

Pengaruh Penambahan Asbuton LGA B50/30 terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton AC-WC Berdasarkan Parameter Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa

Kevin Reznadya Setia Budi^{*1}, Bambang Supriyanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Negeri Malang, Indonesia
Email: ¹kevin.reznadya.2005236@students.um.ac.id, ²bambang.supriyanto.ft@um.ac.id

Abstrak

Indonesia memiliki luas wilayah 1.904.569 km², sehingga pembangunan infrastruktur jalan menjadi tantangan besar, terutama karena ketergantungan terhadap impor aspal. Padahal, Indonesia memiliki cadangan aspal alam yang signifikan, salah satunya aspal Buton. Namun, pemanfaatannya masih terbatas karena kurangnya kesadaran industri akan potensinya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penambahan Asbuton LGA B50/30 terhadap performa campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) berdasarkan pengujian Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Metode yang digunakan meliputi pembuatan campuran AC-WC dengan gradasi rapat dan variasi kadar aspal penetrasi 60/70 sebesar 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%. Campuran ini kemudian dimodifikasi dengan penambahan Asbuton LGA B50/30 sebesar 0%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%; dan 15%, yang selanjutnya diuji dengan perendaman pada suhu 60°C selama 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal optimum (KAO) adalah 6,925%, sementara kadar Asbuton optimum ditemukan sebesar 2,85%. Penambahan Asbuton LGA B50/30 dalam jumlah optimal meningkatkan stabilitas dan durabilitas campuran AC-WC, dengan nilai IKS mencapai 90,31%, yang telah memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Dengan demikian, pemanfaatan Asbuton berpotensi mengurangi ketergantungan pada aspal impor serta meningkatkan ketahanan perkerasan jalan di Indonesia.

Kata kunci: Aspal Buton, AC-WC, Asbuton LGA B50/30, Kadar Aspal Optimum, Indeks Kekuatan Sisa.

The Effect of Addition of Asbouten LGA B50/30 on the Performance of AC-WC Concrete Asphalt Mixtures Based on Marshall Parameters and Residual Strength Index

Abstract

Indonesia has a land area of 1,904,569 km², making road infrastructure development a significant challenge, especially due to its dependence on asphalt imports. However, Indonesia possesses substantial natural asphalt reserves, one of which is Buton asphalt. Its utilization remains limited due to a lack of industry awareness of its potential. This study aims to analyze the impact of adding Asbuton LGA B50/30 on the performance of Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixtures based on Marshall testing and Residual Strength Index (RSI). The method involves creating AC-WC mixtures with dense gradation and varying penetration asphalt content of 60/70, set at 5%; 5.5%; 6%; 6.5%; and 7%. These mixtures were then modified by adding Asbuton LGA B50/30 at rates of 0%; 5%; 7.5%; 10%; 12.5%; and 15%, which were subsequently tested for immersion at 60°C for 24 hours. The results showed that the optimum asphalt content (OAC) was 6.925%, while the optimum Asbuton content was found to be 2.85%. The addition of Asbuton LGA B50/30 at the optimal level improved the stability and durability of the AC-WC mixture, with an RSI value of 90.31%, meeting the 2018 Revision 2 General Specifications of Bina Marga. Therefore, the utilization of Asbuton has the potential to reduce dependence on imported asphalt while enhancing the pavement durability in Indonesia.

Keywords: Buton Asphalt, AC-WC, Asbuton LGA B50/30, Optimum Asphalt Content, Residual Strength Index.

1. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan luas wilayah mencapai 1.904.569 km², menempati peringkat ke-15 sebagai negara terluas di dunia [1]. Seiring dengan pertumbuhan populasi yang meningkat dari 275 juta jiwa pada tahun 2022 menjadi 277 juta jiwa pada tahun 2023, laju pertumbuhan penduduk mencapai 0,74% [2]. Kondisi demografi ini menimbulkan tantangan signifikan dalam pengembangan infrastruktur, khususnya pada sistem transportasi darat, yang memerlukan peningkatan kualitas dan kapasitas jaringan jalan guna mengakomodasi intensitas lalu lintas yang semakin meningkat [3].

Salah satu elemen krusial dalam pembangunan infrastruktur jalan adalah pemilihan material perkerasan yang memiliki ketahanan tinggi terhadap beban lalu lintas serta faktor lingkungan, terutama pada iklim tropis dengan curah hujan yang tinggi seperti di Indonesia. Beton aspal AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) merupakan lapisan permukaan perkerasan yang dirancang untuk menghadapi beban dinamis kendaraan, variasi suhu, serta memberikan perlindungan terhadap penetrasi air pada lapisan di bawahnya [4]. Komposisi material ini terdiri atas agregat kasar, agregat halus, aspal, dan bahan pengisi, yang kesemuanya harus memenuhi standar teknis guna memastikan performa optimal [5].

Namun demikian, tantangan utama yang dihadapi dalam perkerasan aspal konvensional adalah ketahanan terhadap kelembaban dan stabilitas struktural dalam jangka panjang, yang umumnya diukur melalui parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS) [6]. Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah berupa aspal alam yang dikenal sebagai Aspal Buton (Asbuton). Deposit Asbuton tersebar luas di Pulau Buton, dengan estimasi cadangan mencapai 650 juta ton, menjadikannya sebagai salah satu sumber aspal alam terbesar di dunia [7].

Asbuton B50/30 memiliki kandungan bitumen berkisar antara 25%-30%, dengan karakteristik nilai penetrasi yang mendekati aspal minyak konvensional, yakni 40-60 mm. Salah satu varian Asbuton, yaitu Asbuton Lawele, memiliki karakteristik unik dengan kandungan nitrogen lebih tinggi dan senyawa parafin yang lebih rendah dibandingkan aspal minyak, sehingga memberikan daya lekat yang lebih unggul dalam campuran perkerasan jalan [8]. Berbagai penelitian telah dilakukan guna mengeksplorasi potensi substitusi Asbuton dalam campuran AC-WC, salah satunya oleh Kafabihi [9], yang mengevaluasi penggunaan Asbuton LGA B50/30 dalam berbagai kadar substitusi, yaitu 5%, 7%, 9%, dan 11%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai kadar aspal optimum dalam campuran AC-WC dengan substitusi Asbuton sebesar 5,8% menghasilkan nilai stabilitas sebesar 988,81 kg, sementara nilai maksimum pemanfaatan Asbuton dalam campuran AC-WC adalah 8,4%, dengan stabilitas mencapai 1341,33 kg [10].

Penelitian mengenai aspal buton sudah banyak dilakukan, salah satunya dengan metode substitusi pada campuran AC-WC yang dilakukan oleh Kafabihi [11], penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mencari penggunaan maksimal dari asbuton pada campuran AC-WC. Penelitian ini menggunakan metode substitusi LGA B50/30 sebesar 5%, 7%, 9%, dan 11%. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan; (1) kadar aspal yang terkandung dalam asbuton hasil ekstraksi yaitu sebesar 20,68%, dan sudah memenuhi standar KPUPR Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 masuk dalam kategori Asbuton Butir Tipe B 50/30 dimana kadar bitumen asbuton Min 20%, (2) Kadar aspal optimum campuran AC-WC 5,8% dengan nilai stabilitas 988,81 kg, (3) Nilai maksimum pemakaian variasi asbuton pada campuran AC-WC adalah 8,4%, dan menghasilkan nilai stabilitas 1341,33 kg.

Penggunaan Asbuton telah terbukti memenuhi standar teknis yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (KPUPR) dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa campuran AC-WC dengan penambahan Asbuton LGA B50/30 berdasarkan pengujian Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS), guna memperoleh formulasi campuran aspal yang memiliki ketahanan optimal terhadap faktor lingkungan dan beban lalu lintas, sehingga mendukung pembangunan infrastruktur jalan yang berkelanjutan dan berdaya guna tinggi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Departemen Teknik Sipil, Gedung A20 Lantai 1, Universitas Negeri Malang, dengan menggunakan metode eksperimen sistem pencampuran aspal panas (*Asphalt Concrete-Wearing Course/AC-WC*) berdasarkan standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 terkait Perkerasan Aspal.

2.1. Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan berbagai material utama, yaitu:

- Agregat: Agregat lokal produksi AMP Piranti Utomo Makmur dengan karakteristik yang memenuhi standar Bina Marga.
- Filler: Semen portland sebagai bahan pengisi untuk meningkatkan daya rekat campuran.
- Aspal Minyak: Aspal penetrasi 60/70 produksi AMP Piranti Utomo Makmur yang digunakan sebagai bahan pengikat utama.
- Aspal Buton (Asbuton): Digunakan sebagai bahan tambah, merupakan produksi PT. Summitama Intinusa, Surabaya.

2.2. Desain Eksperimen

Penelitian ini mencakup beberapa tahapan eksperimen dengan tujuan untuk menentukan karakteristik optimal campuran AC–WC, yang meliputi:

1. Pengujian Bahan Baku, dilakukan untuk mengidentifikasi sifat fisik dan mekanis agregat, filler, serta aspal yang digunakan. Pengujian karakteristik Asbuton B50/30 mengacu pada hasil uji yang telah dilakukan oleh PT. Summitama Intinusa.
2. Perancangan Gradasi Campuran, menggunakan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk menetapkan rentang gradasi agregat yang diizinkan (Tabel 1).
3. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO), menggunakan metode perhitungan empiris berdasarkan komposisi agregat dan filler (Persamaan 1), kemudian dikonfirmasi melalui pengujian Marshall.
4. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji, benda uji dibuat dengan variasi kadar aspal berdasarkan KAO ($\pm 1,0\%$ dan $\pm 0,5\%$) serta variasi kandungan Asbuton (Tabel 2 dan Tabel 3).
5. Pengujian Kinerja Campuran, evaluasi dilakukan melalui Metode Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk menentukan karakteristik stabilitas dan ketahanan terhadap pengaruh lingkungan.

2.3. Tahapan Pengujian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama:

1. Pengujian Bahan, dilakukan untuk mengetahui karakteristik awal material yang digunakan, kecuali Asbuton B50/30 yang datanya merujuk pada hasil pengujian PT. Summitama Intinusa.
2. Pembuatan dan Pencampuran Spesimen, proses pencampuran aspal panas dilakukan dengan metode standar hingga diperoleh campuran yang homogen.
3. Pengujian Marshall, untuk menentukan stabilitas, flow, VIM (Void in Mix), VMA (Void in Mineral Aggregate), dan VFA (Void Filled with Asphalt).
4. Pengujian Indeks Kekuatan Sisa (IKS), dilakukan dengan metode perendaman spesimen selama 30 menit dan 24 jam untuk mengevaluasi ketahanan campuran terhadap efek air.

Tabel 1. Rancangan Gradasi Campuran AC-WC

Ukuran Ayakan		Material Lolos (%)		Tertahan	
ASTM	(mm)	Spek	Nilai Tengah	(%)	(gr)
¾"	19	100	100	0	0
½"	12,5	90-100	95	5	60
3/8"	9,5	77-90	83,5	11,5	138
No.4	4,75	53-69	61	22,5	270
No.8	2,36	33-53	43	18	216
No.16	1,18	21-40	30,5	12,5	150
No.30	0,600	14-30	22	8,5	102
No.50	0,300	9-22	15,5	6,5	78
No.100	0,150	6-15	10,5	5	60
No.200	0,075	4-9	6,5	4	48
		Pan		6,5	78
		Total		100	1200

*Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2

Perkiraan awal mengenai kadar aspal optimum bisa disusun setelah menyeleksi serta menggabungkan tiga jenis agregat yang berbeda. Dengan memperhatikan **Tabel 1.**, nilai-nilai yang tertera akan dijabarkan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K \quad (1)$$

P_b = Kadar aspal rencana ideal, persen terhadap berat campuran

CA = % Agregat tertahan sampai No.4

FA = % Agregat lolos No.4 sampai tertahan saringan No.200

Filler = % lolos saringan No.200

K = Konstanta

= 0,5–1,0 untuk Laston

= 2,0–3,0 untuk Lataston

= diambil 1 (AC-WC merupakan Laston)

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (39 \%) + 0,045 (54,5 \%) + \\
 &0,18 (6,5 \%) + 1 \\
 &= 5,9875\% \\
 &= 6\%
 \end{aligned}$$

Didapatkan nilai P_b sebesar 6%, kemudian dibuat benda uji dengan dua variasi kadar aspal di atas nilai P_b dan dua variasi di bawah nilai P_b (-1,0%; -0,5%; P_b ; +0,5%; +1,0%), sehingga variasi benda uji menggunakan kadar aspal sebesar 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7% dengan masing-masing kadar aspal memiliki tiga jumlah benda uji.

Tabel 2. Perencanaan Benda Uji KAO

Pengujian	Kadar	Jumlah Benda Uji	Standar Pengujian
Marshall	5,0	3	SNI 06-24899-1991 Tentang Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Metode Marshall
	5,5	3	
	6,0	3	
	6,5	3	
	7,0	3	
	Total	15	

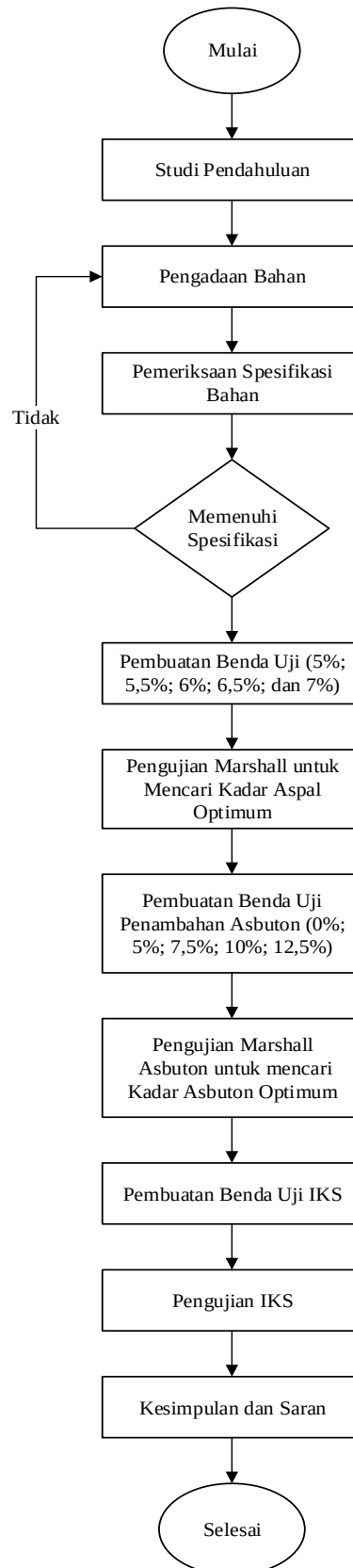
*Rancangan penelitian

Tabel 3. Perencanaan Benda Uji Penambahan Asbuton

Pengujian	Kadar Aspal Minyak (%)	Kadar Aspal Buton (%)	Jumlah Benda Uji	Standar Pengujian
Marshall	KAO	0	3	SNI 06-24899-1991 Tentang Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Metode Marshall
		5,0	3	
		7,5	3	
		10,0	3	
		12,5	3	
		15,0	3	
		KBO	6	
		Total	24	

*Rancangan Penelitian

2.4. Diagram Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram metode penelitian.

2.5. Metode Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan pendekatan statistik deskriptif dan inferensial. Parameter yang dievaluasi meliputi:

- Analisis Stabilitas Marshall, menentukan hubungan antara kadar aspal dan parameter kinerja campuran (stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA).
- Analisis Indeks Kekuatan Sisa (IKS), mengukur ketahanan campuran terhadap pengaruh lingkungan dan kelembaban.
- Uji Statistik, digunakan untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan antara campuran konvensional dan campuran dengan penambahan Asbuton.

Dengan metodologi yang komprehensif ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan formulasi optimal untuk campuran AC-WC dengan pemanfaatan Asbuton sebagai bahan tambah guna meningkatkan kinerja perkerasan jalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Bahan Agregat

Tabel 1 . Hasil pengujian bahan agregat kasar

Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar				
Pengujian	I	II	Satuan	
Berat Benda Uji Kering Oven	2487	2468	Gram	
Berat Benda Uji Jenuh Kering Permukaan di Udara	2539	2527	Gram	
Berat Benda Uji dalam Air	1605	1586	Gram	
Perhitungan	I	II	Rata-Rata	
Berat Jenis Curah Kering (S_d)	2.66	2.62	2.64	
Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan (S_s)	2.72	2.69	2.70	
Berat Jenis Semu (S_a)	2.82	2.80	2.81	
Penyerapan Air (S_w)	2.09	2.39	2.24	

Tabel 1 menyajikan hasil pengujian karakteristik fisik agregat kasar, khususnya berat jenis dan penyerapan air, yang merupakan parameter esensial dalam analisis kualitas material konstruksi. Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata berat jenis curah kering (S_d) agregat kasar tercatat sebesar 2,64, sedangkan berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s) mencapai 2,70. Sementara itu, berat jenis semu (S_a) menunjukkan nilai yang lebih tinggi, yaitu 2,81, mengindikasikan kepadatan intrinsik partikel agregat yang relatif baik. Adapun nilai penyerapan air (S_w) berada pada kisaran 2,24%, yang masih dalam batas wajar untuk agregat kasar yang digunakan dalam campuran beton. Secara keseluruhan, hasil ini mencerminkan karakteristik agregat kasar yang memenuhi standar teknis dan memiliki stabilitas dimensi serta ketahanan terhadap perubahan kadar air yang memadai.

Tabel 2 . Hasil pengujian bahan agregat halus

Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus				
Pengujian	I	II	Satuan	
Berat benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan	1000	1000	Gram	
Berat Benda Uji Kering Oven	977	985	Gram	
Berat Piknometer yang Berisi Air	829	836	Gram	
Berat Piknometer dengan Benda Uji dan Air Sampai Batas Pembacaan	1441	1450	Gram	
Perhitungan	I	II	Rata-Rata	
Berat Jenis Curah Kering (S_d)	2.52	2.55	2.53	
Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan (S_s)	2.58	2.59	2.58	
Berat Jenis Semu (S_a)	2.68	2.65	2.67	
Penyerapan Air (S_w)	2.35	1.52	1.94	

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian karakteristik fisik agregat halus, yang mencakup berat jenis dalam berbagai kondisi serta tingkat penyerapan air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata berat jenis curah kering (S_d) adalah 2,53, sementara berat jenis curah jenuh kering permukaan (S_s) mencapai 2,58, dan berat jenis semu (S_a) berada pada 2,67. Nilai-nilai ini mencerminkan tingkat kepadatan material yang cukup baik untuk digunakan dalam campuran beton. Adapun penyerapan air (S_w) menunjukkan rata-rata 1,94%, yang masih dalam batas yang dapat diterima, sehingga tidak berpotensi signifikan dalam mempengaruhi rasio air-semen pada

campuran beton. Secara keseluruhan, parameter ini mengindikasikan bahwa agregat halus yang diuji memiliki stabilitas fisik yang memadai serta memenuhi standar teknis untuk aplikasi konstruksi yang memerlukan durabilitas tinggi.

Tabel 3 . Hasil pengujian keausan agregat

Keausan Agregat (Los Angeles)			
Jumlah Bola Baja = 11 Buah			
Gradasi Pemeriksaan		Jumlah Putaran = 500 Putaran	
Ukuran Saringan		I	II
Lolos	Tertahan	Berat (a)	Berat (a)
76,2 (3")	63,5 (2 ½")	-	-
63,5 (2 ½")	50,8 (2")	-	-
50,8 (2")	36,1 (1 ½")	-	-
36,1 (1 ½")	25,4 (1")	-	-
25,4 (1")	19,1 (¾")	-	-
19,1 (¾")	12,7 (1/2")	2500.4	2500.2
12,7 (1/2")	9,52 (3/8")	2501	2500.4
9,52 (3/8")	6,35 (1/4")	-	-
6,35 (1/4")	4,75 (No. 4)	-	-
4,75 (No. 4)	2,36 (No. 8)	-	-
Jumlah Berat		5001.4	5000.6
Berat Tertahan Saringan No. 12 Sesudah Pengujian (b)		4362.4	4252.4
Pengujian		I	II
a		5001.4	5000.6
b		4362.4	4252.4
(a-b)		639	748.2
Nilai Keausan		12.78	14.96
Rata-Rata Nilai Keausan Agregat (%)		13,78	

Tabel 3 menyajikan hasil pengujian keausan agregat dengan metode Los Angeles Abrasion Test, yang bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan agregat terhadap abrasi dan degradasi akibat beban mekanis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai keausan agregat berada pada rentang 12,78% hingga 14,96%, dengan rata-rata sebesar 13,78%. Nilai ini mengindikasikan bahwa agregat yang diuji memiliki tingkat ketahanan aus yang cukup baik dan berada dalam batas standar yang dapat diterima untuk aplikasi struktural. Dengan demikian, agregat ini diperkirakan memiliki durabilitas yang memadai terhadap pengaruh lalu lintas dan beban dinamis, menjadikannya material yang layak digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan dan beton struktural yang memerlukan ketahanan mekanis tinggi.

Penelitian ini menggunakan bahan agregat kasar dan halus yang diproduksi oleh AMP Piranti Utomo Makmur. Pemeriksaan ini dilakukan menggunakan standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 sebagai acuan penelitian. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Rekapitan Hasil Pemeriksaan Agregat

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Agregat Kasar			
Berat Jenis Bulk	Gr/cc	2,70	≥ 2,5
Berat Jenis SSD	Gr/cc	2,64	≥ 2,5
Berat Jenis Semu	%	2,81	≥ 2,5
Penyerapan Air	%	2,24	≤ 3,0
Keausan Agregat	%	13,87	Maks. 40%
Agregat Halus			
Berat Jenis Bulk	Gr/cc	2,58	≥ 2,5
Berat Jenis SSD	Gr/cc	2,53	≥ 2,5
Berat Jenis Semu	%	3,67	≥ 2,5
Penyerapan Air	%	1,52	≤ 3,0
Filler			
Berat Jenis	%	3,15	≥ 2,5

3.2. Hasil Pengujian Aspal Minyak Penetrasi 60/70

Penelitian ini menggunakan jenis aspal minyak penetrasi 60/70 yang diperoleh dari AMP Piranti Utomo Makmur. Aspal ini sudah memenuhi spesifikasi standar yang ditetapkan oleh Standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, sehingga layak digunakan sebagai bahan penelitian. Hasil pemeriksaan aspal dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil pengujian bahan aspal minyak penetrasi 60/70

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Syarat Pengujian	Keterangan
Penetrasi	64.93	60-70	Memenuhi
Daktilitas	142.47	≥ 100	Memenuhi
Titik Lembek	48.5	≥ 48	Memenuhi
Titik Bakar dan Nyala	318	≥ 232	Memenuhi
Berat Jenis	1.0640	$\geq 1,0$	Memenuhi
Kehilangan Berat	0.332	$\leq 0,8$	Memenuhi

3.3. Hasil Pengujian Bahan Asbuton LGA B50/30

Tabel 8. Hasil pengujian asbuton LGA B50/30

Kadar Aspal			
Benda Uji	A	B	
	(gram)	(gram)	
Berat Benda Uji	200	200	
Benda Uji Kering Oven + Nampan + Saringan	311.5	305.3	
Berat Nampan	154.3	150.2	
Berat Saringan	4.5	4.5	
Berat Aspal	47.3	49.4	
Kadar Aspal (%)	23.65	24.7	
Rata-Rata	24.175		

Berdasarkan **Tabel 8**, nilai agregat Asbuton LGA B50/30 mengandung 24,175% aspal. Nilai ini sudah memenuhi standar yang sudah ditetapkan oleh Standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, yang menyatakan nilai minimum aspal sebesar 20%.

3.4. Pengujian Marshall Aspal Minyak Penetrasi 60/70

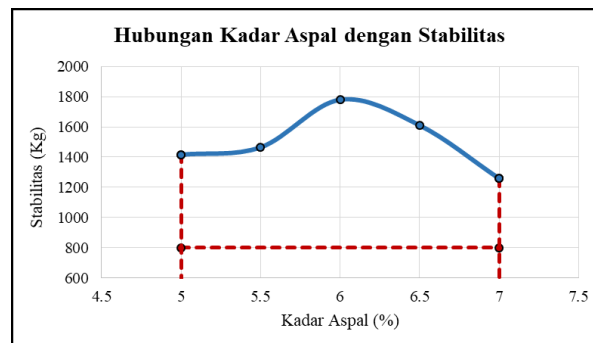
Tahap selanjutnya dari penelitian ini adalah melakukan uji Marshall aspal minyak penetrasi 60/70 dengan tujuan untuk mencari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Penelitian ini menggunakan gradasi lapisan AC-WC, sehingga menggunakan ketetapan variasi kadar aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7% [14]. Suatu variasi kadar aspal dapat ditetapkan apabila memenuhi seluruh komponen marshall seperti, nilai stabilitas, Flow, VIM, VMA, dan VFA.

Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal	5 %	5,5 %	6 %	6,5 %	7 %
Stabilitas	1416,2	1465,2	1779,8	1610,6	1258,7
Flow	2,69	3,15	3,19	3,23	3,92
VIM	8,79	7,64	5,75	5,24	4,89
VMA	16,84	16,72	15,94	16,41	17,00
VFA	47,84	54,38	64,45	68,10	71,31

3.4.1. Korelasi Kadar Aspal dengan Stabilitas

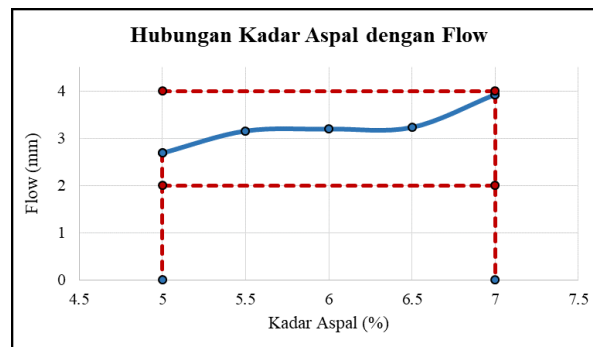
Hasil pengujian Marshall menggunakan aspal minyak penetrasi 60/70 produksi AMP Piranti Uto-mo menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas yang dijabarkan pada **Gambar 3**. Gambar ini menjelaskan bahwa, semakin tinggi nilai kadar aspal yang digunakan dalam suatu perkerasan akan membuat nilai stabilitas terus meningkat hingga mencapai nilai optimum, dan ketika kandungan aspal sudah melewati nilai optimum akan terjadi penurunan nilai stabilitas.



Gambar 3. Hubungan kadar aspal terhadap nilai stabilitas

3.4.2. Korelasi Kadar Aspal dengan Nilai Flow

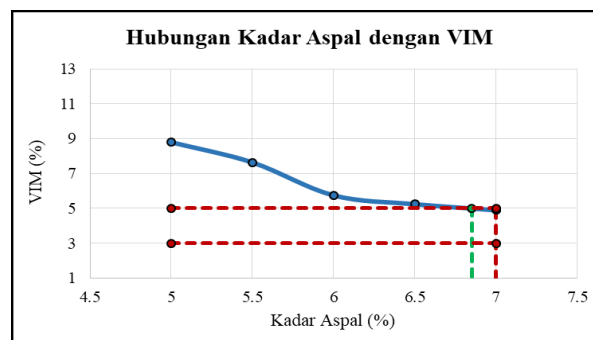
Hasil pengujian menjelaskan hubungan nilai kadar aspal dengan nilai *flow*. **Gambar 4.** menjelaskan bahwa batas minimum nilai *flow* adalah 2,69 mm, sedangkan batas maksimum nilai *flow* adalah 3,92 mm. Nilai ini sudah sesuai dengan standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, bahwa nilai *flow* maksimum adalah 4 mm.



Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal Terhadap Nilai Flow

3.4.3. Korelasi Kadar Aspal dengan Nilai VIM (Void in The Mix)

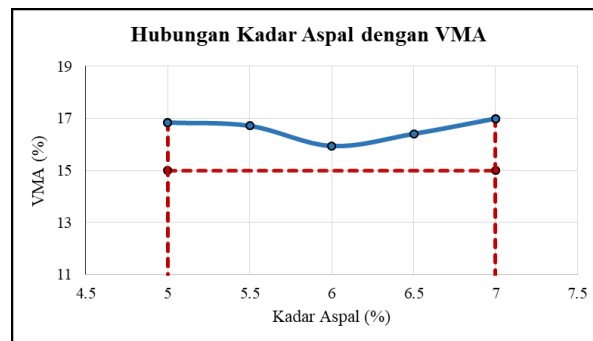
Gambar 5. menjelaskan hubungan kadar aspal dengan Nilai VIM (Void In The Mix), Nilai VIM akan mengalami penurunan apabila semakin banyak kadar aspal dalam suatu campuran. Nilai batas minimum VIM pada penelitian ini terletak pada kadar aspal 7% dengan nilai VIM sebesar 4,89%, sedangkan nilai batas maksimumnya terletak pada kadar aspal 6,85% dengan nilai VIM 5%. Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 menyatakan bahwa nilai VIM suatu campuran adalah 3%-5%, berarti kadar aspal 5% hingga 6,5% tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.



Gambar 5. Hubungan kadar aspal dengan nilai VIM

3.4.4. Korelasi Kadar Aspal Terhadap VMA (Void Mineral Agregate)

Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA dapat dilihat pada **Gambar 6.**

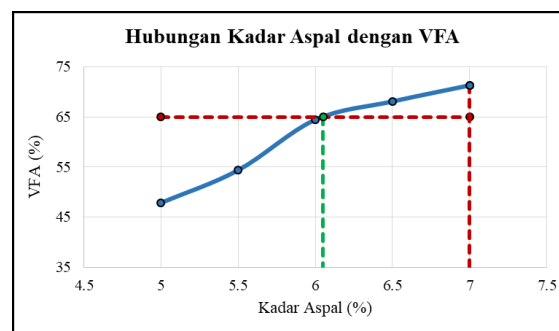


Gambar 6 . Hubungan kadar aspal dengan nilai VMA

Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, Revisi 2 mensyaratkan bahwa nilai minimum VMA campuran beraspal panas adalah 15%, oleh karena itu semua kadar aspal memenuhi standar yang sudah ditetapkan.

3.4.5. Korelasi antara Kadar Aspal Terhadap Nilai VFA (Void Filled Asphalt)

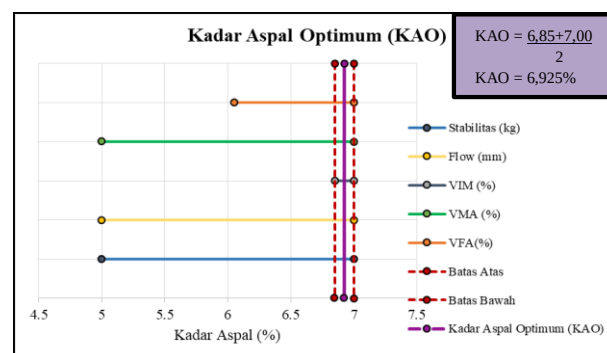
Pada penelitian ini hasil nilai VIM berbanding terbalik dengan nilai VFA, dimana nilai VFA akan terus meningkat seiring dengan penambahan aspal dalam suatu campuran perkerasan, hal ini dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Hubungan kadar aspal dengan VFA

Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 menyatakan bahwa nilai minimum VFA suatu perkerasan beraspal panas adalah 65%. Berdasarkan syarat tersebut, kadar aspal yang memenuhi 6,05% dengan nilai VFA 65% dan 7% dengan nilai VFA 71,31%.

3.4.6. Penentuan KAO (Kadar Aspal Optimum)



Gambar 8. Nilai kadar aspal optimum (KAO)

Berikut hasil analisis nilai kadar aspal optimum campuran beraspal panas menggunakan aspal minyak penetrasi 60/70 produksi AMP Piranti Utomo Makmur dengan variasi kadar aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%. Nilai kadar aspal optimum yang dihasilkan adalah 6,925%.

3.5. Hasil Pengujian Penambahan Asbuton LGA pada Kadar Aspal Optimum

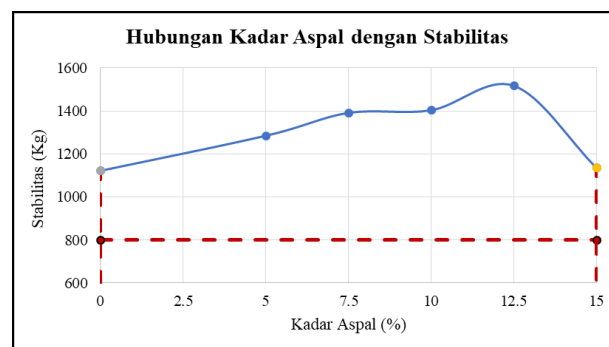
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah penambahan asbuton akan menghasilkan nilai stabilitas, Flow, VMA, VIM, dan VFA yang lebih baik. Hasil penelitian dapat dilihat pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Hasil pengujian penambahan asbuton

Kadar Aspal (%)	Parameter Marshall				
	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)
0	1121.76	3.41	4.50	16.52	272.75
5	12484.97	3.62	4.39	16.43	73.36
7.5	1391.05	6.04	4.12	16.19	74.56
10	1403.43	6.37	3.60	15.73	77.16
12.5	1516.88	6.39	3.29	15.47	78.78
15	1134.52	7.04	2.61	14.86	82.51
Standar	Min 800	2 - 4	3 - 5	Min 15	Min 65

3.5.1. Korelasi Antara Kadar Asbuton terhadap Nilai Stabilitas

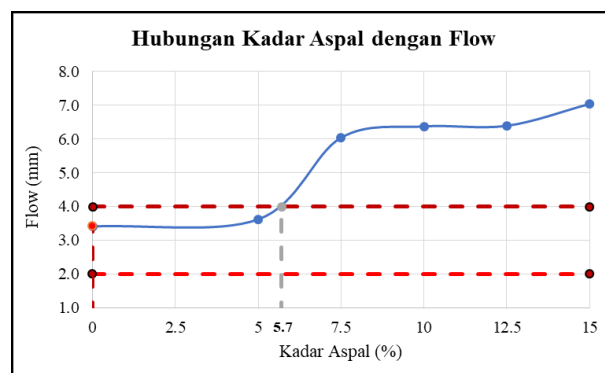
Pada penelitian ini, dapat disimpulkan ketika komposisi campuran lapisan AC–WC ditambahkan aspal buton akan mengalami peningkatan nilai stabilitas. Nilai stabilitas akan terus meningkat hingga mencapai titik optimum, dan kembali turun ketika sudah melewati komposisi optimumnya, hal ini sesuai dengan Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan kadar asbuton dengan nilai stabilitas

3.5.2. Korelasi Antara Asbuton terhadap Nilai Flow

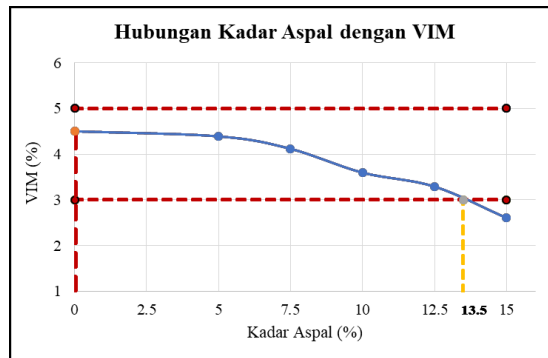
Nilai flow menjelaskan sebuah ukuran paramete-r deformasi yang akan terjadi pada spesimen aspal saat dilalui sebuah beban [15]. Spesifikasi 2018, Revisi 2, Divisi 6 menyatakan persyaratan nilai flow sebesar 2-4, berdasarkan pernyataan tersebut hanya penambahan kadar aspal buton 0% hingga 5.7% yang memenuhi persyaratan yang sudah ditetapkan.



Gambar 10. Grafik hubungan kadar asbuton dengan nilai flow

3.5.3. Korelasi Antara Kadar Asbuton Terhadap Nilai VIM

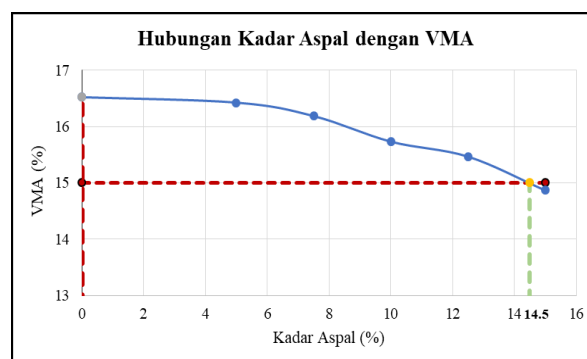
Syarat yang sudah ditetapkan Spesifikasi 2018, Revisi 2, Divisi 6 adalah nilai VIM suatu campuran beraspal panas sebesar 3%–5%. Dilihat dari **Gambar 11.**, hanya persentase kadar aspal 0% hingga 13,5% yang memenuhi standar yang sudah ditetapkan. Artinya, semakin banyak aspal yang dimasukkan ke dalam campuran akan membuat nilai VIM nya rendah, hal ini akan berdampak akan meningkatkan risiko deformasi seperti bleeding pada suatu perkerasan.



Gambar 11. Grafik hubungan kadar asbuton dengan nilai VIM

3.5.4. Korelasi Antara Kadar Asbuton terhadap Nilai VMA

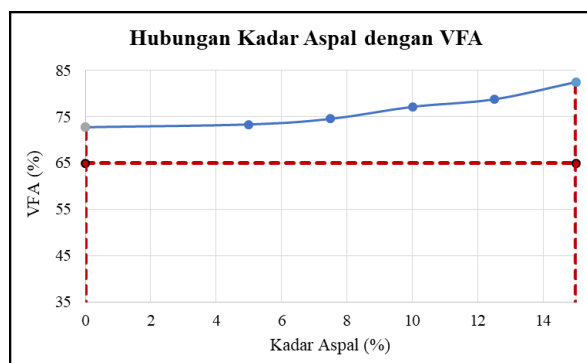
Gambar 12. menjelaskan semua persentase kadar aspal buton memenuhi kriteria standar yang sudah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, dimana nilai minimum VMA suatu campuran sebesar 14%.



Gambar 12. Grafik hubungan kadar asbuton dengan nilai VMA

3.5.5. Korelasi Antara Kadar Asbuton Terhadap Nilai VFA

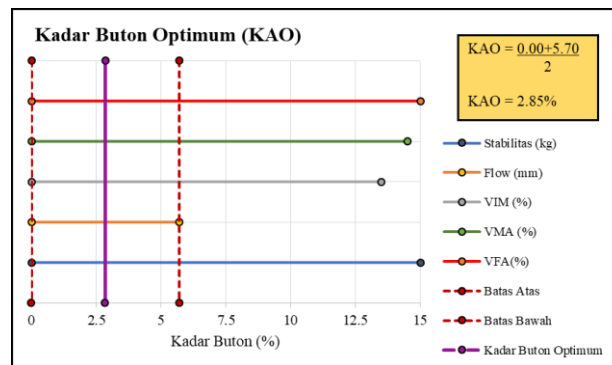
Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 menyatakan nilai minimum VFA suatu perkerasan adalah 65%. Berdasarkan **Gambar 13.**, semua persentase kadar aspal memenuhi kriteria yang sudah ditetapkan.



Gambar 13. Hubungan kadar asbuton dengan nilai VFA

3.5.6. Kadar Optimum Asbuton LGA B50/30

Gambar 14. menjelaskan hasil nilai kadar buton optimum, dengan persentase penambahan 0%; 5%, 7,5%; 10%; 12,5%; 15%. Penambahan asbuton tentunya tidak boleh berlebihan ataupun kurang, perlu ada perencanaan serta analisis yang tepat sehingga menghasilkan performa aspal yang sesuai dengan standar yang berlaku. Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan nilai optimum campurannya sebesar 2,85%.



Gambar 14. Rekapan hasil analisis penambahan asbuton

3.6. Analisis Indeks Kekuatan Sisa

Analisis indeks kekuatan sisa suatu perkerasan bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan campuran terhadap kerusakan akibat air dan efektivitas daya adhesi antara bahan pengikat dan agregat. Berdasarkan, nilai IKS campuran panas AC-WC minimum sebesar 90% dari nilai stabilitas awal.

Tabel 12. Hasil Pengujian IKS

KAO	Benda Uji	Stabilitas		IKS %
		30 menit	24 jam	
2.5	1	17.95	15.48	86.23
2.5	2	14.94	13.97	93.51
2.5	3	16.02	14.61	91.18
Rata-rata				90.31

Tabel 12. menjelaskan, dari tiga pengujian hanya pengujian pertama yang tidak memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, Revisi 2 yaitu sebesar 86.23%, sedangkan benda uji kedua dan ketiga memenuhi standar dengan nilai IKS 93,51% dan 91,18%. Artinya, campuran panas AC-WC dengan penambahan asbuton B50/30 sebesar 2,5% memiliki nilai durabilitas yang baik, hal ini dapat disimpulkan bahwa dari tiga kali pengujian, rata-rata nilai IKS nya sebesar 90,31%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penambahan aspal Buton LGA B50/30 pada campuran AC-WC, diperoleh beberapa temuan penting sebagai berikut:

1. Kandungan Aspal dalam Asbuton, Aspal Buton LGA B50/30 produksi PT. Summitama Intinusa memiliki kandungan aspal sebesar 24,175%, yang telah memenuhi persyaratan Standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, dengan nilai minimum yang dipersyaratkan sebesar 20%. Hal ini menunjukkan bahwa Asbuton LGA B50/30 memiliki potensi sebagai bahan pengikat dalam campuran perkerasan aspal.
2. Kadar Aspal dan Asbuton Optimum, Dari hasil pengujian, kadar aspal optimum dalam campuran AC-WC diperoleh sebesar 6,925%, sedangkan kadar buton optimum sebesar 2,85%. Penggunaan kadar optimum ini memberikan keseimbangan antara stabilitas, daya tahan, dan fleksibilitas campuran perkerasan.
3. Pengaruh Penambahan Asbuton terhadap Karakteristik Campuran, Penambahan Asbuton dalam campuran AC-WC berdampak langsung terhadap karakteristik mekanisnya. Stabilitas campuran meningkat seiring dengan peningkatan kadar asbuton hingga mencapai nilai maksimum 1516,88 kg pada kadar 12,5%, sebelum mengalami penurunan menjadi 1134,52 kg pada kadar 15%. Selain itu, nilai VIM (Void in Mix) dan VMA (Void Mineral Aggregate) menunjukkan tren penurunan dengan bertambahnya kadar asbuton, sedangkan nilai flow dan VFA (Void Filled Asphalt) mengalami peningkatan.

4. Implikasi dan Potensi Penggunaan Aspal Buton, Penggunaan Asbuton LGA B50/30 yang optimal mampu meningkatkan durabilitas campuran AC-WC, sebagaimana dibuktikan dengan nilai IKS (Indeks Kekuatan Sisa) rata-rata sebesar 90,31%, yang telah memenuhi batas minimum 90% sesuai dengan Standar Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Dengan demikian, Asbuton memiliki potensi sebagai alternatif material perkerasan jalan yang tidak hanya memenuhi standar teknis, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan pada aspal impor serta memanfaatkan sumber daya lokal untuk keberlanjutan industri infrastruktur di Indonesia.

Penelitian ini masih terbatas pada pengujian laboratorium, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut yang mencakup uji coba di lapangan untuk mengevaluasi performa campuran ini dalam kondisi lingkungan yang sebenarnya, termasuk pengaruh lalu lintas dan cuaca. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mempertimbangkan modifikasi komposisi campuran dengan bahan aditif tertentu guna meningkatkan ketahanan terhadap deformasi permanen serta kinerja jangka panjang dari perkerasan yang menggunakan Asbuton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. P. Sorongan, "Daftar 10 Negara Terluas di Dunia, Indonesia Nomor Berapa?," CNBC Indonesia, 2023. [Online]. Available: <https://www.cnbcindonesia.com/tech/20230826190132-37-466379/daftar-10-negara-terluas-di-dunia-indonesia-nomor-berapa>. [Accessed: Feb. 5, 2025].
- [2] R. Krisnawati, "10 Negara dengan Penduduk Terbanyak di Dunia 2022-2023," Detik, 2023. [Online]. Available: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-6917020/10-negara-dengan-penduduk-terbanyak-di-dunia-2022-2023>. [Accessed: Feb. 5, 2025].
- [3] A. Nugroho, "Peran Infrastruktur dalam Kemajuan, Nasionalisme, dan Persatuan Bangsa," News.detik.com, 2021. [Online]. Available: <https://news.detik.com>. [Accessed: Feb. 5, 2025].
- [4] M. Tolab, L. Z., Hadi, M., and Fauziah, "Analisis Perbandingan Perkerasan AC-WC Berbahan Ikatan Starbit E-55 dengan Pen 60/70 Menggunakan Metode Elastik Linear," 2022.
- [5] M. Mashuri and R. Rahman, "Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Atas AC-WC," *Rekonstruksi Tadulako Civ. Eng. J. Res. Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 47–56, Sep. 2020, doi: 10.22487/renstra.v1i2.30.
- [6] T. T. Wahyudi, "Penambahan Asbuton Lawele Granular Asphalt (LGA) sebagai Filler Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) terhadap Parameter Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS)," 2018. [Online]. Available: <http://repository.um.ac.id/id/eprint/44389>. [Accessed: Feb. 5, 2025].
- [7] F. Mukhlis, M., Lusyana, L., Suardi, E., and Adibroto, "Analisis Kinerja Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)," *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, 2019.
- [8] Intisari, "Menguak Aspal Buton, Salah Satu Sumber Daya Alam Indonesia yang Terancam Punah," Intisari, 2023. [Online]. Available: <https://intisari.grid.id>. [Accessed: Feb. 5, 2025].
- [9] S. R. Yunus, "Aspal Buton yang Merana di Tanah Asal," Kompas, 2022. [Online]. Available: <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2022/10/26/aspal-buton-yang-merana-di-tanah-asal>. [Accessed: Feb. 5, 2025].
- [10] R. K. Islah, M., Adeswastoto, H., and Sari, "Karakteristik Marshall Asbuton (AC-WC) Pracampur dengan Aspal Pen 60/70 (AC-WC) pada Proyek Preservasi Jalan Duri-Kandis-Sp. Palas-Siak II (Pekanbaru)," *J. Eng. Sci. Technol. Manag.*, vol. 3, no. 2, pp. 121–129, 2023.
- [11] A. Kafabihi, B. Wedyantadji, and E. I. Imananto, "Penggunaan Aspal Buton pada Campuran AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)," vol. 2, no. 2, pp. 36–44, 2020.
- [12] S. R. Sunarjono, S., Anto, B. H., Hidayati, N., and Harnaeni, "Durability of Asphalt Mixture AC-WC Using Latex Based on the Test Method of SNI 6753: 2015," *Urecol Journal Part E Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 94–102, 2021.
- [13] G. Tarigan, "Perbandingan Marshall Properties Menggunakan Agregat Campuran untuk Lapis AC-WC," *Semin. Nas. Tek. UISU*, 2021.
- [14] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Spesifikasi Umum 2018," no. Revisi 2, 2018.
- [15] S. Sukirman, "Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur," Nova, 2016.