

PENGARUH PENGGUNAAN ASPAL KARET ALAM PADAT PADA LASTON AC-WC TERHADAP KONDISI CUACA EKSTREM (THE EFFECT OF UTILIZING SOLID NATURAL RUBBER ASPHALT IN AC-WC MIXTURES ON EXTREME WEATHER CONDITIONS)

Sumiati^{1*)}, Rachmat Hakiki¹⁾, Rizki Prasetya Person¹⁾

¹⁾Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia.

^{*)}sumiati@polsri.ac.id

Diterima: 17 April 2024; direvisi: 24 November 2024; disetujui: 01 Desember 2024;

ABSTRAK

Aspal karet alam padat (AKAP PG 76) telah diproduksi oleh pabrik dan mendapatkan dukungan penerapannya oleh pemerintah. Penerapan material dalam pekerjaan jalan di Direktorat Jenderal Bina Marga pada. Spesifikasi Khusus Aspal Karet Alam Padat (SKh-2.M.04). Akan tetapi, penggunaan AKAP PG-76 masih terbatas atau, hanya digunakan pada proyek jalan nasional. Salah satu faktor penyebabnya adalah harganya yang relatif mahal. Penelitian ini didasari pertimbangan evaluasi terhadap perbandingan harga dan kualitas yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik campuran aspal beton AC-WC yang menggunakan aspal pen 60/70 dan AKAP PG-76. Sebelum dilakukan pengujian Marshall, sampel dengan 5 variasi kadar aspal direndam pada suhu 60 °C dan 80 °C untuk mencapai kadar aspal yang optimal. Keunggulan dan ketahanan perkerasan aspal terhadap cuaca ekstrem dapat dilihat dari indeks kekuatan sisanya. Indeks kekuatan sisa didapatkan dari hasil perbandingan pengujian Marshall sampel dengan kadar aspal optimal yang direndam selama 30 menit dan 24 jam pada suhu 60 °C dan 80 °C. Penelitian ini menemukan bahwa campuran beton aspal yang menggunakan Aspal karet alam padat (AKAP PG 76) dan aspal pen 60/70 menunjukkan ketahanan yang baik terhadap kondisi cuaca yang ekstrem. Namun, AKAP PG 76 lebih baik karena memiliki stabilitas Marshall yang lebih tinggi dan mampu bertahan dengan baik dalam cuaca panas yang ekstrem.

Kata Kunci: aspal karet alam, laston AC-WC, cuaca ekstrem, kinerja aspal, dudabilitas jalan.

ABSTRACT

The factory has produced solid natural rubber asphalt (AKAP PG 76) and has received support for its implementation by the government. The application of materials in road works at the Directorate General of Highways refers to the Special Specification for Solid Natural Rubber Asphalt (SKh-2.M.04). However, the use of AKAP PG-76 is still limited or only used in national road projects. One of the contributing factors is its relatively high price. This study will evaluate the comparison of price and quality produced. This study aims to compare the characteristics of AC-WC asphalt concrete mixtures using pen 60/70 asphalt and AKAP PG-76 asphalt. Before the Marshall test, samples with five variations of asphalt content were soaked at 60 °C and 80 °C to achieve optimal asphalt content. The advantages and resistance of asphalt pavement to extreme weather can be seen from the residual strength index. The residual strength index was obtained from the Marshall test comparison of samples with optimal asphalt content soaked for 30 minutes and 24 hours at temperatures of 60 °C and 80 °C. This study found that the asphalt concrete mixture using solid natural rubber (AKAP PG 76) and pen 60/70 asphalt showed good resistance to extreme weather conditions. However, AKAP PG 76 is better because it has higher Marshall stability and can withstand scorching weather.

Keywords: natural rubber asphalt, laston AC-WC, extreme weather, asphalt performance, road durability.

PENDAHULUAN

Beton aspal merupakan salah satu jenis campuran aspal panas yang sering digunakan dalam pembangunan jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi. Beton aspal terdiri atas tiga lapisan yang berbeda, yaitu lapisan fondasi (*Asphalt Concrete – Base*), lapisan antara *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC), dan lapisan aus *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Lapisan fondasi berperan sebagai struktur penopang utama, lapisan antara berfungsi sebagai pengikat, sementara lapisan aus bertujuan untuk melindungi lapisan di bawahnya dari sinar matahari dan rembesan air hujan, serta untuk menahan gesekan dari kendaraan yang melintas.

Kerusakan jalan sebelum mencapai umur rencana yang telah ditetapkan semakin sering terjadi karena beberapa faktor. Salah satunya adalah penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi atau proses konstruksi yang tidak mengikuti prosedur, yang pada akhirnya memengaruhi kualitas campuran beton aspal yang dihasilkan. Selain itu, kerusakan jalan sebelum mencapai umur rencana ini juga dapat disebabkan oleh faktor cuaca dan beban lalu lintas yang tinggi. Cuaca ekstrem seperti curah hujan yang tinggi dan tidak terkendali dapat menyebabkan genangan air di permukaan jalan, sementara pada musim kemarau suhu permukaan jalan bisa mencapai 60 °C, mengingat titik lembek aspal pen 60/70 yang hanya sekitar 48-49 °C. Hal ini tentu sulit diatasi jika sifat fisik aspal tidak diperbaiki.

Pusat Penelitian Karet Indonesia telah melakukan penelitian dengan menggunakan berbagai jenis karet, seperti lateks vulkanisasi dan komposit karet padat yang terdiri atas campuran *brown crepe*, *Ribbed Smoked Sheet* (RSS), dan Standar Indonesia *Rubber* (SIR 20). Selain itu, bahan lain yang digunakan adalah campuran komposit karet padat yang terdiri atas berbagai jenis karet dan serbuk ban bekas.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Hermadi *et al.* (2021) ditemukan bahwa dalam proses pembuatan campuran aspal beton yang menggunakan lateks pravulkanisasi dan kompon karet SIR 20 yang diperoleh secara langsung dari kebun dan dicampurkan langsung saat pembuatan campuran aspal beton, lebih ekonomis jika dibandingkan dengan penggunaan aspal polimer sintetis (PG 76) yang

merupakan produk pabrik. Meskipun demikian, aspal polimer sintetis (PG 76) memiliki keunggulan dalam hal kualitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran aspal beton yang menggunakan aspal polimer sintetis memiliki stabilitas dan stabilitas Marshall sisa yang lebih baik, serta titik lembek aspal yang lebih tinggi.

Lubis *et al.* (2022), dalam penelitiannya menggunakan *masterbatch* dalam proses pembuatan campuran aspal beton (Laston AC-WC) dengan variasi yang berbeda. Kadar aspal optimum yang digunakan dalam pembuatan campuran aspal beton adalah sebesar 5,8%. *Masterbatch* tersebut terdiri atas aspal pen 60/70 dan karet SIR 20 dengan perbandingan 1:1. *Masterbatch*, kemudian dicampurkan dengan persentase variasi yang berbeda, yaitu 3%, 5%, 6%, 7%, dan 9% dalam pembuatan campuran beton aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *masterbatch* sebesar 7% menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam stabilitas dan Stabilitas Marshall sisa campuran beton aspal AC-WC.

Widianto dan Faishal (2021) melakukan penelitian mengenai pengaruh sifat fisik aspal yang dimodifikasi dengan getah karet alam. Penelitian ini menggunakan aspal pen 60/70 yang dicampur dengan getah karet alam dalam variasi 0%, 2,5%, 5%, dan 7%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai penetrasi, daktilitas, berat jenis, viskositas pada 135 °C, kelarutan *Tricholoethylene*, dan kehilangan berat (TFOT) cenderung menurun seiring dengan peningkatan kadar getah karet. Sebaliknya, nilai titik lembek, titik nyala, titik bakar, dan kehilangan berat cenderung meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan aspal modifikasi getah karet alam pada perkerasan aspal beton dapat meningkatkan ketahanan terhadap kerusakan jalan. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa penambahan getah karet alam yang paling optimal adalah sebesar 5%.

Aspal karet alam padat (AKAP PG 70) yang dimodifikasi dengan penambahan karet SIR 20 sebanyak 5%, serta aspal polimer PG 70, memiliki nilai geser dinamis yang sama. Titik lembek dari AKAP PG 70 dan aspal polimer PG 70 adalah 58,9 °C dan 60,9 °C, sedangkan aspal pen 60/70 memiliki titik lembek sebesar 52 °C. Viskositas dari AKAP PG 70, aspal polimer PG 70, dan aspal pen 60/70 secara berurutan adalah 1326,5 cSt, 1050 cSt, dan 358,6 cSt. Hal

ini menunjukkan bahwa aspal yang memiliki viskositas rendah cenderung bersifat mengalir dan berperilaku seperti pelumas sehingga sulit untuk melekat dengan baik pada agregat. Sebaliknya, aspal yang memiliki viskositas yang relatif tinggi akan sulit untuk bercampur dengan agregat (Pravianto, 2022).

Aspal pen 60/70 yang dicampur dengan karet sintetis memiliki titik lembek yang lebih tinggi daripada aspal pen 60/70 yang dicampur dengan karet alam. Campuran beton aspal yang menggunakan aspal yang ditambah karet sintetis menunjukkan stabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran aspal yang ditambah karet alam, tetapi lebih tinggi daripada aspal pen 60/70. Meskipun demikian, campuran beton aspal menggunakan aspal yang ditambah karet sintetis dan aspal yang ditambah karet alam memiliki karakteristik yang lebih baik dalam hal nilai VIM (*Void In Mineral*) dan VFA (*Void In Filled with Asphalt*) dibandingkan dengan campuran aspal beton yang menggunakan aspal pen 60/70. Nilai VMA dari semua campuran aspal beton relatif sama, tetapi nilai VIM dari aspal yang ditambah karet sintetis lebih rendah daripada aspal yang ditambah karet alam. Nilai VIM yang rendah menunjukkan bahwa sinar matahari dan air hujan sulit menembus perkerasan jalan sehingga perkerasan akan lebih tahan terhadap oksidasi yang dapat memperpanjang umur pelayanan jalan (Suroso, 2007).

Penambahan *crumb rubber* ke dalam aspal pen 60/70 dapat memperbaiki sifat reologi aspal, serta meningkatkan stabilitas Marshall dan ketahanan terhadap perubahan suhu. Aspal pen 60/70 yang dicampur dengan *crumb rubber* melalui proses mastikasi menunjukkan penurunan nilai penetrasi, peningkatan titik lembek, dan stabilitas Marshall pada campuran beton aspal (Bahruddin et al, 2019).

Asphalt Rubber adalah jenis aspal yang dimodifikasi dengan cara mencampurkan serbuk ban bekas ke dalam aspal tipe pen 60/70. Penggunaan *asphalt rubber* dalam campuran beton aspal memberikan sejumlah manfaat, di antaranya adalah peningkatan ketahanan terhadap alur dan retakan pada permukaan perkerasan, pengurangan kemungkinan terjadinya kerusakan akibat kelelahan (*fatigue*) atau retakan refleksi (*reflection cracking*), perbaikan sifat aspal yang sensitif terhadap perubahan suhu, serta peningkatan daya tahan

perkerasan beton aspal yang pada akhirnya dapat menurunkan biaya pemeliharaan (Indriyati, 2017).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ditemukan bahwa penggunaan karet dalam modifikasi aspal dapat meningkatkan sifat fisik aspal dan karakteristik campuran aspal beton. Oleh karena itu, Direktorat Jenderal Bina Marga (2022) telah menerbitkan Spesifikasi Aspal Karet Alam Padat (SKh-2.M.04) yang menetapkan persyaratan penggunaan karet dalam modifikasi aspal dan karakteristik fisik dari Aspal Karet Alam Padat (AKAP). Kualitas aspal karet alam padat dapat diidentifikasi melalui standar mutu yang ditandai dengan PG 70, PG 76, dan PG 82. PG adalah singkatan dari *Performance Grade*, dan angka yang menyertainya menunjukkan suhu yang dihasilkan dari pengujian geser dinamis. Selain itu, angka tersebut juga menunjukkan bahwa pada suhu tersebut, bahan pengikat aspal mampu bertahan terhadap deformasi akibat beban. Aspal Karet Alam Padat (AKAP PG-76) diperoleh dengan mencampurkan aspal minyak pen 60/70 dengan kompon karet sebanyak 7-9%. Kompon karet dibuat dengan menggunakan karet alam padat SIR 20 dengan mencampur bahan kimia seperti sulfur, akselerator, dispersan, dan antioksidan, proses pencampuran dilakukan menggunakan mesin *mixer banbury*. Proses vulkanisasi kompon karet menggunakan mesin *dish mill* atau *cracker mill*, yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kekakuan, ketahanan lentur, dan ketahanan aus, dengan menggunakan bahan vulkanisasi, aktivator akselerator, pelembut, bahan antidegradasi, dan bahan pengisi dengan komposisi yang telah ditentukan, sehingga menghasilkan vulkanisat berbentuk butiran atau lonjoran dengan ukuran lolos saringan no. 8 (2,38 mm). Vulkanisat karet dicampur dengan aspal panas dalam mesin *homogenizer* untuk menghasilkan ukuran vulkanisat yang lebih kecil sehingga dapat masuk ke dalam mesin *colloid mill*. Proses penghalusan vulkanisat di *colloid mill* tetap berlanjut hingga ukuran vulkanisat sekecil mungkin agar dapat bercampur dengan aspal dan menghasilkan AKAP yang homogen.

Dalam upaya mewujudkan penelitian yang telah dilakukan, saat ini telah diproduksi aspal karet alam AKAP PG 76. Oleh karena itu,

penelitian dilakukan untuk mengkaji pengaruh penggunaan AKAP PG 76 dalam campuran aspal beton (Laston AC-WC) terhadap karakteristik Marshall. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah AKAP PG 76 mampu bertahan terhadap cuaca ekstrem dan apakah lapisan perkerasan akan memiliki usia layan yang lebih panjang.

HIPOTESIS

Dampak penggunaan aspal karet alam padat (AKAP PG 76) dan aspal pen 60/70 dalam campuran beton aspal (Laston AC-WC) terhadap ketahanannya dalam kondisi cuaca ekstrem dapat diamati melalui hasil uji Marshall pada suhu 60 °C dan 80 °C.

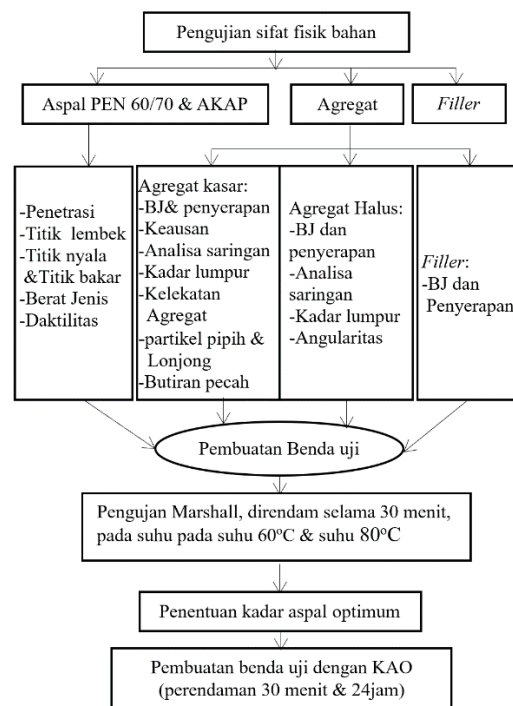
METODOLOGI

Kajian dilakukan dengan percobaan laboratorium dengan mengikuti langkah-langkah yang tertera pada diagram alir yang terdapat pada Gambar 1.

Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan studi literatur dan melakukan survei terhadap material yang akan digunakan. Material yang akan disiapkan sebelum pembuatan benda uji dan pengujian meliputi: (a) aspal pen 60/70 produk Pertamina dan aspal karet (AKAP PG 76) yang diperoleh dari PT Modifikasi Bitumen Sumatera, (b) agregat kasar, agregat halus, dan *filler* abu batu yang berupa batu pecah yang diperoleh dari PT Bintang Selatan Agung, (c) *fly ash* diperoleh dari PT Pusri, yang merupakan hasil sisa pembakaran batubara di *boiler* perusahaan tersebut, dan (d) semen dengan merek Baturaja.

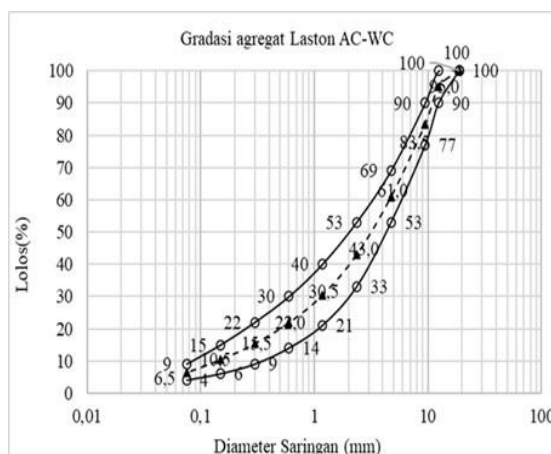
Standar Nasional Indonesia (SNI) digunakan sebagai acuan dalam melakukan pengujian terhadap sifat fisik material. Beberapa di antaranya mencakup analisis saringan agregat kasar dan halus SNI ASTM C136:2012 (BSN 1990), pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar SNI 03-1969:2008 (BSN 2008), pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus SNI 03-1970:2008 (BSN 2008), pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no.200 SNI 03-4142-1996 (BSN 1996), pengujian penyelimutan dan pengelupasan pada campuran

agregat aspal SNI 03-2439-2011 (BSN 2011), pengujian berat jenis *filler* SNI 1964:2008 (BSN 2008), keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles* SNI 03-2417-1991 (BSN 1991), bidang pecah pada agregat kasar SNI 7619:2012 (BSN 2012), partikel pipih dan lonjong SNI 8287:2016 (BSN 2016), serta angularitas agregat halus dengan uji rongga udara SNI 03-6877:2002 (BSN 2002).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Gradasi agregat campuran beton aspal akan menggunakan nilai tengah dari batas atas dan batas bawah sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan, yang juga dikenal sebagai gradasi amplot (Gambar 2).



Gambar 2. Gradasi agregat Laston AC-WC

Sementara itu, pengujian terhadap aspal mencakup pengujian titik lembek aspal dan ter SNI 03-2434-1991 (BSN 1991), pengujian titik nyala dan titik bakar aspal dengan alat *cleveland open cup* SNI 2433 2011 (BSN 2011), pengujian daktilitas aspal SNI 06-2432:2011 (BSN 2011), serta pengujian berat jenis aspal padat SNI 06-2441:2011 (BSN 2011), dan aspal (SNI SNI 2456:2011).

Langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji berdasarkan SNI 06-2489-1991 (BSN 1991). Benda uji yang digunakan untuk pengujian Marshall berbentuk silinder dengan diameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Dalam penelitian ini, terdapat 84 benda uji yang digunakan, sebagaimana yang tercantum dalam Tabel 1. Kadar aspal optimum ditentukan untuk setiap jenis campuran aspal beton menggunakan 15 benda uji, dengan variasi kadar aspal sebesar 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0% dan 6,5% (masing-masing 3 benda uji untuk setiap kadar aspal).

Tabel 1. Benda uji campuran beton aspal

Kode benda uji	Kadar aspal (%)					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	optimum
AP60	3	3	3	3	3	6
AP80	3	3	3	3	3	6
AK60	3	3	3	3	3	6
AK80	3	3	3	3	3	6
Total	84 benda uji					

Kode benda uji yang tercantum, yaitu AP 60, AP80, AK 60, dan AK 80, digunakan untuk mengidentifikasi jenis campuran aspal beton. Huruf yang tertera menunjukkan jenis aspal yang digunakan, di mana kode AP menggunakan aspal pen 60/70, sementara AK menggunakan aspal karet alam padat (AKAP 76). Angka yang menyertai menunjukkan suhu perendaman: angka 60 pada suhu 60 °C dan angka 80 pada suhu 80 °C, dengan durasi perendaman selama 30 menit sebelum dilakukan pengujian Marshall.

Pengujian Marshall bertujuan untuk menentukan stabilitas dan deformasi, sementara pengujian volumetrik campuran aspal beton padat diperlukan untuk mengukur nilai-nilai: VIM, VMA, VFA. Parameter-parameter Marshall dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus berikut:

$$VMA = 100 - \left(\frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}} \right), (\%) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- VMA = volume pori antarbutir agregat di dalam aspal beton padat (% dari volume *bulk* beton aspal padat)
 G_{mb} = berat jenis *bulk*/curah dari beton aspal padat
 P_s = kadar agregat terhadap berat beton aspal padat
 G_{sb} = berat jenis *bulk* agregat

$$VIM = \frac{(G_{mm} - G_{mb})}{G_{mm}} * 100, (\%) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- VIM = volume rongga dalam beton aspal padat
 G_{mm} = berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan
 G_{mb} = berat jenis *bulk* beton aspal padat

$$VFA = \frac{(VMA - VIM)}{VMA} * 100, (\%) \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

- VFA = volume rongga antarbutir agregat yang terisi aspal, %
VMA = volume rongga antara butir agregat di dalam beton aspal padat, %
VIM = volume rongga dalam beton aspal padat, %

Setelah melakukan perhitungan parameter Marshall, langkah berikutnya adalah membuat kurva yang sesuai dengan data hasil perhitungan. Kadar aspal optimum dalam campuran aspal beton dapat diperoleh dengan menganalisis kurva parameter Marshall dan mengacu pada persyaratan yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi (Direktorat Jenderal Bina Marga, divisi VI, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi ketahanan AKAP PG-76 dalam campuran beton aspal terhadap kondisi cuaca ekstrem. Untuk mencapai tujuan tersebut, analisis dilakukan dengan membandingkan stabilitas Marshall sisa dari campuran beton aspal AC-WC yang menggunakan aspal pen 60/70 dan aspal karet modifikasi PG-76, yang direndam pada suhu 60°C dan 80°C.

HASIL DAN ANALISIS

Berdasarkan data hasil pengujian yang tertera pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa kandungan lumpur pada agregat halus melebihi batas yang telah ditetapkan. Namun, kandungan

lumpur pada agregat kasar masih berada dalam batas yang diizinkan. Penting untuk memperhatikan kadar lumpur ini karena jika lumpur tersebut menempel pada agregat, proses

pencucian agregat sebelum digunakan harus dilakukan agar tidak mempengaruhi daya lekat antara agregat dan aspal.

Tabel 2. Hasil pengujian sifat fisik agregat

Pengujian	Agregat		Spesifikasi
	kasar	Halus	
Berat jenis bulk	2,64	2,62	
Berat jenis bulk	2,68	2,66	
Berat jenis semu	2,75	2,71	>2,5*
Berat jenis efektif	2,70	2,67	
Penyerapan, %	1,5	1,28	< 3*
Keausan agregat, (100 putaran), %	4,84	-	< 8
Kelekatan agregat terhadap aspal	97	-	> 95
Kadar lumpur, %	-2,75	3,2	< 10 < 1
Bidang pecah pada agregat kasar, %	97/95	-	95/90
Partikel pipih dan lonjong, %	1	-	<10
Angularitas dengan uji rongga udara	-	55	> 45
Butiran lempung dan butiran mudah pecah	-	-	< 1

Karakteristik fisik agregat yang telah diuji, seperti berat jenis semu, penyerapan air, dan keausan/abrasi memenuhi standar yang telah ditetapkan, menunjukkan bahwa agregat memiliki pori-pori yang kecil dan struktur yang padat dan kekal. Dengan adanya pori-pori yang kecil dan padat pada agregat, ini menunjukkan bahwa kadar aspal yang dibutuhkan dalam campuran beton aspal relatif kecil. Selain itu, agregat ini juga memiliki kekuatan yang tinggi, sehingga tidak mudah pecah saat dilakukan proses pemadatan dan penghamparan, ataupun setelah proses konstruksi selesai.

Sifat fisik agregat lainnya, seperti partikel pipih dan lonjong, dan bidang pecah pada agregat kasar, serta angularitas pada agregat halus, memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Hasil pengujian berat jenis *filler* semen, abu batu, dan *fly ash* yang terdapat dalam Tabel 3 menunjukkan perbedaan berat jenis yang signifikan.

Tabel 3. Hasil pengujian berat jenis filler

Parameter	Jenis Filler		
	Semen	Abu Batu	Fly ash
Berat Jenis bulk	2,92	2,55	2,31
Berat Jenis SSD	2,92	2,59	2,38
Berat Jenis semu	2,92	2,65	2,48
Berat Jenis efektif	2,92	2,60	2,40

Dalam Tabel 4 terdapat hasil uji sifat fisik dari dua jenis aspal, yaitu aspal pen 60/70

dan aspal karet alam padat (AKAP PG 76). Dari data yang tertera, dapat dilihat bahwa nilai penetrasi aspal pen 60/70 lebih tinggi daripada AKAP PG 76, menunjukkan bahwa AKAP PG 76 memiliki kekerasan atau kekentalan yang lebih baik dibandingkan aspal pen 60/70.

Selain itu, AKAP PG 76 memiliki nilai daktilitas sebesar 77 cm, sementara aspal pen 60/70 memiliki nilai yang lebih tinggi, yakni 140 cm. Perbedaan ini menunjukkan bahwa AKAP PG 76 memiliki tingkat daktilitas yang lebih rendah, tetapi tidak ada persyaratan tertentu yang harus dipenuhi menurut spesifikasi yang ada.

Gambar 3 menampilkan hasil pengujian volumetrik beton aspal padat beserta parameter Marshall yang telah dihitung dan dianalisis dengan metode regresi. Dalam analisis ini ditemukan persamaan-persamaan yang sesuai dengan tren dan data yang telah dikumpulkan.

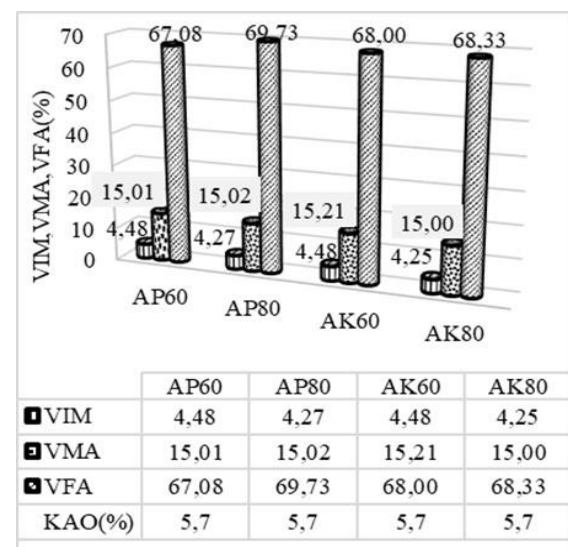
Berdasarkan analisis nilai VIM, VFA, VMA, dan *flow* dari kurva yang diperoleh, serta dengan mempertimbangkan batasan persyaratan yang telah ditetapkan, diperoleh kadar aspal optimum sebesar 5,7% untuk campuran beton aspal padat yang menggunakan aspal pen 60/70 dan AKAP PG 76, yang direndam pada suhu 60 °C maupun 80 °C.

Nilai VIM, VMA, dan VFA diperoleh melalui substitusi nilai kadar aspal optimum ke dalam persamaan yang ditunjukkan pada Gambar 3. Setelah proses perhitungan selesai,

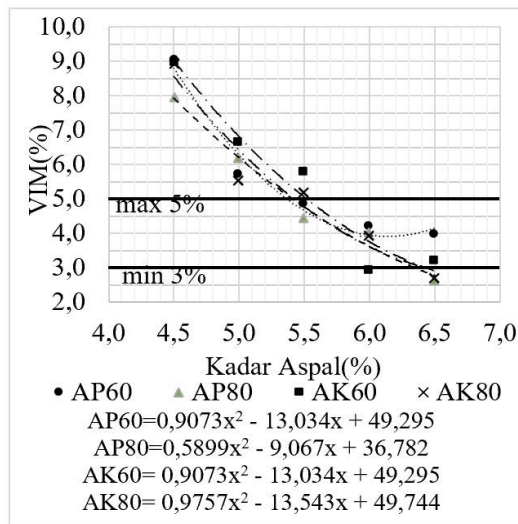
data hasil perhitungan akan ditampilkan pada Gambar 4. Spesifikasi membatasi nilai *Void in mineral* (VIM) yang merupakan persentase rongga dalam campuran adalah sebesar 3-5%. Data pengujian menunjukkan bahwa campuran beton aspal padat yang menggunakan aspal penetrasi 60/70 dan AKAP PG 76 memiliki nilai VIM yang sama. Namun, campuran tersebut mengalami penurunan pada suhu perendaman 80 °C. *Void in Mineral aggregate* (VMA) adalah persentase ruang antara butiran agregat, termasuk ruang yang diisi udara dan ruang yang diisi aspal efektif. VMA pada campuran beton aspal padat relatif sama, namun nilai VIM dari AKAP PG 76 dan aspal pen 60/70 terjadi penurunan jika campuran beton aspal padat direndam pada suhu 80 °C sebelum dilakukan pengujian Marshall. Mengecilnya nilai VIM menunjukkan bahwa sinar matahari dan air hujan sulit menembus perkerasan jalan sehingga perkerasan akan lebih tahan terhadap oksidasi yang dapat memperpanjang umur pelayanan jalan.

Voids filled with asphalt (VFA) adalah persentase rongga yang dapat terisi aspal setelah dilakukan proses pemadatan. Nilai VFA pada campuran beton aspal padat yang menggunakan AKAP PG 76 relatif sama setelah dilakukan perendaman pada suhu 80 °C. Namun, pada campuran beton aspal padat yang menggunakan aspal pen 60/70 terjadi peningkatan nilai VFA. Hal ini menunjukkan bahwa setelah perendaman pada suhu 80 °C, terjadi peningkatan rongga yang terisi aspal,

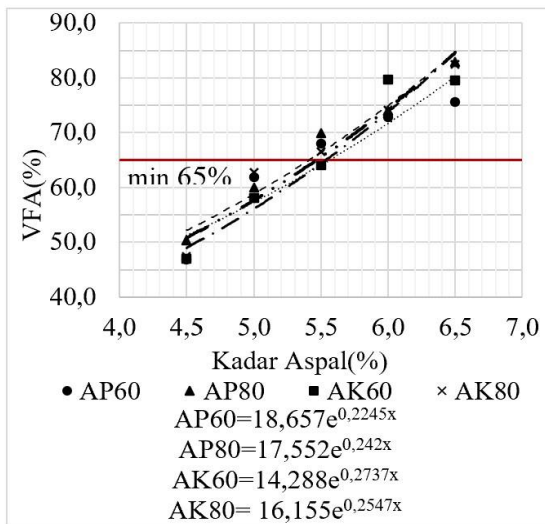
yang mengindikasikan kemungkinan terjadinya *bleeding* saat suhu tinggi. Penyebabnya adalah mengecilnya rongga dalam campuran (VIM) sehingga saat perkerasan menerima beban, aspal akan naik ke permukaan. Namun, hal ini tidak terjadi pada campuran beton aspal padat yang menggunakan AKAP PG 76, yang ditunjukkan oleh nilai VFA yang relatif sama walaupun setelah dilakukan perendaman pada suhu 80 °C. Selain itu, hal ini juga menunjukkan bahwa perkerasan jalan yang menggunakan campuran beton aspal dengan AKAP PG 76 akan memberikan daya tahan yang lebih baik dan sesuai untuk kondisi cuaca panas yang sangat ekstrem.



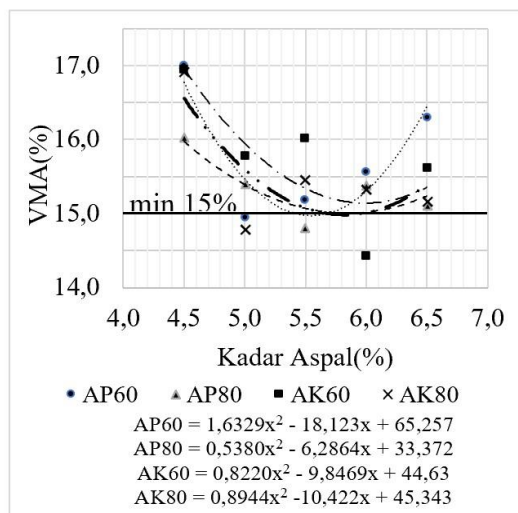
Gambar 3. Nilai hasil uji VIM, VMA, dan VFA



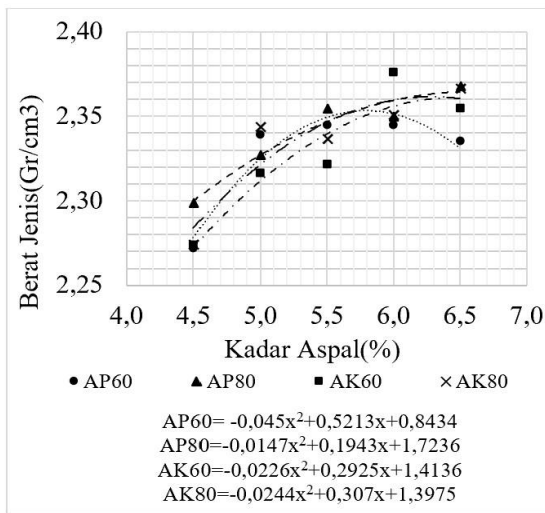
a. VIM



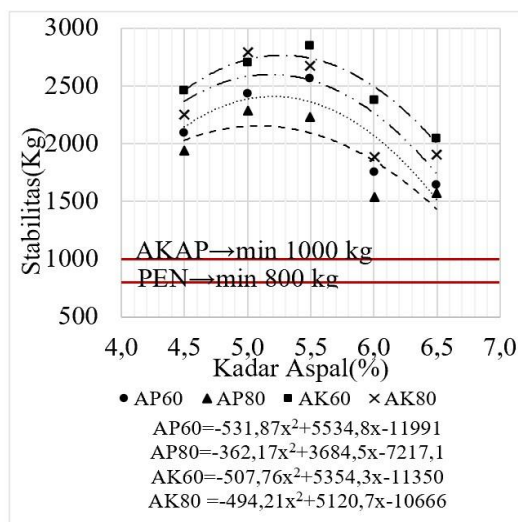
b. VFA



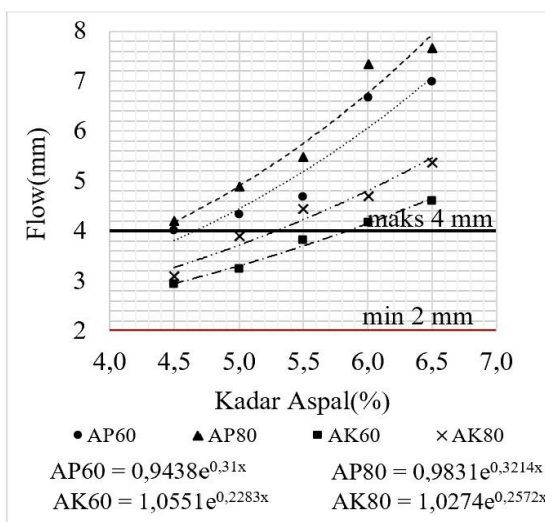
c. VMA



d. Berat jenis



d. Stabilitas

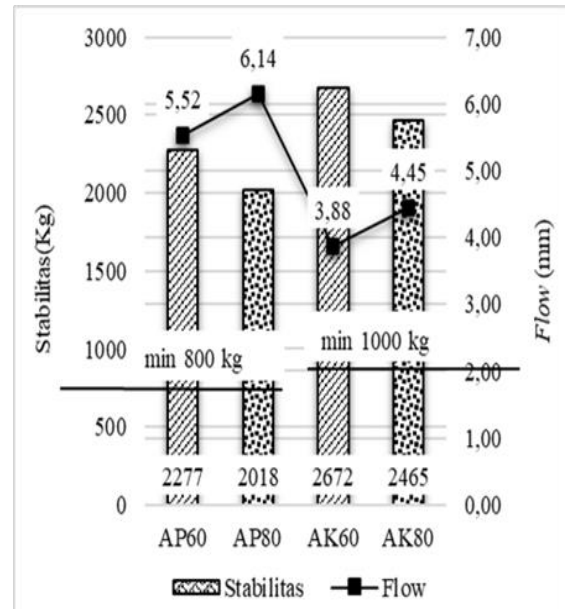


e. Flow

Gambar 4. Nilai Hasil Uji Parameter Marshall Marshall

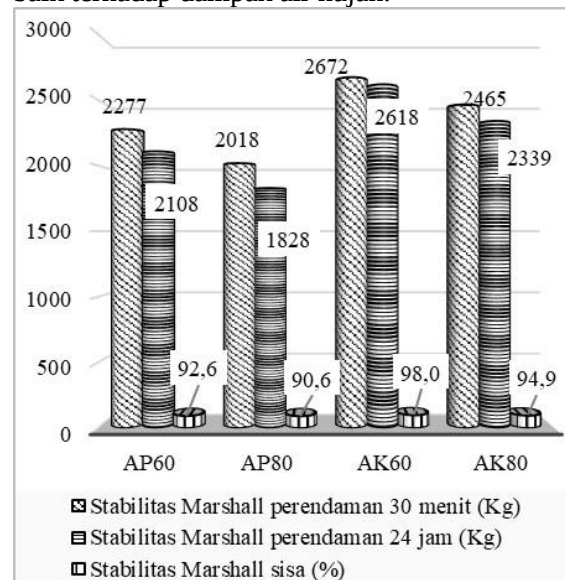
Spesifikasi membatasi nilai *Void in mineral* (VIM) yang merupakan persentase rongga dalam campuran adalah sebesar 3-5%. Data pengujian menunjukkan bahwa campuran beton aspal padat yang menggunakan aspal pen 60/70 dan AKAP PG 76 memiliki nilai VIM yang sama. Namun, campuran tersebut mengalami penurunan pada suhu perendaman 80 °C. *Void in Mineral aggregate* (VMA) adalah persentase ruang antara butiran agregat, termasuk ruang yang diisi udara dan ruang yang diisi aspal efektif. VMA pada campuran beton aspal padat relatif sama, tetapi nilai VIM dari AKAP PG 76 dan aspal pen 60/70 terjadi penurunan jika campuran beton aspal padat direndam pada suhu 80 °C sebelum dilakukan pengujian Marshall. Mengecilnya nilai VIM menunjukkan bahwa sinar matahari dan air hujan sulit menembus perkerasan jalan sehingga perkerasan akan lebih tahan terhadap oksidasi yang dapat memperpanjang umur pelayanan jalan.

Kelelahan (*flow*) yang diperoleh dari pengujian Marshall campuran aspal beton padat menunjukkan tingkat deformasi benda uji setelah diberi beban, sementara stabilitas menunjukkan beban maksimal yang diterapkan saat deformasi optimal terjadi. Oleh karena itu, *flow* dan stabilitas saling terkait. Campuran aspal beton padat dengan *flow* rendah dan stabilitas tinggi menunjukkan bahwa perkerasan yang dihasilkan memiliki kekakuan yang tinggi. Sebaliknya, *flow* yang tinggi akan menghasilkan stabilitas yang rendah karena perkerasan aspal beton bersifat plastis dan rentan mengalami perubahan bentuk saat menerima beban lalu lintas. Spesifikasi membatasi nilai *flow* untuk campuran aspal beton antara 2-4 mm. Hasil penelitian pada Gambar 5 menunjukkan bahwa campuran aspal beton padat menggunakan aspal pen 60/70 yang direndam pada suhu 60 °C dan 80 °C tidak memenuhi persyaratan. Sementara itu, campuran aspal beton padat menggunakan AKAP PG 76 memenuhi persyaratan, tetapi nilai *flow* yang lebih tinggi diperoleh pada campuran yang direndam pada suhu 80 °C. Nilai *flow* yang lebih rendah serta nilai stabilitas yang lebih tinggi menunjukkan bahwa AKAP PG 76 memiliki ikatan adhesi dan kohesi yang lebih baik dalam campuran beton aspal, yang berperan penting dalam meningkatkan stabilitasnya.



Gambar 4. Stabilitas dan *flow*

Gambar 6 menunjukkan hasil dari pengujian stabilitas Marshall sisa. Stabilitas Marshall sisa ini menggambarkan ketahanan beton aspal terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa stabilitas Marshall sisa pada campuran beton aspal yang menggunakan AKAP PG 76 lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan aspal pen 60/70. Temuan ini mengindikasikan bahwa lapisan permukaan jalan yang menggunakan AKAP PG 76 memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap dampak air hujan.



Gambar 5. Stabilitas Marshall sisa

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Aspal AKAP PG 76 memiliki titik lembek yang tinggi, yang menunjukkan bahwa aspal ini lebih tahan terhadap peningkatan suhu pada perkerasan jalan. Selain itu, aspal AKAP PG 76 juga memiliki nilai penetrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal pen 60/70. Penetrasi aspal yang optimal memungkinkan aspal untuk menyerap dengan baik ke dalam mineral agregat sehingga membentuk ikatan yang kuat dalam campuran beton aspal. Hal ini berkontribusi pada terciptanya perkerasan jalan yang memiliki stabilitas tinggi, yang pada dapat meningkatkan ketahanan terhadap beban lalu lintas serta kondisi cuaca ekstrem, seperti hujan dan panas yang sulit diprediksi.

Campuran beton aspal yang menggunakan AKAP PG 76 menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap air jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal pen 60/70. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian stabilitas Marshall sisa yang lebih tinggi pada campuran dengan AKAP PG 76 dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal pen 60/70.

Disarankan untuk menjaga suhu tetap konstan saat melakukan pencampuran agregat dengan aspal dan pemadatan benda uji beton aspal. Hal ini sangat penting karena suhu yang tidak stabil dapat berdampak pada kualitas beton aspal yang dihasilkan.

Saran

Disarankan untuk menjaga suhu tetap konstan saat melakukan pencampuran agregat dengan aspal dan pemadatan benda uji beton aspal. Hal ini sangat penting karena suhu yang tidak stabil dapat berdampak pada kualitas beton aspal yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga P3M Politeknik Negeri Sriwijaya atas fasilitas dan dana yang telah diberikan melalui Pendanaan PNPB. Selain itu, ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mahasiswa dan rekan sejawat yang telah turut membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada bapak/ibu

editor dan dewan redaksi jurnal Jalan dan Jembatan atas kesediaannya untuk menerbitkan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). SNI 7619:2012 Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah Pada Agregat Kasar. 2012. Jakarta.
- _____. Badan Standardisasi Nasional. 2011. Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Cup. 2011. Jakarta.
- _____. SNI 03-1969, 2008 Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. 2008. Jakarta.
- _____. SNI 03-1970:2008 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. 2008. Jakarta.
- _____. SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles. 1991. Jakarta.
- _____. SNI 03-2434-1991 Metode Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter. 1991. Jakarta.
- _____. SNI 03-4142-1996 Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 m (No. 200) dalam agregat mineral dengan pencucian (ASTM C117-2004, IDT). 1996. Jakarta.
- _____. SNI 03-6877:2002 Metode pengujian kadar rongga agregat halus yang tidak dipadatkan. 2002. Jakarta.
- _____. SNI 06-. 2432-1991 Cara Uji Daktilitas Aspal. 2011. Jakarta.
- _____. SNI 06-2432:2011 Cara uji penetrasi aspal. 2011. Jakarta.
- _____. SNI 06-2441:2011 Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat. 2011. Jakarta.
- _____. SNI 06-2489-1991 Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall. 1991. Jakarta.
- _____. SNI 1970 : 2016 Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus. 2016. Jakarta.
- _____. SNI 2439:2011 Cara Uji Penyerapan Dan Pengelupasan Pada Campuran Agregat-Aspal. 2011. Jakarta.
- _____. SNI 8287:2016 Metode uji kuantitas butiran pipih, lonjong, ataupun pipih dan

- lonjong dalam agregat kasar. 2016. Jakarta.
- _____. SNI ASTM C136:2012 Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06, IDT). 1990. Jakarta.
- _____. SNI 1964 : 2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah. 2008. Jakarta.
- Bahrudin, Arya W, Alfian M, Robby K, dan Dia S. P. 2019. Pembuatan Aspal Modifikasi Polimer Berbasis Karet Alam Tanpa dan Dengan Mastikasi. Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri. Palembang, 26 Agustus 2019.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum 2018. Konstruksi Jalan dan Jembatan.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2022. SKh-2.M.04, Aspal karet alam padat. pp 7–11.
- Hermadi, Madi, Yohanes Ronny P A, Yusef Firdaus, A H Nasution, and No Bandung. 2021. Pemanfaatan Lateks Kebun Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Beraspal Panas Berkualitas Tinggi dan Ekonomis. *jurnal Jalan-Jembatan*, 72–84.
- Indriyati. Eva Wahyu. 2017. Kajian Perbandingan Penggunaan Aspal Modifikasi Asbuton dan Asphalt Rubber (AR) Untuk Infrastruktur jalan. *Jurnal Teknik Sipil*. Volume 14, No. 2, April 2017, pp. 94 -100
- Lubis A. S, Zulkarnain A. M, Andy P. R, Derry W. N, dan Fadilla F. 2022. “The Characteristics of The Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Using SIR20 Solid Rubber Compound.” *Asian Journal of Fundamental and Applied Sciences* 3 (2): pp 34–46.
- Nofrianto Hendri, Wilton Wahab, Naldi Syofian, Syafridi Wardi. 2021. Kajian Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Panas Aspal Agregat (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall. *Menara ilmu*, Vol. XV: No.01 Januari.
- Pravianto, Willy. 2022. Teknologi Aspal Karet Alam Padat Menjawab Kebutuhan Aspal Modifikasi Berbahan Karet Alam Padat Asli Indonesia. *Jurnal Puslitbang Jalan Dan Jembatan*, 1–12.
- Suroso, Tjitjik Wasiah. 2007. Peningkatan Kinerja Campuran Beraspal Dengan Karet Alam Dan Karet Sintetis. *Jurnal Puslitbang Jalan Dan Jembatan*.
- Widianto, Barkah W, dan Mochamad. I. F. 2021. Perubahan Karakteristik Aspal Pen 60/70 Dengan Substitusi Getah Karet Alam Pangkalan Balai, Sumatera Selatan. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil* 6 (3): 143.