

ANALISA PENURUNAN MUTU CAMPURAN ASPAL PANAS AC-BC TERHADAP PENGARUH RENDAMAN AIR BERLUMPUR

ANALYSIS OF QUALITY DECREASE OF AC-BC HOT ASPHALT MIX ON THE EFFECT OF MUDY WATER IMMERSION

Yesky Yandriano¹⁾, Rofi Budi Hamduwibawa²⁾, Irawati³⁾

¹Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : Yeskyandriano98@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : rofi.hamduwibawa@unmuhjember.ac.id

³Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email : irawati@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Konstruksi perkerasan jalan di Indonesia pada umumnya sering mengalami kerusakan penyebabnya yaitu banjir air berlumpur, dampak pada konstruksi jalan yaitu dapat melonggarkan ikatan antara agregat dengan aspal, air berlumpur yang meresap masuk ke dalam perkerasan jalan dapat mengakibatkan perubahan bentuk lapisan permukaan jalan yang menyebabkan pelayanan kinerja jalan menjadi menurun. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh rendaman air berlumpur terhadap karakteristik campuran beraspal jenis laston AC-BC. Penelitian ini menggunakan durasi rendaman 2 hari, 4 hari, 6 hari dan 8 hari pada suhu 60°C dengan benda uji masing-masing 5 sesuai dengan durasi hari perendaman pada setiap jenis aspal beton AC-BC. Berdasarkan hasil penelitian ini, rendaman air berlumpur dapat mempengaruhi karakteristik *marshall* pada benda uji Laston AC-BC. Dengan demikian diketahui nilai stabilitas terhadap rendaman mengalami penurunan, nilai Kelelehan mengalami penurunan disebabkan nilai Stabilitas menurun, nilai VIM mengalami peningkatan, nilai VFA mengalami penurunan, nilai VMA mengalami peningkatan, dan nilai MQ mengalami peturunan dikarenakan MQ adalah hasil bagi stabilitas dan flow.

Kata kunci: AC-BC, rendaman air berlumpur, karakteristik marshall dan uji ekstraksi

Abstract

Road pavement construction in Indonesia in general often experiences damage due to muddy water flooding, the impact on road construction is that it can loosen the bond between aggregates and asphalt, muddy water that seeps into the pavement can result in changes in the shape of the road surface layer which causes road performance services. be decreasing. This study aims to analyze the effect of muddy water immersion on the characteristics of the AC-BC asphalt mixture asphalt. This study used a duration of immersion of 2 days, 4 days, 6 days and 8 days at a temperature of 60°C with 5 specimens each according to the duration of soaking days on each type of AC-BC asphalt concrete. Based on the results of this study, muddy water immersion can affect the marshall characteristics of the Laston AC-BC test object. Thus is known that the stability value of the immersion has decreased, the yield value has decreased due to the decreasing stability value, the VIM value has increased, the VFA value has decreased, the VMA value has increased, and the MQ value has decreased because MQ is the quotient of stability and flow.

Keywords: AC-BC, muddy water, marshall characteristics and extraction test.

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Transportasi darat ini merupakan yang paling diminati oleh masyarakat di Indonesia. Jalan raya sebagai sarana dan prasarana transportasi darat harus mendapat perhatian khusus, konstruksi maupun pelaksanaan pembangunan jalan raya harus memenuhi persyaratan yang berlaku untuk menjaga keamanan maupun kenyamanan pengguna jalan.

Lapisan AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) merupakan lapis antara yang menahan beban maksimum pada lapis permukaan akibat lalu lintas sehingga diperlukan suatu campuran dengan kekuatan stabilitas minimum 800 kg (Bina Marga, 2010). Kerusakan umum yang dialami campuran AC-BC adalah retak dan pelepasan butir. Dengan adanya kejadian tersebut saya akan membuat benda uji yang dibuat dilaboratorium, dan saya juga akan mengambil benda uji dilapangan sesuai jenis aspal yang dibutuhkan yaitu aspal beton AC-BC. Dengan melakukan penelitian uji laboratorium ini, saya akan menganalisa bagaimana pengaruh genangan air berlumpur terhadap mutu campuran aspal beton AC-BC.

Perumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisa pengaruh rendaman air terhadap mutu campuran lapis aspal beton AC-BC dengan mengamati melalui uji marshall dengan variasi waktu yang telah ditentukan melalui skala uji laboratorium?
2. Bagaimana hasil uji ekstraksi pada benda uji core drill dilokasi?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh rendaman air berlumpur terhadap mutu campuran aspal beton AC-BC melalui uji marshall modifikasi agar dapat mengetahui nilai kekuatan/stabilitas setelah dilakukannya perendaman benda uji.

2. Untuk mengetahui kadar aspal pada laston AC-BC setelah dilakukannya uji ekstraksi pada benda uji core drill.

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Penelitian ini dapat dijadikan gambaran pengetahuan bagaimana pengaruh aspal AC-BC jika terjadi banjir air berlumpur disuatu daerah.

Batasan Masalah

Adapun ruang lingkup penulisan yang dijadikan batasan sebagai batasan dalam penulisan adalah

1. Penelitian ini dilakukan pada skala uji laboratorium.
2. Sumber campuran beton aspal yang dipakai pada penelitian ini terdiri dari yaitu CA,FA,Filler dan Asphalt
3. Mengidentifikasi nilai stabilitas setelah dilakukan perendaman dengai air berlumpur

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Fungsi utama perkerasan adalah menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah dasar yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar, yaitu pada tekanan dimana tanah dasar tidak mengalami deformasi berlebihan selama masa pelayanan perkerasan.

Laston

Di Indonesia, Aspal beton (Asphalt Concrete atau AC) yang disebut juga dengan Laston (Lapisan Aspal Beton) merupakan lapis permukaan struktural atau lapis pondasi atas. Aspal beton terdiri dari tiga macam lapisan, yaitu Laston Lapis Aus (Asphalt Concrete-Wearing Course atau AC-WC, Laston Lapis Permukaan Antara (Asphalt Concrete-Binder Course atau AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (Asphalt Concrete-Base atau AC-Base). Perbedaan ketiga campuran terletak pada perbedaan ukuran bahan agregat yang

digunakan sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Bina Marga, 2018). Penggunaan AC-BC yaitu untuk lapis pondasi atas dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang agak kasar.

Tabel 1. Ketentuan Sifat Laston

Sifat-sifat Campuran	Laston			
	Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi	
Jumlah tumbukan per bidang	75		112 ⁽³⁾	
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1.2		
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min	3.0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800 ⁽¹⁾
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min	2		

Sumber : Bina Marga 2018

Bahan Penyusun Aspal beton

Bahan penyusun campuran lapis aspal beton yaitu agregat halus, agregat kasar, aspal, dan filler. Dalam proses perancangan perkerasan jalan, bahan penyusun campuran aspal beton menjadi bagian yang diutamakan dalam pertimbangan analisis parameter perancangan. Hal ini karena salah satu parameter kekuatan konstruksi jalan terletak pada pemilihan material penyusun yang tepat (Saodang, 2005). Berikut adalah penjelasan masing-masing bahan penyusun campuran aspal beton:

1. Aspal

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai

coklat gelap, bersifat perekat (*cementious*) yang akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (ASTM, 1994).

Dalam Penelitian ini menggunakan 1 jenis aspal, yaitu Aspal minyak penetrasi 60/70 merupakan kumpulan bahan-bahan sisa dari proses destilasi minyak bumi di pabrik kilang minyak

Tabel 2. Sifat Aspal AC-BC

Sifat-sifat Campuran	Laston			
	Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi	
Jumlah tumbukan per bidang	75		112 ⁽³⁾	
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1.2		
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min	3.0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800 ⁽¹⁾
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min	2		

Sumber : Bina Marga 2018

2. Agregat

Didefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen. Agregat berdasarkan proses pembentukannya terdiri dari 2 jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam, berdasarkan proses pembentukannya, terbagi lagi atas batuan endapan, batuan beku dan batuan metamorf. Berdasarkan proses pengolahannya agregat dibedakan atas agregat alam yang mengalami proses pengolahan terlebih dahulu dan agregat buatan

Tabel 3. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kelekatan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	Magnesium sulfat		Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6 %
		500 putaran	Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8 %
		500 putaran	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)
	Lainnya		95/90 **)
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5 %
	Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan NO. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %

Sumber : Bina Marga 2018

Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 %
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10 %

Sumber : Bina Marga 2018

Tabel 5. Ketentuan Bahan Pengisi

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)	SNI 03-1968-1990	Min. 75 %
Berat Jenis	SNI 03-2531-1991	3,0 - 3,2

Sumber : Bina Marga 2018

Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak,

karena tidak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi.

Tabel 6. Amplop Gradasi Agregat Gabungan

Ukuran Ayakan		Laston (AC)
ASTM	mm	BC
1 1/2"	37,5	100
1	25	90-100
3/4	19	76-90
1/2	12,5	60-78
3/8	9,5	52-71
No. 4	4,75	35-54
No. 8	2,36	23-41
No. 16	1,18	13-30
No. 30	0,600	10-22
No. 50	0,300	06-15
No. 100	0,150	4-10
No. 200	0,075	3-7

Sumber : Bina Marga 2018

Metode Pengujian Marshall

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode marshall. Konsep marshall test dikembangkan oleh Bruce Marshall, seorang insiyur perkerasan pada *Mississippi State Highway*. Pada tahun 1948 *US Cops of Engineering* meningkatkan dan menambah beberapa kriteria pada prosedur tesnya, terutama kriteria rancangan campuran. Sejak itu tes ini banyak diadopsi oleh berbagai organisasi dan pemerintahan di banyak negara, dengan beberapa modifikasi prosedur ataupun interpretasi terhadap hasilnya

1. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat marshall.

$$S = p \times q \quad (1)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas, (Kg)

P = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

Q = Angka koreksi tebal benda uji

2. Kelelahan (*Flow*)

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat marshall. Untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

3. *Void In The Mix* (VIM)

VIM (*void in the mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Berikut rumus menghitung nilai VIM :

$$VIM = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan :

VIM = Persentase rongga udara Pada campuran, (%)

G_{mm} = Berat benda uji ssd setelah dipadatkan, (gr)

G_{mb} = Berat jenis bulk Campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

4. *Void In Mineral Agregate* (VMA)

Merupakan kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Rumus berikut :

$$VMA = \frac{100\% \times (G_{sb} - G_{mb}) + (G_{mb} \times P_b)}{G_{sb}} \quad (3)$$

Keterangan :

VMA = Rongga udara pada campuran, (%)

G_{sb} = Berat benda uji ssd Setelah dipadatkan, (gr)

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

P_b = Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran, (%)

5. *Void Filled Asphalt* (VFA)

VFA (*void filled with asphalt*) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses

pemadatan. Nilai VFA dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$VFA = \frac{VMA - VIM}{VMA} \times 100 \quad (4)$$

Keterangan :

VFA = Persentase rongga udara yang terisi aspal, (%)

VMA = Persentase rongga udara pada mineral agregat, (%)

VIM = Persentase rongga udara pada campuran, (%)

6. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai MQ diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas yang telah dikoreksi terhadap nilai *flow*, dan dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm. rumus untuk mencari nilai (MQ)

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (5)$$

Keterangan :

MQ = Nilai *Marshall Quotient*, (Kg/Mm)

S = Nilai Stabilitas, (Kg)

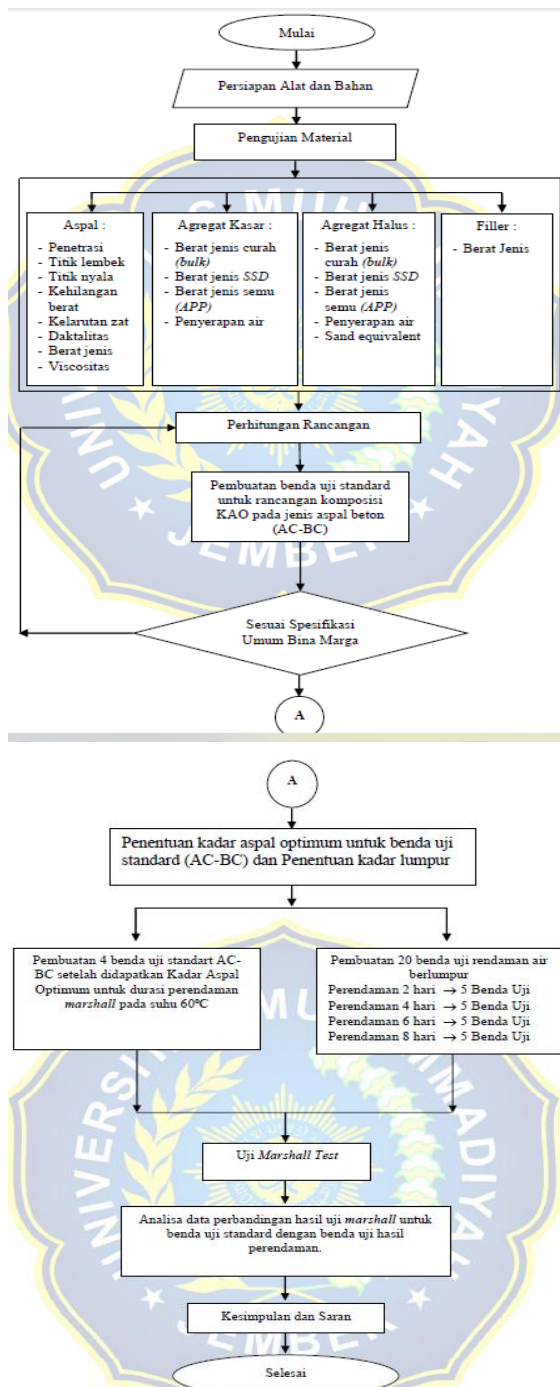
F = Nilai *Flow*, (Mm)

III. Metodologi Penelitian

Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat kasar (*coarse aggregate*), agregat halus (*fine aggregate*), bahan pengisi (*filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji marshall) dan pengujian terhadap agregat, pada jenis aspal Lapis aspal beton (AC-BC).

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Amp PT. Bumi Karya Utama (BKU) dengan panduan Standar Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Jalan

Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Sumber : Hasil Perencanaan

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Material agregat kasar, agregat halus dan filler diambil dari stock pile PT. Bumi

Karya Utama, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur,

2. Aspal minyak diambil dari Laboratorium Bidang Pengujian dan Pengembangan PT. Bumi Karya Utama (BKU), Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur

Penyiapan Peralatan

Kegiatan penyiapan alat dimaksudkan sebagai penunjang didalam melakukan penelitian untuk mendapatkan hasil-hasil dari pengujian sifat bahan dan pemeriksaan karakteristik marshall campuran dengan menggunakan alat marshall. Adapun alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan uji di dalam Laboratorium PT. Bumi Karya Utama, Kabupaten Situbondo, Provinsi Jawa Timur yang sesuai dengan Acuan Normatif

Pengujian Material Agregat

Pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik agregat yang diperoleh dari hasil pemecahan stone crusher (mesin pemecah batu). Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran (gradaasi) agregat kasar dan halus dengan menggunakan satu set saringan.

Tabel 7. Persentase Minimum Rongga

Ukuran Maksimum Nominal Agregat		Persentase Minimum Rongga dalam Agregat %
Inchi	Mm	
No. 16	1,18 mm	23,5
No. 8	2,36 mm	21,0
No. 4	4,75 mm	18,0
3/8 inchi	9,50 mm	16,0
1/2 inchi	12,50 mm	15,0
3/4 inchi	19,00 mm	14,0
1 inchi	25,00 mm	13,0
1 1/2 inchi	37,50 mm	12,0
2 inchi	50,00 mm	11,5
2 1/2 inchi	63,00 mm	11,0

Sumber : SNI-03-1737-1989

Persiapan Benda Uji Marshall Test

Setelah semua pemeriksaan agregat memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan rancangan campuran (mix design) untuk mendapatkan komposisi agregat

dan kadar aspal. Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran benda uji yaitu agregat kasar, agregat halus dan filler. Agregat dan filler ditimbang sesuai ukurannya berdasarkan gradasi yang diinginkan. Berat total agregat campuran adalah berat agregat yang dapat menghasilkan satu benda uji padat setinggi 6,15 cm dengan diameter 10,3 cm. Umumnya berat agregat campuran adalah ± 1200 gram.

Prosedur Pembuatan benda uji sebagai berikut :

1. Persiapan Benda Uji
Bersihkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk campuran benda uji
2. Pembuatan campuran
Panaskan agregat dan filler yang diperlukan dengan cara disangrai dengan suhu diatas 110°C .
3. Pemadatan campuran
Setelah campuran aspal tercampur merata diatas suhu 110°C , pindahkan kedalam cetakan
4. Perawatan benda uji
Benda uji yang telah dipadatkan dikeluarkan dari cetakan dengan dongkrak hidrolik
5. Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan
6. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang beratnya di udara.
7. Benda uji direndam dalam air selama 10-24 jam supaya jenuh.
8. Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air.
9. Benda uji dikeluarkan dari bak dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry, SSD*) kemudian ditimbang.
10. Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 hingga 40 menit.

Pembuatan Benda Uji Pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Benda uji dengan durasi perendaman 2 hari, 4 hari, 6 hari dan 8 hari. Pembuatan benda uji digunakan untuk menentukan, Rongga

dalam Campuran (VIM), Rongga Antar Agregat (VMA), Rongga terisi aspal (VFA), Stabilitas, Kelelahan dan hasil bagi *Marshall*. Seluruh kriteria hasil *Marshall* yang di dapatkan mengacu pada Standar Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Jalan Raya.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pada pembahasan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan. Keseluruhan penelitian meliputi persiapan bahan campuran, pengujian bahan campuran, pengujian hasil ekstraksi dari benda uji core drill, pengujian benda uji standard dan pengujian benda uji dengan durasi perendaman hari pada aspal beton AC-BC.

Analisa Bahan Pengujian Laston AC-BC untuk Benda Uji Standar

Analisa bahan pengujian adalah pengujian material *coarse agregat* (material kasar), *medium agregat*, *fine agregat* dan bahan pengisi (*filler*) sebelum pembuatan benda uji atau bitumen untuk menentukan kadar aspal optimum meliputi pengujian karakteristik agregat, pengelompokkan gradasi agregat, penentuan proporsi agregat dan penentuan kadar aspal optimum untuk jenis aspal beton.

Hasil Pengujian Agregat Laston AC-BC

Sampel agregat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari AMP Situbondo. Pemeriksaan agregat dilakukan di Laboratorium Pengujian PT. Bumi Karya Utama dengan menggunakan acuan standar uji, Standar Nasional Indonesia (SNI)

Tabel 8. Hasil Pengujian *Coarse Agregat*

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pengujian	Syarat
1	Berat Jenis Bulk	Gr/cm ³	2,660	$\geq 2,5$
2	Berat Jenis SSD	Gr/cm ³	2,690	$\geq 2,5$
3	Berat Jenis Semu (<i>APP</i>)	%	2,743	$\geq 2,5$
4	Penyerapan air	%	1,126	$\leq 3,0$
6	Keausan/Los Angeles Abrasion Test	%	20	≤ 40

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 9. Hasil Pengujian *Medium Agregat*

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pengujian	Syarat
1	Berat Jenis Bulk	Gr/cm ³	2,609	≥ 2,5
2	Berat Jenis SSD	Gr/cm ³	2,649	≥ 2,5
3	Berat Jenis Semu (APP)	%	2,717	≥ 2,5
4	Penyerapan air	%	2,062	≤ 3,0
6	Keausan/Los Angeles Abrasion Test	%	20	≤ 40

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 10. Hasil Pengujian *Fine Agregat*

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pengujian	Syarat
1	Berat Jenis Bulk	Gr/cm ³	2,551	≥ 2,5
2	Berat Jenis SSD	Gr/cm ³	2,604	≥ 2,5
3	Berat Jenis Semu (APP)	%	2,693	≥ 2,5
4	Penyerapan air	%	2,062	≤ 3,0
5	Analisa Saringan		Lampiran	
6	Keausan/Los Angeles Abrasion Test	%	20	≤ 40

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 11. Hasil Pengujian Bahan Pengisi

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Hasil Pengujian	Syarat
1	Berat Jenis Filler	Gr/cm ³	3,059	≥ 2,5
2	Analisa Saringan		Lampiran	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Tabel 12. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G* <i>sinδ</i>) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktalitas pada 25°C, (cm)	SNI 2434:2011	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2434:2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

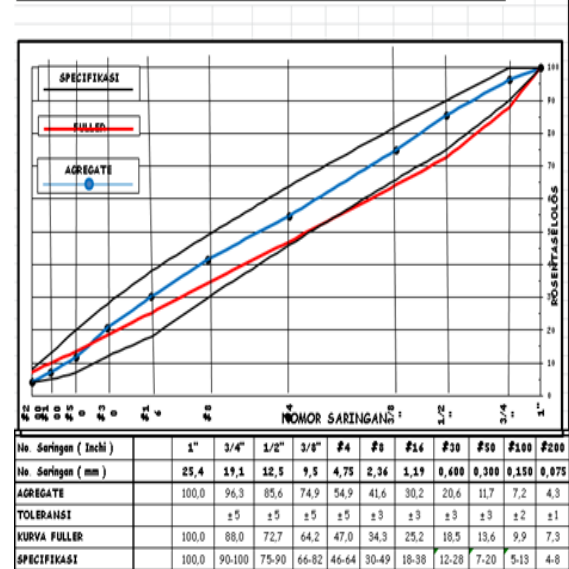
Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70 yang diperoleh dari Stock Pile Amp PT. Bumi Karya Utama (BKU). Penelitian ini dilakukan 8 jenis pengujian aspal yaitu pengujian penetrasi, titik lembek aspal, titik nyala, kehilangan berat, kelarutan zat cs₂/ccl₄, Daktalitas, berat jenis dan viscositas. Acuan yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI (Standar Nasional Indonesia).

Penentuan Komposisi Presentase Campuran Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Dalam penentuan komposisi presentase campuran agregat menggunakan metode

instant di dapatkan grafik analisa saringan agregat untuk Lapis aspal beton (Laston), *Asphalt Concrete-Base Course* (AC-BC). Hasil komposisi presentase campuran memenuhi spesifikasi dengan 1% filler adalah (CA 22%), (MA 37%), (FA 40%).

Grafik Analisa Saringan Agregate untuk Campuran AC BC



Gambar 2. Grafik Analisa Saringan Agregat Untuk Campuran AC-BC

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Penentuan Kadar Aspal Optimum Rencana Laston AC-BC

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Perhitungan kadar aspal optimum rencana disajikan sebagai berikut ini:

$$P_b (0\%) = 0,035 \cdot (58,4) + 0,045 \cdot (37,3) + 0,18 \cdot (4,3) + 1 = 5,5\%$$

Kadar aspal yang dipakai dalam penelitian antara lain yaitu :

4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5% dan 7,0%

Hasil Pengujian Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

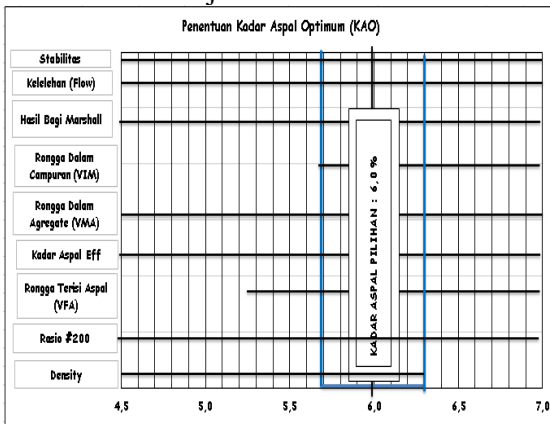
Pengujian yang dilakukan untuk menentukan kadar aspal optimum pada jenis Lapis aspal beton (Laston) *Asphalt Concrete-Base Coarse* (AC-BC) diperoleh nilai-nilai karakteristik Marshall diantaranya Kelelahan (*Flow*), Stabilitas, *Density*, Rongga dalam campuran (VIM), Rongga Terisi Aspal (VFA),

Rongga Dalam Agregat (VMA) dan Hasil Bagi Marshall (MQ).

Tabel 13. Hasil Pengujian Marshall Untuk Mencari KAO Laston AC-BC

Kadar Aspal	Berat Aspal	Coarse Agg (14-22)	Coarse Agg (10-14)	Medium Agg (5-10)	Fine Agg	Filler	Total
4,5	54	137	114,6	424	458,4	11,5	1120
5	60	136,8	114	421,8	456	11,4	1200
5,5	66	136,1	113,4	419,6	453,6	11,3	1200
6	72	135,4	112,8	417,4	451,2	11,3	1200
6,5	78	134,6	112,2	415,1	448,8	11,2	1200
7	84	133,9	111,6	412,9	446,4	11,2	1200

Sumber : Hasil Uji Laboratorium



Gambar 3. Grafik Penentuan Hasil Kadar Aspal Optimum (AC-BC)

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Data Pengujian Marshall Standar Laston AC-WC

Berdasarkan perhitungan Didapatkan komposisi benda uji AC-BC dengan proporsi optimal, yaitu pada kadar aspal 6,0% dan campuran agregat 94,0%

Tabel 14. Data Karakteristik Marshall Benda Uji Standard Laston AC-BC

Jenis Rendaman	Durasi Perendaman	Benda Uji	Data Pengujian Benda Uji Standard Laston AC-BC						
			Kelelahan (Flow)	Stabilitas	Density	Rongga Dalam Campuran (VIM)	Rongga Tertisi Aspal (VFA)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Hasil Bagi Marshall (MQ)
			2,00 - 4,00	> 800	> 2,00	3,0 - 5,0	> 65	> 15	> 250
-	-	1	2,97	1173,6	2,302	4,32	74,71	17,09	305,1
		2	3,41	1172,4	2,322	3,49	78,68	16,36	343,8
		3	3,29	1198,9	2,318	3,65	77,89	16,50	364,4
		4	3,14	1167,6	2,311	3,93	76,52	16,75	371,8
		Rata - rata	3,28	1178,1	2,313	384,73%	7695,1%	16,68	368,9

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Data Penentuan Kadar Lumpur

Air berlumpur adalah air yang tercampur dengan lumpur. Sebelum melakukan perendaman variasi hari air berlumpur, kita menentukan kadar lumpur dalam campuran air berlumpur tersebut. Jenis lumpur yang digunakan adalah lumpur lempung. Lumpur lempung ini mengandung sedikit butiran pasir halus. Berikut hasil Kadar Lumpur

Tabel 15. Hasil Pengujian Kadar Lumpur

Berat Air Lumpur	Berat Lumpur Kering	air berlumpur
17,57 gram	0,56 gram	500 mili/0,5 liter
presentase kadar lumpur 0,5 liter	= 0,56 : 17,57 x 100%	
	= 0,03187251	%
berat air tanpa lumpur	= 17,01	gram
berat lumpur kering	= 0,56	gram
volume water badt	= 17250	cm ³
panjang	= 50	cm
lebar	= 30	cm
tinggi	= 11,5	cm

Data Pengujian Marshall Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC Dengan Durasi Perendaman.

Pengujian durasi perendaman Marshall ini dilakukan selama 2, 4, 6 dan 8 hari dengan masing-masing 5 benda uji pada setiap durasi perendaman. beraspal akibat masuknya air kedalam campuran yang akan menyebabkan hilangnya ikatan adhesi antara agregat dan aspal

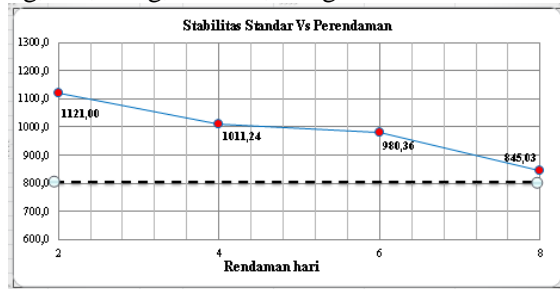
Tabel 16. Data Hasil Pengujian Marshall Perendaman Laston AC-BC

Jenis Rendaman	Durasi Perendaman	Benda Uji	BENDA WI AC-BC PERENDAMAN VARIASI WAKTU						
			Kelelahan (Flow)	Stabilitas	Density	Rongga Dalam Campuran (VIM)	Rongga Tertisi Aspal (VFA)	Rongga Dalam Agregat (VMA)	Hasil Bagi Marshall (MQ)
Air Lumpur	2 Hari	1	3,07	1124,14	2,311	3,94%	76,47%	16,76%	366,2
		2	2,92	1108,46	2,300	3,98%	76,31%	16,79%	379,6
		3	3,12	1131,17	2,312	3,90%	76,68%	16,72%	362,2
		4	3,04	1139,32	2,311	3,95%	76,41%	16,77%	363,2
		5	3,17	1122,93	2,300	3,99%	76,23%	16,80%	364,2
Rata - rata		3,04	1121,60	2,311	3,94%	76,42%	16,76%	363,2	
Air Lumpur	4 Hari	1	2,98	1008,30	2,309	4,04%	76,00%	16,88%	338,4
		2	2,82	998,70	2,309	4,03%	76,07%	16,83%	354,1
		3	2,77	1016,89	2,306	4,16%	75,80%	16,94%	366,6
		4	2,89	1009,60	2,309	4,02%	76,30%	16,83%	349,3
		5	2,97	1040,33	2,307	4,11%	76,68%	16,90%	344,8
Rata - rata		2,82	1011,24	2,308	4,07%	76,17%	16,87%	351,7	
Air Lumpur	6 Hari	1	2,84	979,40	2,308	4,06%	75,91%	16,96%	346,9
		2	2,88	997,49	2,300	4,40%	74,34%	17,16%	346,4
		3	2,91	973,68	2,308	4,19%	75,33%	16,97%	338,3
		4	2,82	986,43	2,308	4,18%	75,34%	16,97%	346,4
		5	2,9	963,72	2,303	4,26%	76,01%	17,03%	332,3
Rata - rata		2,87	978,36	2,304	4,22%	75,19%	17,04%	341,7	
Air Lumpur	8 Hari	1	2,76	836,87	2,300	4,41%	74,32%	17,16%	302,9
		2	2,71	830,04	2,296	4,68%	73,63%	17,31%	306,7
		3	2,80	840,69	2,304	4,23%	76,18%	17,00%	300,2
		4	2,74	862,40	2,304	4,24%	75,07%	17,02%	314,7
		5	2,96	886,17	2,301	4,37%	74,48%	17,13%	289,9
Rata - rata		2,79	845,03	2,301	4,37%	74,91%	17,13%	302,7	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

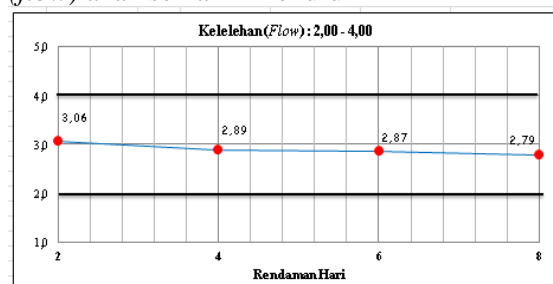
Hubungan Lama Perendaman Dengan Stabilitas Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan dalam menerima beban lalu lintas. Nilai stabilitas rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian terhadap durasi perendaman 2-8 hari antara lain 1121,00 kg, 1011,24 kg, 980,36 kg, dan 845,03 kg.



Hubungan Lama Perendaman Dengan Kelelahan (Flow) Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Penurunan nilai kelelahan diakibatkan oleh lama perendaman dengan durasi 2 hari, 4 hari, 6 hari dan 8 hari dengan jumlah 3 benda uji pada setiap lama perendaman yang telah ditetapkan dengan nilai tertinggi sebesar 3,06 mm dan nilai terendah sebesar 2,79 mm tetapi masih memenuhi syarat Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Jalan. Maka semakin lama campuran aspal terendam, maka nilai kelelahan (*flow*) akan semakin menurun



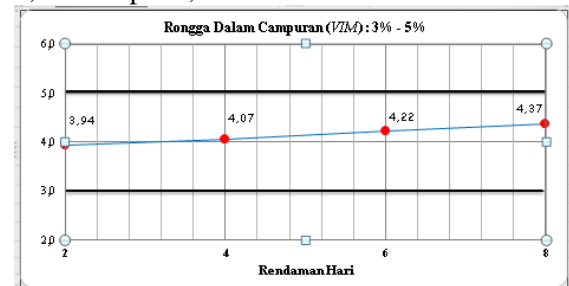
Gambar 7. Hubungan Lama Perendaman Dengan Kelelahan (*Flow*)

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Hubungan Lama Perendaman Dengan Rongga Dalam Campuran (VIM) Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Nilai rongga dalam campuran (*VIM*) rata-rata angka yang diperoleh antara lain: 3,94%,

4,07%, 4,22%, dan 4,37%. Hasil masih memenuhi syarat spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Jalan yaitu 3,0% sampai 5,0%

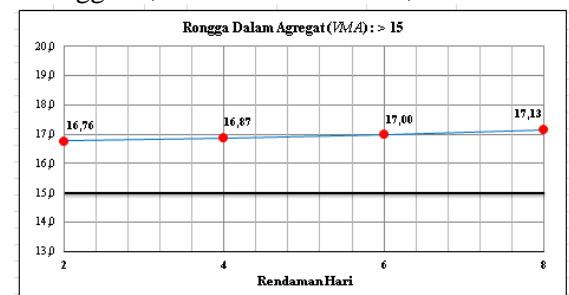


Gambar 8. Hubungan Lama Perendaman Dengan VIM

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Hubungan Lama Perendaman Dengan Rongga Dalam Agregat (VMA) Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Nilai rongga dalam agregat (*VMA*) rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian perendaman 2 hari sampai dengan 8 hari yaitu: tertinggi 17,13% dan terendah 16,76%

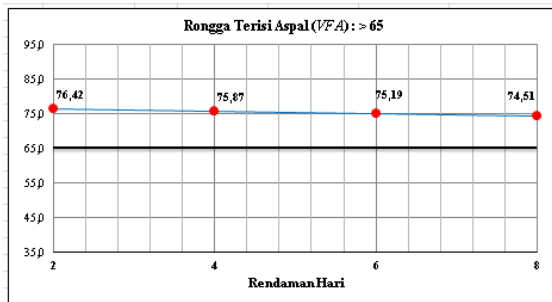


Gambar 9. Hubungan Lama Perendaman Dengan VMA

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Hubungan Lama Perendaman Dengan Rongga Terisi Aspal (VFA) Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Nilai VFA rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian perendaman 2 hari sampai 8 hari, nilai tertinggi 76,42% dan terendah 74,51%. Menunjukkan nilai rongga semakin menurun sesuai dengan lama perendaman.

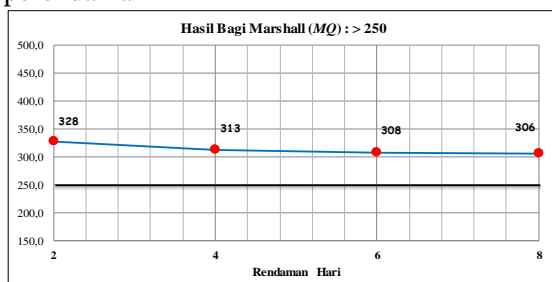


Gambar 10. Hubungan Lama Perendaman Dengan VFA

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Hubungan Lama Perendaman Dengan Hasil Bagi Marshall (MQ) Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Nilai hasil bagi marshall (MQ) terus menurun terhadap durasi perendaman 2 hari sampai 8 hari. Nilai hasil bagi marshall (MQ) rata-rata tertinggi sebesar 328,1 kg/mm dan terendah sebesar 306,9 kg/mm. Memenuhi Bina Marga 2018 minimum 250 kg/mm, walaupun menurun akibat lamanya durasi perendaman



Gambar 11. Hubungan Lama Perendaman Dengan MQ

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Kesimpulan Analisa Data Pengujian Rendaman Laston AC-BC

Secara umum dapat dilihat bahwa lama perendaman dapat mempengaruhi 6 karakteristik marshall. Lama perendaman terhadap Stabilitas menyebabkan Stabilitas menurun, nilai *Flow* menurun, VIM mengalami peningkatan, VMA meningkat, VFA mengalami penurunan akibat besarnya VMA, dan MQ menurun

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Aspal (*VFA*) mengalami penurunan, dan untuk nilai Hasil Bagi Marshall (*MQ*) menurun

Analisa Perbandingan Hasil Parameter Pengujian Marshall Pada Benda Uji Standard Dan Benda Uji Perendaman

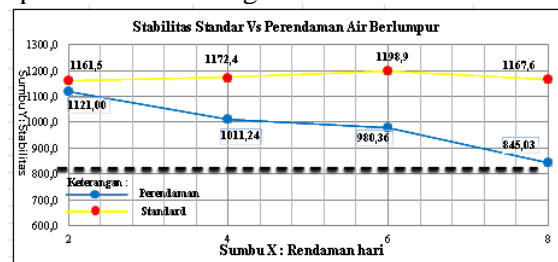
Berdasarkan data hasil parameter pengujian Marshall benda uji standard dan benda uji perendaman pada jenis Lapis aspal beton (Laston) *Asphalt Concrete-Base Course* (AC-BC).

Perbandingan Parameter Marshall Standard Dan Perendaman Hari Laston AC-BC

Selanjutnya berdasarkan data hasil pengujian Marshall Standard dan Marshall Perendaman, parameter pengujian terhadap marshall standard dan marshall perendaman dapat dilihat pada hasil perbandingan nilai hasil pengujian Lapis aspal beton (Laston) *Asphalt concrete-Base Course* (AC-BC)

Perbandingan Nilai Stabilitas Standar Dan Perendaman Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Nilai Stabilitas semakin menurun, akan tetapi terjadi perbedaan pada nilai Stabilitas benda uji standar dengan nilai rata-rata sebesar 1173,6 kg dimana tidak terjadi penurunan, sehingga nilai Stabilitas pada benda uji standar lebih baik dibandingkan dengan nilai Stabilitas hasil durasi perendaman dengan nilai tertinggi sebesar 1121,00 kg dan nilai terendah sebesar 845,03 kg tetapi masih memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018.



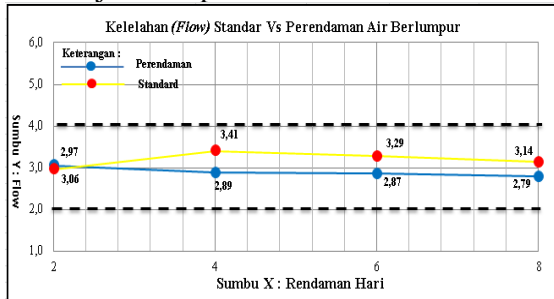
Gambar 12. Perbandingan Nilai Stabilitas Standard dan Perendaman

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Perbandingan Nilai Kelelahan (*Flow*) Standard Dan Perendaman Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

Nilai Kelelahan (*Flow*) mengalami penurunan dikarenakan akibat lamanya durasi perendaman, akan tetapi terjadi perbedaan pada

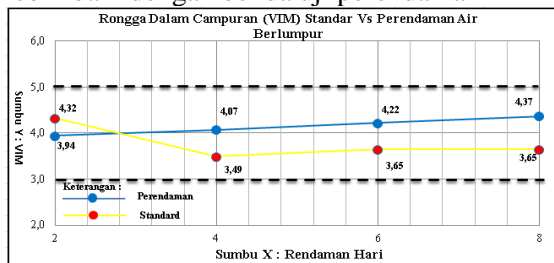
nilai *Flow* benda uji standard tidak mengalami penurunan, nilai Kelelahan (*Flow*) pada benda uji standard lebih baik dibandingkan dengan benda uji durasi perendaman.



Gambar 13. Perbandingan Nilai Flow Standard dan Perendaman
 Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Perbandingan Nilai Rongga Dalam Campuran (VIM) Standard Dan Perendaman Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

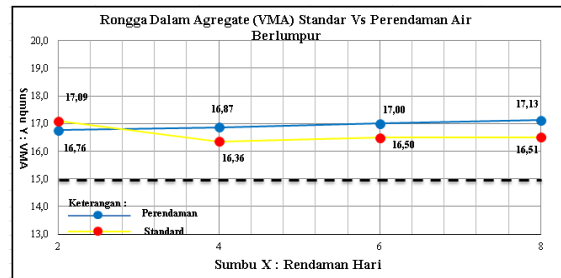
Sesuai dengan durasi perendaman, nilai Rongga dalam campuran (*Vim*) meningkat, tetapi pada benda uji standard masih stabil dan tidak mengalami peningkatan, nilai Rongga dalam campuran (*Vim*) pada benda uji standard lebih baik dengan benda uji perendaman



Gambar 14. Perbandingan Nilai Vim Standard dan Perendaman
 Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Perbandingan Nilai Rongga Dalam Agregat (VMA) Standard Dan Perendaman Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

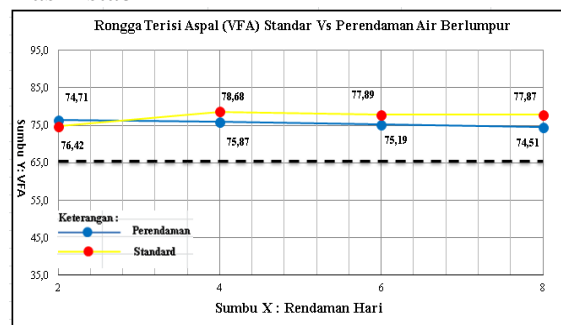
Maka nilai Rongga dalam agregat (*Vma*) mengalami peningkatan, akan tetapi terjadi perbedaan pada benda uji standard nilai Rongga dalam agregat (*Vma*) masih stabil dan tidak mengalami peningkatan serta nilai Rongga dalam agregat (*Vma*) pada benda uji standard lebih baik dibandingkan dengan benda uji perendaman



Gambar 15. Perbandingan Nilai VMA Standard dan Perendaman
 Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Perbandingan Nilai Rongga Terisi Aspal (VFA) Standard Dan Perendaman Lapis Aspal Beton (Laston) AC-BC

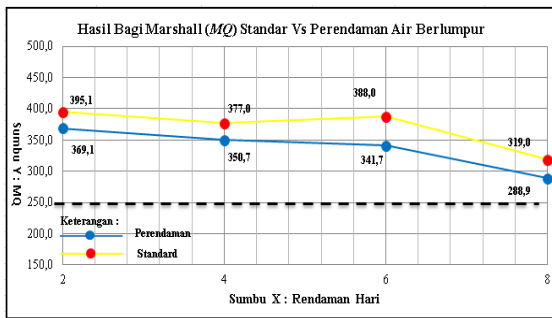
Nilai Rongga terisi aspal (*Vfa*) mengalami penurunan akibat lamanya durasi perendaman, akan tetapi terjadi perbedaan pada benda uji standard terhadap nilai Rongga terisi aspal (*Vfa*) dimana tidak terjadi penurunan dan nilai masih stabil



Gambar 16. Perbandingan Nilai VFA Standard Dan Perendaman
 Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Perbandingan Nilai Marshall Quotient (MQ) Standard Dan Perendaman Lapis Aspal Beton (Laston) AC-WC

Akibat lamanya durasi perendaman dan juga akibat nilai Stabilitas dan Kelelahan (*Flow*) menurun yang dipengaruhi oleh durasi perendaman, akan tetapi ada perbedaan pada benda uji standard dimana nilai Hasil Bagi Marshall (MQ) tidak terjadi penurunan bisa dikatakan stabil



Gambar 17. Perbandingan Nilai MQ Standard dan Perendaman

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

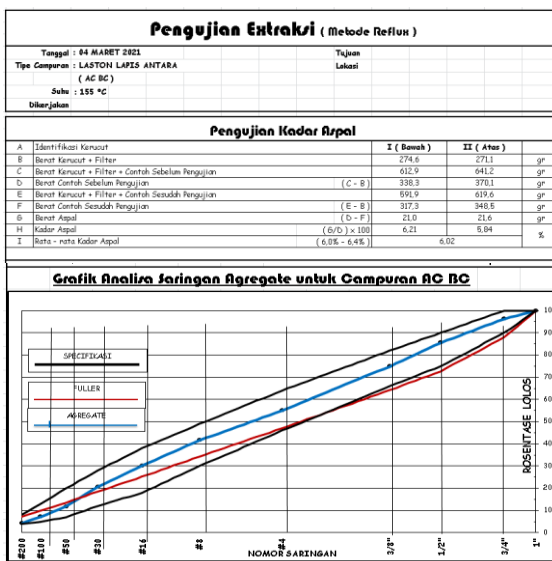
Hasil Perbandingan Karakteristik Marshall Rendaman Hari Pada Aspal Beton

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dampak dari perendaman dengan air durasi 2 hari, 4 hari, 6 hari dan 8 hari, dapat diketahui bahwa semakin lama perendaman nilai stabilitas akan semakin menurun

Pengujian Ekstraksi Aspal Beton

Adalah Pemeriksaan Sampel Benda Uji *Core Drill* yang bertujuan untuk mengetahui kandungan aspal yang ada apakah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan menurut SKBI-24.26.1987 yaitu kadar aspal yang diijinkan berkisar antara 4% sampai 7%.

Tabel 17. Data Hasil Uji Ekstraksi Pada Benda Uji *Core Drill* AC-BC



Sumber : Hasil Uji Laboratorium

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium mengenai perendaman aspal AC-BC (Asphalt Concrete Binder Course) rendaman air berlumpur variasi waktu rendaman 2, 4, 6, dan 8 hari bahwa Stabilitas, Kelelahan (*flow*), Rongga Terisi Aspal (VFA), dan Hasil Bagi Marshal (MQ) mengalami penurunan, dan untuk Rongga Dalam Campuran (VIM) dan Rongga Dalam Agregat (VMA) mengalami kenaikan jadi dapat disimpulkan sabagai berikut :

1. Perlakuan rendaman air terhadap campuran Laston AC-BC mempengaruhi Stabilitas dan Kelelahan (*Flow*) dengan penjelasan sebagai berikut :

a). Stabilitas

Nilai dari benda uji standart yaitu 1173,6 kg. Sedangkan pada benda uji perendaman 2, 4, 6, dan 8 hari nilai rata-rata mengalami penurunan yaitu 1121,00 kg, 1011,24 kg, 980,36 kg, dan 845,03 kg tetapi masih memenuhi spesifikasi yaitu minimal 800 kg. Pada rendaman air berlumpur selama 2-8 hari didapatkan penurun nilai prosentase stabilitas sebesar 25%.

b). Kelelahan (*Flow*)

Nilai flow dari benda uji standart yaitu 2,97 mm. Sedangkan pada benda uji perendaman 2, 4, 6, dan 8 hari, nilai kelehan mengalami penurunan yaitu 3,06 mm, 2,89 mm, 2,87 mm, dan 2,79 mm masih memenuhi persyaratan spesifikasi (2 mm-4 mm). Pada rendaman air berlumpur selama 2-8 hari didapatkan penurunan nilai prosentase flow sebesar 8,81%.

2. Berdasarkan uji lab terhadap hasil kadar aspal ekstraksi didapatkan sebesar 6,02%

Saran

Dari hasil penelitian pengujian yang dilakukan ada beberapa hal yang disarankan, adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan jenis peralatan dan metode pengujian baru lainnya yang dapat digunakan sebagai pembanding dari pengujian perendaman perlu dilakukan
2. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui formulasi campuran aspal yang maksimal atau optimum

DAFTAR PUSTAKA.

- Hendy Bowoputro, Amelia K. Indriastuti, Asrizal Fahmi Hatta. (2009). "Pengaruh Temperatur dan Perendaman Lumpur Lapindo Terhadap Nilai Stabilitas Campuran Aspal Beton (Laston)". Jurnal Rekayasa Sipil/Vol.3, No 3 . Fakultas Teknik , Universitas Brawijaya Malang.
- M Fadli Aiman Fauzi.,2014," *Studi Kinerja Campuran Laston AC-BC Menggunakan BGA Asbuton Dan Geogrid Sebagai Bahan Tambah*" Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin Makasar.
- Sofyan. M. Saleh (2018). "Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Substitusi Buton Rock Asphalt Terhadap Rendaman Air Berlumpur" Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Kontruksi. In *Direktorat Jenderal Bina Marga*. Kementerian PUPR, Direktorat Jenderal Bina Marga
- Departemen Pekerjaan Umum (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, SNI. 03 – 1969 – 1990*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Damar Gumilang., 2017. "Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas Marshall Pada Campuran Aspal (AC-BC)". Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Anonim, 1997, " *Buku Panduan Pemeriksaan Bahan Lapis Keras* ", Laboratorium Teknik Transportasi,JTS FT UGM, Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum (1991), *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles, SNI.03 – 1968 – 1990*, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim, 1991. SNI 06-2489-1991, " *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshal* ", Badan Standart Nasional Jakarta.
- Ignatius S. Pasereng., 2014. " *Studi Pengaruh Genangan Banjir Jalan Terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Beraspal Di Kota Makassar*". Makassar : Universitas Hasanuddin Makassar
- Winayati, Hendri Rahmat, Alfian Shaleh., 2010. *Analisis Penggunaan Abu Tandan Kelapa Sawit Sebagai Filler Ditinjau Dari Nilai Keausan Perkerasan(Cantabro Test)*. Jurnal Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. Riau
- Nurdin,Rahim,"*Bahan Ajar Perkerasan Jalan Raya*",JTS FT Bosowa Makassar.
- Sukirman, S., 2003, " *Beton Aspal Campuran Panas* ", Granit,Jakarta.
- Sukirman ,S., 1997, " *Perkerasan Lentur Jalan Rata*", Nova,Bandung.
- Sukirman, S., 1994, " *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan* ", Nova,Bandung.
- Saodang,Hamirnah.,2005, " *Kontruksi Jalan Raya Perancangan Perkerasan jalan Raya* ", Buku 2.Cet. 1.Nova.Bandung.

Sukirman Silvia.,2003, “ *Beton Aspal Campuran Panas*”, Edisi Kedua Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.

Angga Dwi Agus Setiawan.,2014, “ *Pengaruh Penuaan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course* “, Tekni Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta