

PERBANDINGAN KARAKTERISTIK *ASHPALT CONCRETE WEARING COURSE* MODIFIKASI PG 70 DAN ASPAL PENETRASI 60/70 DENGAN BAHAN TAMBAH *ANTI STRIPPING AGENT*

Mohammad Ardy Kusuma Ananto^{1*}, Muhammad Agus Kurniawan², & Juny Andry³
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

*Corresponding author e-mail: ardyk744@gmail.com, muhaguskurniawan94@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Road pavement plays a crucial role in supporting connectivity and economic development, with the wearing course acting as the primary layer subjected to traffic loads and environmental exposure. In Indonesia, commonly used asphalt types include penetration grade 60/70 and PG 70 modified asphalt, the latter offering superior resistance to deformation and cracking. To mitigate moisture-induced stripping, anti stripping agents (ASA) such as hydrated lime are applied to enhance adhesion and improve mixture durability. This study aims to analyze the characteristics of Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) mixtures utilizing both asphalt types, and to evaluate the influence of ASA on performance enhancement, in order to recommend optimal materials for pavement applications. The research methodology involves laboratory-based experimental testing of AC-WC mixtures prepared with the two asphalt types, both with and without the addition of hydrated lime as an ASA. The evaluation focuses on volumetric properties (VIM, VMA, VFB, stability, flow, and Marshall Quotient (MQ)) to determine the most suitable materials for pavement applications. The findings indicate that PG 70 modified asphalt yields higher stability and MQ values than penetration grade 60/70 asphalt, and demonstrates better moisture resistance. Moreover, ASA addition significantly enhances the adhesive bond and stripping resistance in both asphalt types. Based on the test result, AC-WC mixtures incorporating PG 70 asphalt and ASA are recommended for road pavement in tropical regions with high traffic volumes.

Perkerasan jalan memainkan peran penting dalam mendukung konektivitas dan pembangunan ekonomi, dengan lapisan permukaan bertindak sebagai lapisan utama yang terkena beban lalu lintas dan paparan lingkungan. Di Indonesia, jenis aspal yang umum digunakan meliputi aspal penetrasi grade 60/70 dan aspal modifikasi PG 70, yang terakhir menawarkan ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi dan retak. Untuk mengurangi pengelupasan akibat kelembapan, bahan anti pengelupasan (ASA) seperti kapur hidrat diaplikasikan untuk meningkatkan daya rekat dan meningkatkan daya tahan campuran. Studi ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) yang menggunakan kedua jenis aspal tersebut, dan untuk mengevaluasi pengaruh ASA terhadap peningkatan kinerja, guna merekomendasikan material optimal untuk aplikasi perkerasan jalan. Metodologi penelitian melibatkan pengujian eksperimental berbasis laboratorium terhadap campuran AC-WC yang dibuat dengan dua jenis aspal, baik dengan maupun tanpa penambahan kapur hidrat sebagai ASA. Evaluasi ini berfokus pada sifat volumetrik (VIM, VMA, VFB, stabilitas, aliran, dan Marshall Quotient (MQ)) untuk menentukan material yang paling sesuai untuk aplikasi perkerasan jalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aspal modifikasi PG 70 menghasilkan nilai stabilitas dan MQ yang lebih tinggi daripada aspal dengan penetrasi grade 60/70, dan menunjukkan ketahanan terhadap kelembapan yang lebih baik. Selain itu, penambahan ASA secara signifikan meningkatkan ikatan perekat dan ketahanan terhadap pengelupasan pada kedua jenis aspal. Berdasarkan hasil tersebut, campuran AC-WC yang menggabungkan aspal PG 70 dan ASA direkomendasikan untuk perkerasan jalan di daerah tropis dengan volume lalu lintas yang tinggi.

Keyword :

*PG 70 Modified, Pen
60/70, AC-WC, Anti Stripping
Agent, Asphalt Concrete
Mixtures, Marshall*

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan memiliki peranan penting dalam menunjang konektivitas transportasi dan mendukung pertumbuhan ekonomi. Kinerja perkerasan jalan dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan.

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), kadar rongga dalam campuran adalah indikator paling penting untuk memastikan campuran tidak terlalu padat atau berongga, nilai kadar rongga dalam campuran yang ideal akan menghasilkan suatu campuran yang stabil, tahan terhadap deformasi dan keausan, tidak mudah rusak karena air atau suhu tinggi.

Pada penelitian ini digunakan bahan aspal berupa aspal pen 60/70 yang cocok digunakan pada iklim tropis dan aspal mod PG 70 yang telah ditingkatkan sifat kinerjanya melalui bahan polimer, sehingga tahan terhadap deformasi dan retak pada suhu tinggi. Diharapkan dapat digunakan sebagai bahan inti perkerasan jalan di Indonesia. Pada penelitian ini presentasi yang digunakan untuk variasi presentase kadar aspal adalah 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0% dan 6,5%.

Anti Stripping Agent digunakan sebagai bahan additive untuk meningkatkan daya lekat (adhesi) antara aspal dan agregat dan mencegah terjadinya terlepasnya aspal dari permukaan agregat akibat pengaruh. Oleh karena itu campuran AC-WC kemungkinan jika ditambahkan dengan bahan anti stripping agent kualitas campuran akan meningkat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan karakteristik performa campuran AC-WC pen 60/70 dan mod PG 70 yang ditambahkan bahan anti stripping agent yang telah ditentukan pada lapisan perkerasan jalan.

2. METODOLOGI DAN BAHAN

Metode penelitian menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan karakteristik asphalt concrete wearing course modifikasi PG 70 dan aspal Pen 60/70 dengan bahan tambah anti stripping agent.

a. Aspal

Lapisan aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal pen 60/70 dan aspal mod pg 70. Pengujian yang dilakukan untuk aspal ini adalah 9 parameter yaitu penetrasi, titik lembek, daktilitas, flash point, solubility, dynamic shear rheometer, bending beam rheometer, multiple stress creep recovery. Parameter tersebut dapat mewakili karakteristik utama dari aspal untuk diaplikasikan sebagai campuran untuk perkerasan lentur. Hasil pengujian aspal tertera pada Tabel 1 dengan menggunakan perbandingan berdasarkan dari Spesifikasi Pemeriksaan Umum 2018, Seksi 6.3. Campuran beraspal panas.

Tabel 1. Pengujian Aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal Mod PG 70		Hasil Pemeriksaan	Metode Pengujian	Keterangan
1	Penetrasi Pada 25 ° C	0,1 mm			55	SNI-2456:2011	Dilaporkan
2	Temperature Menghasilakn Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) Osilasi 10 Rad/Sec $\geq$ 1,0 Kpa	° C	70	76	75,3	SNI-06-6442-2000	Memenuhi
3	Viskositas Kinematis Pada 135 ° C	cSt	-	$\leq$ 3000	1005	ASTM D2170-10	Memenuhi
4	Titik Lembek	cm	-	-	58,3	SNI 2434:2011	Dilaporkan
5	Berat Jenis	%	Min 1,0	-	1036	SNI-06-2441-2011	Memenuhi
6	Kelarutan Dalam Trikloroetilena	%	$\geq$ 99	-	99,1	SNI 2438:2015	Memenuhi

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

b. Agregat

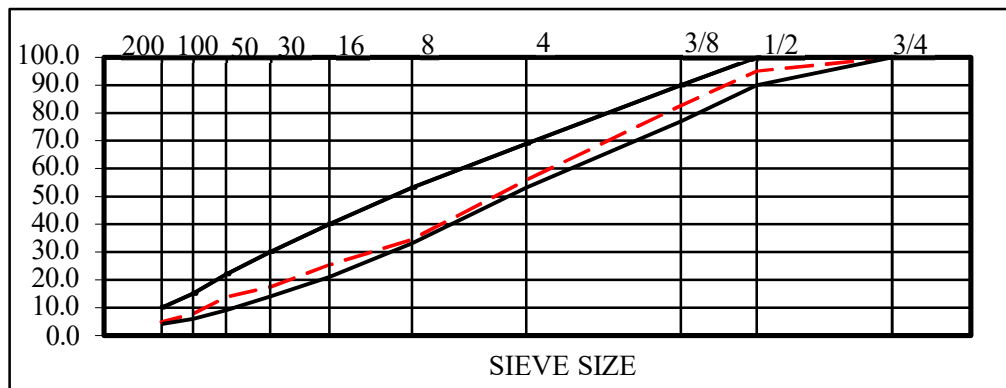
Material agregat yang digunakan berasal dari PT Multi Bangun Indonesia ,Porong Jawa Timur. Dalam pembuatan aspal beton (laston) AC-WC, komponen utama yang membentuk campuran adalah aspal dan agregat. Untuk menentukan gradasi agregat pada lapisan AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course), terdapat agregat kasar yang terdiri dari batu pecah dengan ukuran $\frac{3}{4}$ dan $\frac{1}{2}$, agregat halus berupa abu batu, serta bahan pengisi seperti filler. Agar aspal beton yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap gradasi agregat terlebih dahulu, yang harus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018(Revisi 2) dan sesuai dengan acuan (SNI 03-1968 1990 / AASHTO T.27-88). Hasil dari percobaan analisis saringan gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2. Pemeriksaan Pengujian Laboratorium

SIEVE SIZE	HOT-BIN.III		HOT-BIN. II			HOT-BIN.I	FILLER	TOTAL	BATASAN
		20%		46%		34%			
2 "	100	20	100	46	100	34		100	
1½"	100	20	100	46	100	34		100	
1 "	100	20	100	46	100	34		100	
¾"	100	20	100	46	100	34		100	100
1/2"	75,1	15,0	100	46	100	34		95,0	90-100
3/8"	13,2	2,6	100	46	100	34		82,6	77-90
# 4.	0,6	0,1	47,3	21,8	100,0	34		55,9	53-69
# 8.	0,2	0,0	3,1	1,4	97,3	33,1		34,6	33-53
# 16.	0,2	0,0	0,1	0,0	74,2	25,2		25,3	21-40
# 30.			0,1	0,0	51,4	17,5		17,5	14-30
# 50.			0,1	0,0	40,4	13,7		13,8	9-22
# 100.			0,1	0,0	22,9	7,8		7,8	6-15
# 200.			0,1	0,0	14,1	4,8		4,8	4-10

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Berdasarkan hasil tabel diatas didapatkan hasil total campura gradasi kombinasi agregat yang tidak boleh melampaui batas maksimal dan minimal dari spesifikasi yang sudah ditetapkan, hasil grafik kombinasi gradasi agregat dan batas spesifikasi dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



Gambar 1. Grafik Kombinasi Agregat

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

c. Anti stripping agent

Bahan tambah berupa aditif kimia cair yang dicampurkan ke dalam aspal dengan dosis $\pm 0,2\%$ dari berat aspal. ASA berfungsi untuk meningkatkan daya rekat antara aspal dan agregat serta mengurangi potensi stripping akibat kelembaban atau air.

d. JMD dengan penambahan anti stripping agent

Penelitian ini menggunakan variasi anti stripping agent dengan presentase 0,2% pada campuran AC-WC Pen 60/70 dan Mod PG. Masing – masing variasi campuran terdiri dari 3 buah benda uji sehingga total campuran modifikasi sebanyak 6 benda uji seperti tertera pada tabel dibawah.

Tabel 3. Variasi dan Sampel Benda Uji

Benda Uji	Kadar ASA	Kadar Aspal	Benda Uji	Jumlah
AC-WC Mod PG 70	0,2 %	5,7 %	6	6
AC-WC PEN 60/60	0,2 %	5,7 %	6	6

e. Marshall Test

Setelah menentukan Job Mix Design (JMD) dan formula desain campuran, dilakukan pembuatan benda uji aspal sebanyak 2 variasi, dengan setiap variasi terdiri dari

6 benda uji, sehingga totalnya mencapai 12 benda uji. Setiap benda uji ditimbang dalam keadaan kering. Selanjutnya, benda uji direndam selama 24 jam, kemudian ditimbang kembali dalam keadaan kering bebas air (SSD). Setelah memperoleh berat benda uji, dilakukan perendaman dalam waterbath (pemanasan cairan dengan merendamnya dalam air yang sudah dipanaskan sebelumnya) pada suhu 60°C selama 60 menit.

Semua sampel benda uji direndam dalam waterbath dan langsung diuji menggunakan alat Marshall untuk memperoleh nilai stabilitas dan *flow* (kelelehan). Pemeriksaan Marshall bertujuan untuk mendapatkan parameter aspal, yang meliputi VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VIM (*Void in Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow*, dan MQ (*Marshall Quotient*).

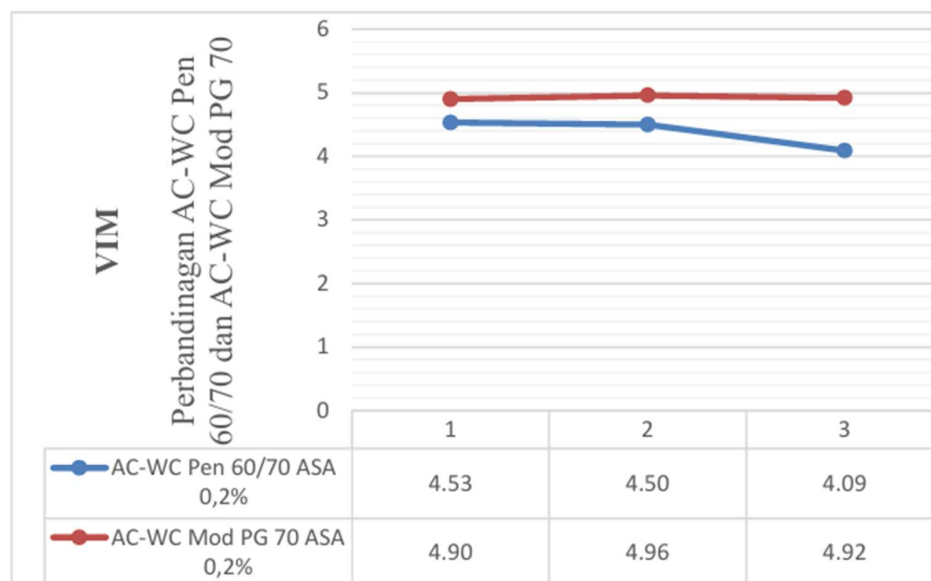
Hasil pemeriksaan dan grafik dari semua parameter Marshall Test dapat dilihat pada tabel dan rekap berikut. Parameter yang dicantumkan adalah VMA, VIM, VFB, stabilitas, *flow*, dan MQ yang telah memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2020 (revisi 1).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang didapatkan berasal dari pengujian marshall yang menghasilkan parameter stabilitas dan kelelehan, sehingga kemudian dapat dihitung parameter lainnya berupa VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VIM (*Void in Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow*, dan MQ (*Marshall Quotient*).

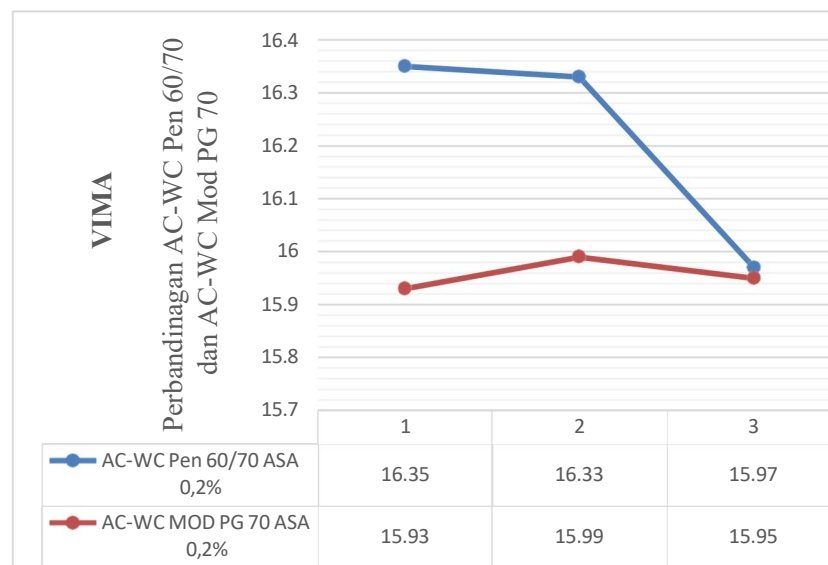
Rekapitulasi Rata-Rata Perbandingan AC-WC P EN 6070 ASA dan AC-WC Mod PG 70 ASA															
				BJ Efektif Total Agregat (Gse) :	2.624		BJ Total Agg (GsB) :	2.596	Kalibrasi Proving Ring :		29.960 Kg				
Campuran	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg.(vma)	% rongga dalam comp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji		dibaca sesuai k	kelelahan plastis (flow)	hasil bagi marshall (mq)
Uji	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	d - c	b / e	GMM gsb	100 - a/f gsb	100 - i/(100*f) h	100(h-i) h					l / m
(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
AC-WC PEN 60/70 ASA 0,2%															
AC-WC PEN 60/70 ASA 0,2%	5.7%					2.303	2.412	16.35	4.53	72.30	36	1080.25	2.63	295.96	
AC-WC PEN 60/70 ASA 0,2%	5.7%					2.303	2.412	16.33	4.50	72.42	42	1260.29	2.9	336.08	
AC-WC PEN 60/70 ASA 0,2%	5.7%					2.313	2.412	15.97	4.09	74.36	38	1140.27	3.03	316.74	
Rata - rata						2.306		16.22	4.37	73.03	38.67	1160.27	2.85	316.26	
AC-WC MOD PG 70 ASA 0,2%															
AC-WC MOD PG 70 ASA 0,2%	5.7%					2.315	2.434	15.93	4.90	69.27	50	1500.35	2.80	535.84	
AC-WC PEN 60/70 ASA 0,2%	5.7%					2.313	2.434	15.99	4.96	68.97	54	1620.38	3.20	506.37	
AC-WC PEN 60/70 ASA 0,2%	5.7%					2.314	2.434	15.95	4.92	69.16	53	1590.37	3.00	530.12	
Rata - rata								15.96	4.93	69.13	52.33	1570.37	3.00	524.11	

Tabel 4. Hasil Uji Marshall Test
(Sumber : Hasil Penelitian, 2024)



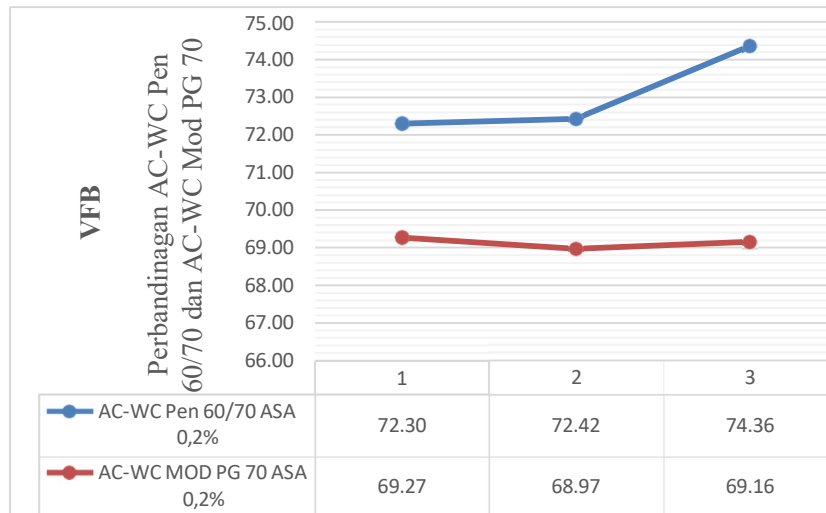
Grafik 4. 1. Nilai VIM

Berdasarkan **Grafik 4.1** Void In Mixture (VIM) merujuk pada persentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah proses pemadatan. Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa kedua campuran tersebut memenuhi kriteria teknis yang layak digunakan, tetapi AC-WC Mod PG 70 dinilai lebih tahan terhadap masuknya air dan perubahan suhu terhadap beban lalu lintas berat dan cocok untuk perkerasan jalan dengan lalu lintas padat dan suhu tinggi.



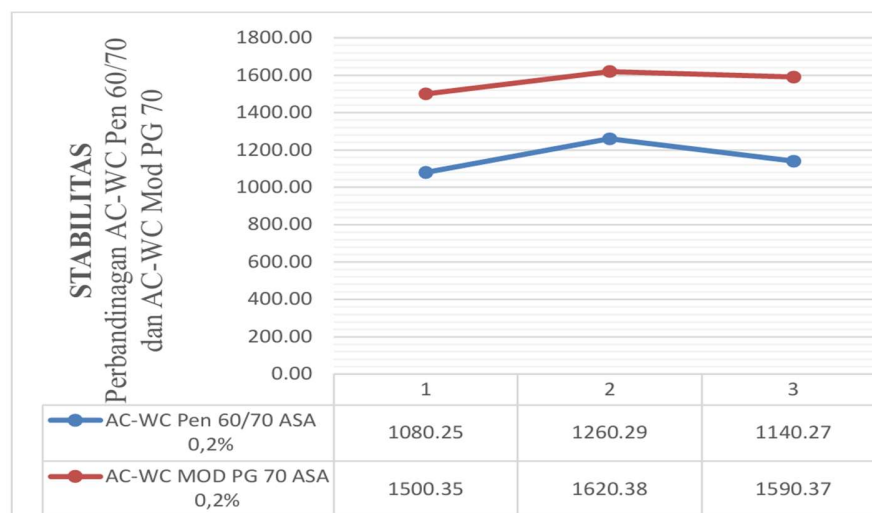
Grafik 4. 2.Nilai VMA

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VMA AC-WC Pen 60/70 16,35% memiliki rongga antar agregat lebih besar dibandingkan AC-WC Mod PG 70 15,99%, meskipun keduanya memenuhi spesifikasi teknis, campuran AC-WC Mod PG 70 lebih padat dan lebih stabil secara structural.



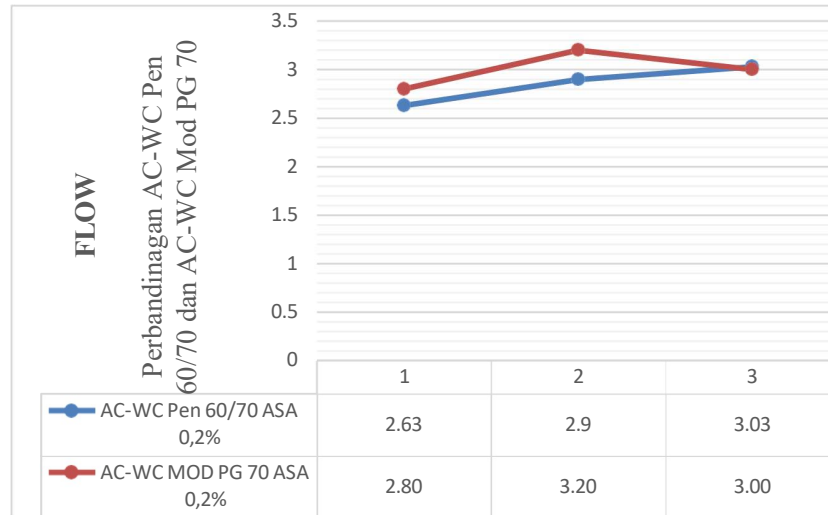
Grafik 4. 3. Nilai VFB

Berdasarkan **Grafik 4.23** Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VFB dari AC-WC Pen 60/70 74,36% artinya lebih banyak rongga agregat yang terisi aspal, menunjang ketahanan terhadap air, Namun Nilai VFB AC-WC Mod PG 70 69,27% sesuai spesifikasi dan cenderung lebih stabil terhadap deformasi dan kondisi lalu lintas berat.



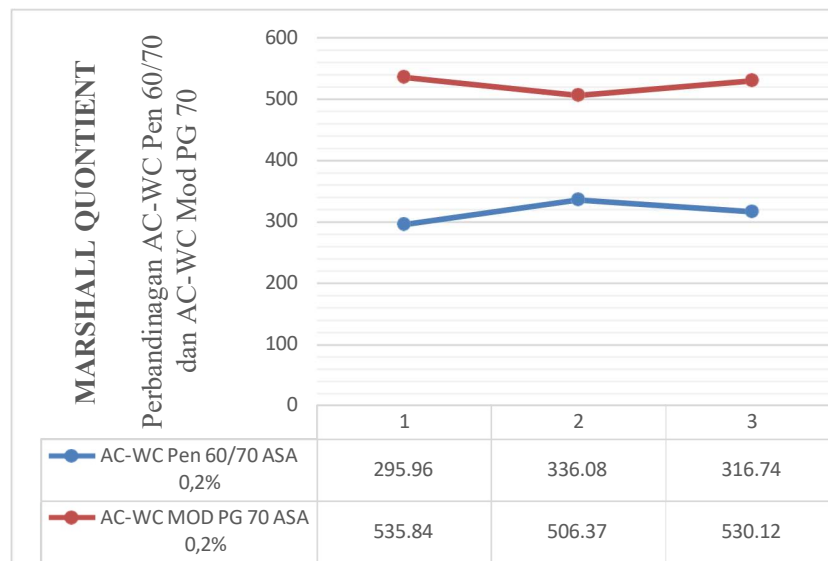
Grafik 4. 4. Nilai Stabilitas

Berdasarkan **Grafik 4.24** Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas AC-WC Mod PG 70 1620,38 Kg lebih baik dibanding AC-WC Pen 60/70 1260,29 Kg ,ini menunjukkan bahwa campuran dengan PG 70 lebih tahan terhadap beban lalu lintas berat dan cocok untuk perkerasan jalan dengan lalu lintas padat dan suhu tinggi



Grafik 4. 5. Nilai Flow

Berdasarkan **Grafik 4.25** Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai flow dari kedua jenis campuran memenuhi syarat spesifikasi. AC-WC Mod PG 70 memiliki flow 3,20 mm sedikit lebih tinggi, menunjukan fleksibilitas yang sedikit lebih baik dibanding Pen 60/70 3,03 mm tanpa mengorbankan stabilitas, sehigga lebih cocok untuk menahan beban lalu lintas dan suhu tinggi.



Grafik 4. 6. Nilai Marshall Quotient

Berdasarkan **Grafik 4.26** Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai MQ campuran AC-WC Mod PG 70 dengan penambahan ASA 0,2% memiliki nilai 535 Kg/mm yang artinya lebih tinggi dibandingkan AC-WC Pen 60/70 336,08 Kg/mm. Hal ini menunjukkan bahwa campuran PG 70 memiliki kekakuan struktural yang lebih baik, lebih stabil terhadap deformasi plastis, dan lebih cocok digunakan pada lalu lintas berat serta suhu lingkungan yg tinggi, Dengan demikian campuran AC-WC Mod PG 70 ditambah ASA 0,2% memberikan perormana teknis yang lebih maksimal .

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil Kinerja stabilitas campuran AC-WC Mod PG 70 dengan ASA lebih tahan terhadap beban lalu lintas berulang dan memiliki daya dukung structural lebih baik
2. Nilai MQ yang tinggi juga menunjukkan hubungan langsung dengan parameter volumetric yang seimbang, khususnya pada VIM yang tetap berada dalam batas ideal memastikan rongga udara cukup untuk ekspansi termal dan mencegah bleeding. VIM yang optimal memastikan ruang aggregate dapat terisi bitum, en

dengan efektif, sehingga berkontribusi pada kestabilan structural. VFB yang tinggi pada AC-WC Mod PG 70 menandakan bahwa Sebagian besar rongga dalam aggregate terisi aspal, yang memperkuat ikatan antar partikel dan mengurangi resiko stripping.

3. Flow pada campuran AC-WC PG 70 sedikit lebih tinggi namun masih dalam batas spesifikasi yang menandakan elastisitas campuran yang baik. Sebaliknya flow pada campuran AC-WC Pen 60/70 lebih rendah yang membuat lebih kaku dan rentan retak pada suhu rendah dan beban dinamis
4. Campuran AC-WC Mod PG 70 dengan bahan anti stripping agent 0,2% menghasilkan performa teknis yang lebih baik dibandingkan dengan campuran AC-WC Pen 60/70 dari segi Stabilitas, Flow, MQ dan parameter volumetric (VIM, VMA, VFB). Hubungan antara nilai Marshall dan Volumetrik saling mendukung dalam menunjukkan bahwa campuran C-WC PG 70 memiliki struktur padat, ikatan aspal; dan aggregate kuat, sehingga lebih unggul untuk aplikasi perkerasan jalan dengan lalu lintas berat dan lingkungan ekstrem
5. Pengembangan penelitian berikutnya yang dapat dilakukan sebagai penelitian lanjutan adalah :
 - a. Mengkaji pengaruh variasi kadar anti stripping agent (ASA) terhadap ketahanan air dan penuaan campuran , serta mengembangkan kombinasi dengan teknologi Warm Mix Asphalt (WMA) dan penggunaan aggregate alternatif untuk mendapatkan campuran yang lebih tahan lama, efisien dan ramah lingkungan

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas untuk melaksanakan penelitian ini. Terima kasih juga kepada Dr. Ir. Juny Andry Suilstyo, S.T., M.T. yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan selama proses penelitian, serta memberikan saran yang berharga dalam setiap tahap penelitian ini.

Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta bagi kemajuan pembangunan infrastruktur di Indonesia.

6. DAFTAR PUSTAKA

- A. Martha K (2012), Analisis Kinerja Campuran Aspal Panas dengan menggunakan Variasi Komposisi BGA (*Buton Granular Asphalt*) dan penambahan aditif jenis polimer. Universitas Indonesia
- Arief, Dimas (2012), Pengaruh Penggunaan Buton Granular Asphalt (BGA) 15/20 terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC. Universitas Jember.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 06-2456-1991, Metode Pengujian Penetrasi, Jakarta, 1991.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 06-2434-1991, Metode Pengujian Titik Lembek 5°C (Ring and Ball Test), Jakarta, 1991
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 06-2433-1991, Metode Pengujian Titik Nyala (Cleveland Open Cup), Jakarta, 1991
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 06-2432-1991, Metode Pengujian Daktilitas, Jakarta, 1991
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 06-2432-1991, Metode Pengujian Berat V Jenis, Jakarta, 1991.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-2417-2008, Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles, Jakarta, 2008
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-2439-2011, Metode Pengujian Kelekatan Agregat terhadap aspal pen 60/70, Jakarta, 2011
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-1969-1990, Metode Pengujian Penyerapan Air oleh Agregat, Jakarta, 1990.
- Chen, et al (2015), *Research on the Application of Rock Asphalt in a Seasonal Frozen Area*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2018). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan*

Jembatan Divisi 6 Perkerasan Beraspal. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan, Bandung.

Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, ST., MT, (2023) *ANALISIS PENGARUH BOTTOM ASH DAN FLY ASH SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI PADA CAMPURAN ASPHALT*

CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC). Undergraduate thesis, Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Firstyan. F et al (2015), Pengaruh Suhu Pemadatan Terhadap Kinerja Marshall pada Campuran

Kirana, D. El. I. W. F. F. W. (2018). *ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN LASTON (HRS- WC) MODIFIKASI POLIMER STARBIT E*-55. 7(2).

Layuk, M.P. (2014), Studi Kinerja Campuran AC-WC Menggunakan BGA Asbuton

Rajib Muammar, Sofyan M. Saleh, Y. Y. (2018). *Durabilitas campuran laston lapis aus (ac-wc) di substitusi limbah. 1*, 689–700.

Ramlan, R., & Pradhani, N. (2018). *Studi pemanfaatan pasir laut sebagai agregat halus padacampuran beton aspal*.

Sains, J., & Ritonga, A. H. (2017). *JURNAL STIKNA Pembuatan Aspal Polimer Menggunakan Karet SIR-20 Yang Diinisiasi. 01(02)*, 123–130.

Tahir, Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara, Jurnal Sipil Mesin Arsitektur Elektro, 2009, 256- 278