

TINJAUAN KARAKTERISTIK MARSHALL DAN KUAT TARIK TIDAK LANGSUNG CAMPURAN PANAS ASPAL BETON MENGGUNAKAN SEMARBUT ASPAL TIPE I SEBAGAI BINDER

Petrich Meysha Buana R¹⁾, Djoko Sarwono²⁾, Djumari³⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

²⁾³⁾Staff Pengajar - Jurusan Teknik Sipil – Jurusan Teknik Sipil – Universitas Sebelas Maret
Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : petrich.meyshabr@yahoo.com, sarwono60@yahoo.co.id, djumari.sipil@gmail.com.

Abstract

Asbuton utilization is not optimal because the technology used process asbuton less efficient and relatively difficult in implementation. In the previous research, the extraction of bitumen emulsion asbuton can not be used as a substitute for petroleum asphalt. This condition is further research on the need for modification of asphalt emulsion asbuton results generated in the extraction process. Modified bitumen is done by mixig penetration bitumen 60/70 with a percentage of 72,5% with asphalt emulsion extracted with a percentage of 27,5% (SEMARBUT ASPHALT TYPE I). The purpose of this research is to review the characteristics of Marshall and Indirect Tensile Strength (ITS) hot mix asphalt. The research used an experimental method in the laboratory. Marshall on sample preparation, there are three types of gradation variants, namely Upper gradation, Median gradation, and Lower Limir Gradation. Each variant has a gradation of Pb values each corresponding requirement -1%, -0,5%, Pb, +0,5%, +1 %. After testing marshall obtained the highest value of stability and flow values for determining eligible OBC value. Having obtained the value of OBC using the best gradation, then continue the process of making sample for Indirect Tensile Strength (ITS) in order to obtain the value of ITS Corrected, the strain value and the value of Modulus of Elasticity. From the test result obtained by the value of the characteristic Marshall stability, density, Marshall Quotient (MQ), flow and porosity, obtained variant Median Gradation is the best Gradation with Optimum Bitument Content (OBC) of 5,84%. But only porosity value are still not eligible is 3%-5%. As for the Indirect tensile strength values obtained mixture ITS corrected by 474.407 Kpa, strain value of 0.008002, and the value of the modulus of elasticity of 59614.5116 Kpa

Keywords: *Asbuton, Semarbut Asphalt type I, Marshall, ITS.*

Abstrak

Pemanfaatan asbuton belum optimal dikarenakan teknologi yang digunakan untuk mengolah asbuton kurang efisien dan relatif sulit pada pelaksanaannya. Pada penelitian sebelumnya, bitumen asbuton hasil ekstraksi emulsi belum dapat digunakan sebagai pengganti aspal minyak. Kondisi inilah yang selanjutnya dalam penelitian perlu adanya modifikasi aspal pada Asbuton hasil emulsi yang dihasilkan pada proses ekstraksi. Modifikasi bitumen ini dilakukan dengan mencampur aspal penetrasi 60/70 dengan prosentase 72,5% dengan asbuton hasil ekstraksi emulsi dengan prosentase 27,5% (SEMARBUT ASPAL TIPE I). Tujuan dari penelitian ini adalah meninjau karakteristik *Marshall* dan *Indirect Tensile Strength* (ITS) campuran panas Aspal Beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium. Benda uji marshall menggunakan tiga jenis variasi gradasi, yaitu Gradasi Batas Atas, Gradasi Median, dan Gradasi Batas Bawah. Tiap Varian gradasi memiliki nilai kadar aspal masing-masing sesuai syarat -1%, -0,5%, Pb, +0,5%, +1 %. Setelah dilakukan pengujian marshall didapatkan nilai stabilitas tertinggi dan nilai flow yang memenuhi syarat guna penentuan nilai (KAO). Setelah didapatkan nilai KAO menggunakan gradasi yang terbaik, maka dilanjutkan proses pembuatan benda uji kuat tarik tidak langsung guna mendapatkan nilai ITS terkoreksi, Nilai regangan dan nilai Modulus Elastisitas. Dari hasil analisis diperoleh nilai karakteristik Marshall stabilitas, densitas, *Marshall Quotient* (MQ), Flow dan porositas, didapatkan Varian Gradasi Median merupakan gradasi terbaik dengan nilai KAO sebesar 5,84%. Namun hanya nilai porositas yang masih belum memenuhi syarat yaitu 3%-5%. Sedangkan untuk nilai Kuat tarik Tidak Langsung campuran didapatkan ITS terkoreksi sebesar 474,407Kpa, nilai regangan sebesar 0,008002, dan nilai modulus elastisitas sebesar 59614,5116 Kpa.

Kata Kunci : Asbuton, Semarbut Aspal Tipe I, Marshall, ITS

PENDAHULUAN

Penelitian yang lakukan yaitu melanjutkan penelitian yang berjudul “Ekstraksi Asbuton dengan Metode Asbuton Emulsi menggunakan Emulgator Texapon ditinjau dari Konsentrasi HCL dan Waktu Ekstraksi”. Penelitian tersebut didapatkan kadar bitumen tertinggi yang kemudian dilakukan pencampuran untuk membuat benda uji campuran. Namun jika Asbuton ekstraksi tersebut berdiri sendiri sebagai bahan pengikat maka hasil yang dicapai tidaklah maksimal. Maka perlu dilakukan modifikasi terhadap asbuton ekstraksi tersebut menggunakan aspal penetrasi 60/70. Hasil dari penelitian ini diharapkan agar bitumen ekstraksi asbuton dapat digunakan sebagai bahan tambah yang dominan penggunaannya dari penggunaan aspal minyaknya.

Sembarbut aspal Tipe I merupakan aspal modifikasi antara aspal penetrasi 60/70 dengan prosentase 72,5% dengan asbuton hasil ekstraksi emulsi dengan prosentase 27,5%. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai karakteristik marshall dan karakteristik Kuat Tarik tidak Langsung campuran panas Aspal beton menggunakan Semarbut Aspal Tipe I sebagai binder.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian oleh Rundubeli, et al., (2011) yang berjudul “*Kajian dan Perancangan Laboratorium Penggunaan Asbuton Butir dalam Campuran Beton Aspal (AC-BC)*” Pengkajian dilakukan dengan mengganti agregat halus (*substitusi*) dengan BRA tipe 5/20 melalui penyetaraan volume, variasi yang digunakan dengan perbandingan agregat biasa : BRA, yaitu (0%:100%), (25%:75%), (50%:50%), (75%:25%), dan (100%:0%). Hasil Penelitian menunjukkan kadar aspal optimum benda uji variasi BRA 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% adalah 6,1%, 4,9%, 4,7%, 4,3% dan 3,8%. Pada perendaman standar dicapai nilai stabilitas campuran adalah 1457 kg, 2067 kg, 1991 kg, 1795 kg dan 1609 kg sedangkan nilai indeks kekuatan sisa adalah 94,23%; 86,02%; 93,24%; 91,87% dan 95,48%. Hasil pengkajian menunjukkan penggunaan BRA dapat menurunkan kadar aspal optimum, meningkatkan stabilitas dan memperbaiki kinerja durabilitas campuran beraspal

Penelitian oleh Sapto Budi Wasono (2010) yang berjudul “Penyelidikan Stabilitas Modifikasi Asbuton” didapatkan untuk nilai VFA dari hasil perhitungan diperoleh yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (Min 65) sedangkan dengan nilai VFA diperoleh (68.06), nilai VIM dari hasil perhitungan diperoleh yang memenuhi semua spesifikasi Bina Marga (3,5 – 5,5) dengan nilai VIM yang diperoleh (5.18), nilai VMA dari hasil perhitungan diperoleh yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (Min 15) dengan nilai VMA yang diperoleh (16.20), nilai stabilitas, dari hasil perhitungan semua kadar aspal memiliki nilai stabilitas yang memenuhi persyaratan Bina Marga (Min 1000) dari nilai stabilitas yang didapat (1331), nilai MQ (Hasil Bagi Marshall) dari hasil perhitungan yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (Min 300) dengan nilai Hasil Bagi Marshall (319.4). Dari hasil analisis yang telah diulas dalam Bab 4, maka kadar aspal optimum sebesar 6.1 % namun kadar aspal yang di pakai 5.6 % karena dari segi biaya semakin irit dan nilai stabilitasnya juga sudah sangat memenuhi spesifikasi Bina Marga dengan nilai stabilitas yang di peroleh 1331 (Min 1000).

Spesifikasi Campuran Penyusun Lapis Aspal Beton/ Asphalt Concrete (AC)

Spesifikasi yang digunakan pada campuran panas Lapis Aspal Beton (AC) mengacu pada standar **SNI 03-1737-1989**. Gradasi yang digunakan pada campuran ini adalah gradasi menerus sehingga distribusi agregat kasar, sedang dan halus memiliki porsi yang merata. Gradasi ini sangat cocok diaplikasikan pada daerah di Indonesia dikarenakan keadaan alam dan iklim yang cocok. Pada penelitian ini menggunakan gradasi no IV sesuai gradasi Standar Nasional Indonesia (SNI), dimana digunakan untuk lapis permukaan dan semua fraksi agregat mulai dari yang kasar sampai yang halus tersedia.

Tabel 1. Batas-batas Gradasi Spec No. IV

Ukuran Saringan (mm)	% Lolos Saringan
19,1	100
12,7	80 - 100
9,52	70 – 90
4,76	50 – 70
2,38	35 – 50
0,59	18 – 29
0,279	13 - 23
0,149	8 – 16
0,074	4 – 10

Kadar Aspal Optimum Rencana (*Percent of Bitumen*)

Kadar aspal optimum rencana digunakan untuk menentukan kadar awal aspal perencanaan di laboratorium. Penelitian atau percobaan yang dilakukan di laboratorium digunakan untuk memperoleh kadar aspal yang dipakai dalam perencanaan perkerasan lentur di lapangan.

Berdasarkan Pedoman Teknik No.028 / T / BM / 1999, kadar aspal optimum rencana (Pb) diperoleh persamaan sebagai berikut ini :

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K.....(Rumus 1)$$

Dengan :

Pb : Kadar aspal perkiraan, persen terhadap berat campuran; CA : persen berat material yang tertahan saringan no.8 terhadap berat total campuran; FA : persen berat material yang lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200 terhadap berat total campuran; *Filler* : persen berat material yang lolos saringan no.200 terhadap berat total campuran; K : Konstanta (0,5 – 1 untuk laston; 2 – 3 untuk laston; 1 – 2,5 untuk campuran lain).

Aspal Modifikasi (Semarbut Aspal Tipe I)

Semarbut Aspal Tipe I merupakan aspal modifikasi yang diperoleh dari campuran aspal minyak penetrasi 60/70 dengan asbuton hasil ekstraksi metode asbuton emulsi menggunakan mesin *centrifuge*. Semarbut Aspal Tipe I merupakan Campuran Aspal penetrasi dengan prosentase 72,5% dengan Asbuton ekstraksi metode asbuton emulsi dengan prosentase 27,5%.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian Tinjauan Karakteristik Marshall dan Kuat tarik tidak Langsung campuran panas aspal beton menggunakan Semarbut aspal Tipe I sebagai binder ini adalah meninjau karakteristik *Marshall* dan *Indirect Tensile Strength* (ITS). Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium mengacu SNI 03-1737-1989. Pengujian Marshall dilakukan untuk mendapatkan gradasi yang terbaik yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan benda uji kuat tarik tidak langsung. Benda uji marshall menggunakan tiga jenis varian gradasi, yaitu Gradasi Batas Atas, Gradasi Median, dan Gradasi Batas Bawah. Tiap Varian gradasi memiliki nilai kadar aspal masing-masing sesuai syarat -1%,-0,5%, Pb, +0,5%, +1 %. Setelah dilakukan pengujian marshall didapatkan nilai stabilitas tertinggi dan nilai flow yang memenuhi syarat guna penentuan nilai (KAO). Setelah didapatkan nilai KAO menggunakan gradasi yang terbaik, maka dilanjutkan proses pembuatan benda uji kuat tarik tidak langsung guna mendapatkan nilai ITS terkoreksi, Nilai regangan dan nilai Modulus Elastisitas

Penelitian ini analisis regresi digunakan untuk mengetahui pola relasi atau hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebasnya. Variabel terikat adalah nilai karakteristik *Marshall* dan nilai kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Test*), sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini yaitu Kadar modifikasi asbuton ekstraksi (Semarbut Aspal Tipe I). Analisis korelasi untuk mencari hubungan dua variabel atau lebih secara kuantitatif, untuk menggambarkan derajat keeratan linearitas variabel terikat dengan variabel bebas, untuk mengukur seberapa tepat garis regresi menjelaskan variasi variabel terikat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Semarbut Aspal Tipe I (Aspal Modifikasi dengan Ekstrak Asbuton Emulsi)

Pemeriksaan aspal modifikasi asbuton ekstraksi emulsi (Semarbut Aspal Tipe I) dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Sebelas Maret. Semarbut aspal Tipe I yang digunakan merupakan modifikasi antara aspal keras penetrasi 60/70 dengan prosentase 72,5% dengan Asbuton ekstraksi emulsi dengan prosentase 27,5%.. Pemeriksaan Semarbut aspal Tipe I meliputi pemeriksaan penetrasi, berat jenis, daktilitas, titik lembek, titik nyala dan titik bakar serta kelekatan. Rangkuman hasil pemeriksaan Semarbut aspal Tipe I disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Semarbut Aspal Tipe I

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Satuan
1.	Penetrasi	110,7	0,1 mm
2.	Daktilitas	100,5	cm
3.	Titik lembek	48,5	celcius
4.	Titik nyala	236	celcius
5.	Titik bakar	240	celcius
6.	Berat jenis aspal	1,076	gr/cc
7.	Kelekatan	99,8	%

Sumber : Lab. Jalan Raya UNS (Sadu Januar Eka N.2013)

Data Perencanaan Gradasi

Perencanaan gradasi campuran berdasarkan pada standar *SNI 03-1737-1989*. Rencana gradasi yang digunakan disajikan pada Tabel 3. sebagai berikut ini :

Tabel 3. Perencanaan Gradasi Campuran Aspal Beton (AC)

Ukuran Saringan	% Lolos	Nilai Atas (%)	Nilai Tengah (%)	Nilai Bawah (%)
	Saringan			
3/4" (19,1 mm)	100			
1/2" (12,7 mm)	80 – 100	100	90	80
3/8" (9,52 mm)	70 – 90	90	80	70
#4 (4,76 mm)	50 – 70	70	60	50
#8 (2,38 mm)	35 – 50	50	42,5	35
#30 (0,59 mm)	18 – 29	29	23,5	18
#50 (0,279 mm)	13 – 23	23	18	13
#100 (0,149 mm)	8 – 16	16	12	8
#200 (0,074 mm)	04-Okt	10	7	4

Sumber : SNI 03-1737-1989

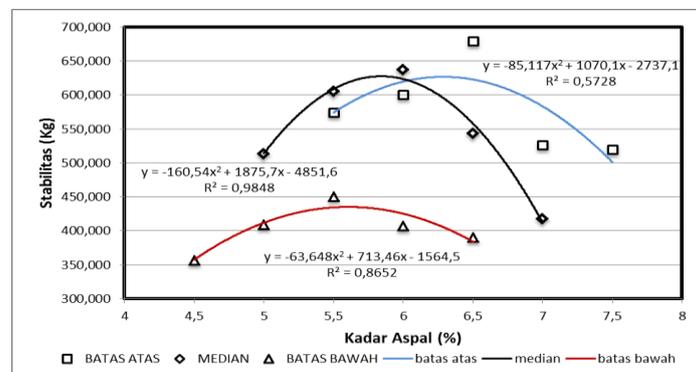
Rencana gradasi campuran pada penelitian ini merupakan nilai bawah, nilai tengah, dan nilai atas dari nilai tiap saringan. Hal tersebut bertujuan agar hasil yang diperoleh dari penelitian dapat mewakili tipe gradasi yang dipakai.

Hasil Uji Volumetrik Benda Uji

Uji Volumetrik dilakukan untuk mendapatkan nilai densitas, SG mix, dan porositas (disajikan pada tabel 4).

Tabel 4. Hasil Uji volumetrik gradasi Median

Kode Sample	% Kadar Aspal (%)	Berat Benda Uji			Density (gram/cc ³)	Specific Gravity (gram/cc ³)	Porositas (%)
		Di udara		Di Air (gram)			
		Kering (gram)	SSD (gram)				
M1 A	5,0%	1097,6	1121,6	755,7	2,067	2,383	13,236
M2 B	5,0%	1085,8	1101,5	741,7	2,069	2,383	13,172
M3 C	5,0%	1092,9	1112,7	747,5	2,061	2,383	13,494
		Nilai rata-rata			2,066	2,383	13,301
M4 A	5,5%	1089,4	1108,6	758,9	2,117	2,368	10,606
M5 B	5,5%	1091,9	1108,9	761,2	2,130	2,368	10,052
M6 C	5,5%	1081,1	1100	750	2,099	2,368	11,339
		Nilai rata-rata			2,115	2,368	10,666
M7 A	6,0%	1086,8	1099,5	754,7	2,132	2,353	9,391
M8 B	6,0%	1086,9	1101	754,3	2,124	2,353	9,719
M9 C	6,0%	1086,2	1102,3	751,9	2,107	2,353	10,425
		Nilai rata-rata			2,121	2,353	9,845
M10 A	6,5%	1091,3	1103,4	762	2,155	2,338	7,827
M11 B	6,5%	1087	1100,3	759,8	2,150	2,338	8,026
M12 C	6,5%	1087,4	1098,6	761,8	2,167	2,338	7,314
		Nilai rata-rata			2,157	2,338	7,722
M13 A	7,0%	1092,1	1102,2	760,8	2,157	2,323	7,180
M14 B	7,0%	1086	1086	765,8	2,238	2,323	3,666
M15 C	7,0%	1087,8	1095,1	768,8	2,214	2,323	4,704
		Nilai rata-rata			2,203	2,323	5,184

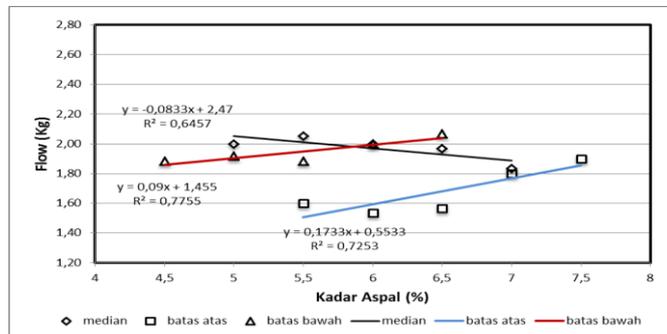


Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Stabilitas

Nilai varian gradasi batas atas pada penambahan kadar aspal 5%-6,5% mengalami peningkatan, sedangkan pada penambahan kadar aspal 7%-7,5% nilai stabilitas mengalami penurunan. Hal tersebut juga terjadi pada varian

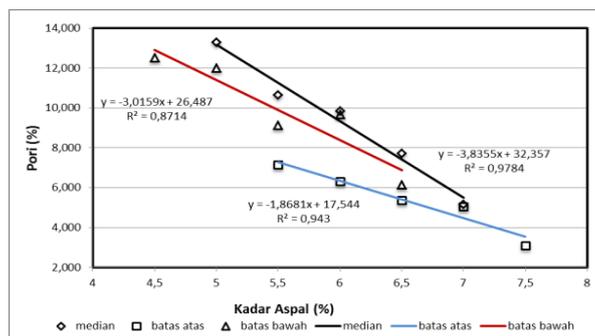
gradasi median dan varian gradasi bawah. Pada grafik diatas, varian batas atas mempunyai kadar aspal yang lebih tinggi dari pada varian median dan batas bawah. Hal ini terjadi akibat lebih banyaknya agregat halus yang lolos pada varian batas atas. Jadi penggunaan kadar aspal juga akan meningkat seiring lebih banyaknya agregat halus yang lolos. Nilai stabilitas ini dipengaruhi oleh gesekan antar butiran agregat (*internal friction*), penguncian antar butir agregat (*interlocking*), dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), di samping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh terhadap nilai stabilitas.



Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Flow

Flow

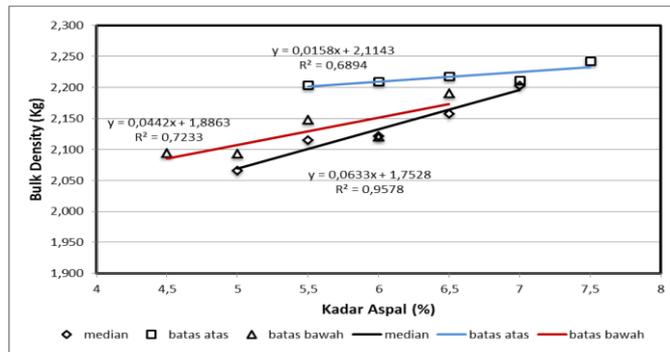
Nilai varian batas atas dan batas bawah cenderung mengalami peningkatan sehingga campuran cenderung bersifat plastis. Tetapi pada varian gradasi median, nilai flow cenderung mengalami penurunan sehingga campuran cenderung bersifat getas dan kaku. Semakin kecil nilai flow menunjukkan bahwa campuran memiliki rongga udara yang besar. Hal ini mungkin dipengaruhi gradasi agregat, mutu aspal, kadar aspal serta proses pemadatan .



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Pori

Pori

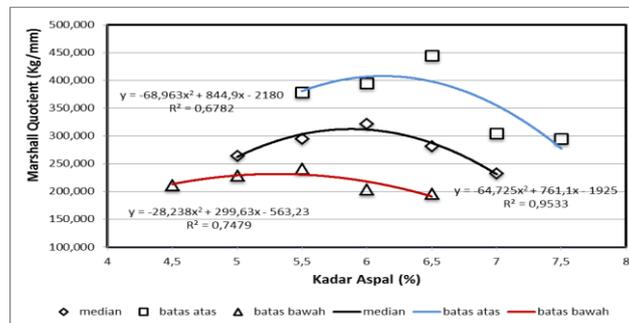
Nilai tiap varian gradasi mengalami penurunan. Berdasarkan persyaratan nilai pori yaitu sebesar 3%-5%, didapatkan pada varian gradasi batas atas nilai pori yang memenuhi syarat adalah pada penambahan kadar aspal 6,5%-7,5% , pada varian gradasi median nilai pori yang memenuhi syarat adalah pada penambahan kadar aspal 7%, dan sedangkan pada varian gradasi batas bawah nilai pori tidak memenuhi syarat. Hal ini juga dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal, density serta proses penumbukan campuran. Berdasarkan grafik diatas, varian batas bawah memiliki kadar aspal lebih sedikit dari pada varian median dan batas atas. Hal tersebut dipengaruhi oleh banyaknya penggunaan agregat kasar. Hal tersebut juga berpengaruh pada nilai pori. Nilai pori pada varian batas bawah masih tinggi dikarenakan masih terdapat rongga yang besar di dalam campuran. Jika nilai pori pada campuran terlalu tinggi dapat menyebabkan berkurang keawetan suatu lapisan perkerasan karena rongga yang terlalu besar sehingga memudahkan masuknya air dan udara ke dalam lapis perkerasan. Hal tersebut mengakibatkan udara mengoksidasi aspal sehingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Jika hal tersebut terjadi menimbulkan pelepasan butiran (*reveling*), sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat. Sedangkan jika nilai pori pada campuran rendah akan dapat menyebabkan terjadinya *bleading* dan retak (*cracking*) akibat menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima *deformasi* yang terjadi.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Density

Densitas

Nilai tiap varian pada batas atas, median, dan batas bawah mengalami peningkatan, hanya pada kadar aspal tertentu ada yang mengalami penurunan. Hal ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Dan pada varian batas atas mempunyai kadar aspal yang lebih tinggi diakibatkan persen lolos agregat halus yang lebih banyak. Sehingga kebutuhan aspal untuk menyelimuti agregat yang lebih halus meningkat. Campuran yang memiliki nilai kepadatan akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient*

Marshall Quotient (MQ)

Nilai varian gradasi batas atas mengalami peningkatan nilai MQ pada penambahan kadar aspal 5,5%-6,5%, sedangkan pada penambahan kadar aspal 7%-7,5% mengalami penurunan nilai MQ. Hal tersebut terjadi juga pada varian gradasi median dan gradasi batas bawah. Secara keseluruhan nilai MQ varian batas atas dan median sudah memenuhi syarat berdasarkan syarat pada SNI **No.03-1737-1989**, syarat nilai *Marshall Quotient* yaitu > 250 kg/mm. Hanya pada varian gradasi batas bawah nilai *Marshall Quotient* tidak memenuhi syarat. Nilai *Marshall Quotient* merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai *Marshall Quotient* maka perkerasannya semakin lentur.

Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum

Untuk mencari besarnya nilai kadar aspal optimum dilakukan perhitungan persamaan regresi hubungan kadar aspal dengan stabilitas sbb :

$$y = -160,54x^2 + 1875,7x - 4851,6$$

$$y' = 0$$

$$-321,08x + 1875,7 = 0$$

$$-321,08x = -1875,7$$

$$x = 5,84 \quad (\text{Jadi kadar aspal optimum berdasarkan stabilitas sebesar } 5,84 \%)$$

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum, kemudian dibuat 5 benda uji untuk melakukan pengujian ITS.

Tabel 5. Hasil Pengujian ITS Terkoreksi pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

No.	Kode Benda Uji	Dial (lb)	Kuat tarik terkalibrasi (kg)	ITS terkorreksi (kg/m ²)	ITS terkorreksi (KPa)
	A	B	C	D	E
1.	ITS A	44	438,613	46453,8	455,71
2.	ITS B	50	498,492	52795,62	517,93
3.	ITS C	41	408,763	43292,36	424,7
4.	ITS D	48	478,552	50683,76	497,21
5.	ITS E	46	458,613	48572,01	476,49
Nilai rata-rata					474,41

Tabel 6. Hasil Perhitungan Regangan

No.	Kode benda uji	Diameter benda uji (mm)	ITS (KPa)	Deformasi Vertikal (mm)	Deformasi Horizontal (mm)	Regangan (ε)
	A	B	C	D	E	F
1.	ITS A	101,45	455,71	2,6	0,91	0,00897
2.	ITS B	101,45	517,93	2,4	0,84	0,00828
3.	ITS C	101,45	424,7	2,2	0,77	0,00759
4.	ITS D	101,45	497,21	2,1	0,735	0,00724
5.	ITS E	101,45	476,49	2,3	0,805	0,00793
Nilai rata-rata						0,008002

Tabel 7. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas

No.	Kode Benda Uji	Diameter benda uji (mm)	ITS (KPa)	Regangan (ε)	Modulus Elastisitas (KPa)
	A	B	C	D	E
1.	ITS A	101,45	455,71	0,00897	50804,01
2.	ITS B	101,45	517,93	0,00828	62551,32
3.	ITS C	101,45	424,7	0,00759	55954,94
4.	ITS D	101,45	497,21	0,00724	68675,13
5.	ITS E	101,45	476,49	0,00793	60087,13
Nilai rata-rata					59614,51

Modulus Elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu bahan. Sehingga semakin tinggi nilai modulus elastisitas suatu campuran maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya. Berdasarkan hasil modulus elastisitas diatas, didapatkan nilai rata-rata modulus elastisitas sebesar 59614,51 Kpa. Pada umumnya nilai modulus elastisitas untuk beton aspal sekitar (500 – 2000 ksi), (1 ksi = 6890 kPa). Pada hasil modulus elastisitas campuran panas aspal beton menggunakan Semarbut Aspal Tipe I didapatkan sifat campuran cenderung masih kaku.

SIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian di laboratorium dan pembahasan campuran *Aspal Beton/ Asphalt Concrete (AC)* menggunakan bahan pengikat Semarbut Aspal Tipe I (hasil modifikasi dengan Asbuton emulsi) dengan kadar aspal optimum 5,84% didapatkan dari varian median dikarenakan nilai stabilitas dan flow sesuai dengan syarat. Dan dari varian median tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai karakteristik *Marshall* campuran panas *Aspal Beton/ Asphalt Concrete (AC)* menggunakan Semarbut Aspal Tipe I, yaitu nilai stabilitas campuran sebesar 627,175 kg, nilai densitas sebesar 2,123 gram/cc , nilai porositas sebesar 9,958 % , nilai flow sebesar 2,02 mm, dan nilai *Marshall Quotient* sebesar 310,483 kg/mm. Nilai karakteristik *Marshall* seperti stabilitas, densitas, *Marshall Quotient (MQ)*, flow telah memenuhi dengan syarat spesifikasi Aspal Beton/ *Asphalt Concrete (AC)* namun hanya nilai porositas yang tidak memenuhi dengan syarat 3% - 5%
2. Analisis kuat tarik tidak langsung campuran panas aspal beton/ *asphalt concrete (AC)* menggunakan Semarbut Aspal tipe I, diperoleh nilai ITS terkorreksi sebesar 474,407 KPa, nilai regangan sebesar 0,008002 dan nilai modulus elastisitas sebesar 59614,51 KPa. Pada umumnya nilai modulus elastisitas untuk beton aspal sekitar (500 – 2000 ksi),(1 ksi = 6890 kPa). Pada campuran panas Aspal Beton menggunakan Semarbut Aspal Tipe I ini, sifat campuran cenderung kaku karena nilai modulus elastisitas masi dibawah syarat modulus elastisitas untuk aspal beton.

REKOMENDASI

Rekomendasi yang dapat penulis berikan untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini adalah:

1. Penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan jenis campuran lain agar dapat diketahui karakteristik tiap campuran bila menggunakan bahan pengikat yang sama.
2. Penelitian lebih lanjut disarankan terhadap bahan penyusun campuran agar semua aspek syarat terhadap campuran dapat terpenuhi.
3. Penelitian lebih lanjut terhadap bahan pengikat yang digunakan sangat disarankan agar dapat meningkatkan kinerja campuran.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan yang Maha Esa sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terelesainya penyusunan penelitian ini karena dukungan serta doa dari keluarga dan teman-teman, untuk itu kami ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Ir. Djoko Sarwono, MT dan Ir. Djumari, MT, selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berperan dalam mewujudkan penelitian ini secara langsung maupun tidak langsung khususnya mahasiswa sipil UNS 2009.

REFERENSI

- Affandi Furqon.2009. *Properties of bituminous mixes using indonesian natural rock asphalt*. Bandung : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Budi Wasono, Sapto.2010. *Penyelidikan Stabilitas Modifikasi Asbuton*. Jurnal Neutron, Vol.10, No.1, Pebruari 2010: 55 – 68.
- Januar Eka, Sadu.2013. *Kinerja Properti Semarbut Aspal Tipe I (Penambahan Ekstrasi Asbuton Emulsi sebagai Modifikasi Bitumen)*.Jurusan Teknk Sipi. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Murwono, Djoko. 2001. *Penggunaan bitumen ekstrak asbuton sebagai modifier aspal minyak pada campuran bergradasi superpave (NMS 19) dari sisi pandang sifat marshall dan modulus kekakuuan dengan pendekatan empiris*. Jurnal : Forum Teknik jilid 25
- Rundubeli, H. dkk. 2011. *Kajian dan Perancangan Laboratorium Penggunaan Asbuton Butir dalam Campuran Beton Aspal (AC-BC) (Abstrak)*. Kendari.
- Suprpto, Tm dkk .1999. *Beton Aspal dengan Bitumen Ekstrak Asbuton*. Media Teknik No. 3 Tahun XXI edisi Agustus 1999 No ISSN 0216-3012.
- Ying Mei, Yin and Xiao Ning,Zhang..2010.*Research on High Temperature Rheological Characteristics of Asphalt Mastic with Indonesian Buton Rock Asphalt (BRA)*. China : Journal Of Wouhan University of Technology Vol 32 No.7