

PENGARUH PERGANTIAN ASPAL DENGAN 2% GETAH DAMAR TERHADAP SIFAT MARSHALL CAMPURAN AC-BC

Kusmira Agustian¹ dan Khairul Anwar²

¹Program Studi Konstruksi Pondasi, Beton dan Pengaspalan Jalan, Akademi Komunitas Negeri Aceh Barat, Jl. Iskandar Muda – Komplek STTU Alue Peunyareng, Meulaboh, Aceh Barat
kusmira@aknacehbarat.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gunung Leuser, Jl. Iskandar Muda No.1, Kutacane, Aceh Tenggara
naufalkhairul80@gmail.com

Masuk: 26-03-2023, revisi: 26-05-2023, diterima untuk diterbitkan: 26-07-2023

ABSTRACT

One effort to overcome the weakness of the asphalt mixture is using modified asphalt. Asphalt-modified material used in this research is gum resin at 2% by weight of asphalt. This research aims to determine the effect of replacing 2% gum resin in asphalt on an asphalt concrete-binder course mixture. The initial step is to examine the physical properties of the materials making up the asphalt mixture, followed by making samples to calculate the optimum asphalt content (OAC). After the OAC was obtained, samples were made again at the OAC either without or with gum resin replacement. The OAC for the mixture without gum resin replacement was 4.75%, while the OAC with gum resin replacement was 4.65%. The stability value of the mixtures with gum resin replacement produced was higher than without gum resin which was 2,276.66 kg compared to 2,143.92 kg. Density, void in mineral aggregate, a void filled with asphalt, flow, and Marshall Quotient values of the two types of mixtures have met the specified specifications. The results of calculating the durability of the mixture without gum resin replacement were obtained greater than the mixture with resin replacement, namely 93.16% compared to 97.03%.

Keywords: Modification Asphalt; AC-BC; Gum Resin.

ABSTRAK

Salah satu usaha untuk mengatasi kelemahan dari campuran aspal yaitu dengan pemakaian aspal modifikasi. Material modifikasi aspal yang digunakan pada riset ini adalah getah damar sebesar 2% dari berat aspal. Riset ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pergantian 2% getah damar di dalam aspal pada campuran *asphalt concrete- binder course*. Tahap awal yang dilakukan adalah pemeriksaan sifat fisis material penyusun campuran aspal, dilanjutkan dengan pembuatan sampel untuk menghitung kadar aspal optimum (KAO). Setelah KAO didapat, selanjutnya dibuat kembali sampel pada KAO baik tanpa ataupun dengan pergantian getah damar. KAO yang diperoleh untuk campuran tanpa pergantian getah damar ialah 4,75%, sedangkan KAO dengan pergantian getah damar didapat 4,65%. Nilai stabilitas campuran dengan pergantian getah damar yang dihasilkan lebih tinggi dibanding tanpa getah damar yaitu 2.276,66 kg berbanding 2.143,92 kg. Nilai *density*, *void in mineral aggregate*, *void filled with asphalt*, *flow* dan *Marshall Quotient* dari kedua tipe campuran telah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Hasil perhitungan durabilitas campuran tanpa pergantian getah damar diperoleh lebih besar daripada campuran dengan pergantian getah damar, yaitu 93,16% berbanding 97,03%.

Kata kunci: Aspal Modifikasi; AC-BC; Getah Damar.

1. PENDAHULUAN

Campuran aspal merupakan bahan yang umum digunakan sebagai perkerasan jalan di Indonesia. Kelebihan dari campuran aspal diantaranya yaitu: pelaksanaan pekerjaannya tidak memakan waktu lama, biaya yang dibutuhkan tidak lebih besar dari perkerasan kaku, proses perbaikan yang cepat, kebisingan yang dihasilkan dari gesekan antara roda kendaraan dengan lapisan perkerasan aspal tergolong rendah dan dapat langsung digunakan jika sudah mencapai kepadatan yang ditentukan.

Selain kelebihan yang telah disebutkan di atas, campuran aspal juga memiliki beberapa kelemahan seperti: rendahnya umur layanan jika dibandingkan dengan perkerasan kaku akibat daya tahan yang rendah dalam menghadapi perubahan suhu dan cuaca, rentan terhadap deformasi plastis dan kerusakan akibat penuaan, memerlukan perawatan yang cenderung lebih banyak serta membutuhkan sistem drainase dengan kualitas yang baik agar terhindar dari genangan

air pada permukaan perkerasan aspal, dimana genangan air yang berada pada aspal dapat dengan cepat merusak perkerasan aspal tersebut.

Beberapa riset tentang campuran aspal telah dilakukan oleh peneliti terdahulu dengan tujuan untuk meningkatkan kemampuan aspal dalam mengatasi kelemahan-kelemahan yang telah disebutkan di atas, diantaranya dengan melakukan modifikasi pada aspal. Modifikasi aspal adalah kegiatan mencampur aspal dengan bahan lain yang secara garis besar bahan tersebut memiliki kesamaan sifat seperti halnya aspal dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dari aspal itu sendiri.

Riset-riset terdahulu yang relevan dengan penggunaan modifikasi aspal dalam campuran aspal diantaranya: Sefrus, (2013) meneliti campuran aspal tipe *asphalt concrete-binder course* (AC-BC) menggunakan getah dari pohon damar batu sebagai bahan tambah. Hasil risetnya menyimpulkan bahwa semakin tinggi persentase penggunaan getah damar batu dalam campuran aspal semakin tinggi pula *void filled with asphalt* (VFA), stabilitas dan *Marshall Quotient*.

Agustian & Ridha (2018) dalam risetnya dengan menggunakan 6% getah damar sebagai bahan pengganti aspal terhadap berat aspal pada campuran AC-BC menjelaskan bahwa pemakaian getah damar sebesar 6% pada aspal telah dapat meningkatkan keawetan/ durabilitas campuran aspal. Dapat disimpulkan bahwa keberadaan getah damar sebesar 6% dalam campuran AC-BC dapat menjadikan campuran aspal lebih baik dalam menghadapi perubahan cuaca, temperatur dan iklim.

Perceka & Ing (2016) menganalisis campuran aspal dengan memakai getah pinus sebagai pengganti aspal. Dari hasil analisisnya, diperoleh bahwa peningkatan kadar getah pinus dalam campuran aspal berbanding terbalik dengan nilai stabilitas, atau dengan kata lain, semakin besar persentase getah pinus yang ada pada campuran, menyebabkan semakin kecil stabilitas Marshallnya.

Agustian & Agusmaniza (2022) menganalisis tentang pemakaian 4% getah damar sebagai pengganti aspal pada campuran AC-BC. Hasil analisis risetnya diperoleh bahwa penggunaan 4% getah damar mampu meningkatkan nilai stabilitas campuran aspal secara signifikan dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal murni.

Dari hasil riset yang telah dilakukan beberapa peneliti di atas, penulis tertarik untuk menganalisis pengaruh pergantian aspal dengan 2% getah damar terhadap sifat Marshall campuran AC-BC. Pemilihan kadar sebesar 2% getah damar dalam riset ini merupakan keberlanjutan dari riset yang telah dilakukan sebelumnya oleh Agustian & Ridha (2018) dan Agustian & Agusmaniza (2022) untuk mengetahui pada persentase berapakah getah damar yang digunakan dalam campuran AC-BC yang menghasilkan sifat Marshall terbaik. Diharapkan penggunaan 2% getah damar ini mampu meningkatkan kualitas campuran aspal tidak hanya sebatas peningkatan nilai durabilitas, namun juga meningkatkan nilai stabilitas dari campuran AC-BC serta yang paling utama adalah dapat mengatasi kelemahan-kelemahan yang terdapat pada campuran aspal agar menghasilkan kualitas campuran yang lebih baik.

Getah damar

Getah damar merupakan satu dari beberapa jenis resin alami yang dihasilkan dari tanaman berfamili *dipterocarpaceae* dan *burseraceae* melalui proses sadapan/ goresan pada batang pohonnya (Jamal, 2015).

Getah damar mengandung senyawa kimia berupa hidrokarbon yang mudah bereaksi ketika dipanaskan sehingga berpotensi sebagai material tambahan dalam campuran aspal.

Getah damar yang digunakan dalam riset ini adalah getah damar jenis mata kucing. Karakteristik damar mata kucing berdasarkan riset yang dilakukan (Kasim et al., 2020) seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik damar mata kucing (Kasim et al., 2020)

Parameter	Nilai
Warna	Kuning Bening
Bau	Khas Damar
Bentuk	Butiran
Ukuran	Variatif dengan Diameter 1-4 cm
Titik Leleh	71°C
<i>Density</i>	0,68 gr/cm ³
Kehilangan Berat Suhu 105°C 18 Jam	0,84%

Aspal modifikasi

Aspal modifikasi ialah jenis aspal yang telah diubah atau dimodifikasi dengan mencampurkan material/ bahan lain untuk meningkatkan kualitas aspal (M. Saleh et al., 2016).

Penggunaan aspal modifikasi bertujuan untuk mencegah perubahan bentuk pada perkerasan aspal sehingga terjadi kerusakan seperti retak pada suhu udara rendah serta mencegah deformasi plastis ketika beban berat melintas pada suhu udara yang tinggi akibat penguapan dari panas matahari.

Lapis aspal beton

Lapis aspal beton ialah lapisan yang terletak pada bagian atas struktur perkerasan jalan yang memiliki nilai struktural. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), lapisan ini terdiri dari agregat bergradasi padat/ rapat yang dicampur dengan aspal keras, dihampar dan dipadatkan pada suhu/ temperatur tertentu.

Salah satu tipe campuran aspal yang saat ini sering diaplikasikan dilapangan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga ialah *asphalt concrete-binder course* (AC-BC).

Adapun persyaratan sifat campuran AC-BC diperlihatkan seperti dalam Tabel 2.

Tabel 2. Ketentuan Sifat Laston (AC-BC) (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Sifat Campuran	AC-BC	AC-BC Modifikasi
Density	-	-
Void in Mix	3,00% - 5,00%	3,00% - 5,00%
Void in Mineral Aggregate	Min. 14,00%	Min. 14,00%
Void Filled with Asphalt	Min. 65,00%	Min. 65,00%
Stabilitas Marshall	Min. 800,00 kg	Min. 1000,00 kg
Flow/ Kelelehan	2,00 – 4,00 mm	2,00 – 4,00 mm
Marshall Quotient	-	-
Stabilitas Marshall Sisa	Min. 90,00%	Min. 90,00%

2. METODE PENELITIAN

Pengujian sifat fisis aspal

Jenis aspal yang dipakai ialah aspal penetrasi 60/70 yang diproduksi oleh PT. Pertamina, Indonesia. Sifat fisis aspal yang diuji dalam riset ini ialah titik lembek aspal, berat jenis aspal, daktilitas dan penetrasi aspal.

Ketentuan pengujian aspal berdasarkan spesifikasi teknis Direktorat Jenderal Bina Marga (2018) diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ketentuan sifat fisis aspal keras (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Titik lembek; °C	SNI 2434 - 2011	Min. 48
Berat jenis (25°C)	SNI 2441-12011	Min. 1
Daktilitas (25°C; 5 cm/detik)	SNI 2432 - 2011	Min. 100
Penetrasi (25°C; 5 detik; 0,1 mm; 100gr)	SNI 06 - 2456-1991	60-70

Uji aspal dilakukan mulanya tanpa pergantian getah damar, uji aspal selanjutnya dilakukan dengan pergantian 2% getah damar terhadap berat aspal untuk memeriksa apakah aspal modifikasi ini dapat digunakan dan masih dalam batas syarat yang ditentukan atau tidak.

Pembuatan aspal modifikasi menggunakan getah damar

Getah damar yang digunakan merupakan jenis getah damar mata kucing berasal dari perkebunan warga di daerah Kabupaten Aceh Tenggara. Getah damar tersebut awalnya berbentuk bongkahan berwarna agak kekuningan. Bongkahan tersebut selanjutnya ditumbuk hingga berbentuk bubuk agar menjadi halus. Getah damar yang berbentuk bubuk tersebut disaring dengan menggunakan saringan no. 200. Material yang digunakan sebagai bahan pengganti aspal sebesar 2% dari berat aspal dalam campuran merupakan material yang lolos saringan no. 200. Proses pencampuran getah damar dan aspal dilakukan dengan metode pencampuran panas, dimana aspal dipanaskan dahulu,

ketika aspal sudah mencair dan mencapai suhu yang direncanakan, selanjutnya bubuk getah damar dimasukkan sembari diaduk secara merata sehingga terjadi pencampuran yang homogen.

Pengujian sifat fisis agregat

Pengujian sifat fisis agregat mencakup uji berat jenis dan daya serap agregat, berat isi agregat, uji kekerasan agregat menggunakan alat uji *impact*, keausan agregat (*abrasion*) menggunakan alat *los angeles* serta daya rekat agregat pada aspal.

Ketentuan pengujian agregat berdasarkan spesifikasi teknis Direktorat Jenderal Bina Marga (2018) diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ketentuan agregat kasar (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Berat Jenis	SNI 03-1969-1991	-
Daya Serap Agregat	SNI 03-1969-1991	Maks. 3%
Abrasi dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 2417-2008	Maks. 40%
Kelekatan Agregat terhadap Aspal	SNI 2439-2011	Min. 95%

Pengujian gradasi agregat

Gradasi agregat adalah sebaran butiran agregat berdasar pada ukuran yang saling mengunci dan saling mengikat sehingga berperan penting pada nilai atau kualitas campuran aspal (Bukhari, 2007).

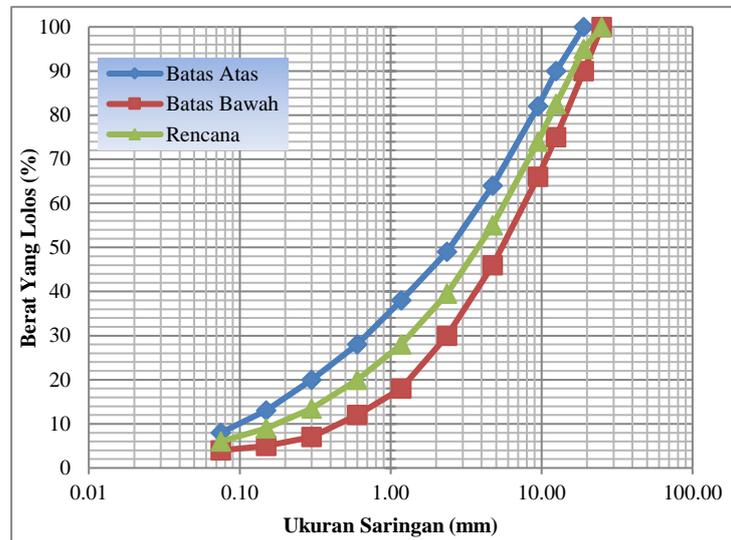
Pengujian gradasi agregat merupakan suatu proses untuk menentukan distribusi ukuran partikel agregat yang digunakan dalam pembuatan campuran aspal. Proses ini dilakukan untuk memastikan bahwa agregat yang digunakan sesuai dengan spesifikasi teknis yang ditentukan. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengayakan agregat melalui serangkaian ayakan dengan ukuran diameter yang berbeda-beda. Agregat yang tertahan ayakan dengan ukuran diameter tertentu akan dikumpulkan dan beratnya ditimbang. Hasil timbangan tersebut kemudian digunakan untuk menghitung persentase berat dari masing-masing ukuran partikel agregat sehingga diketahui apakah sebaran butiran pada agregat tersebut sudah sesuai dengan gradasi yang direncanakan atau tidak.

Rencana amplop gradasi campuran AC-BC pada riset ini ialah menggunakan gradasi rapat seperti yang terlihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Rencana amplop gradasi campuran AC-BC (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Ukuran Saringan		% Berat yang Lolos		% Berat yang Tertahan		
ASTM	(mm)	Spesifikasi	Gradasi Rencana	Tertahan	Kumulatif	
1"	25,00 mm	100%	100%			
3/4"	19,00 mm	90% - 100%	95%	5%	5%	
1/2"	12,50 mm	75% - 90%	82,5%	12,5%	17,5%	%CA = 60,5%
3/8"	9,50 mm	66% - 82%	74%	8,5%	26%	
No. 4	4,75 mm	46% - 64%	55%	19%	45%	
No. 8	2,36 mm	30% - 49%	39,5%	15,5%	60,5%	
No. 16	1,18 mm	18% - 38%	28%	11,5%	72%	
No. 30	0,60 mm	12% - 28%	20%	8%	80%	
No. 50	0,30 mm	7% - 20%	13,5%	6,5%	86,5%	%FA = 33,5%
No. 150	0,15 mm	5% - 13%	9%	4,5%	91%	
No. 200	0,075 mm	4% - 8%	6%	3%	94%	
<i>Filler</i>	<i>Pan</i>	0%	0%	6%	100%	% <i>Filler</i> = 6%

Berdasarkan perhitungan rencana amplop gradasi campuran AC-BC pada Tabel di atas, dapat digambarkan persentase rencana gradasi agregat yang digunakan pada riset ini seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik rencana gradasi agregat

Pemilihan bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material yang digunakan dengan tujuan untuk memperkecil rongga-rongga yang ada pada campuran aspal agar menghasilkan nilai stabilitas campuran yang baik (Sukirman, 2016).

Bahan pengisi yang umum digunakan adalah debu batu kapur, abu tanur semen, semen portland, abu terbang atau material non plastis lainnya yang lolos ayakan no. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% (Hamzah et al., 2016).

Bahan pengisi yang diaplikasikan pada riset ini ialah semen *portland* yang diproduksi oleh PT. Solusi Bangun Indonesia. Sebelum digunakan, semen disaring dahulu dengan saringan no. 200, selanjutnya material semen yang lolos saringan tersebut dipakai pada campuran AC-BC sebagai bahan pengisi sesuai komposisi *filler* yang ada di dalam campuran aspal.

Penentuan variasi persentase aspal

Variasi persentase aspal ditentukan dengan menggunakan metode empiris berdasarkan rumus yang sudah ditetapkan dalam perhitungan persentase aspal ideal sebuah campuran aspal. Bila persentase aspal ideal adalah $P_b\%$, maka persentase aspal yang diaplikasikan ialah $(P_b - 1,0)\%$, $(P_b - 0,5)\%$, $P_b\%$, $(P_b + 0,5)\%$ dan $(P_b + 1,0)\%$.

Pada riset ini, berdasarkan perhitungan dalam perencanaan gradasi, nilai persentase untuk setiap komposisi jenis agregat didapat sebesar: CA (agregat kasar) = 60,5%, FA (agregat halus) = 33,5%, bahan pengisi (*filler*) = 6%. Untuk nilai konstanta yang dipilih ialah 0,75. Sehingga persentase aspal ideal pada campuran AC-BC ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_b = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,180 (\% Filler) + \text{Konstanta} \quad (1)$$

P_b = Persentase aspal ideal (%), CA= Persentase agregat kasar (%), FA= Persentase agregat halus (%), *Filler*= Persentase *filler* (%), dan Konstanta= 0,50 – 1,00 untuk *asphalt concrete* (AC)

Pembuatan sampel

Jika semua material penyusun campuran aspal telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan, maka proses pembuatan sampel dapat dilaksanakan.

Pembuatan sampel pada riset ini dikelompokkan menjadi 4 (empat) jenis, yaitu:

1. Sampel tanpa pergantian getah damar dengan beberapa persentase aspal untuk menghitung kadar aspal optimum (KAO);
2. Sampel dengan pergantian 2% getah damar dengan beberapa persentase aspal untuk mendapatkan KAO;
3. Sampel pada KAO tanpa pergantian getah damar; dan
4. Sampel pada KAO dengan pergantian 2% getah damar.

Selesai pembuatan sampel penentuan KAO baik dengan pergantian maupun tidak dengan pergantian getah damar, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dan perhitungan sifat Marshall sehingga didapat data Marshall campuran AC-BC memakai aspal penetrasi 60/70 dan aspal modifikasi dengan pergantian 2% getah damar. Dengan metode *overlapping* dapat dihitung KAO untuk setiap tipe campuran aspal berdasarkan hubungan atau korelasi dari setiap sifat Marshall dengan persentase aspal.

Jumlah sampel yang diperlukan untuk perhitungan KAO berdasarkan sifat Marshall campuran AC-BC dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Sampel tanpa dan dengan pergantian 2% getah damar untuk perhitungan KAO

Persentase Aspal	Sampel Tanpa Pergantian Getah Damar	Sampel Dengan Pergantian 2% Getah Damar
4,5%	3 Sampel	3 Sampel
5,0%	3 Sampel	3 Sampel
5,5%	3 Sampel	3 Sampel
6,0%	3 Sampel	3 Sampel
6,5%	3 Sampel	3 Sampel
<i>Total</i>	<i>15 Sampel</i>	<i>15 Sampel</i>

Setelah KAO diperoleh dari masing-masing tipe campuran aspal, tahap berikutnya adalah melakukan pembuatan sampel pada KAO tanpa maupun dengan pergantian 2% getah damar agar diperoleh informasi nilai perbandingan sifat Marshall kedua tipe campuran tersebut.

Jumlah kebutuhan sampel untuk menghitung sifat Marshall serta pengujian durabilitas campuran AC-BC pada KAO ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Sampel tanpa dan dengan pergantian 2% getah damar pada KAO

KAO	Sampel Direndam 30 Menit, 60°C	Sampel Direndam 24 Jam, 60°C
Tanpa Getah	3 Sampel	3 Sampel
Dengan 2% Getah Damar	3 Sampel	3 Sampel
<i>Jumlah</i>	<i>6 Sampel</i>	<i>6 Sampel</i>

Berdasarkan Tabel 7, maka jumlah keseluruhan sampel yang dibuat pada riset ini yaitu sebanyak 42 sampel.

Metode analisis data

Metode analisis data hasil perhitungan sifat Marshall yang dipakai pada riset ini adalah analisis regresi nonlinear orde dua untuk mengetahui hubungan antara sifat Marshall dengan persentase aspal.

Sifat-sifat Marshall yang diperoleh dari perhitungan dan pengujian, kemudian *diplot* pada diagram dengan sumbu x dan y sehingga menghasilkan grafik berbentuk garis lengkung yang menunjukkan hubungan antara variasi persentase aspal (variabel bebas) dengan masing-masing sifat Marshall (variabel terikat) (Triadmodjo, 2010).

Sumbu y pada grafik mewakili nilai setiap sifat Marshall, sedangkan sumbu x mewakili variasi persentase aspal.

Hubungan antara persentase kadar aspal dengan sifat Marshall tersebut selanjutnya dihitung dan dianalisis menggunakan metode *overlapping* agar diperoleh nilai KAO baik dengan pergantian 2% getah damar ataupun tidak. KAO didefinisikan sebagai persentase kadar aspal rata-rata/ nilai tengah yang memenuhi dan sesuai dengan semua ketentuan sifat Marshall yang berlaku (Sukirman, 2016).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan persentase aspal ideal (Pb)

Hasil perhitungan persentase aspal ideal berdasar pada persamaan (1) seperti terlihat pada penjabaran berikut:

$$\begin{aligned}Pb &= 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,180 (\% Filler) + \text{Konstanta} \\ &= 0,035 (60,5\%) + 0,045 (33,5\%) + 0,180 (6\%) + 0,75 \\ Pb &= 5,46\%\end{aligned}$$

Persentase aspal ideal tersebut kemudian dibulatkan ke atas menjadi 5,50%. Maka variasi persentase aspal pada sampel adalah 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0% dan 6,5% terhadap berat total campuran (agregat, aspal dan bahan pengisi/filler).

Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70

Hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 berdasarkan hasil riset menunjukkan bahwa aspal tersebut dapat dipakai karena telah terpenuhinya setiap syarat yang ditetapkan. Hasil pengujian sifat fisis aspal ditunjukkan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian sifat fisis aspal penetrasi 60/70

Pengujian	Hasil	Syarat
Penetrasi Aspal	62,00	60,00 – 70,00
Berat Jenis Aspal	1,031 gr/cm ³	Min. 1,00 gr/cm ³
Titik Lembek Aspal	50,10 °C	Min. 48,00 °C
Daktilitas Aspal	140,00 cm	Min. 100,00 cm

Hasil pengujian aspal modifikasi

Pengujian aspal modifikasi yang merupakan gabungan antara aspal penetrasi 60/70 dengan 2% getah damar sebagai pengganti hanya dititikberatkan pada pengujian berat jenis. Hasil berat jenis yang didapat berdasarkan pengujian yaitu 1,032 gr/cm³. Dari sini dapat disimpulkan bahwa berat jenis aspal modifikasi tersebut telah sesuai dengan syarat yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (2018) yaitu lebih besar dari 1,00 gr/cm³.

Data berat jenis aspal ini menjadi penting karena data tersebut dibutuhkan dalam perhitungan beberapa sifat Marshall dengan menggunakan rumus-rumus empiris pada perencanaan campuran aspal.

Hasil pengujian agregat

Hasil pengujian agregat berdasar pada ketentuan yang disyaratkan disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian sifat fisis agregat

Pengujian	Hasil	Syarat
Berat Jenis Agregat	2,668	-
Daya Serap Agregat	0,31%	Maks. 3,00%
Berat Isi Agregat	1,50 kg/dm ³	Min. 1,00 kg/dm ³
Keausan Agregat	15,00%	Maks. 40%

Dari hasil pengujian, dapat disimpulkan agregat yang diuji tersebut telah memenuhi ketentuan yang berlaku, sehingga memenuhi persyaratan untuk diaplikasikan pada campuran aspal. Apabila terdapat salah satu sifat fisis agregat yang tidak terpenuhi/ tidak sesuai dengan persyaratan, maka hal tersebut dapat dikesampingkan jika agregat telah memenuhi persyaratan hasil pengujian keausan (*abrasion test*) dengan *los angeles machine*.

Hasil pengujian gradasi agregat

Hasil pengujian gradasi agregat menunjukkan bahwa sebaran butiran agregat yang dianalisis dengan menggunakan satu set saringan, belum memenuhi rentang gradasi yang direncanakan dalam riset ini. Oleh karena itu perlu dilakukan penyesuaian gradasi terlebih dahulu agar sesuai dengan gradasi yang direncanakan dengan melakukan penimbangan untuk masing-masing ukuran agregat sesuai kebutuhan rencana berdasarkan hasil perhitungan komposisi agregat dalam satu sampel.

Adapun gradasi yang digunakan dalam riset ini adalah nilai tengah dari rentang gradasi untuk campuran AC-BC berdasarkan spesifikasi teknis yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (2018).

Hasil uji Marshall untuk penentuan KAO

Hasil uji Marshall dari beberapa persentase aspal untuk perhitungan KAO baik dengan pergantian maupun tanpa pergantian 2% getah damar pada kedua tipe campuran AC-BC tersebut diperlihatkan dalam Tabel 10 dan Tabel 11.

Tabel 10. Hasil uji Marshall dengan variasi persentase aspal penetrasi 60/70 tanpa pergantian getah damar

Sifat Campuran	Kadar Aspal					Spesifikasi AC Bina Marga (2018)
	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	
<i>Density</i>	2,40	2,43	2,42	2,44	2,41	-
<i>Void in Mix</i>	4,57	2,66	2,53	0,78	1,35	3,00% - 5,00%
<i>Void in Mineral Aggregate</i>	19,43	18,87	19,82	19,44	20,93	Min. 14,00%
<i>Void Filled with Asphalt</i>	76,45	85,96	87,27	95,99	93,60	Min. 65,00%
Stabilitas	1631,48	1846,54	1278,99	1357,09	1118,22	Min. 800,00 kg
<i>Flow/ Kelelahan</i>	3,50	3,90	4,05	4,10	5,30	2,00 mm – 4,00 mm
<i>Marshall Quotient</i>	473,98	468,49	314,11	330,82	211,52	-

Tabel 11. Hasil uji Marshall dengan variasi persentase aspal penetrasi 60/70 dengan pergantian 2% getah damar

Sifat Campuran	Kadar Aspal					Spesifikasi AC Mod Bina Marga (2018)
	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	6,50%	
<i>Density</i>	2,42	2,44	2,43	2,44	2,42	-
<i>Void in Mix</i>	3,70	2,30	2,03	0,83	0,84	3,00% - 5,00%
<i>Void in Mineral Aggregate</i>	18,68	18,57	19,40	19,47	20,51	Min. 14,00%
<i>Void Filled with Asphalt</i>	80,18	87,79	89,53	95,73	95,93	Min. 65,00%
Stabilitas	2150,59	2120,92	1957,78	1632,16	1475,75	Min. 1000,00 kg
<i>Flow/ Kelelahan</i>	3,80	4,00	3,45	3,75	5,20	2,00 mm – 4,00 mm
<i>Marshall Quotient</i>	565,92	546,20	572,05	436,82	289,85	-

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian, diperoleh 7 (tujuh) nilai sifat Marshall yaitu *void in mineral aggregate* (VMA), *void in mix* (VIM), *void filled with asphalt* (VFA), *density*, stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient*. Nilai sifat Marshall dari beberapa persentase aspal tersebut kemudian dianalisis untuk menghitung KAO dengan menggunakan analisis regresi nonlinear yang menyatakan hubungan antara persentase aspal (sumbu x) dengan masing-masing sifat Marshall (sumbu y).

Hasil analisis regresi untuk campuran AC-BC memakai aspal penetrasi 60/70 tanpa pergantian getah damar dengan menggunakan metode *overlapping* didapat KAO sebesar 4,75%, sedangkan pada campuran AC-BC menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan pergantian 2% getah damar dihasilkan KAO sebesar 4,65% yang telah sesuai ketentuan keseluruhan sifat Marshall.

Terdapat selisih besaran KAO yang dihasilkan antara campuran aspal dengan pergantian dan tanpa pergantian getah damar, dimana KAO campuran aspal tanpa memakai getah damar sedikit lebih besar dibandingkan dengan KAO campuran aspal dengan pergantian getah damar. Perbedaan ini dapat dipastikan akibat penggunaan tipe aspal yang berbeda di dalam campuran.

Hasil tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan getah damar sebagai bahan pengganti aspal di dalam campuran dapat menghemat kebutuhan aspal. Akan tetapi, umumnya kadar aspal yang minim dapat mengakibatkan ikatan antar butir agregat serta ikatan antar agregat dengan aspal menjadi tidak maksimal. Meskipun demikian, diharapkan nantinya kadar aspal tersebut mampu mengikat material penyusun yang terdapat di dalam campuran dengan baik.

Hasil uji Marshall pada KAO

Hasil uji Marshall untuk mengetahui sifat Marshall campuran AC-BC tanpa pergantian getah damar dan dengan pergantian 2% getah damar pada KAO ditunjukkan dalam Tabel 12.

Tabel 12. Hasil uji Marshall pada persentase KAO

Sifat Campuran	KAO Tanpa Getah Damar (4,75%)	KAO 2% Getah Damar (4,65%)	Spesifikasi AC Bina Marga (2018)	Spesifikasi AC Mod Bina Marga (2018)
Density	2,40	2,40	-	-
Void in Mix	4,16	4,53	3,00% - 5,00%	3,00% - 5,00%
Void in Mineral Aggregate	19,60	19,70	Min. 14,00%	Min. 14,00%
Void Filled with Asphalt	78,85	77,00	Min. 65,00%	Min. 65,00%
Stabilitas	2143,92	2276,66	Min. 800,00 kg	Min. 1000,00 kg
Flow/ Kelelahan	3,15	3,30	2,00 mm – 4,00 mm	2,00 mm – 4,00 mm
Marshall Quotient	681,17	689,90	-	-

Hasil uji Marshall untuk nilai durabilitas

Perhitungan nilai durabilitas kedua tipe campuran AC-BC baik dengan pergantian 2% getah damar maupun tanpa pergantian, disajikan dalam Tabel 13.

Tabel 13. Nilai durabilitas dengan dan tanpa pergantian getah damar

Tipe Campuran AC-BC	Stabilitas Rendaman 30 Menit	Stabilitas Rendaman 24 Jam	Nilai Durabilitas (%)
(1)	(2)	(3)	(4) = $3/2 \times 100$
0% Getah Damar	2143,92	2080,24	97,03
Pergantian 2% Getah Damar	2276,66	2120,92	93,16

Durabilitas merupakan nilai keawetan dari suatu campuran aspal, dimana perhitungannya dilakukan dengan cara membandingkan nilai stabilitas sampel yang direndam selama 24 jam dengan nilai stabilitas sampel yang direndam selama 30 menit pada temperatur 60°C baik dengan ataupun tanpa pergantian 2% getah damar pada KAO (Bahia et al., 2001).

Pembahasan hasil uji Marshall

Nilai *void in mix* yang didapat pada campuran AC-BC tanpa pergantian dan dengan pergantian getah damar pada persentase KAO yaitu senilai 4,16% dan 4,53%.

Lebih tingginya persentase *void in mix* pada campuran AC-BC dengan pergantian 2% getah damar tersebut dikarenakan kadar aspal yang terdapat di dalam campuran lebih kecil dibandingkan kadar aspal pada campuran AC-BC tanpa getah damar. Kadar aspal yang lebih besar tentunya menyebabkan rongga-rongga yang terdapat didalam campuran terisi oleh aspal sehingga mengakibatkan rongga yang tersisa dalam campuran semakin sedikit. Meskipun demikian, persentase *void in mix* kedua tipe campuran tersebut dapat dikatakan telah sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (2018) yaitu berada pada rentang 3,00% s.d. 5,00%.

Persentase *void in mineral aggregate* dan *void filled with asphalt* dari kedua tipe campuran AC-BC baik dengan pergantian getah damar maupun tidak, tidak memiliki perbedaan yang mencolok dan telah memenuhi ketentuan yang ditetapkan.

Void in mineral aggregate adalah rongga yang terdapat diantara butir agregat, tidak termasuk selimut aspal yang melekat pada agregat dan bukan pula rongga yang terdapat di dalam agregat itu sendiri, sedangkan *void filled with asphalt* adalah rongga di dalam campuran yang terisi atau terselimuti oleh aspal. Dapat diartikan bahwa, *void filled with asphalt* merupakan bagian dari *void in mineral aggregate*.

Besar kecilnya persentase *void in mineral aggregate* dan *void filled with asphalt* dalam campuran aspal dipengaruhi oleh persentase aspal yang menyelimuti butir agregat dan yang mengisi rongga di dalam campuran serta tingkat penyerapan agregat dan nilai viskositas aspal. Persentase aspal yang tinggi akan menghasilkan selimut aspal yang tebal pada agregat, sehingga berakibat pada semakin besarnya rongga yang terdapat diantara agregat (Agustiana & Agusmaniza, 2021).

Nilai stabilitas untuk kedua tipe campuran AC-BC berdasarkan hasil uji Marshall telah memenuhi ketentuan yang ditetapkan, dimana untuk campuran aspal menggunakan aspal keras harus lebih besar dari 800,00 kg, sedangkan untuk campuran aspal dengan menggunakan aspal modifikasi harus lebih besar dari 1000,00 kg. Nilai stabilitas yang dihasilkan pada campuran aspal dengan pergantian getah damar lebih besar dibandingkan campuran tanpa getah damar meskipun peningkatan nilai stabilitasnya tidak terlalu signifikan, yaitu hanya sebesar 6,19%. Hal ini memperlihatkan

bahwa penggunaan getah damar sebesar 2% sebagai material pengganti aspal tidak berpengaruh besar terhadap kekuatan campuran aspal pada saat menerima repetisi beban kendaraan yang melintas.

Flow merupakan tingkat kelelehan campuran aspal ketika menerima pembebanan dalam hal ini lalu lintas kendaraan yang melaju di atas perkerasan aspal (Haris, 2019).

Nilai *flow* pada kedua tipe campuran AC-BC telah memenuhi ketentuan yang disyaratkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (2018) yaitu berada pada rentang 2,00 mm s.d. 4,00 mm.

Dapat dikatakan bahwa, kedua tipe campuran tersebut memiliki tingkat elastisitas yang dibutuhkan campuran aspal ketika terjadi pembebanan pada saat kendaraan melintas di atasnya tanpa mengalami keretakan, sehingga penurunan pondasi/ tanah dasar (konsolidasi/ *settlement*) dapat dihindari.

Nilai *Marshall Quotient* pada kedua tipe campuran AC-BC yang dihasilkan tidak memiliki perbedaan yang mencolok, dimana nilai *Marshall Quotient* campuran aspal dengan getah damar sedikit lebih besar dibandingkan dengan campuran AC-BC tanpa pergantian getah damar, yaitu 689,90 kg/mm berbanding 681,17 kg/mm. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan 2% getah damar dalam aspal tidak terlalu berdampak terhadap nilai *Marshall Quotient*, dimana peningkatan yang terjadi hanya sebesar 1,28%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pergantian 2% getah damar terhadap berat aspal pada campuran AC-BC dalam riset ini tidak memberikan peningkatan kualitas campuran secara signifikan, namun demikian penggunaan 2% getah damar tersebut dapat menghasilkan KAO yang lebih rendah dibanding dengan tanpa pergantian getah damar. Dengan kata lain, penggunaan getah damar dapat mengurangi dan mengoptimalkan kebutuhan aspal dalam campuran aspal.

Dilihat dari nilai stabilitas campuran, penggunaan 2% getah damar mampu menciptakan campuran aspal yang lebih baik dalam menghadapi repetisi beban kendaraan yang melintas di atasnya. Hal ini berdasar pada lebih besarnya stabilitas pada tipe campuran AC-BC dengan memakai getah damar sebagai pengganti aspal dibanding dengan stabilitas campuran tanpa getah damar, meskipun persentase peningkatan stabilitasnya masih tergolong rendah.

Dari segi ketahanan campuran aspal terhadap perubahan temperatur dan cuaca yang diukur melalui perhitungan nilai durabilitas, diperoleh bahwa campuran AC-BC tanpa pergantian getah damar memiliki nilai durabilitas yang lebih baik dibandingkan campuran AC-BC dengan pergantian 2% getah damar, namun demikian kedua tipe campuran tersebut telah dapat memenuhi persyaratan yang ditetapkan, dimana nilai durabilitas kedua tipe campuran tersebut lebih besar dari 90%.

Saran

Pencampuran getah damar pada aspal dalam campuran AC-BC ini merupakan cara basah dimana getah damar dimasukkan ke dalam aspal panas, lalu diaduk secara merata. Riset selanjutnya diharapkan menggunakan metode pencampuran kering dimana agregat dipanaskan terlebih dahulu baru kemudian getah damar dimasukkan dalam agregat yang telah panas tersebut.

Gradasi yang dipakai ialah gradasi rapat/ menerus untuk campuran AC-BC, disarankan untuk mengetahui lebih lanjut tentang penggunaan getah damar dalam campuran aspal agar menggunakan campuran aspal tipe lain dan besaran persentase pergantian getah damar yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, K., & Agusmaniza, R. (2021). *Evaluasi Karakteristik Campuran AC-BC menggunakan Abu Cangkang Kemiri sebagai Bahan Substitusi Filler terhadap Parameter Marshall*. 13(2), 86.
- Agustian, K., & Agusmaniza, R. (2022). Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Menggunakan 4% Getah Damar Sebagai Pengganti Aspal. *Siklus Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 161.
- Agustian, K., & Ridha, M. (2018). Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Dengan Menggunakan 6% Getah Damar Sebagai Bahan Substitusi Aspal. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 4(1), 1.
- Bahia, H. U., Hanson, D. I., Zeng, M., Zhai, H., Khatri, M. A., & Anderson, R. M. (2001). Characterization of Modified Asphalt Binders in Superpave Mix Design. In *NCHRP REPORT 459 - Characterization of Modified Asphalt Binder in Superpave Mix Design*. National Cooperative Highway Research Program.
- Bukhari. (2007). Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan. In *Banda Aceh : Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala*,. Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan*.

- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Hamzah, R. A., Kaseke, O. H., & Manopo, M. M. (2016). Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton – Lapis Aus Gradasi Senjang. *Jurnal Sipil Statik*, 4(7), 447.
- Haris, H. (2019). Analisis Pengujian Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal dengan Tes Perendaman. *Jurnal Linears*, 2(1), 33.
- Jamal. (2015). *Karakteristik Bahan Bakar dan Pembakaran Resin Damar (Dipterocarpaceae)*. Universitas Brawijaya.
- Kasim, A., Permata, D. A., & Malrianti, Y. (2020). Karakterisasi Damar Dari Pesisir Selatan Dan Aplikasinya Untuk Pembuatan Pernis. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 24(2), 210. <https://doi.org/10.25077/jtpa.24.2.210-218.2020>
- M. Saleh, S., Anggraini, R., Agustian, K., & Agusmaniza, R. (2016). *Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Substitusi Aspal Serta Abu Sekam Padi Dan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Filler Pada Campuran Laston AC-WC*. 5(7), 869.
- Perceka, D. P., & Ing, T. L. (2016). Pengaruh Getah Pinus pada Stabilitas, Pelelehan, dan Durabilitas Lapis Pengikat Beton Aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 64.
- Sefrus, T. (2013). Analisa Penambahan Getah Damar Batu (Agathis Alba) Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC). *Majalah Teknik Simes*, 7(1), 1.
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Bandung* (3rd ed., Vol. 3). Institut Teknologi Nasional.
- Triadmodjo, B. (2010). *Metode Numerik* (8th ed.). Beta Offset.

