

ANALISA KARAKTERISTIK DAN STABILITAS MARSHALL ASBUTON LGA 50/30 UNTUK LASTON LAPIS AUS ASBUTON BUTIR (AC-WC ASB. BUTIR)

¹Listia Ayu Ningrum, Soedarsono, dan Hermin Poedjiastoeti

Universitas Islam Sultan Agung, Jl. Kaligawe Raya Km.4 Semarang Jawa Tengah, 50112, Indonesia

e-mail: 1listyaayu65@yahoo.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Asphalt use for road construction is 1,2 million tons a year, domestic production only supplied 0.6 million tons the remaining needs are supported by imports. Asbuton has been known for better adhesive quality than regular oil asphalt, but the maintenance or production process requires special techniques that are still being adjusted. The research aims to find the Marshall stability value by observing the characteristics of Asbuton LGA 50/30 for Asphalt Concrete-Wearing Course Asbuton Granular (AC-WC Asb. Granular) with 5 (five) different Asbuton variants and to find the cost difference in the production of Asphalt Concrete-Wearing Course Asbuton Granular (AC-WC Asb. Granular) compared to the production cost of AC-WC oil asphalt using experimental research methods. The characteristics of Asphalt Concrete-Wearing Course Asbuton Granular (AC-WC Asb. Granular) are higher than AC-WC from regular oil asphalt; visually, the AC-WC with Asbuton addition results in a matte color mixture compared to AC-WC Granular with oil asphalt which Asphalt Concrete-Wearing Course Asbuton Granular has a darker and more glossy black color. From the samples that have been tested, at optimum asphalt content level 6% and the amount of Asbuton used at 7.5%, the Marshall results are: VIM 4.51%, VFB 73.76%, Marshall Stability 1,614 Kg, Flow 2.6 mm, MQ 601.3 Kg/mm, and Residual stability after 24-hour immersion 92.79%. Using Asbuton in the mixture for Laston AC-WC can save production costs by 1.33%.

Penggunaan aspal untuk pembangunan jalan 1,2 juta ton dalam setahun, produksi dalam negeri baru menyuplai 0,6 juta ton, sisa kebutuhan lain ditopang impor. Asbuton memiliki kualitas dengan daya lekat yang lebih baik dari aspal minyak. Penelitian bertujuan mencari nilai stabilitas marshall, mengamati karakteristik dari asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan 5 (lima) varian asbuton berbeda, dan mencari selisih harga pokok produksi Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) jika dibandingkan dengan harga pokok produksi AC-WC aspal minyak dengan metode penelitian eksperimen. Karakteristik Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) lebih tinggi dari AC-WC dari Aspal minyak biasa, secara visual untuk Laston dengan penambahan asbuton menghasilkan campuran warna yang *doff* dibandingkan Laston dengan Aspal minyak yang memiliki warna lebih hitam pekat dan mengkilat. Dari sampel yang diuji, pada KAO 6% dan kadar asbuton yang digunakan sebanyak 7,5% hasil Marshall nilai VIM 4,51%, VFB 73,76%, Stabilitas Marshall 1.614 Kg, Kelelahan 2,6 mm, MQ 601,3 Kg/mm, Stabilitas sisa setelah perendaman 24 jam 92,79%. Penggunaan asbuton pada campuran untuk Laston AC-WC dapat menghemat biaya pokok produksi sejumlah 1,33%.

Keyword :

*Asphalt Concrete-Wearing
Course (AC-WC), Asbuton,
Marshall Stability*

1. PENDAHULUAN

Dengan dimilikinya kekayaan alam asbuton di Indonesia, defisit atau kekurangan kebutuhan aspal sebagai material jalan seharusnya dapat ditutup menggunakan asbuton. Hal tersebut dikarenakan jumlah asbuton yang ada di Indonesia diperkirakan mencapai 600 juta ton. Potensi alam tersebut akan bermanfaat jika inovasi penggunaan asbuton digalakan sesuai dengan peraturan menteri PUPR tahun 2018 tentang penggunaan asbuton untuk pembangunan dan preservasi jalan. Asbuton adalah singkatan dari aspal Buton atau aspal batu Buton yang berasal dari Pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. Aspal buton ini berasal dari butiran batuan yang didalamnya terkandung mineral aspal. Dalam pemanfaatannya asbuton harus melalui pengolahan untuk mengetahui jumlah kandungan aspal serta pemisahan antara mineral aspal dengan material lain. Asbuton memiliki kekentalan diatas aspal minyak. Jika tidak diformulasikan dengan tepat, maka sifat asbuton yang lebih keras membuat asbuton menjadi lebih getas untuk temperature tertentu. Hal itu berbanding terbalik dengan aspal minyak yang memiliki sifat lebih lembek.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Qamar & Agus, 2022) bahwa hasil uji sampel pada campuran asbuton, hasil stabilitas marshall, kelenturan dan daya lekatnya memiliki nilai yang positif. Dari beberapa varian yang digunakan yaitu variasi 5,5% yaitu sebesar 1.131 kg, nilai stabilitas tertinggi adalah 6,5% yaitu sebesar 1.946 kg. sedangkan nilai stabilitas variasi 6% adalah 1.549 kg dari ketiga variasi di atas memenuhi spesifikasi yaitu ≥ 800 kg mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Dengan menggunakan aspal minyak sebagai pembanding dan variasi aspal sebanyak 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% penelitian menyebutkan jika penggunaan asbuton pracampuran dapat menghemat penggunaan aspal PEN dan nilai karakteristik Marshall terpenuhi sesuai spesifikasi oleh (Sumiati et al., 2019) dan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, dengan kadar aspal buton yang digunakan 0%, 5%, 7,5%, 9%, 10,5%, 12% dan 13,5% oleh (Arfan, 2018) menunjukkan adanya pengurangan penggunaan aspal minyak serta nilai marshall yang lebih baik. Dengan merujuk pada variable yang digunakan pada penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini akan digunakan variasi kadar asbuton sebanyak 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari kebutuhan aspal optimum pada campuran, dengan tujuan dapat melihat peningkatan nilai marshall dari kadar paling kecil. Penggunaan kebutuhan agregat dihitung berdasarkan dari kadar aspal optimum dalam campuran dan tabel syarat ukuran agregat untuk Laston. Peningkatan prosentase penggunaan asbuton dapat memaksimalkan

penggunaan asbuton untuk bahan substitusi aspal minyak dan menekan penggunaan aspal minyak.

Dalam penelitian ini penulis mencari penggunaan campuran optimal asbuton sebagai Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) yang memiliki nilai stabilitas marshall yang memenuhi standar spesifikasi untuk laston AC-WC. Dengan mengamati karakteristik dari asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) melalui hasil uji marshall. Penggunaan asbuton akan divariasikan menggunakan 5 (lima) varian berbeda. Pada penelitian ini selain pembahasan karakteristik marshall pada Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) juga akan dibahas bagaimana harga pokok produksi Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) jika dibandingkan dengan harga pokok produksi Laston Lapis Aus dengan menggunakan aspal minyak.

Dengan ini diharapkan dari penelitian diketahui bagaimana karakteristik asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir), nilai stabilitas marshall asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir), dan mencari nilai ekonomis dari asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)

2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi kadar asbuton untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) sebanyak 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan karakteristik Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) nilai stabilitas marshall dan mencari nilai ekonomis dari produk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) jika dibandingkan dengan Laston Lapis Aus (AC-WC) aspal minyak. Penelitian dilakukan di Laboratorium PT. Nisajana Hasna Rizqy yang bertempat di Kabupaten Tegal. Analisa data dilakukan dengan pembuatan sampel sebanyak 90 sampel.

Tabel 2. 1 Jumlah Sampel Benda Uji

Kadar Aspal Optimum	Kadar Aspal Asbuton LGA 50/30	Jumlah Benda Uji
Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5)	0%	18
Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5)	2,5%	18
Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5)	5%	18
Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5)	7,5%	18
Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5)	10%	18

(Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas, 2007)

2.2.Langkah Penelitian

1. Bahan Penelitian

- a. Agregat Kasar
- b. Agregat Halus
- c. Aspal PEN 60/70
- d. Asbuton Butir LGA B50/30 sebagai bahan substitusi aspal minyak

2. Alat yang digunakan

- a. Timbangan untuk mengukur berat bahan dan berat sampel yang digunakan
- b. Cawan untuk menampung bahan-bahan penelitian
- c. Oven untuk mengeringkan material dan sampel penelitian
- d. *Water bath* alat untuk merendam sampel dengan suhu air tertentu
- e. *Asphalt Compactor* alat yang digunakan untuk memadatkan sampel uji
- f. *Marshall Test* alat untuk mengukur ketahanan dan stabilitas aspal
- g. Vacum dan Picnometer untuk ekstraksi kadar aspal
- h. Reflux dan saringan untuk ekstraksi kadar aspal

3. Pembuatan Sampel

Pembuatan sampel laston lapis Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb Butir) sebagai bahan penelitian dengan masing-masing varian sebanyak tiga buah sampel. Kadar aspal optimum akan dibuat dengan dua varian tambahan yaitu 0,5% sebanyak tiga ke atas dan 0,5% dua ke bawah. Dengan cetakan benda uji Ø10,16 dan tinggi 7,62 cm.

Pembuatan sampel diawali dengan gradasi agregat yang digunakan untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb Butir), dan gradasi campuran. Penentuan kadar aspal rencana berdasarkan gradasi dan pembuatan sampel dengan

tambahan 0,5% dua ke bawah dan 0,5% tiga ke atas dari kadar aspal rencana. Proses ekstraksi asbuton untuk mengetahui jumlah kadar aspal dalam asbuton. Lakukan proses mixing agregat dan aspal. Bagi tiga hasil mixing untuk uji kandungan aspal, berat jenis campuran, dan uji Marshall.

2.3. Pengujian Sampel

1. Marshall Test

- a. Rongga di dalam campuran (VIM)

$$\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} M = 100 \times \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

G_{mm} = Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

G_{mb} = Berat jenis *Bulk* dari beton aspal padat

- b. Rongga Terisi Aspal (VFB)

$$\frac{V_{FB}}{V_{MM}} = \frac{100 (V_{MM} - V_{MM})}{V_{MM}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

VFB = Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal

VMA = Volume pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

- c. Volume pori dalam agregat campuran (VMA) $VMA = 100 \times \frac{(G_{mb} - P_d)}{G_{mb}}$

Keterangan:

VMA = Volume pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat

G_{mb} = Berat jenis Bulk dari beton aspal padat

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

- d. Volume pori dalam agregat campuran (VMA)

$$Q = P \times 0 \times \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

P = Kalibrasi proving ring pada 0

0 = Nilai pembacaan pada arloji stabilitas

e. Kelelehan (*Flow*)

Nilai flow = r didapat dari pembacaan arloji flow yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm

f. *Marshall Quotient*

$$MQ = \frac{P}{S} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan:

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm) $\dots\dots\dots(2.3)$

S = Nilai stabilitas terpasang (Kg)

2. Analisa Harga Pokok Produksi (HPP)

Analisa harga pokok produksi dengan menyusun penggunaan kebutuhan material campuran sesuai dengan jom mix design yang digunakan dengan harga material yang berlaku di daerah tempat dilakukannya penelitian. Analisa dengan membandingkan total kebutuhan material varian asbuton 0% dengan varian lain memenuhi persyaratan spesifikasi menggunakan asbuton sebagai bahan substitusi. Sehingga akan didapatkan selisih dari dua varian tersebut untuk kemudian diambil kesimpulan apakah dengan penambahan asbuton sebagai bahan substitusi memberikan pengaruh terhadap harga produksi.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Karakteristik dari Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)

1. Berat jenis campuran

Pada varian campuran asbuton 0% berat jenis campuran sebesar 2,62, varian campuran asbuton 2,5% berat jenis campuran sebesar 2.64, varian campuran asbuton 5% berat jenis campuran sebesar 2.66, varian campuran asbuton 7,5% berat jenis campuran sebesar 2.62, dan varian campuran asbuton 10% berat jenis campuran sebesar 2.59. semakin banyak penggunaan asbuton dalam campuran, maka berat jenis campuran semakin menurun namun nilai penurunan tidak begitu signifikan dan masih tergolong tinggi. Dimana berat jenis minimum untuk aspal modifikasi dengan asbuton adalah 1,0.

2. Tampilan visual

Laston Lapis Aus dari Aspal minyak biasa, dan secara visual untuk Laston dengan penambahan asbuton menghasilkan campuran dengan warna yang *doff* jika dibandingkan Laston dengan Aspal minyak yang memiliki warna lebih hitam pekat dan mengkilat. Warna *doff* disebabkan karena asbuton yang digunakan adalah asbuton butir yang masih tercampur dengan material alam lainnya dengan warna dari asbuton butir sendiri adalah hitam kecoklatan. Berbeda dengan aspal minyak yang sudah melalui proses pabrikasi.

3.2 Hasil *Marshall Test*

1. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 0%

Dari hasil uji Marshall, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 0% dengan KAO 6% dalam campuran, nilai VIM tidak masuk persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu 3-5 sedangkan nilai yang dihasilkan adalah 5,57. Nilai VIM yang tinggi dapat menyebabkan campuran mudah porous dan mengurangi keawetan.

Tabel 3.1 Hasil Marshall Test Variasi Kadar Asbuton 0%

No.	Karakteristik campuran	Hasil Job Mix Design	Satuan	Spesifikasi Laston ACWC
1	Kadar Aspal	6.00	%	-
2	Kadar Aspal efektif	4.68	%	-
3	Penyerapan Aspal	1.408	% X	-
4	Jumlah tumbukan	2 x 75	ton/m ³	2 x 75
5	Kepadatan	2.296	%	-
6	Rongga dalam campuran (VIM)	5.57	%	3 - 5
7	Rongga dalam agregat (VMA)	15.96	%	Min. 15
8	Rongga terisi aspal (VFB)	65.23	Kg	Min. 65
9	Stabilitas Marshall	1654.8	Mm	Min. 1000
10	Kelelehan	3.19	kg/mm	2 - 4
11	Marshall Quotient	518.2	%	Min. 250
12	Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)	2.65	%	Min. 2
13	Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C	90.93		Min. 90

2. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 2,5%

Dari hasil uji Marshall, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 2,5% dengan KAO 6% dalam campuran, nilai VIM tidak masuk persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu 3-5 sedangkan nilai yang dihasilkan adalah 5,91. Nilai VIM yang tinggi dapat menyebabkan campuran mudah porous karena rongga udara dalam campran cukup tinggi dan dapat mengurangi keawetan. Dan nilai stabilitas sisa setelah perendaman yaitu 86,82 tidak masuk spesifikasi untuk laston AC-WC yang mensyaratkan nilai stabilitas sisa setelah

perendaman adalah minimal 90. Nilai tersebut berpengaruh pada kekuatan perkerasan dalam menerima beban.

Tabel 3.2 Hasil *Marshall Test* Variasi Kadar Asbuton 2,5%

No.	Karakteristik campuran	Hasil Job Mix Design	Satuan	Spesifikasi Laston ACWC
1	Kadar Aspal	6.00	%	-
2	Kadar Aspal efektif	5.09	%	-
3	Penyerapan Aspal	0.972	% x	-
4	Jumlah tumbukan	2 x 75	ton/m ³	2 x 75
5	Kepadatan	2.275	%	-
6	Rongga dalam campuran (VIM)	5.91	%	3 - 5
7	Rongga dalam agregat (VMA)	17.10	%	Min. 15
8	Rongga terisi aspal (VFB)	65.54	kg	Min. 65
9	Stabilitas Marshall	1743.6	mm	Min. 1000
10	Kelelehan	3.12	kg/mm	2 - 4
11	Marshall Quotient	561.8	%	Min. 250
12	Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)	2.65	%	Min. 2
13	Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C	86.82		Min. 90

3. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 5%

Dari hasil uji Marshall, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 5% dengan KAO 6% dalam campuran, nilai VIM tidak masuk persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu 3-5 sedangkan nilai yang dihasilkan adalah 5,85. Nilai VIM yang tinggi dapat menyebabkan campuran mudah porous karena rongga udara dalam campran cukup tinggi dan dapat mengurangi keawetan. Dan niali stabilitas sisa setelah perendaman yaitu 89,24 tidak masuk spesifikasi untuk laston AC-WC yang mensyaratkan nilai stabilitas sisa setelah perendaman adalah minimal 90. Nilai tersebut berpengaruh pada kekuatan perkerasan dalam menerima beban.

Tabel 3.3 Hasil *Marshall Test* Variasi Kadar Asbuton 5%

No.	Karakteristik campuran	Hasil	Satuan	Spesifikasi
		Job Mix Design		Laston ACWC
1	Kadar Aspal	6.00	%	-
2	Kadar Aspal efektif	5.14	%	-
3	Penyerapan Aspal	0.913	% x	-
4	Jumlah tumbukan	2 x 75	ton/m ³	2 x 75
5	Kepadatan	2.282	%	-
6	Rongga dalam campuran (VIM)	5.85	%	3 - 5
7	Rongga dalam agregat (VMA)	17.20	%	Min. 15
8	Rongga terisi aspal (VFB)	66.00	kg	Min. 65
9	Stabilitas Marshall	1765.3	mm	Min. 1000
10	Kelelehan	2.97	kg/mm	2 - 4
11	Marshall Quotient	610.4	%	Min. 250
12	Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)	2.65	%	Min. 2
13	Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C	89.24		Min. 90

4. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 7,5%

Dari hasil uji Marshall, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 7,5% dengan KAO 6% dalam campuran, semua nilai uji memenuhi persyaratan untuk Laston AC-WC.

Tabel 3.4 Hasil *Marshall Test* Variasi Kadar Asbuton 7,5%

No.	Karakteristik campuran	Hasil Job Mix Design	Satuan	Spesifikasi
				Laston ACWC
1	Kadar Aspal	6.00	%	-
2	Kadar Aspal efektif	5.71	%	-
3	Penyerapan Aspal	0.306	% x	-
4	Jumlah tumbukan	2 x 75	ton/m ³	2 x 75
5	Kepadatan	2.293	%	-
6	Rongga dalam campuran (VIM)	4.51		3 - 5
7	Rongga dalam agregat (VMA)	17.18	%	Min. 15
8	Rongga terisi aspal (VFB)	73.76	%	Min. 65

9	Stabilitas Marshall	1614.4	kg	Min. 1000
10	Kelelehan	2.69	mm	2 - 4
11	Marshall Quotient	601.3	kg/mm	Min. 250
12	Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)	2.65	%	Min. 2
13	Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C	92.79	%	Min. 90

5. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan Kadar Asbuton 10%

Dari hasil uji Marshall, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 10% dari KAO 6% dalam campuran, nilai VIM tidak masuk persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu 3-5 sedangkan nilai yang dihasilkan adalah 2,59. Nilai VIM yang berpengaruh pada daya ikat agregat dan aspal, nilai VIM yang terlalu rendah dapat menyebabkan perkerasan mudah mengalami bleeding dan mengurangi nilai keawetan akibat naiknya aspal ke permukaan pada saat menerima beban

Tabel 3.5 Hasil Marshall Test Variasi Kadar Asbuton 10%

No.	Karakteristik campuran	Hasil Inj Mix Design	Satuan	Spesifikasi
				Laston
				ACWC
1	Kadar Aspal	6.00	%	-
2	Kadar Aspal efektif	6.41	%	-
3	Penyerapan Aspal	-0.434	% x	-
4	Jumlah tumbukan	2 x 75	ton/m ³	2 x 75
5	Kepadatan	2.312	%	-
6	Rongga dalam campuran (VIM)	2.59	%	3 - 5
7	Rongga dalam agregat (VMA)	16.92	%	Min. 15
8	Rongga terisi aspal (VFB)	84.82	kg	Min. 65
9	Stabilitas Marshall	1698.3	mm	Min. 1000
10	Kelelehan	2.67	kg/mm	2 - 4
11	Marshall Quotient	640.6	%	Min. 250
12	Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)	2.65	%	Min. 2
13	Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C	91.15		Min. 90

3.3 Perhitungan Harga Produksi

Harga pokok produksi untuk material Laston AC-WC dengan kadar asbuton 0% membutuhkan sejumlah 743.733,50 rupiah per ton, dan harga pokok produksi untuk material Laston AC-WC dengan kadar asbuton 7,5% membutuhkan sejumlah 733.805.27 rupiah per ton. Keduanya memiliki selisih sebesar 9.928,23 rupiah. Dengan hasil tersebut maka dapat disimpulkan jika penggunaan asbuton pada campuran untuk Laston AC-WC dapat menghemat biaya pokok produksi sejumlah 1,33%.

**Tabel 3.6 Harga Pokok Material Produksi
Varian Asbuton 0%**

Sumber Material	Ukuran Dan Jenis Material	Komposisi (%) Terhadap Campuran	Berat Individu Di Plant (Kg)	Harga Material (Rp./Kg)	Jumlah Harga Material (Rp.)
Hot Bin I	Abu Batu	47.00	470.00	140.80	66.176.00
Hot Bin II	Agreggat Ukuran Maks. 1/2"	37.60	376.00	153.650	57.772.40
Hot Bin III	Agreggat Ukuran Maks. 3/4"	9.40	94.00	146.650	13.785.10
Asbuton	B 50/30	0.00	0.00	2.100.0	-
Aspal	Aspal Pertamina Pen. 60-70	6.00	60.00	10.100.0	606.000.00
	Total	100	1000		743.733.50

Tabel 3.7 Harga Pokok Material Produksi Varian Asbuton 7,5%

Sumber Material	Ukuran dan jenis material	Komposisi (%) terhadap campuran	Berat Individu Di Plant (Kg)	Harga Material (Rp./Kg)	Jumlah Harga Material (Rp.)
Hot Bin I	Abu batu	47.75	477.50	140.80	67.232.00
Hot Bin II	Agreggat ukuran maks. 1/2"	30.56	305.60	153.650	46.955.44
Hot Bin III	Agreggat ukuran maks. 3/4"	10.03	100.28	146.650	14.705.33
Asbuton	B 50/30	7.16	71.63	2.100.0	150.412.50
Aspal	Aspal pertamina pen. 60-70	4.50	45.00	10.100.0	454.500.00
	Total	100	1000		733.805.27

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

- 1 Karakteristik Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) berat jenis campuran lebih tinggi dari Laston Lapis Aus dari Aspal minyak biasa, dan secara visual untuk Laston dengan penambahan asbuton menghasilkan campuran dengan warna yang *doff* jika dibandingkan Laston dengan Aspal minyak yang memiliki warna lebih hitam pekat dan mengkilat.
- 2 Sampel yang diuji, nilai stabilitas marshall asbuton yang masuk spesifikasi sebagai bahan substitusi pada Laston AC-WC Asb. Butir ada pada KAO 6% dan kadar asbuton yang digunakan sebanyak 7,5%. Dengan hasil Marshall nilai VIM 4,51%, VFB 73,76%, Stabilitas Marshall 1.614 Kg, Kelelehan 2,6 mm, MQ 601,3 Kg/mm, Stabilitas sisa setelah perendaman 24 jam 92,79%.
- 3 Dengan hasil perbandingan penggunaan kadar asbuton sebagai bahan substitusi sebanyak 0% atau tanpa tambahan asbuton dibandingkan dengan campuran yang menggunakan asbuton dan memenuhi syarat spesifikasi berdasarkan hasil uji marshall yaitu pada kadar 7,5% dari KAO dapat disimpulkan jika penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi untuk Laston AC-WC dapat menghemat biaya pokok produksi sejumlah 1,33%.

4.2 Saran

- 1 Pada penelitian ini agregat campuran yang digunakan cenderung lebih halus sehingga untuk pembuatan Laston nantinya diharapkan dapat lebih memperhatikan gradasi material yang digunakan sehingga dapat menghasilkan hasil yang baik.
- 2 Selalu melakukan cek kadar aspal pada asbuton yang masuk sebagai bahan baku produksi.
- 3 Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat membuat varian campuran yang lebih banyak dan rentang varian asbuton yang lebih rapat.
- 4 Dengan *job mix design* yang dihasilkan dalam penelitian ini harapannya dapat diteruskan dalam uji coba *trial mix*.

DAFTAR PUSTAKA

- Angka, A. B., & Kushari. (2018). Pengaruh Penggunaan Asbuton Lawele Terhadap Karakteristik Campuran Ac-Bc Dengan Durasi Perendaman. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2018*, 2018, 75–81.
- Arfan, I. A. (2018). *Studi Eksperimental Penentuan Kadar Aspal Buton Optimum Tipe Lga 50/30 Menggunakan Agregat Batu Gamping*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Erizal. (2018). Pengaruh Temperatur Terhadap Karakteristik Laston AC – WC Menggunakan Asbuton Modifikasi JBMA – 50 dan Aspal Minyak. *Pasca Sarjana Universitas Islam Riau*.
- Haikal, M. F., Jasman, & Widarto, H. (2024). Analisa Pengaruh Variasi Penggabungan Asbuton dan Aspal Minyak Terhadap Campuran AC-BC. *Jurnal KARAJATA ENGINEERING*, 4(2), 161–170.
- Hasriana, T. (2018). *Menguji Kadar Aspal Buton (ASBUTON) Dengan Ekstraksi Menggunakan Metode Sokhlet Di PT. Wika Bitumen Sulawesi Tenggara*.
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2007). *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tentang Penggunaan Aspal Buton Untuk Pembangunan Preservasi Jalan*. 18/PRT/M/2.
- Qamar, L. M. S., & Agus, I. (2022). Karakteristik Uji Marshall Campuran Asbuton Tipe Lawele Bitumen Rendah Menggunakan Modifier Aspal Lawele. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 11(1), 40–45. <https://doi.org/10.55340/jmi.v11i1.827>
- Rizal, M. (2016). Ekstraksi dan Karakteristik Aspal Buton Sebagai Aditif Formulasi Aspal Lokal. In *Skripsi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*.
- Setiawan, A. (2011). Studi penggunaan asbuton butir terhadap karakteristik marshall. *Jurnal SMARTek*, 9, 11–27.
- Sumiati, Mahmuda, & Puryanto. (2019). Keunggulan Asbuton Pracampuran Dan Aspal Shell Pada Campuran Aspal Beton (Ac-Bc). In *Jurnal Poli-Teknologi* (Vol. 18, Issue 1). <https://doi.org/10.32722/pt.v18i1.1289>

Wijayanto, I. (2013). *Ekstraksi Asbuton Dengan Metode Asbuton Emulsi Menggunakan Emulgator Cocamide Dea Ditinjau Dari Konsentrasi H₂O Dan Waktu Ekstraksi.*