

KAJIAN DURABILITAS DAN PENUAAN ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC) ASBUTON PRACAMPUR TERHADAP VARIASI LAMA RENDAMAN

Mohamad Faldi Attamimi¹, Fadly Achmad^{2*} and Frice L. Desei³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author

ABSTRACT: The fundamental problem in roads construction is the road damage that occurs before the road's designed time is reached. Causes of such a damage consist of weather, water, temperature, or the reduction in the quality of pavement layers due the aging process. The manufacture of test object for Short-Term Oven Aging (STOA) was carried out by heating the test object in loose condition with 135 °C of temperature for 4 hours before compaction, while the manufacture of test piece for Long-Term Oven Aging (LTOA) was carried out by heating the test object for 2 days in 85 °C temperature after the specimen was compacted. The durability parameters of the AC-WC mixture was observed from Residual Strength Index (RSI), First Durability Index (FDI), and Second Durability Index (SDI). Based on the findings of Pre-Blended Buton Asphalt AC-WC mixture produced 6,0% of Optimum Bitumen Content (OBC). The RSI of the test object in normal, STOA, and LTOA obtained 97,11%, 94,82%, and 95,77% respectively. Furthermore, the FDI of the test object in normal, STOA, and LTOA obtained r value of 0,42%, 0,74%, and 0,60% respectively. Meanwhile, the SDI of the test in normal, STOA, and LTOA obtained a value of 4,87%, 9,75%, and 7,73% respectively. In addition, the Sa of the test object in normal, STOA, and LTOA in 96 hours of soaking were 95,13%, 90,25%, and 92,27% respectively. All in all, the finding showed that the AC-WC mixture with Pre-Blended Buton Asphalt in normal condition attained 72 hours of durability, while for the test specimen which is subjected to aging (STOA and LTOA) attained 48 hours of durability.

Keywords: Pre-blended Buton Asphalt AC-WC, Durability, Aging, Soaking Period.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi aspal alam di Pulau Buton dengan deposit mencapai ± 630 juta ton, sehingga seharusnya dapat menjadi solusi defisit aspal minyak nasional [1]. Salah satu produk hasil olahan Aspal Buton adalah Asbuton Pracampur yang merupakan produk aspal ekstraksi dari Aspal Buton. Asbuton Pracampur merupakan perpaduan dari aspal keras pen. 60 atau pen. 80 dengan Aspal Buton semi ekstraksi yang pembuatannya dilakukan secara fabrikasi. Di wilayah Gorontalo sendiri penggunaan Asbuton Pracampur merupakan hal yang baru. Penggunaan Asbuton Pracampur di wilayah Gorontalo dapat ditemui pada ruas-ruas jalan nasional.

Pada perkerasan jalan, campuran AC-WC digunakan untuk lapis permukaan paling atas (lapis aus) sehingga sering kali mengalami kerusakan atau penurunan kekuatan. Salah satu penyebab kerusakan dan penurunan kekuatan pada perkerasan lentur adalah terjadinya proses penuaan (*aging*) aspal serta pengaruh yang diakibatkan oleh perubahan temperatur. Proses penuaan ini dapat menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran aspal sehingga akan mempengaruhi kinerja campuran tersebut.

Permasalahan mendasar pada konstruksi jalan adalah kerusakan jalan sebelum umur rencana tercapai. Penyebab kerusakan jalan dapat diakibatkan oleh pengaruh cuaca, air dan temperatur. Saat musim penghujan tiba, banyak jalan yang terendam air karena banjir ataupun genangan permukaan. Hal tersebut dapat mempengaruhi kinerja dari perkerasan terutama pada aspek ketahanan dan keawetan (*durability*). Sebagai upaya meningkatkan kinerja dari suatu perkerasan jalan yang menggunakan aspal konvensional atau aspal minyak adalah melakukan inovasi dengan menggunakan Asbuton Pracampur. Penggunaan Asbuton Pracampur diharapkan mampu meningkatkan nilai stabilitas dari suatu campuran aspal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis durabilitas campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* Asbuton Pracampur akibat adanya variasi terhadap lama rendaman dan kondisi penuaan. Parameter yang digunakan untuk mengetahui durabilitas campuran aspal adalah Indeks Kekuatan Sisa dan Indeks Durabilitas.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)

Lapis Aspal Beton-Lapis Aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course, AC-WC*) merupakan salah satu dari tiga lapisan dalam Lapis Aspal Beton (Laston) [2]. Laston merupakan campuran beraspal yang merupakan kombinasi campuran antara aspal dan agregat. Aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan [3].

Lapisan *AC-WC* adalah Lapis Aspal Beton (Laston) yang terletak paling atas dalam struktur perkerasan jalan lentur. Lapisan *AC-WC* memiliki struktur paling halus dibandingkan dengan lapisan lainnya. Adanya campuran bergradasi rapat (*dense grade*) yang memiliki sedikit rongga pada campuran aspal *AC-WC* menyebabkan lapisan ini lebih peka terhadap variasi dan proporsi campuran. Ketentuan mengenai sifat campuran *AC-WC* yang menggunakan Asbuton Pracampur ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan *AC-WC* Modifikasi

Sifat-Sifat Campuran	<i>AC-WC</i> Modifikasi	
		(Asbuton Pracampur)
Jumlah tumbukan per bidang		75
Rasio lolos partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6
	Maks.	1,2
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0
	Maks.	5,0
Rongga dalam agregat (<i>VMA</i>) (%)	Min.	15
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	1.000
Pelelehan (mm)	Min.	2
	Maks.	4
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman 24 jam, 60°C	Min.	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min.	2
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm	Min.	2.500

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020)

2.2 Asbuton Pracampur

Asbuton Pracampur atau Asbuton semi ekstraksi adalah Asbuton yang diekstraksi sampai dengan kemurnian sekitar 50-60% (merujuk pada *TLA*) yang untuk kemudahan pelaksanaan, Asbuton ini dicampur dengan aspal minyak 20:80. Aplikasi Asbuton Pracampur berfungsi untuk memodifikasi aspal minyak agar memiliki kinerja yang lebih baik [1].

2.3 Penuaan Campuran Aspal

Proses terjadinya penuaan campuran aspal disebabkan oleh faktor seperti kadar penguapan, oksidasi, dan kekakuan bitumen pada campuran [4].

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal tersebut disebabkan oleh 2 faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (penuaan jangka pendek, *Short-Term Aging*), serta oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang, *Long-Term Aging*) [5].

2.3.1 Short-Term Oven Aging (STOA)

Penuaan jangka pendek (*Short-Term Aging*) campuran aspal terjadi pada saat proses pembuatan campuran beraspal di unit pencampuran aspal (*AMP*), selama pengangkutan dan saat penghampirannya di lapangan. Pada saat pencampuran aspal dengan agregat dipanaskan di unit pencampur aspal (*AMP*), akan mengubah komposisi aspal, dimana komponen cair dari aspal akan menguap atau aspal mengalami oksidasi [6]

Short-Term Oven Aging (STOA) merupakan metode pengujian yang dikembangkan oleh *Strategic Highway Research Program (SHRP) project A-003 A*. Pada metode pengujian *STOA* dilakukan proses pemanasan oven di laboratorium selama 4 jam pada campuran lepas (*loose mixture*) panas dengan temperatur 135°C. Pengovenan ini dimaksudkan untuk mensimulasi proses penuaan pada campuran aspal selama proses konstruksi, pencampuran, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan [7]

2.3.1 Long Term-Oven Aging (LTOA)

Penuaan jangka panjang (*Long-Term Aging*) adalah penuaan yang terjadi selama masa pelayanan. Penuaan ini disebabkan oleh oksidasi pada perkerasan aspal secara progresif atau pemanasan secara terus-menerus akibat terkena cahaya matahari. Oksidasi yang terjadi akan merubah struktur dan komposisi molekul yang terkandung dalam aspal sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas [6].

Long-Term Oven Aging (LTOA) merupakan metode pengujian yang dikembangkan oleh Strategic Highway Research Program (SHRP) project A – 003 A. Pada metode pengujian LTOA dilakukan proses pemanasan oven di laboratorium selama 2 hari pada temperatur 85°C pada spesimen padat. Proses pemanasan oven selama 2 hari dimaksudkan untuk mensimulasikan keadaan proses penuaan pada campuran aspal selama 5 tahun umur pelayanan [7].

2.4 Durabilitas

Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur [8]. Durabilitas adalah ketahanan campuran terhadap faktor penyebab kerusakan, diantaranya proses penuaan aspal, terjadi pemisahan antar agregat, dan pelepasan lapis tipis aspal dari agregat [9].

2.4.1 Durabilitas Standar

Prosedur pengujian durabilitas standar menurut) yaitu dilakukan dengan perendaman benda uji pada temperatur tetap ± 60 °C selama 30 menit dan 24 jam. Perbandingan nilai stabilitas yang direndam selama 24 jam dengan nilai stabilitas yang direndam selama 30 menit, dinyatakan dalam persen, dan disebut Indeks Kekuatan Sisa (IKS) [2]. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$IKS = \frac{S_1}{S_2} \times 100\% \quad (1)$$

dengan:

IKS : Indeks Kekuatan Sisa (%),

S₁ : stabilitas Marshal standar dengan perendaman 30 menit pada suhu ± 60 °C (kg),

S₂ : stabilitas Marshall setelah perendaman 24 jam pada suhu ± 60 °C (kg).

2.4.2 Durabilitas Modifikasi

Kriteria perendaman satu hari tidak selalu mencerminkan sifat keawetan dari campuran setelah beberapa waktu masa perendaman, maka perlu dilakukan variasi rendaman yang lebih lama [10].

a. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama didefinisikan sebagai kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan. Indeks Durabilitas Pertama

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \quad (2)$$

dinyatakan dalam (*r*) dihitung berdasarkan Persamaan 2.

dengan:

r : Indeks Penurunan Stabilitas (%),

S_i : persentase kekuatan sisa pada waktu **t_i** (%),

S_{i+1} : persentase kekuatan sisa pada waktu **t_{i+1}** (%),

t_i, t_{i+1} : periode perendaman, dimulai dari awal pengujian (jam).

Nilai “*r*” positif bila benda uji mengalami penurunan nilai stabilitas yang mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai “*r*” negatif bila benda uji mengalami peningkatan nilai stabilitas yang mengindikasikan adanya perolehan kekuatan [6].

b. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua didefinisikan sebagai persentase kehilangan kekuatan rata-rata selama satu hari antara kurva keawetan dengan

$$a = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \quad (3)$$

garis *S₀* = 100 persen. Indeks Durabilitas Kedua dinyatakan dalam (*a*) dihitung berdasarkan Persamaan 3.

dengan:

a : persentase kehilangan kekuatan selama satu hari (%),

t_n : persentase kekuatan sisa pada waktu **t_{i+1}** (%),

S_i : persentase kekuatan sisa pada waktu **t_i** (%),

S_{i+1} : persentase kekuatan sisa pada waktu **t_{i+1}** (%),

t_i, t_{i+1} : periode perendaman, dimulai dari awal pengujian (jam).

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai “*a*” positif menggambarkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai “*a*” negatif merupakan pertambahan kekuatan [11].

Berdasarkan definisi tersebut, maka *a* < 100. Oleh karena itu, memungkinkan untuk menyatakan *n* persentase kekuatan sisa satu hari

$$A = \frac{a}{100} \times S_0 \quad (4)$$

(S_a) dengan Persamaan 4. dengan:

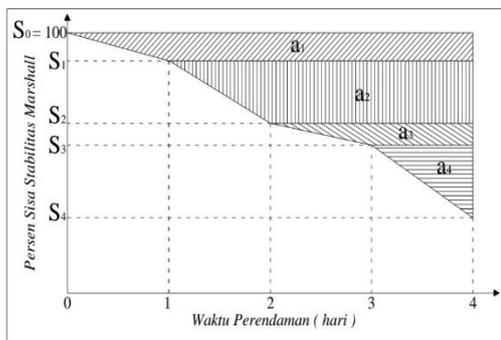
A : nilai absolut kehilangan kekuatan selama satu hari (kg),

S_0 : nilai absolut kekuatan awal (kg).

Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai $A < S_0$. Sehingga memungkinkan untuk menyatakan nilai absolut kekuatan sisa satu hari (S_A) sebagai berikut:

$$SA = (S_0 - A) \quad (5)$$

Tingkat durabilitas campuran beraspal dapat digambarkan dalam bentuk kurva keawetan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



(Sumber: Craus, J. dkk., 1981)

Gambar 1. Skema Kurva Keawetan

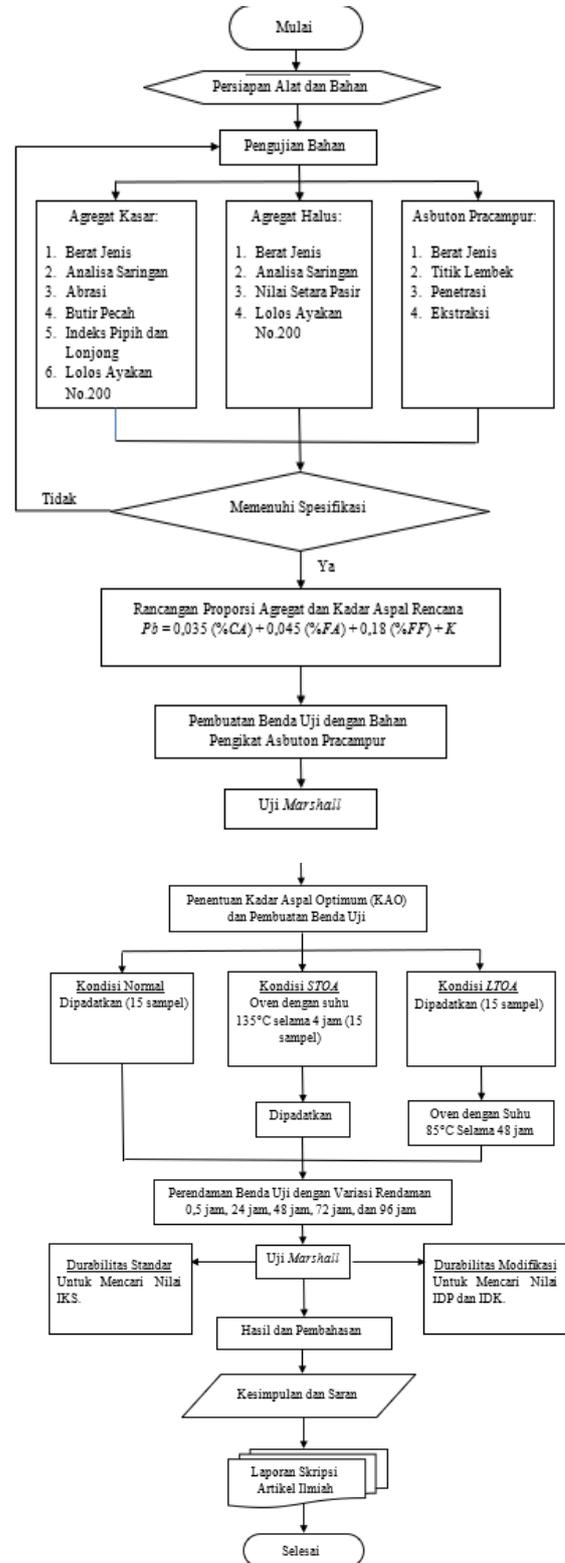
3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo, dengan menggunakan sistem pencampuran AC-WC dengan bahan pengikat berupa Asbuton Pracampur. Standar dan pedoman pengujian mengacu pada ketentuan yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2, yang merujuk pada SNI, ASTM, dan AASHTO.

Metode yang digunakan untuk pengujian campuran aspal adalah uji Marshall, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa parameter Marshall, yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB kemudian dapat dihitung Marshall Quotient.

Berdasarkan hasil dari parameter Marshall didapat KAO, kemudian dibuatkan campuran aspal berdasarkan KAO untuk kondisi normal, STOA, dan LTOA. Benda uji selanjutnya direndam dengan rentang waktu perendaman 0,5 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam. Hasil uji rendaman tersebut menjadi dasar perhitungan dan analisa data untuk durabilitas atau daya tahan dan keawetan campuran aspal. Seluruh tahapan

penelitian dirincikan pada bagan alir yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Agregat dan Asbuton Pracampur

4.1.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian kualitas agregat kasar (CA dan MA) ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian CA

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	-	2,76	-
SSD	-	2,78	-
Apparent Specific Gravity	-	2,83	-
Absorbtion	%	0,91	Maks. 3%
Keausan	%	27,98	Maks. 30%
Butir Pecah	%	97,94/96,71	95/90
Indeks Pipih	%	6,57	Maks. 10%
Indeks Lonjong	%	7,82	Maks. 10%
Lolos #200	%	0,21	Maks. 1%

Tabel 2. Hasil Pengujian MA

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	-	2,69	-
SSD	-	2,74	-
Apparent Specific Gravity	-	2,84	-
Absorbtion	%	1,90	Maks. 3%
Keausan	%	28,98	Maks. 30%
Material Lolos #200	%	0,25	Maks. 1%

4.1.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Hasil pengujian kualitas agregat halus ditunjukkan pada pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian FA

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	-	2,69	-
SSD	-	2,73	-
Apparent Specific Gravity	-	2,79	-
Absorbtion	%	1,42	3%
Nilai Setara Pasir	%	77,12	Min. 50%
Agregat Lolos #200	%	7,17	Maks. 10%

4.1.3 Hasil Pengujian Asbuton Pracampur

Hasil pengujian Asbuton Pracampur ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Asbuton Pracampur

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis	-	1,036	≥ 1,0
Titik Lembek	°C	55,5	≥ 51
Penetrasi	0,1 mm	54,0	50-60
Kadar Bitumen Hasil Ekstraksi Refluks	%	98,00	-

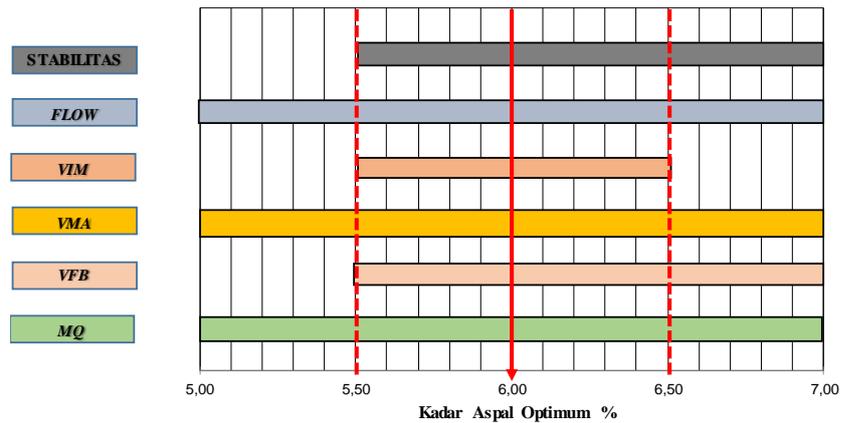
4.2 Kadar Aspal Optimum (KAO)

KAO didapat dari parameter-parameter hasil pengujian *Marshall*. Setelah ini digambarkan rentang parameter *Marshall* yang memenuhi spesifikasi pada grafik. Hasil pengujian *Marshall* untuk KAO dapat dilihat pada Tabel 5 dan penentuan KAO pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Rencana

Parameter Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stabilitas (kg)	Min. 1.000	977,76	1.342,49	1.462,77	1.247,801	1.049,69
Flow (mm)	2-4	2,96	3,16	3,32	3,40	3,52
VIM (%)	3-5	4,98	3,61	3,01	2,11	1,51
VMA (%)	Min. 15	16,45	16,32	16,87	17,14	17,67
VFB (%)	Min. 65	69,75	77,87	82,14	87,68	91,48
Kepadatan (gr/cc)	-	2,38	2,39	2,39	2,40	2,39
Marshall Quotient	Min. 250	330,33	424,84	440,59	366,77	298,21

Tabel 6. Penentuan KAO

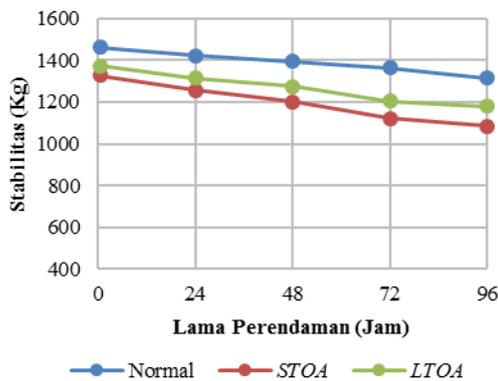


Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6 didapatkan nilai KAO AC-WC Asbuton Pracampur adalah 6%.

4.3 Perendaman Benda Uji dan Pengujian Marshall

4.3.1 Pengaruh Lama Rendaman terhadap Stabilitas

Hubungan antara variasi lama rendaman dengan nilai stabilitas ditunjukkan pada Gambar 3.



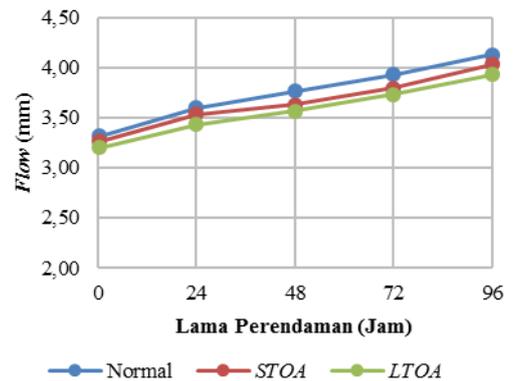
Gambar 3. Hubungan Stabilitas dengan Lama Rendaman

Nilai stabilitas benda uji normal tertinggi berada pada waktu perendaman 0,5 jam sebesar 1.462,77 kg dan terus mengalami penurunan hingga mencapai 1.316,81 kg pada waktu 96 jam perendaman. Benda uji STOA memiliki nilai stabilitas tertinggi sebesar 1.327,39 kg pada perendaman selama 0,5 jam dan nilai stabilitas terendah pada perendaman benda uji selama 96 jam sebesar 1.094,70 kg. Benda uji LTOA nilai stabilitas pada perendaman 0,5 jam sebesar 1374,99 kg yang merupakan nilai stabilitas tertinggi dan terus mengalami penurunan dan menghasilkan nilai stabilitas terendah sebesar 1.179,31 kg pada saat benda uji direndam selama 96 jam. Ketiga kondisi benda uji baik yang normal, STOA dan LTOA nilai stabilitasnya pada

kondisi lama rendaman terlama yakni selama 96 jam masih menunjukkan nilai stabilitas yang memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 yaitu minimal 1.000 kg.

4.3.2 Pengaruh Lama Rendaman terhadap Flow

Hubungan antara variasi lama rendaman dengan nilai flow ditunjukkan pada Gambar 4.

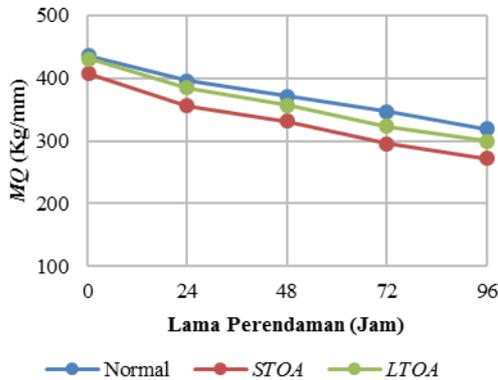


Gambar 4. Hubungan flow dengan Lama Rendaman

Nilai flow benda uji normal terendah berada pada waktu perendaman 0,5 jam sebesar 3,32 mm dan terus mengalami peningkatan hingga mencapai 4,13 mm pada waktu 96 jam perendaman. Benda uji STOA memiliki nilai flow terendah sebesar 3,27 mm pada perendamaan selama 0,5 jam dan nilai flow tertinggi pada perendaman benda uji selama 96 jam sebesar 4,03 mm. Benda uji LTOA nilai flow pada perendaman 0,5 jam sebesar 3,20 mm yang merupakan nilai flow terendah dan terus mengalami peningkatan dan menghasilkan nilai flow tertinggi sebesar 3,93 mm pada saat benda uji direndam selama 96 jam. Nilai flow benda uji normal dan STOA pada perendaman selama 96 jam telah melewati batasan maksimal flow yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 yaitu sebesar 4 mm.

4.3.1 Pengaruh MQ terhadap Lama Rendaman

Hubungan antara variasi lama rendaman dengan nilai MQ ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan MQ dengan Lama Rendaman

Nilai MQ benda uji normal tertinggi berada

pada waku perendaman 0,5 jam sebesar 435,57 kg/mm dan terus mengalami penurunan hingga mencapai 318,62 kg/mm pada waktu 96 jam perendaman. Benda uji STOA memiliki nilai MQ tertinggi sebesar 407,62 kg/mm pada perendaman selama 0,5 jam dan nilai MQ terendah pada perendaman benda uji selama 96 jam sebesar 271,48 kg/mm. Benda uji LTOA nilai MQ pada perendaman 0,5 jam sebesar 430,91 kg yang merupakan nilai MQ tertinggi dan terus mengalami penurunan dan menghasilkan nilai MQ terendah sebesar 299,98 kg/mm pada saat benda uji direndam selama 96 jam. Ketiga jenis kondisi benda uji, telah memenuhi batasan minimal nilai MQ yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 yaitu minimal 250 kg/mm.

4.4 Pengujian Durabilitas

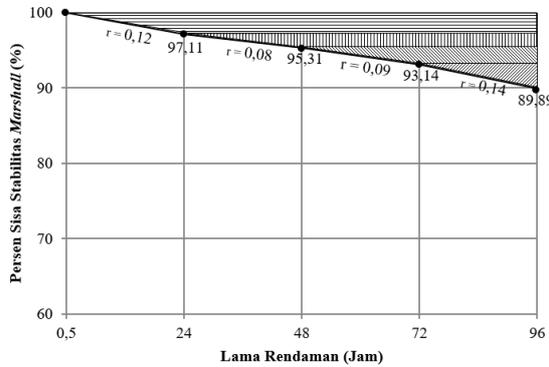
Pengaruh lama rendaman terhadap kinerja durabilitas campuran AC-WC Asbuton Pracampur ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Durabilitas terhadap Lama Rendaman

Sifat Marshall	Kondisi Benda Uji	Lama Rendaman (Jam)					Hasil
		0,5	24	48	72	96	
Stabilitas (Kg)	Normal	1.464,89	1.422,58	1.396,14	1.364,41	1.316,81	-
	STOA	1.327,39	1.258,64	1.200,47	1.121,14	1.094,70	-
	LTOA	1.374,99	1.316,81	1.274,51	1.205,76	1.179,31	-
Persen Sisa Stabilitas Marshall (%)	Normal	100,00	97,11	95,31	93,14	89,89	-
	STOA	100,00	94,82	90,44	84,46	82,47	-
	LTOA	100,00	95,77	92,69	87,69	85,77	-
Indeks Kekuatan Sisa (IKS)							
Durabilitas Standar IKS (%)	Normal						97,11
	STOA						94,82
	LTOA						95,77
	Minimal						90
Indeks Durabilitas Pertama (IDP)							
Kelandaian r (%)	Normal	-	0,12	0,08	0,09	0,14	0,42
	STOA	-	0,22	0,18	0,25	0,08	0,74
	LTOA	-	0,18	0,13	0,21	0,08	0,60
Indeks Durabilitas Kedua (IDK)							
Kehilangan Kekuatan Selama Satu Hari a (%)	Normal	-	2,52	1,13	0,81	0,41	4,87
	STOA	-	4,52	2,74	2,24	0,25	9,75
	LTOA	-	3,69	1,92	1,87	0,24	7,73
Kekuatan Sisa Selama Satu Hari Sa (%)	Normal	100,00	97,48	96,35	95,54	95,13	-
	STOA	100,00	95,48	92,74	90,50	90,25	-
	LTOA	100,00	96,31	94,39	92,51	92,27	-
A (Kg)	Normal	-	36,91	16,53	11,90	5,95	71,28
	STOA	-	59,98	36,36	29,75	3,31	129,39
	LTOA	-	50,75	26,44	25,78	3,31	106,28
SA (Kg)	Normal	1.464,89	1.427,98	1.411,45	1.399,55	1.393,60	-
	STOA	1.327,39	1.267,41	1.231,06	1.201,31	1.198,00	-
	LTOA	1.374,99	1.324,24	1.297,79	1.272,01	1.268,71	-

4.4.1 Durabilitas Benda Uji Kondisi Normal

Hasil pengujian durabilitas untuk benda uji normal pada variasi lama rendaman ditunjukkan pada Gambar 6.

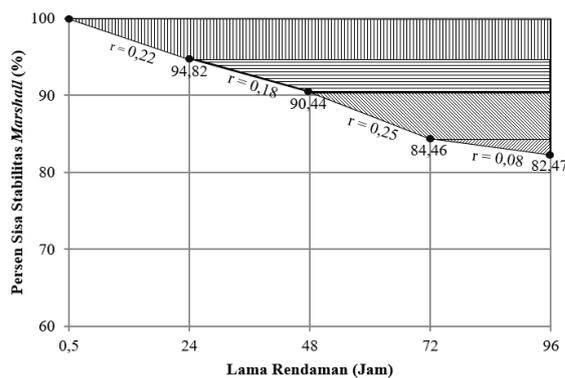


Gambar 6. Kurva Keawetan Benda Uji Kondisi Normal

Berdasarkan Gambar 6 nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan pengujian durabilitas standar sebesar 97,11% dan telah memenuhi batasan minimum dalam Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 yaitu sebesar 90%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa campuran AC-WC Asbuton Pracampur dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang dipengaruhi oleh suhu dan air. Nilai penurunan stabilitas (r, kelandaian) terbesar berada variasi lama rendaman 96 jam sebesar 0,14% dan terkecil pada variasi lama rendaman 48 jam sebesar 0,08%.

4.4.2 Durabilitas Benda Uji Kondisi STOA

Hasil pengujian durabilitas untuk benda uji STOA pada variasi lama rendaman ditunjukkan pada Gambar 7.



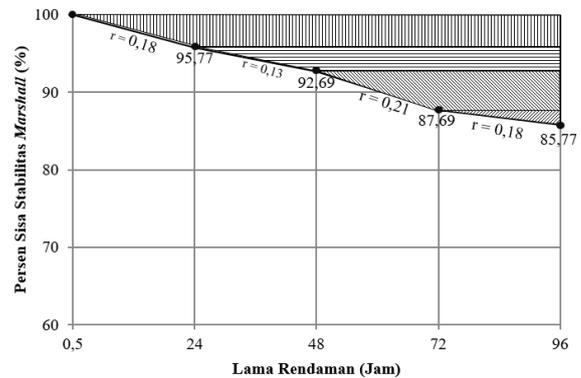
Gambar 7. Kurva Keawetan Benda Uji Kondisi STOA

Berdasarkan Gambar 7 nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan pengujian durabilitas standar sebesar 94,82% dan telah memenuhi batasan minimum dalam Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 yaitu sebesar 90%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa

campuran AC-WC Asbuton Pracampur yang mengalami penuaan jangka pendek (STOA) dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang dipengaruhi oleh suhu dan air. Nilai r (kelandaian) setelah benda uji direndam selama 72 jam mengalami penurunan atau kehilangan kekuatan yang cukup signifikan dibandingkan dengan variasi lama rendaman lainnya yaitu sebesar 0,25%.

4.4.3 Durabilitas Benda Uji Kondisi LTOA

Hasil pengujian durabilitas untuk benda uji LTOA pada variasi lama rendaman ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Kurva Keawetan Benda Uji Kondisi LTOA

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa pengaruh lama perendaman pada nilai penurunan stabilitas (r, kelandaian) terbesar pada lama rendaman selama 72 jam yaitu sebesar 0,21%. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan pengujian durabilitas standar sebesar 95,77% dan telah memenuhi batasan minimum dalam Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 yaitu sebesar 90%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa campuran AC-WC Asbuton Pracampur dengan kondisi benda uji LTOA dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang dipengaruhi oleh suhu dan air. Bila dibandingkan dengan benda uji normal, kehilangan kekuatan untuk benda uji LTOA cukup signifikan. Besarnya penurunan kekuatan ini akibat adanya proses oksidasi pada benda uji sehingga mudah retak dan akan menurunkan keawetannya.

5. SIMPULAN

Simpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Karakteristik Marshall pada benda uji normal, STOA, dan LTOA pada variasi lama rendaman sebagai berikut:
 - a. Nilai stabilitas Marshall untuk benda uji normal, STOA, dan LTOA dengan lama rendaman 96 jam secara berturut-turut

- adalah 1.464,89 kg, 1.327,39 kg, dan 1.374,99 kg.
- b. Nilai *flow* untuk benda uji normal, *STOA*, dan *LTOA* dengan lama rendaman 96 jam secara berturut-turut adalah 4,13 mm, 4,03 mm, dan 3,93 mm.
 - c. Nilai *Marshall Quotient* untuk benda uji normal, *STOA*, dan *LTOA* dengan lama rendaman 96 jam secara berturut-turut adalah 318,62 kg/mm, 271,48 kg/mm dan 299,98 kg/mm.
2. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk benda uji normal, *STOA*, dan *LTOA* secara berturut-turut adalah 97,25%, 94,82%, dan 95,77%. Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) untuk benda uji normal, *STOA*, dan *LTOA* secara berturut-turut adalah 0,42%, 0,74%, dan 0,60%. Nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK) untuk benda uji normal, *STOA*, dan *LTOA* secara berturut-turut adalah 4,87%, 9,75%, dan 7,73%.
- ## 6. DAFTAR PUSTAKA
- [1] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Rantai Pasok Material Perkerasan Jalan Menggunakan Aspal Buton, Bali: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.
 - [2] Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2, Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020.
 - [3] Pusjatan, Modul 1 Bahan Campuran Aspal Panas, Bandung: Balai Litbang Perkerasan Jalan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019.
 - [4] Mashuri, F. Astuti and J. F. Betti, "Penuaan Dini dan Durabilitas Perkerasan Lapis Tipis Aspal Beton Aspal Lapis Aus (HRS-WC) yang Menggunakan Roadcell-50," *INFRASTRUKTUR*, vol. 4, no. 2, pp. 103-113, 2 Desember 2014.
 - [5] Supriadi, Syarifudin and A. H, "Perkerasan Campuran Aspal AC – WC Terhadap Sifat Penuaan Aspal," *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 1-8, 2018.
 - [6] A. D. A. Setiawan, "Pengaruh Penuaan dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)," Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2014.
 - [7] Mashuri and R. Rahman, "Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis AC-WC," *Civil Engineering Journal on Research and Development*, vol. 1, no. 2, pp. 47-56, September 2020.
 - [8] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Bandung: Nova, 2003.
 - [9] Haris, "Analisis Pengujian Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal dengan Tes Perendaman," *Jurnal LINEARS*, vol. 2, no. 1, pp. 33-47, 2019.
 - [10] J. Craus, I. Ishai and A. Sides, "Durability of Bitumenious Paving Mixtures as Related to Filler Type and Properties," *Proceeding Association of Asphalt Paving Technologist*, vol. 50, pp. 291-318, 1981
 - [11] R. Fahmi, S. M. Saleh and M. Isya, "Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Aspal Pen. 60/70 yang Disubstitusi Limbah Ethylene Vinyl Acetate (EVA)," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 6, no. 3, pp. 271-282, 2017.