

PENGARUH JENIS ASPAL TERHADAP KARAKTERISTIK LABORATORIUM ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE AKIBAT PROSES PENUAAN

Hery Awan Susanto¹, Rizki Aulia¹, Eva Wahyu Indriyati¹ dan Gito Sugiyanto¹

*¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Mayjen Sungkono Km.5, Blater, Purbalingga, Jawa Tengah
Email: hery.susanto@unsoed.ac.id*

ABSTRAK: Kerusakan jalan akan berdampak pada kinerja dan fungsional jalan tersebut. Penyebab kerusakan jalan beraspal akibat faktor lingkungan meliputi temperatur dan air. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik Marshall campuran AC-WC pen 60/70 dan aspal modifikasi asbuton akibat proses penuaan, perendaman air, indirect tensile strength (ITS) dan permeabilitas. Aspal modifikasi asbuton diperoleh dengan cara mencampur aspal pen 60/70 dengan 4% asbuton murni terhadap kadar aspal campuran AC-WC. Pengujian penuaan meliputi penuaan jangka pendek dan jangka panjang sesuai standar AASHTO R30 untuk mensimulasikan pengaruh temperatur. Sedangkan pengujian perendaman air mengikuti standar RSNI M-01-2003 untuk mensimulasikan pengaruh kelembaban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki stabilitas yang lebih tinggi dan flow yang lebih rendah dibandingkan campuran AC-WC aspal pen 60/70. Perlakuan penuaan dan perendaman akan berakibat pada penurunan stabilitas dan kenaikan flow campuran AC-WC. Kekuatan tarik dan permeabilitas campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih tinggi dibandingkan campuran AC-WC aspal pen 60/70. Sedangkan Indeks Kekuatan Sisa campuran AC-WC aspal pen 60/70 lebih tinggi dibandingkan modifikasi asbuton..

Kata kunci: *Karakteristik Marshall, Campuran AC-WC, Penuaan, Perendaman, ITS, Permeabilitas*

THE EFFECT OF ASPHALT TYPE ON THE LABORATORY CHARACTERISTICS OF ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE DUE TO THE AGING PROCESS

ABSTRACT: *Road damage will have an impact on the performance and functionality of the road. Causes of damage to asphalt roads due to environmental factors include temperature and water. This study aims to compare the characteristics of Marshall AC-WC pen 60/70 and asphalt modified Asbuton mixture due to the aging process, water immersion, indirect tensile strength (ITS) and permeability. Asbuton modified asphalt was obtained by mixing asphalt pen 60/70 with 4% of pure asbuton to the asphalt content of AC-WC mixture. Aging testing includes short term and long term aging according to AASHTO R30 standard to simulate the effect of temperature. Meanwhile, the water immersion test followed the RSNI M-01-2003 standard to simulate the effect of humidity. The results showed that AC-WC modified asbuton mixture had higher stability and lower flow than AC-WC asphalt pen 60/70 mixture. Aging and immersion treatment will result in decreasing stability and increasing flow of the AC-WC mixture. The tensile strength and permeability of AC-WC modified asbuton mixture are higher than AC-WC asphalt pen 60/70 mixture. While the Residual Strength Index of AC-WC asphalt pen 60/70 mixture higher than the modified asbuton.*

Keywords: *Marshall characteristic parameters, AC-WC mixture, Aging, Immersion, ITS, Permeability*

PENDAHULUAN

Kondisi jalan kabupaten di Indonesia dalam kondisi mantap dengan persentase 53,36%, sedangkan untuk kondisi tidak mantap sebesar 46,64% (PUPR, 2018). Data tersebut menunjukkan bahwa kondisi jalan kabupaten dalam kondisi rusak yang cukup besar dengan hampir mendekati setengah dari panjang total jalan kabupaten yang ada. Oleh karena itu perlu adanya tinjauan mengenai kerusakan jalan dan upaya untuk mengurangi potensi terjadinya kerusakan jalan tersebut.

Kerusakan jalan yang terjadi umumnya disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah temperatur dan air. Kondisi jalan yang selalu terendam air akan menurunkan sifat durabilitas lapisan perkerasan aspal. Hal ini menjadi lebih buruk lagi jika pada saat proses pembuatan campuran aspal, selama pengangkutan, penghamparan di lapangan, dan selama masa pelayanan terjadi proses penuaan pada campuran aspal, sehingga akibatnya dapat menurunkan kinerja perkerasan aspal seperti nilai stabilitas rendah, rongga antar butir atau campuran kurang padat dan sifat durabilitas buruk. Penuaan pada perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah pengaruh temperature (Yang, et al., 2020). Di mana selama proses pencampuran aspal dilakukan, temperatur yang tinggi beresiko menyebabkan penuaan secara dini. Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal (penuaan jangka pendek) dan oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang).[Setiawan, 2014]. Penelitian yang telah dilakukan oleh Setiawan (2014), menyimpulkan bahwa pengaruh dari penuaan dan lama perendaman pada aspal AC-WC menyebabkan menurunnya nilai durabilitas aspal itu sendiri. Untuk menaikkan nilai durabilitas pada campuran aspal panas, bisa dengan cara menambahkan asbuton. Beberapa penelitian yang telah dilakukan, diantaranya yang dilakukan oleh Widarini (2017), menyimpulkan bahwa nilai stabilitas yang dilakukan dengan penambahan asbuton

pada campuran aspal panas mengalami kenaikan. Penelitian yang dilakukan oleh Indriyati (2017) menghasilkan bahwa dari kajian mengenai sifat reologi dasar, penambahan asbuton murni ke dalam aspal pen 60/70 akan meningkatkan kekerasan aspal tersebut seiring dengan penambahan kadar asbuton murni.

Penelitian yang berkaitan kinerja campuran aspal panas masih belum banyak dilakukan khususnya yang berkaitan dengan pengaruh pemilihan jenis material aspal yang dipakai dan efek penuaan. Banyak dari peneliti melakukan penelitian kinerja campuran aspal panas menggunakan satu campuran dengan beberapa variasi pengaruh bahan penyusun material. Namun belum ada yang meneliti tentang penggunaan jenis aspal dan kondisi penuaan dari aspek karakteristik Marshall, Indirect Tensile Strength (ITS), dan permeabilitas sekaligus. Pengaruh pemilihan jenis aspal dan faktor penuaan pada saat pencampuran dan temperatur di lapangan akan diselidiki efeknya terhadap kinerja campuran aspal panas dengan menggunakan alat Marshall, ITS, dan permeabilitas.

Penelitian ini ditargetkan memberikan temuan berupa mengetahui jenis aspal yang kuat agar memenuhi kinerja campuran aspal yang baik, mengetahui efek temperatur pembuatan campuran aspal di AMP, penghamparan campuran aspal di jalan dan masa pelayanan di lapangan terhadap kinerja aspal panas, hubungan aspal dan penuaan dengan parameter Marshall, ITS, dan permeabilitas.

TEORI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian ini meliputi: pengujian agregat, aspal, asbuton, perlakuan penuaan jangka pendek, perlakuan penuaan jangka panjang, perlakuan perendaman, dan pangujian Marshall pada campuran beraspal pen 60/70 dan aspal modifikasi asbuton. Gradasi agregat yang digunakan untuk campuran AC-WC mengikuti spesifikasi gradasi agregat untuk campuran AC-WC dalam standar Bina Marga, 2018. Penentuan kadar

aspal pada campuran aspal menggunakan rumus perhitungan kadar rencana RSNI M-01-2003, sedangkan kadar aspal asbuton murni yang akan digunakan dalam penelitian ini ditentukan dari hasil pengujian penetrasi berdasarkan standar Pedoman Pemanfaatan Asbuton Bina Marga 2006. Untuk perlakuan penuaan jangka pendek dan panjang mengikuti standar dari AASHTO R 30. Untuk pengujian Marshall mengikuti standar pada RSNI M-01-2003, sedangkan untuk pengujian ITS menggunakan standar ASTM D4123 dan permeabilitas mengikuti standar 2435:2008 dengan metode constant head permeability.

Pengujian Aspal Pen 60/70

Pada penelitian ini dilakukan pengujian aspal Pen 60/70 untuk menentukan sifat-sifat fisik aspal sebelum digunakan dalam campuran beraspal. Aspal Pen 60/70 yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari PT. Pertamina. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian aspal Pen 60/70 yang meliputi Penetrasi, titik lembek, daktilitas, titik nyala, berat jenis dan viskositas. Hasil pengujian aspal menunjukkan bahwa aspal Pen 60/70 telah memenuhi ketentuan dalam standar Bina Marga 2018.

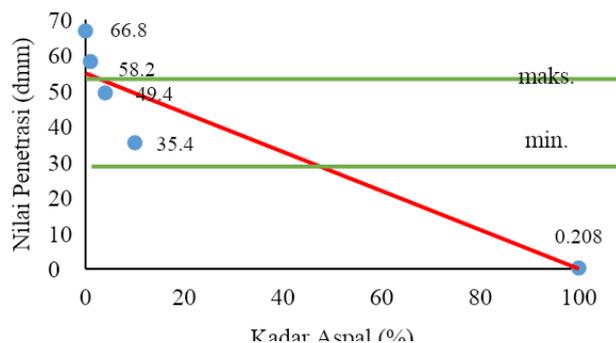
Tabel 1. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70

Jenis Pengujian	Standar Bina Marga 2018	Hasil Pengujian
Penetrasi pada 25°C, 100 g, 5 detik (0,1 mm)	60 - 70	66,8
Titik lembek (°C)	≥ 48	62
Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit (cm)	≥ 100	125
Titik nyala (°C)	≥ 232	346,9
Berat jenis	≥ 1,0	1,0255
Viskositas kinematir 135°C (cSt)	≥ 300	1348,267

Pengujian Aspal Modifikasi Asbuton

Asbuton dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Wijaya Karya. Penentuan kadar asbuton murni yang akan digunakan dilakukan melalui pengujian dengan cara mencampurkan asbuton murni dengan aspal pen 60/70 hingga mencapai nilai penetrasi yang disyaratkan oleh Bina Marga 2006 yaitu 40 – 60 dmm. Persentase kadar aspal asbuton juga merujuk pada penelitian terdahulu bahwa kadar asbuton murni yang sesuai dengan

spesifikasi Bina Marga adalah 0–8% (Indriyati, 2017). Oleh karena itu kadar asbuton yang digunakan dalam *mix design* tahap II adalah 0%, 1%, 4%, 10%, dan 100%. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa kadar asbuton murni yang sesuai dengan standar Bina Marga berada dalam rentang 1-4%. Dalam penelitian ini digunakan kadar asbuton murni sebesar 4% dengan nilai penetrasi 49,4 dmm. Nilai penetrasi ini mendekati nilai tengah dari rentang standard Bina Marga yaitu 50 dmm.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Kadar Asbuton Murni dengan Nilai Penetrasi

Selanjutnya asbuton murni sebesar 4% dicampur dengan aspal Pen 60/70. Hasil campuran ini disebut dengan aspal modifikasi asbuton. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian aspal modifikasi asbuton.

Dari hasil pengujian terlihat bahwa nilai penetrasi aspal modifikasi asbuton memiliki penetrasi dalam rentang spesifikasi, yaitu 49,4 dmm. Nilai titik lembek dan daktilitas juga dalam batas spesifikasi aspal modifikasi

Bina Marga 2006. Sehingga aspal dalam campuran AC-WC. modifikasi yang dibuat dapat digunakan

Tabel 2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Modifikasi Asbuton

Jenis Pengujian	Standar Bina Marga 2006	Hasil Pengujian
Penetrasi pada 25°C, 100 g, 5 detik (0,1 mm)	40 - 60	49,4
Titik lembek (°C)	≥ 55	62
Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit (cm)	≥ 100	125

Pengujian Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Barokah Alam Stone Crusher. Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa agregat sudah memenuhi spesifikasi untuk

perencanaan campuran AC-WC. Agregat yang dipilih memiliki tingkat keausan yang tinggi serta penyerapan air yang rendah serta berat jenis agregat pada umumnya, sehingga dapat digunakan dalam campuran AC-WC.

Tabel 3. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Jenis Pengujian	Standar Bina Marga 2018	Hasil Pengujian
Agregat Kasar		
Abrasi dengan alat <i>Los Angeles</i> 500 putaran (%)	≤ 40	10,79
Berat jenis curah kering	-	2,61
Berat jenis curah	-	2,66
Berat jenis semu	-	2,75
Penyerapan air (%)	≤ 3	1,92
Agregat Halus		
Berat jenis curah kering	-	2,63
Berat jenis curah	-	2,62
Berat jenis semu	-	2,65
Penyerapan air (%)	≤ 3	0,4
Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)		
Berat jenis semu	-	2,65

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Aspal Optimum

Pengujian Marshall tahap 1 bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (P_{bopt}) yang digunakan dalam campuran AC-WC. Nilai kadar aspal optimum pendekatan dihitung menggunakan persamaan empiris $P_{be}=0,035(\%CA)+0,045(\%FA)+0,18(\%F)+K$. Dari persamaan tersebut, diperoleh kadar

Aspal optimum pendekatan sebesar $P_{be}=0,035(39\%)+0,045(54,5\%)+0,18(6,5\%)+0,75 = 5,74\%$, dan dibulatkan menjadi 5,5%. Berdasarkan nilai P_{be} 5,5%, maka dapat ditentukan variasi kadar aspal adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Tabel 4 menunjukkan hasil analisis terhadap persyaratan karakteristik Marshall pada tahap 1 dengan nilai P_{bopt} sebesar 6%

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Marshall untuk P_{bopt}

Parameter	Kadar Aspal (%) Standar*	Kadar Aspal (%)				
		4,5	5	5,5	6	6,5
Density (gr/cc)	-	2,22	2,32	2,35	2,38	2,34
VMA (%)	≥ 15	19,62	16,52	15,77	15,18	16,87
VIM (%)	3 – 5	11,51	7,91	4,90	3,88	3,14
VFB (%)	≥ 65	41,65	52,22	69,02	74,57	81,40
Stabilitas (kg)	≥ 800	1025,99	1336,29	1468,80	1432,08	1017,67
Flow (mm)	2 – 4	6,27	5,01	3,90	3,80	3,57
MQ (Kg/mm)	-	173,63	269,18	378,01	377,52	286,41

*Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018

Pengaruh Perlakuan Penuaan Kehilangan Berat

Hasil dari perlakuan penuaan menunjukkan adanya penguapan massa aspal pada benda uji yang menyebabkan berkurangnya berat benda uji tersebut. Tabel 5 menunjukkan bahwa campuran AC-WC pen 60/70 beratnya berkurang 0,233 gram (0,02%) sedangkan pada campuran AC-WC

modifikasi asbuton berkurang 0,867 gram (0,073%). Kehilangan berat pada campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih besar daripada campuran AC-WC pen 60/70. Hal menunjukkan bahwa campuran AC-WC modifikasi asbuton mengalami penguapan massa aspal yang lebih besar dibandingkan campuran AC-WC pen 60/70.

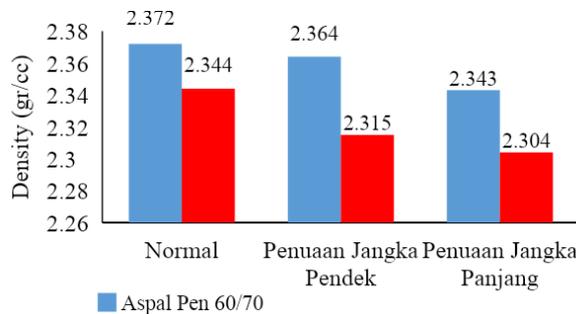
Tabel 5. Kehilangan Berat

Kondisi	Berat Campuran Aspal (gram)	
	Pen 60/70	Modifikasi Asbuton
Sebelum penuaan	1181,9	1181,3
Sesudah penuaan	1181,7	1180,4
Selisih	0,233 (0,02%)	0,867 (0,073%)

Density

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa perlakuan penuaan berpengaruh pada penurunan nilai density baik pada campuran AC-WC modifikasi asbuton maupun aspal pen 60/70. Campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki nilai density yang lebih kecil dibandingkan dengan campuran

AC-WC aspal pen 60/70 untuk semua perlakuan penuaan. Hal ini dikarenakan pada campuran AC-WC modifikasi asbuton terjadi kehilangan berat yang lebih besar akibat proses penuaan dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70.

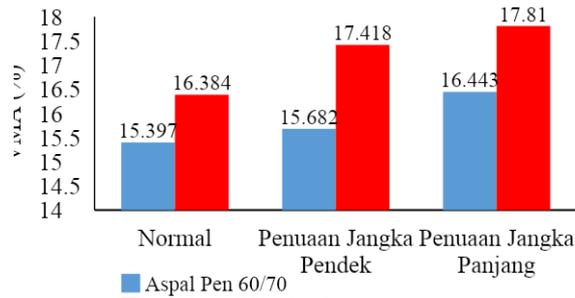


Gambar 2. Grafik Batang Perbandingan Antara Nilai Density Akibat Perlakuan Penuaan dan Jenis Aspal

Void in Mineral Aggregate (VMA)

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai VMA mengalami kenaikan akibat perlakuan penuaan baik pada campuran AC-WC modifikasi asbuton maupun aspal pen 60/70. Hal ini dikarenakan terjadinya kehilangan massa aspal pada campuran AC-WC pada proses penuaan. Campuran AC-WC modifikasi

asbuton memiliki nilai VMA yang lebih besar dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70 untuk semua perlakuan penuaan. Hal ini disebabkan karena pada proses penuaan campuran AC-WC modifikasi asbuton terjadi kehilangan massa aspal yang lebih besar dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70.

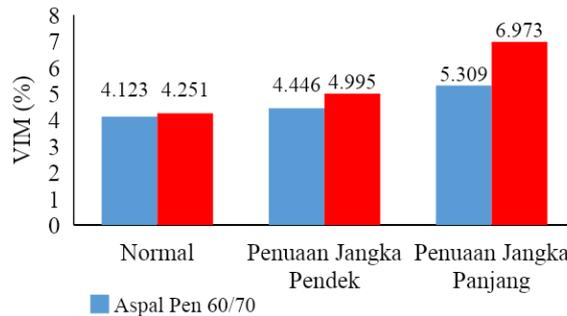


Gambar 3. Grafik Batang Perbandingan Antara Nilai VMA Akibat Perlakuan Penuaan dan Jenis Aspal

Void in Mix (VIM)

Pada Gambar 4 terlihat bahwa akibat proses penuaan maka nilai VIM juga mengalami kenaikan baik pada campuran AC-WC modifikasi asbuton maupun aspal pen 60/70. Hal ini terjadi karena kehilangan massa aspal dalam rongga campuran akibat proses penuaan. Campuran AC-WC modifikasi

asbuton juga memiliki nilai VIM yang lebih besar dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70 untuk semua perlakuan penuaan. Hal ini terjadi karena campuran AC-WC modifikasi asbuton mengalami kehilangan massa aspal yang lebih besar akibat proses penuaan jika dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70.

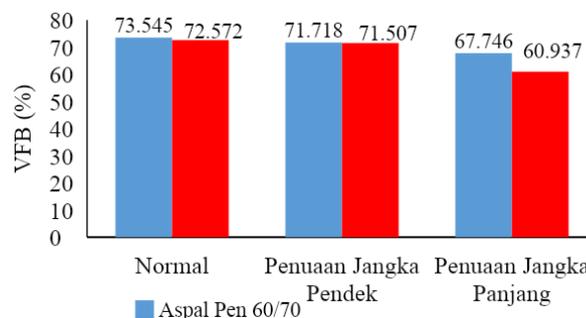


Gambar 4. Grafik Batang Perbandingan Antara Nilai VIM Akibat Perlakuan Penuaan dan Jenis Aspal

Void Filled Bitumen (VFB)

Pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai VFB mengalami penurunan akibat proses penuaan baik pada campuran AC-WC modifikasi asbuton maupun aspal pen 60/70. Hal ini disebabkan oleh karena massa aspal yang mengisi rongga berkurang akibat proses penuaan. Campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki nilai VFB yang

lebih kecil dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70 untuk semua perlakuan penuaan. Hal ini terjadi karena campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki nilai penetrasi yang lebih kecil dan juga kehilangan berat yang lebih besar akibat proses penuaan jika dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70.

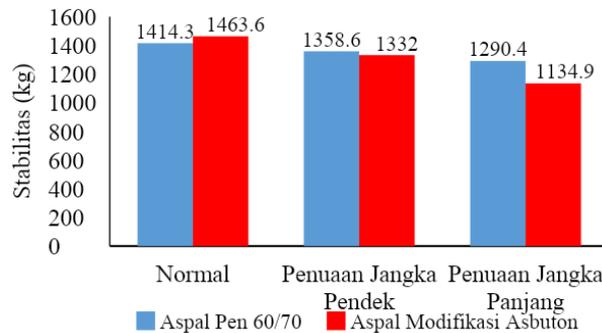


Gambar 5. Grafik Batang Perbandingan Antara Nilai VFB Akibat Perlakuan Penuaan dan Jenis Aspal

Stabilitas

Berdasarkan Gambar 6 berikut terlihat bahwa nilai stabilitas mengalami penurunan akibat proses penuaan pada kedua jenis campuran AC-WC. Penurunan nilai stabilitas pada campuran AC-WC pen 60/70 akibat perlakuan penuaan jangka pendek 55,7 kg (3,938%) dan akibat perlakuan jangka panjang 123,9 kg (8,760%). Sedangkan penurunan nilai stabilitas pada campuran AC-WC modifikasi asbuton akibat perlakuan penuaan jangka pendek 131,6 kg (8,992%) dan akibat perlakuan penuaan jangka panjang 328,7 kg (22,458%). Campuran AC-WC modifikasi

asbuton memiliki nilai stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70 pada proses tanpa penuaan. Hal ini terjadi karena aspal modifikasi asbuton memiliki nilai penetrasi yang lebih kecil daripada aspal pen 60/70. Namun pada proses penuaan stabilitas campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih kecil dibandingkan campuran AC-WC aspal pen 60/70. Hal ini dikarenakan campuran AC-WC modifikasi asbuton mengalami kehilangan massa aspal yang lebih besar akibat proses penuaan jika dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70.

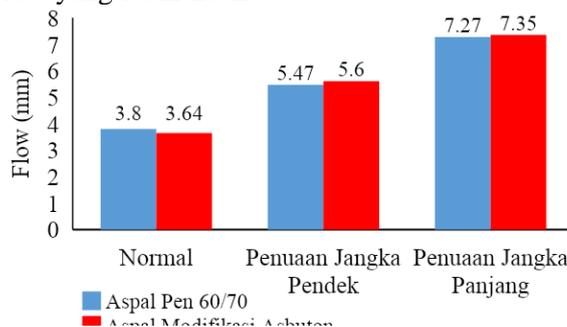


Gambar 6. Grafik Batang Perbandingan Antara Nilai Stabilitas Akibat Perlakuan Penuaan dan Jenis Aspal

Flow

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai flow mengalami kenaikan akibat proses penuaan pada kedua jenis campuran AC-WC. Kenaikan nilai flow pada campuran AC-WC pen 60/70 akibat perlakuan penuaan jangka pendek 1,67 mm (43,947%) dan akibat perlakuan jangka panjang 3,47 mm (91,316%). Sedangkan kenaikan nilai flow pada campuran Ac-WC modifikasi asbuton akibat perlakuan penuaan jangka pendek 1,96 mm (53,846%) dan akibat perlakuan penuaan jangka panjang 3,71 mm (101,923%). Campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki nilai flow yang lebih kecil

dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70 pada proses tanpa penuaan. Hal ini diakibatkan oleh sifat fisik aspal modifikasi asbuton yang lebih keras dibandingkan dengan aspal pen 60/70. Pada proses penuaan campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki nilai flow yang lebih besar dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70. Hal ini terjadi karena campuran AC-WC aspal modifikasi asbuton terjadi kehilangan massa aspal yang lebih besar akibat proses penuaan jika dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70.

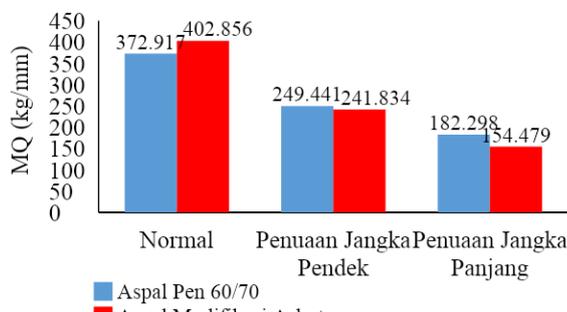


Gambar 7. Grafik Batang Perbandingan Antara Nilai Kelelahan Akibat Perlakuan Penuaan dan Jenis Aspal

Marshall Quotient (MQ)

Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai MQ mengalami penurunan akibat proses penuaan pada kedua jenis campuran AC-WC. Nilai MQ dipengaruhi oleh perubahan nilai stabilitas dan flow. Penurunan nilai MQ pada campuran AC-WC aspal pen 60/70 akibat perlakuan penuaan jangka pendek 123,476 kg/mm (33,915%) dan akibat perlakuan jangka panjang 190,619 kg/mm (51,116%). Sedangkan pada campuran AC-WC modifikasi asbuton akibat perlakuan penuaan jangka pendek 161,022 kg/mm (39,970%) dan akibat perlakuan penuaan jangka panjang 248,377 kg/mm (61,654%).

Pada kondisi tanpa proses penuaan nilai MQ campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih tinggi dibandingkan campuran AC-WC aspal pen 60/70, sehingga campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih kaku dibandingkan campuran AC-WC aspal pen 60/70. Campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki nilai MQ yang lebih kecil dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70. Hal ini menunjukkan bahwa campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih elastis karena mengalami kehilangan massa aspal yang lebih besar akibat proses penuaan jika dibandingkan dengan campuran dengan aspal pen 60/70.



Gambar 8. Grafik Batang Perbandingan Antara Nilai MQ Akibat Perlakuan Penuaan dan Jenis Aspal

Pengaruh Perlakuan Perendaman Perbandingan Stabilitas

Pada Tabel 6 dapat diketahui bahwa campuran AC-WC aspal pen 60/70 nilai stabilitasnya turun akibat perlakuan perendaman pada kondisi tanpa perlakuan penuaan 122,8 kg (8,683%), dengan perlakuan penuaan jangka pendek 167,8 kg (12,351%), dan dengan perlakuan penuaan jangka panjang 183,6 kg (14,228%). Sedangkan pada campuran AC-WC modifikasi asbuton nilai stabilitasnya turun

akibat perlakuan perendaman pada kondisi tanpa perlakuan penuaan 217,7 kg (14,874%), dengan perlakuan penuaan jangka pendek 197,1 kg (14,797%), dan dengan perlakuan penuaan jangka panjang 152,7 kg (13,455%). Perlakuan perendaman berdampak pada penurunan nilai stabilitas baik pada kondisi tanpa dan dengan perlakuan penuaan. Hal ini terjadi karena perlakuan perendaman menyebabkan intrusi air ke dalam campuran AC-WC yang melunakan benda uji akibat kelembaban.

Tabel 6. Nilai Stabilitas Campuran Beraspal Akibat Perlakuan Perendaman

Kondisi	Aspal Pen 60/70 (Kg)		Aspal Modifikasi Asbuton (Kg)	
	Kering	Perendaman	Kering	Perendaman
Normal	1414,3	1291,5	1463,6	1245,9
Penuaan Jangka Pendek	1358,6	1190,8	1332,0	1134,9
Penuaan Jangka Panjang	1290,4	1106,8	1134,9	982,2

Perbandingan Flow

Berdasarkan Tabel 7 terlihat bahwa campuran AC-WC aspal pen 60/70 nilai flownya naik akibat perlakuan perendaman pada kondisi tanpa perlakuan penuaan 1,53 mm (40,263%), dengan perlakuan penuaan

jangka pendek 0,43 mm (7,861%), dan dengan perlakuan penuaan jangka panjang 0,33 mm (4,54%). Sedangkan pada campuran AC-WC modifikasi asbuton nilai flownya naik akibat perlakuan perendaman

pada kondisi tanpa perlakuan penuaan 1,66 mm (45,604%), dengan perlakuan penuaan jangka pendek 0,17 mm (3,036%), dan dengan perlakuan penuaan jangka panjang 0,12 mm (1,633%). Perlakuan perendaman berdampak pada kenaikan nilai flow baik

pada kondisi tanpa dan dengan perlakuan penuaan. Hal ini terjadi karena perlakuan perendaman menyebabkan intrusi air ke dalam campuran AC-WC yang melunakan benda uji akibat kelembaban.

Tabel 7. Nilai Flow Campuran Beraspal Akibat Perlakuan Perendaman

Kondisi	Aspal Pen 60/70 (mm)		Aspal Modifikasi Asbuton (mm)	
	Kering	Perendaman	Kering	Perendaman
Normal	3,80	5,33	3,64	5,30
Penuaan Jangka Pendek	5,47	5,90	5,60	5,77
Penuaan Jangka Panjang	7,27	7,60	7,35	7,47

Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa nilai pada campuran AC-WC aspal pen 60/70 tanpa perlakuan penuaan sebesar 91,32% sesuai dengan syarat dari Bina Marga yaitu minimal

90% pada hari 0-3. Pada kondisi penuaan akan mengalami penurunan kekuatan. Sedangkan campuran AC-WC modifikasi asbuton tidak memenuhi syarat IKS baik pada kondisi tanpa penuaan dan dengan penuaan.

Tabel 8. Nilai IKS Campuran Beraspal Akibat Perlakuan Perendaman

Kondisi	IKS (%)	
	Aspal Pen 60/70	Aspal Modifikasi Asbuton
Normal	91,32	86,55
Jangka Pendek	87,65	85,13
Jangka Panjang	85,77	79,07

Indirect Tensile Strength (ITS)

Tabel 9 menunjukkan bahwa proses penuaan berdampak pada penurunan nilai ITS pada kedua jenis campuran AC-WC. Proses penuaan membuat aspal menjadi getas, sehingga elastisitasnya menurun dan menyebabkan potensi retak semakin tinggi. Sementara itu campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki nilai ITS yang lebih tinggi dibandingkan campuran AC-

WC aspal Pen. 60/70 pada kondisi tanpa proses penuaan dan dengan penuaan. Hal tersebut disebabkan karena asbuton memiliki sifat yang lebih keras (penetrasi rendah) dibandingkan aspal Pen 60/70. Sehingga menyebabkan campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki kekakuan dan ketahanan retak yang tinggi dibandingkan campuran AC-WC aspal pen 60/70.

Tabel 9. Nilai ITS Campuran Beraspal Akibat Perlakuan Penuaan

Kondisi	ITS (KPa)	
	Aspal Pen 60/70	Aspal Modifikasi Asbuton
Normal	214,476	330,231
Jangka Pendek	209,782	316,192
Jangka Panjang	174,842	185,761

Permeabilitas

Tabel 10 menunjukkan bahwa durasi penuaan akan menyebabkan nilai permeabilitas semakin tinggi pada kedua jenis campuran AC-WC. Hal ini diakibatkan terjadinya perubahan sifat fisik dan pengurangan massa aspal dalam campuran

yang menyebabkan ikatan dengan agregat berkurang, sehingga potensi terjadinya pori dalam campuran semakin besar. Permeabilitas campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih tinggi dibandingkan AC-WC aspal pen 60/70. Hal diakibatkan oleh penguapan massa aspal pada campuran AC-

WC modifikasi asbuton yang lebih tinggi dibandingkan AC-WC aspal pen 60/70,

sehingga meningkatkan jumlah pori pada campuran.

Tabel 10. Nilai Permeabilitas Campuran Beraspal Akibat Perlakuan Penuaan

Kondisi	Debit (cm/s)	
	Aspal Pen 60/70	Aspal Modifikasi Asbuton
Normal	0,0009	0,0011
Jangka Pendek	0,0012	0,0013
Jangka Panjang	0,002	0,003

SIMPULAN

- 1) Campuran AC-WC modifikasi asbuton memiliki stabilitas 3,47% lebih tinggi dan 4,21% flow lebih rendah dibandingkan dengan campuran AC-WC aspal pen 60/70 .
- 2) Perlakuan penuaan pada campuran AC-WC pen 60/70 dan modifikasi asbuton berdampak pada penurunan stabilitas, MQ, VFB, dan density serta kenaikan flow, VIM, dan VMA.
- 3) Perlakuan perendaman pada campuran AC-WC pen 60/70 dan modifikasi asbuton berdampak pada penurunan stabilitas dan kenaikan flow.
- 4) Indeks Kekuatan Sisa campuran AC-WC aspal pen 60/70 lebih tinggi dibandingkan modifikasi asbuton.
- 5) Kuat tarik campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih tinggi dibandingkan campuran aspal pen 60/70.
- 6) Permeabilitas campuran AC-WC modifikasi asbuton lebih tinggi dibandingkan modifikasi asbuton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Jenderal Soedirman melalui skema penelitian Riset Pengembangan Institusi (RPK) Tahun 2020. Terima kasih disampaikan kepada LPPM Unsoed atas fasilitasi penelitian RPK tahun dan Tim peneliti yang telah bekerja sama dengan baik hingga tersusunya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

Bell, C. A., dkk. 1994. Selection of Laboratory Aging Procedures for Asphalt-Aggregate Mixtures. Washington.
 Indriyati, E. W. 2017. Pengaruh Asbuton Murni terhadap Indeks Penetrasi Aspal. Purwokerto.
 Juwita, F. dan Ariadi, D. Analisis Jenis Kerusakan Perkerasan Lentur

Menggunakan Metode Pavement Condition Index (Study Kasus Jalan Ratu Dibalau Bandar Lampung). Bandar Lampung: Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai.
 Setiawan, A. D. A. 2014. Pengaruh Penuaan dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Universitas Muhammadiyah Surakarta.
 Sukirman, S. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.
 Sukirman, S. 2016. Beton Aspal Campuran Panas. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
 Widarini, W. 2017. Karakteristik Marshall Campuran Aspal Laston (AC-WC) Modifikasi Asbuton terhadap Rendaman Air Laut. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman.
 Widodo, S., dkk. 2012. Pengaruh Penuaan Aspal terhadap Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course. Surakarta: Seminar Nasional Teknik Sipil UMS 2012.
 Yang, S.H., Susanto, H.A., dan Atiya A.F. 2020. Comparison between Viscoelastic Mechanical and Chemical Kinetik Aging Model of Asphalt Concrete. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Volume 982, International Conference in Engineering, Technology and Innovative Researches (ICETIR 2020) 2nd-3rd September 2020, Indonesia. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/982/1/012065>.