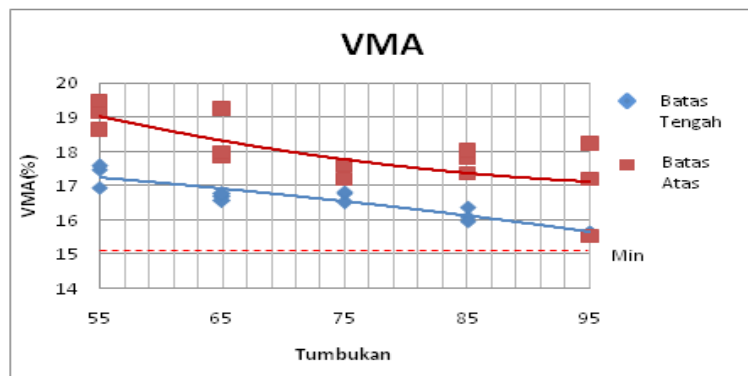
Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Variasi jumlah Tumbukan dan MQ.

Pada Gambar 16. terlihat bahwa nilai *Marshall Quotient* (MQ) di dapat pada batas tengah maupun batas atas memenuhi batas minimum yang disyaratkan yaitu sebesar 2,5 mm. Bila dilihat dari grafik terlihat bahwa nilai *Marshall Quotient* (MQ) cenderung meningkat berbentuk kurva parabola seiring dengan penambahan tumbukan.



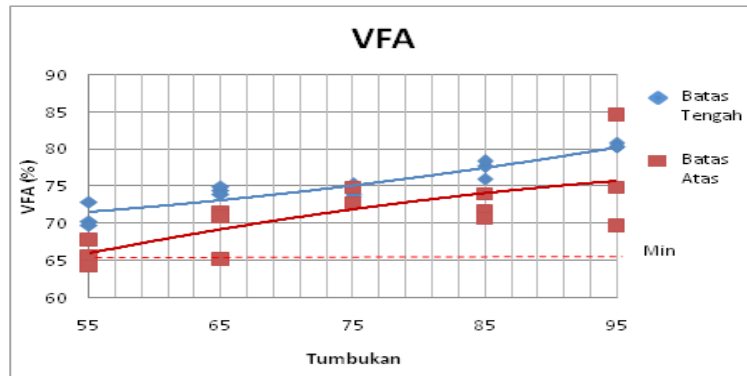
Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Variasi jumlah Tumbukan VIM.

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *Voids In The Mix* (VIM) hubungan variasi tumbukan dengan *Voids In The Mix* yaitu semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka menyebabkan semakin kecil nilai *Voids In The Mix* (VIM) karena meningkatnya kepadatan campuran sehingga rongga udara diantara agregat di dalam campuran semakin berkurang.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Variasi jumlah Tumbukan VMA

Dari grafik dapat dilihat hubungan variasi tumbukan dengan *Voids In Mineral Aggregate* (VMA) yaitu semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka menyebabkan semakin kecil nilai *Voids In Mineral Aggregate* (VMA). Hal ini terjadi karena semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka akan meningkatkan kepadatan campuran sehingga rongga-rongga udara didalam agregat dalam campuran semakin berkurang.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Variasi jumlah Tumbukan dan VFA

Pada Gambar 7. Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai *Voids Filled With Asphalt* (VFA) masuk spesifikasi Bina Marga 2010. Dari grafik dapat dilihat semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka semakin besar nilai *Voids Filled With Asphalt* (VFA). Hal ini terjadi karena semakin besar jumlah tumbukan yang diberikan maka akan mengakibatkan butiran-butiran akan bergeser dan menyesuaikan kedudukannya yang kemudian saling mengisi rongga diantara butir dan mengakibatkan aspal terdesak dan mengisi rongga diantara butir agregat.

5. KESIMPULAN

1. Nilai karakteristik marshall pada variasi jumlah tumbukan pada batas atas kadaraspal 6,5% yang memenuhi semua standar marshall yaitu dari 2x75 tumbukan sampai 2x95 nilai yang tidak masuk standar adalah VIM pada 2x55 dan 2x65 tumbukan dan VFA pada 2x55 tumbukan. Dari semua variasi tumbukan batas tengah yang memenuhi semua standar marshall yaitu pada 2x65 sampai 2x85 tumbukan nilai yang tidak masuk standar yaitu pada nilai VIM 2x95 tumbukan dan pada nilai MQ pada 2x55 tumbukan.
2. Pada penelitian ini jumlah tumbukan yang memenuhi semua standar marshall adalah dari 2x65 tumbukan sampai 2x85 tumbukan akan tetapi jumlah tumbukan yang disarankan adalah 2x75 tumbukan.
3. Jumlah Tumbukan 2x75 lebih disarankan karena pada 2x65 tumbukan nilai stabilitas rendah karena agregat masih belum terlalu rapat, dan flow masih tinggi karena campuran yang belum terlalu padat sehingga campuran lebih rentan terhadap sifat plastis dan mudah berubah bentuk apabiladilalui kendaraan

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, Alik Ansyori, 2012, *Korelasi Antara Variasi Pematatan Terhadap Nilai Stabilitas Marshall Pada LASBUTAG Campuran Panas*. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Sastra, Hadi, 2009, *Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Pada Lapisan Aspal Buton Beragregat (LASBUTAH) dengan Modifikasi Campuran Dingin (COLD MIX) Dengan Modifier Pertamina Terhadap Karakteristik Marshall*. Universitas Muhammadiyah Malang, Malang.
- Sukirman, Silvia, 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Nova. 239 hlm
- Suprpto, T. M., 2000, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. KMTI FT Universitas Gadjah mada 105 hlm.
- Tenriajeng, Andi Tenrisukki, 1999, *Rekayasa Jalan Raya-2*, Jakarta, Universitas Gunadharma.

