

ANALISA LABORATORIUM *MARSHALL*, *MARSHALL IMMERSION* DAN *CANTABRO* PADA LASTON *WEARING COURSE* DAN *BINDER COURSE* DENGAN MODIFIKASI ASPAL MENGGUNAKAN LATEKS SIR 20 DAN *CRUMB RUBBER*

M. Pataras^{1*}, A. Y. Kurnia¹, D. Y. Permata¹, M. R. Alvian¹, A. M. Tambunan¹, Y. K. Putra¹

¹Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: patarasmirka@gmail.com

ABSTRAK: Jalan merupakan infrastruktur yang menghubungkan satu kawasan dengan kawasan lainnya. Jalan dibutuhkan untuk memfasilitasi mobilitas dan aksesibilitas sosial ekonomi, kegiatan sosial serta untuk kemajuan kawasan. Volume lalu lintas yang semakin meningkat dari tahun ke tahun menyebabkan kerusakan jalan. Untuk meningkatkan kualitas campuran aspal, mengurangi limbah ban bekas dan menstabilkan harga karet, campuran aspal dimodifikasi dengan penambahan crumb rubber dan lateks SIR 20. Penelitian ini difokuskan membandingkan aspal dengan penambahan *crumb rubber* dan aspal dengan penambahan karet alam lateks SIR 20 dengan aspal pen 60/70. Dari variasi penambahan crumb rubber dan lateks SIR 20 yaitu 3%, 5%, 7%, dan 10% didapat nilai persentase paling optimal adalah penambahan crumb rubber sebesar 5,85% dan penambahan lateks SIR 20 sebesar 6,4%. Pengujian marshall lapis laston AC-WC campuran aspal standar (Aspal Pen 60/70) diperoleh nilai KAO sebesar 6,25%, campuran aspal modifikasi lateks SIR 20 diperoleh nilai KAO sebesar 6,05%, dan campuran aspal modifikasi crumb rubber diperoleh nilai KAO sebesar 6,025%. Pengujian marshall lapis laston AC-BC pada campuran aspal standar (Aspal Pen 60/70) diperoleh nilai KAO sebesar 5,94%, campuran aspal modifikasi lateks SIR 20 diperoleh nilai KAO sebesar 5,60%, dan campuran aspal modifikasi crumb rubber diperoleh nilai KAO sebesar 5,29%. Selanjutnya penelitian marshall immersion bertujuan untuk mengetahui indeks kekuatan sisa (IKS) campuran beraspal, dimana parameter perhitungan membandingkan nilai stabilitas benda uji dengan perendaman selama 30 menit dan perendaman selama 24 jam dengan suhu 60°C, serta pengujian cantabro untuk mengetahui nilai kehilangan berat suatu campuran menggunakan alat abrasi *Los Angeles* dengan 300 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm tanpa bola baja. Campuran beraspal modifikasi crumb rubber diperoleh indeks kekuatan sisa (IKS) dengan persentase tertinggi yaitu 93,43% untuk lapisan AC-WC, dan 93,903% untuk lapisan AC-BC. Sedangkan untuk nilai kehilangan berat campuran beraspal modifikasi lateks SIR 20 memperoleh nilai kehilangan berat campuran terkecil diantara campuran lainnya yaitu 3,45% untuk lapisan AC-WC dan 5,35% untuk lapisan AC-BC.

Kata Kunci: Crumb Rubber, Lateks SIR 20, Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Kehilangan Berat

ABSTRACT: Roads are infrastructure that connects one area to another. Roads are needed to facilitate mobility and accessibility of socio-economic, social activities as well as for regional progress. The increasing traffic volume from year to year causes road damage. To improve the quality of the asphalt mixture, reduce waste tire waste and stabilize rubber prices, the asphalt mixture was modified with the addition of crumb rubber and SIR 20 latex. This study focused on comparing asphalt with the addition of *crumb rubber* and asphalt and the addition of natural rubber latex SIR 20 with asphalt pen 60/ 70. From the variation of the addition of crumb rubber and latex SIR 20, namely 3%, 5%, 7%, and 10%, the most optimal percentage values were the addition of crumb rubber of 5.85% and the addition of latex SIR 20 of 6.4%. The marshall test for AC-WC standard asphalt mixture (Asphalt Pen 60/70) obtained an KAO value of 6.25%, an SIR 20 modified asphalt mixture obtained an KAO value of 6.05%, and a mixture of crumb rubber modified asphalt obtained an KAO value. by 6.025%. The marshall test for AC-BC laston on a standard asphalt mixture (Asphalt Pen 60/70) obtained an KAO value of 5.94%, an SIR 20 modified asphalt mixture obtained an KAO value of 5.60%, and a mixture of crumb rubber modified asphalt obtained a value of KAO of 5.29%. Furthermore, the Marshall immersion study aims to determine the index of residual strength (IRS) of the asphalt mixture, where the calculation parameters compare the stability value of the specimen with immersion for 30 minutes and immersion for 24 hours at a temperature of 60°C, and cantabro test to determine the value of weight loss of a mixture. using aabrasion tool *Los Angeles* with 300 revolutions at a speed of 30-33 rpm without a steel ball. The mixture of asphalt modified crumb rubber obtained index of residual strength (IRS) with the highest percentage of 93.43% for the AC-WC layer, and 93.903% for the AC-BC layer. Meanwhile, for the weight loss value of the modified asphalt mixture, SIR 20 obtained the smallest weight loss value of the mixture among other mixtures, namely 3.45% for the AC-WC layer and 5.35% for the AC-BC layer.

Keywords: Crumb Rubber, Latex SIR 20, Index of Residual Strength (IRS), Loss of Weight

PENDAHULUAN

Jalan adalah prasarana yang dirancang untuk menghubungkan suatu wilayah dengan wilayah lainnya. Jalan diperlukan untuk memperlancar pergerakan dan akses kegiatan sosial ekonomi dan sosial serta untuk pengembangan wilayah. Lapisan perkerasan digunakan untuk menerima dan mendistribusikan beban di atasnya, kemudian mendistribusikan beban tersebut ke tanah dasar. Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya, sifat perkerasan ini adalah elastis atau memiliki sifat kelenturan.

Seiring bertambahnya jumlah dan beban kendaraan dari waktu ke waktu, hal ini menyebabkan kerusakan struktural maupun fungsional pada perkerasan jalan. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2007), faktor-faktor yang mempengaruhi konstruksi perkerasan adalah faktor internal yaitu daya dukung tanah dan bahan serta metode konstruksi, faktor eksternal yaitu beban lalu lintas, konstruksi kendaraan dan lingkungan atau cuaca.

Salah satu tipe campuran beraspal panas (*hot mix*) adalah lapis Laston (*Asphalt Concrete*) yang memiliki kemampuan menahan lalu lintas berat dan padat. Peningkatan kualitas Laston agar memiliki daya tahan, kemampuan menahan beban, dan elastisitas campuran yang meningkat salah satunya adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan aditif, baik pada agregat maupun aspal. Teknologi karet saat ini dikembangkan dengan pesat untuk mencegah kerusakan dini pada campuran beraspal. Aditif yang digunakan pada aspal yang terkait dengan teknologi aspal karet yaitu serbuk karet ban bekas (*crumb rubber*) dan karet alam lateks (*SIR 20*). Penggunaan karet sebagai bahan aditif untuk campuran beraspal akan meningkatkan produksi dan harga karet dalam negeri, serta menstabilkan harga karet sehingga kesejahteraan petani karet bisa meningkat khususnya di Provinsi Sumsel yang merupakan salah satu produsen karet terbesar di Indonesia.

Penggunaan serbuk karet ban bekas (*crumb rubber*) dan karet alam lateks (*SIR 20*) dari segi perkerasan jalan adalah untuk meningkatkan kinerja perkerasan yaitu peningkatan daya tahan dan ketahanan terhadap deformasi permanen, penggunaan aditif karet juga diharapkan untuk mengurangi jumlah limbah karet di lingkungan, khususnya limbah dari ban bekas.

Penelitian Suherman Sulaiman, dkk (2018) “Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course Akibat Penambahan Karet Alam Padat SIR20 dengan Metode Eksperimental”. Lapisan yang ditinjau adalah lapis laston AC_WC dengan variasi penambahan karet alam padat. Pengujian campuran beraspal yang dilakukan adalah Marshall Test. Hasil analisa data menunjukkan peningkatan kualitas kinerja campuran beraspal khususnya AC_WC.

Penelitian tentang aspal modifikasi *crumb rubber* oleh Laos, dkk (2016) mengatakan bahwa penggunaan serbuk karet ban bekas (*crumb rubber*) dengan variasi tertentu

menunjukkan bahwa nilai VFA semakin besar, sedangkan nilai VIM dan VMA semakin kecil.

Penelitian I Nyoman Arya Thanaya, dkk (2016) “Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks”. Lapisan yang ditinjau adalah lapis laston AC-WC dengan penguian marshall. Kadar lateks 4% terhadap total aspal memenuhi syarat dari spesifikasi campuran beraspal modifikasi.

Penelitian terdahulu Bahruddin, dkk (2019) “Pembuatan Aspal Modifikasi Polimer Berbasis Karet Alam Tanpa dan Dengan Mastikasi”. Penambahan serbuk karet (*crumb rubber*) dapat mengubah reologi atau sifat aspal konvensional menjadi lebih baik dalam segi daya tahan terhadap beban dan perubahan suhu. Serbuk karet ban bekas (*crumb rubber*) dan karet alam lateks SIR 20 dapat digunakan sebagai bahan aditif campuran beraspal di Indonesia.

Penelitian Nursandah, dkk (2019) “Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall”. Persentase lateks teroptimum adalah 7% dari beberapa variasi. Nilai stabilitas pada campuran modifikasi mengalami peningkatan.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan jalan adalah lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah dipadatkan, mempunyai fungsi memikul beban kendaraan dan menyalurkan beban baik secara horizontal maupun vertikal serta menyalurkan beban ke pondasi agar beban pada platform tidak melebihi daya dukung. kapasitas beban tanah yang diijinkan. Lapisan permukaan jalan biasanya terdiri dari satu atau lebih lapisan batuan dan bahan pengikat. Bahan batu dapat dibuat dari pecahan satuan yang berbeda yang dirancang untuk memenuhi persyaratan. Ada 3 jenis perkerasan jalan, yaitu:

1. Perkerasan lentur merupakan perkerasan jalan dengan bahan pengikat adalah aspal.
2. Perkerasan kaku atau perkerasan beton adalah perkerasan jalan dengan bahan pengikat adalah semen.

3. Perkerasan komposit adalah perkerasan jalan yang merupakan gabungan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Lapisan aspal beton atau AC merupakan lapisan permukaan jalan dimana campuran beraspal dengan gradasi agregat menerus, dicampur, dihamper dan dipadatkan dalam keadaan panas (*hot mix*) dengan suhu tertentu (Saodang, 2004). Menurut Sukirman (2003), Laston atau AC difungsikan untuk jalan yang memiliki lalu lintas yang berat dan padat. Karakteristik utama dari laston adalah memiliki nilai stabilitas yang tinggi. Adapun jenis- jenis lapisan laston menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Revisi 1 Tahun 2018) adalah sebagai berikut:

- Laston lapis aus (AC-WC)
- Laston lapis antara (AC-BC)
- Laston lapis pondasi (AC-Base)

Serbuk Karet (*Crumb Rubber*)

Menurut Denny Azhari, (2018), Serat limbah ban karet yang terkadang disebut serbuk ban bekas atau biasa disebut dengan *crumb rubber* merupakan merupakan produk yang ramah lingkungan karena diperoleh dari ban bekas dan tidak tercampur. Larut dalam tanah atau air tanah. Selain mengurangi jumlah limbah karet yang dibuang ke lingkungan, recycling produk karet limbah tertentu dapat menekan harga karet menjadi faktor penting dalam menentukan harga produk jadi. Karet granular yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran mesh 30, karet granular diperoleh dari PT. Santo Indo Perkasa terletak di Kota Tangerang, Provinsi Banten.



Gambar 1. *Crumb Rubber*

Karet Alam (Lateks) SIR 20

Karet alam sering digunakan dalam produk industri. Secara umum produk karet alam sangat berguna dalam kehidupan sehari-hari, antara lain ban kendaraan bermotor, sol atau tapak sepatu, conveyor belt untuk mesin kecil dan besar, kabel, bantalan karet, pipa karet, bahan isolasi, produk olahraga dan bahan kemasan (Djoehana Setyamidjaja, 2010). SIR 20 (*Standar Indonesia Rubber*) adalah karet alam yang berasal dari koagulum (lateks yang sudah digumpalkan) yang melalui proses pembersihan, pemeraman dan pengeringan dengan ukuran yang telah ditentukan.



Gambar 2. Lateks SIR 20

Design Mix Formula (DMF)

DMF (*design mix formula*) adalah suatu metode Rumus Campuran Rancangan yang terkait dengan KAR (kadar aspal rencana) untuk membuat benda uji. Perkiraan kadar aspal rencana ini bisa dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Kementrian PU, 2010) :

$$P_b = 0,35(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K$$

Dimana:

- P_b : Kadar aspal perkiraan (rencana).
 CA : Nilai persentase fraksi agregat kasar (% terhadap agregat tertahan saringan no.8)
 FA : Nilai persentase fraksi agregat halus (% terhadap agregat lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200)
 FF : Nilai persentase fraksi *Filler* ((% terhadap agregat lolos saringan no. 200)
 K : Konstanta sekitar 0,5 - 1,0 untuk Laston dan 2,0 - 3,0 untuk Laston

Hasil perhitungan P_b dibulatkan ke 0,5% ke atas terdekat.

Job Mix Formula (JMF)

Komposisi campuran agregat dalam desain campuran diperoleh dengan bantuan rumus perbandingan pencampuran. *Job Mix Formula* adalah metode perhitungan yang menggunakan trial and error dari dua atau lebih fraksi gradasi agregat dengan tujuan untuk mendapatkan komposisi gradasi secara keseluruhan yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. JMF ini mengandung beberapa material yang akan diperhitungkan komposisinya, antara lain agregat kasar, agregat halus dan filler. Ada beberapa cara untuk menghitung JMF dengan Analisa Matematika, antara lain metode Gaussseidel, Gauss, Gauss Jordan, dan iterasi Jacobi.

Pengujian *Marshall Immersion*

Marshall immersion adalah pengujian campuran beraspal untuk mengetahui perubahan sifat-sifat campuran akibat perubahan air, cuaca dan temperatur. Prinsip uji marshall immersion hampir sama dengan uji marshall, perbedaan adalah pada lamanya waktu perendaman benda uji di waterbath. Pengujian perendaman *marshall immersion test* mengacu kepada AASHTO 165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969) yaitu perendaman campuran beraspal di waterbath dengan waktu selama 4x24 jam pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ dan perendaman selama 1x24 jam pada suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$. Penelitian ini menggunakan metode marshall immersion dengan waktu perendaman 1x24 jam pada suhu konstan 60°C sebelum diberikan pembebanan. Nilai yang dihasilkan dari pengujian marshall immersion adalah indeks kekuatan sisa (IKS) adalah persentase perbandingan dari nilai stabilitas campuran beraspal dengan waktu perendaman

24 jam (S_2) dan nilai stabilitas waktu perendaman selama 30 menit (S_1). Berikut persamaan IKS ditunjukkan Persamaan 2.

$$\text{Indeks Kekuatan Sisa} = \frac{s_2}{s_1} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

S_1 : stabilitas setelah direndam selama 30 menit

S_2 : stabilitas setelah direndam selama 24 jam

Setelah dihitung dengan rumus persamaan 2 maka hasil IKS dilakukan pengecekan apakah memenuhi spesifikasi umum tol 1 revisi 2018 yaitu IKS harus lebih besar atau sama dengan 90%. Jika nilai IKS memenuhi persyaratan tersebut maka campuran beraspal tersebut disimpulkan memiliki kekuatan yang cukup baik dalam menangani kerusakan dari pengaruh air, cuaca dan suhu.

Pengujian *Cantabro Test*

Pengujian abrasi campuran beraspal (*cantabro test*) bertujuan untuk mengetahui ketahanan campuran beraspal terhadap aus yang ditunjukkan dari nilai kehilangan berat benda uji setelah pengujian. Benda uji marshall dimasukkan ke mesin *los angeles* dengan kecepatan 30-33 rpm dengan 300 putaran. Benda uji ditimbang sebelum dan sesudah dimasukkan dan diputar. Kehilangan berat (*loss on weight*) ini dinyatakan dalam persen dengan Persamaan 3.

$$\text{Kehilangan Berat (L)} = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana:

M_o : Berat sebelum diabrasi (gr)

M_i : Berat setelah diabrasi (gr), dan

L : Persentase kehilangan berat (%).

Nilai kehilangan berat menunjukkan ketahanan campuran beraspal terhadap keausan menggunakan *los angele machine*. *Cantabro test* menggambarkan fenomena di lapangan yaitu ketahanan campuran beraspal dalam menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan (Alfian Saleh, 2018).

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah percobaan langsung dengan melakukan eksperimen di laboratorium dengan tahapan seperti dibawah ini.

1. Tahapan yang pertama adalah studi literatur yang bertujuan untuk mempelajari teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan dapat berasal dari buku, jurnal, karya ilmiah ataupun skripsi yang telah dilakukan terdahulu dan merupakan literatur mengenai hal-hal yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini.

2. Selanjutnya adalah studi lapangan dimana peneliti dapat memperoleh material, tempat dimana peneliti memperoleh material yang digunakan untuk pengujian dan tempat dimana peneliti dapat melakukan uji coba laboratorium.
3. Kemudian dilanjutkan dengan tahapan persiapan alat dan bahan yang digunakan pada saat penelitian yang akan dilakukan.
4. Setelah alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian telah dipersiapkan selanjutnya adalah tahap pekerjaan laboratorium yang merupakan tahapan dimana peneliti melakukan pengujian terhadap agregat dan aspal standar. Tahapan selanjutnya adalah membuat aspal modifikasi dengan penambahan aditif *crumb rubber* dan karet alam (SIR-20) dengan persentase variasi penambahan tertentu, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap aspal modifikasi dengan penambahan *crumb rubber* dan karet alam (SIR-20). Tahapan pengujian mengacu terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI) dan metode standar lainnya seperti American Society for Testing Materials (ASTM).
5. Setelah didapat komposisi agregat yang sesuai dengan spesifikasi campuran yang akan dibuat dan kadar aspal rencana maka peneliti akan membuat sample benda uji marshall dan menguji sampel benda uji marshall tersebut dengan tiga macam pengujian yaitu pengujian marshall, *marshall immersion* dan pengujian *cantabro*.
6. Kemudian, apabila pembuatan dan pengujian benda uji telah dilaksanakan maka dilakukan tahapan analisis dari hasil pengujian yang telah didapatkan.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium perkerasan jalan UNSRI Indralaya dan laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V Palembang.

Pengujian Laboratorium

Berikut pengujian laboratorium yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengujian Agregat
Pengujian laboratorium agregat kasar, agregat halus dan filler yaitu pengujian sieve analysis, berat jenis, berat isi, los angeles abrasion test, kadar air, dan nilai setara pasir.
2. Pengujian Aspal
Pengujian laboratorium aspal yaitu penetrasi, berat jenis, titik nyala dan titik bakar, titik lembek, daktilitas serta viskositas.
3. Pengujian Crumb Rubber dan Lateks SIR 20
4. Pembuatan aspal modifikasi Crumb Rubber dan SIR 20
5. DMF dan JMF
6. Pengujian Marshall
Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil dari kinerja campuran laston AC- WC dan AC-BC berdasarkan nilai stabilitas, *flow*, VMA, VFA, VIM, dan MQ menggunakan alat *marshall test*, setelah itu mendapatkan hasil KAO dari pengujian marshall. Pengujian campuran ini terdiri dari campuran aspal pen

60/70 dan agregat, campuran beraspal Crumb Rubber dan campuran beraspal lateks SIR 20.

- Pengujian Marshall Immersion dan Cantabro
Pengujian-pengujian ini dilakukan pada benda uji dengan kadar aspal optimum (KAO). Niali yang dihasilkan adalah IKS dan kehilangan berat.

Pembuatan Aspal Modifikasi *Crumb Rubber* dan Aspal Modifikasi Lateks SIR 20

Pembuatan Aspal Modifikasi *Crumb Rubber*

Tahapan aspal modifikasi *crumb rubber* sebagai berikut:

- Aspal pen 60/70 dipanaskan hingga mencapai suhu 150°C.
- Crumb rubber* dengan variasi tertentu yaitu 3%, 5%, 7% dan 10%.ditambahkan ke dalam aspal pen 60/70 yang dipanaskan tadi, kemudian diaduk perlahan hingga tercampur merata. Waktu yang diperlukan agar pencampuran dapat merata kurang lebih 30 menit dengan suhu stabil 150- 160°C.
- Setelah campuran aspal pen 60/70 dan crumb rubber menjadi homogen, maka pemanasan dihentikan. Aspal modifikasi crumb rubber siap untuk digunakan.

Pembuatan Aspal Modifikasi Karet Alam *Lateks SIR 20*

Tahapan aspal modifikasi karet alam Lateks SIR 20 sebagai berikut:

- Persiapan karet alam Lateks SIR 20 dengan melakukan pemotongan berbentuk dadu kecil atau berbetuk lembaran tipis-tipis, hal ini dilakukan agar pencampurannya nanti dapat merata dan homogen.
- Aspal pen 60/70 dipanaskan hingga mencapai suhu 150°C.
- Karet alam Lateks SIR 20 dengan variasi tertentu yaitu 3%, 5%, 7% dan 10% ditam,bahkan ke dalam aspal pen 60/70 yang dipanaskan tadi, kemudian diaduk perlahan hingga tercampur merata. Waktu yang diperlukan agar pencampuran dapat merata kurang lebih 30 menit dengan suhu stabil 160-170°C.
- Setelah campuran aspal pen 60/70 dan karet alam Lateks SIR 20 menjadi homogen, maka pemanasan dihentikan. Aspal modifikasi Lateks SIR 20 siap untuk digunakan.

HASIL PENELITIAN

Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Seksi 6.3 Revisi 1 Tahun 2018 dan Spesifikasi Khusus Interim Bina Marga 2017 mengatur tentang aspal modifikasi, salah satunya aspal modifikasi karet. Variasi tertentu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kadar penambahan produk karet sebesar 3%, 5%, 7%, 10% baik crumb rubber maupun karet alam lateks SIR 20. Penambahan ini dilakukan terhadap berat aspal pen 60/70. Pengujian *properties* aspal dilakukan di Lab. Perkerasan Jalan UNSRI Indralaya dan Lab. Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V Sumatera Selatan. Pengujian yang dilakukan yaitu penetrasi, daktilitas, titik

nyala dan titik bakar, titik lembek, berat jenis, dan viskositas.

Setelah melakukan pemeriksaan laboratorium aspal kemudian dilakukan analisa data berdasarkan grafik dan spesifikasi untuk mendapatkan persentase lateks SIR 20 dan crumb rubber teroptimal yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji marshall, maka didapatkan penambahan teroptimal yaitu aspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 dengan kadar 6.4% dan aspal modifikasi *crumb rubber* dengan kadar 5.85%. berikut tabel perbandingan ketiga tipe aspal yang digunakan :

Tabel 1. Perbandingan Aspal Pen 60/70, SIR 20 dan Crumb Rubber

No.	Karakteristik	Standar Pengujian	Aspal		
			Standar Pen 60/70	SIR 20 5.85%	Crumb Rubber 6.4%
1	Penetrasi 25°C, 100gr,5 detik, 0.1 mm	SNI 2456:2011	68	56,47	61,45
2	Daktilitas pada 25°C	SNI 2432:2011	140	129,07	114,16
3	Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	287	279,15	278,56
4	Titik bakar (°C)	SNI 2433:2011	294	299,51	303,09
5	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	51	58,25	55,49
6	Berat jenis	SNI 2441:2011	1,0328	1,0329	1,0326
7	Viskositas	SNI 7729:2011	407,5	822,64	799,04

Hasil Marshall Test Campuran Beraspal Lapis AC-WC

Pengujian campuran beraspal lapis AC-WC yaitu Marshall Test mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran beraspal standar (Aspal Pen 60/70) diperoleh nilai KAO sebesar 6,25%, campuran beraspal modifikasi Lateks SIR 20 diperoleh nilai KAO sebesar 6,05% dan campuran beraspal modifikasi crumb rubber diperoleh nilai KAO sebesar 6,025%. Berikut adalah nilai-nilai optimal dari parameter - parameter uji Marshall:

Tabel 2. Hasil Pengujian *Marshall Standard* laston AC-WC

No	Jenis Benda Uji	KAO	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
			3-5 %	≥ 15 %	≥ 65 %	≥ 900 kg	2-5	≥ 250 kg/mm
1	aspal standar	6,25%	4,07	17,04	76,12	1023,12	3,55	288,20
			3,47	16,52	79,01	1055,70	3,85	274,21
			4,08	17,05	76,07	1099,08	3,70	297,05
			3,87	16,87	77,07	1059,30	3,70	286,49
2	aspal modifikasi lateks SIR 20	6,05%	3,80	16,38	76,81	1266,72	2,95	429,40
			4,06	16,61	75,53	1242,36	3,30	376,47
			4,10	16,65	75,36	1205,82	3,05	395,35
			3,99	16,55	75,90	1238,30	3,10	400,41
3	aspal modifikasi <i>crumb tubber</i>	6,025%	4,51	16,95	73,39	1437,24	2,80	513,30
			4,33	16,79	74,22	1522,50	2,55	597,06
			4,27	16,74	74,47	1502,80	2,70	556,60
			4,37	16,83	74,03	1487,52	2,68	555,65

Hasil Marshall Test Campuran Beraspal Lapis AC-BC

Pengujian campuran beraspal lapis AC-BC yaitu Marshall Test mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran beraspal standar (Aspal Pen 60/70) diperoleh nilai KAO sebesar 5,94%, campuran beraspal modifikasi Lateks SIR 20 diperoleh nilai KAO sebesar 5,60% dan campuran beraspal modifikasi crumb rubber diperoleh nilai KAO sebesar 5,29%. Berikut adalah nilai-nilai optimal dari parameter - parameter uji Marshall:

Tabel 3. Hasil Pengujian *Marshall Standard* laston AC-BC

No	Jenis Benda Uji	KAO	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
			3-5	≥ 14	≥ 65	≥ 900	2-5	≥ 250
			%	%	%	kg		kg/mm
1	aspal standar	5,94%	3,99	16,32	75,85	1122,00	3,50	320,57
			3,57	15,95	77,60	1099,56	3,45	318,71
			4,48	16,74	73,24	1094,40	3,25	336,74
Rata-rata			3,99	16,32	75,56	1105,32	3,40	325,34
2	aspal modifikasi lateks SIR 20	5,60%	3,87	15,49	75,01	1267,20	3,50	362,06
			3,79	15,41	75,44	1354,75	3,30	410,53
			3,89	15,51	74,91	1267,86	3,20	396,60
Rata-rata			3,85	15,47	75,12	1296,60	3,33	455,81
3	aspal modifikasi crumb rubber	5,29%	3,57	14,55	75,50	1458,60	3,20	418,81
			4,07	14,99	72,88	1382,40	3,30	418,91
			3,87	14,82	73,89	1440,00	3,10	464,52
Rata-rata			3,83	14,79	74,09	1427,00	3,20	446,41

Hasil Marshall Immersion Test

Berikut nilai-nilai optimum dari pengujian marshall immersion dapat dilihat dibawah ini :

Tabel 4. Hasil *Marshall Immersion Test* laston AC-WC

No	Jenis Benda Uji	KAO	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
			3-5	≥ 15	≥ 65	≥ 900	2-5	≥ 250
			%	%	%	kg		kg/mm
1	aspal standar	6,25%	3,829	16,83	77,26	943,92	3,75	251,71
			3,721	16,74	77,77	974,40	3,85	253,09
			3,931	16,92	76,77	1006,02	3,70	271,90
Rata-rata			3,827	16,83	77,26	974,78	3,77	258,90
2	aspal modifikasi lateks SIR 20	6,05%	4,042	16,59	75,64	1181,46	3,15	375,07
			3,881	16,45	76,41	1142,64	3,35	341,09
			3,885	16,46	76,39	1117,80	3,40	328,76
Rata-rata			3,936	16,50	76,15	1147,30	3,30	348,31
3	aspal modifikasi crumb rubber	6,025%	4,439	16,89	73,71	1364,16	3,10	440,05
			4,194	16,67	74,84	1412,88	2,80	504,60
			4,303	16,77	74,34	1391,04	2,90	479,67
Rata-rata			4,312	16,78	74,30	1389,36	2,93	474,77

Tabel 5. Hasil *Marshall Immersion Test* laston AC-BC

No	Jenis Benda Uji	KAO	VIM	VMA	VFA	Stabilitas	Flow	MQ
			3-5	≥ 14	≥ 65	≥ 900	2-5	≥ 250
			%	%	%	kg		kg/mm
1	Aspal Standar	5,94%	4,26	16,55	74,26	1036,80	3,60	288,00
			3,93	16,26	75,84	1013,76	3,55	285,57
			3,62	15,99	77,36	1021,02	3,70	275,95
Rata-rata			3,94	16,27	75,82	1023,86	3,62	283,17
2	Aspal Modifikasi Lateks SIR 20	5,60%	3,48	15,14	77,03	1175,04	3,55	331,00
			3,85	15,47	75,12	1266,72	3,75	337,79
			3,78	15,41	75,45	1189,32	3,40	349,80
Rata-rata			3,70	15,34	75,86	1210,36	3,57	339,33
3	Aspal Modifikasi Crumb Rubber	5,29%	4,15	15,07	72,47	1382,40	3,45	400,70
			3,78	14,74	74,36	1290,24	3,50	368,64
			3,14	14,17	77,85	1347,84	3,40	396,42
Rata-rata			3,69	14,66	74,89	1340,16	3,45	388,39

Berikut nilai indeks kekuatan sisa laston AC-WC dilihat dibawah ini :

Tabel 6. Nilai Indeks Kekuatan Sisa Laston AC-WC

No.	Jenis Campuran	Stabilitas (kg)		Index of Retained Strength (%)	Syarat Spesifikasi	Keterangan
		30 menit	24 jam			
1	Standar	1023,12	943,92	92,26	≥ 90%	Memenuhi
2		1055,70	974,40	92,30		
3		1099,68	1006,02	91,48		
Rata-Rata		1047,36	965,55	92,01		
1	SIR 20	1266,72	1181,46	93,27	≥ 90%	Memenuhi
2		1242,36	1142,64	91,97		
3		1205,82	1117,80	92,70		
Rata-Rata		1181,46	1147,30	92,65		
1	Crumb Rubber	1437,24	1364,16	94,92	≥ 90%	Memenuhi
2		1522,50	1412,88	92,80		
3		1502,82	1391,04	92,56		
Rata-Rata		1487,52	1389,36	93,43		

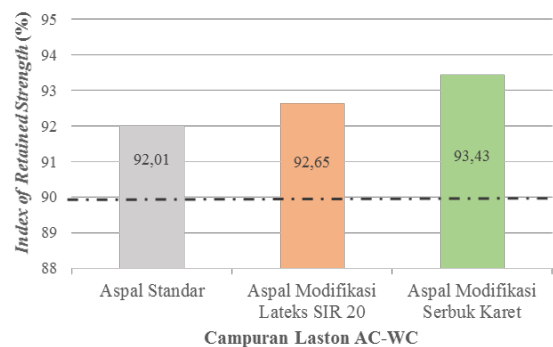
Setelah hasil analisis indeks kekuatan sisa diberikan pada Tabel 6. Untuk lapisan AC-WC, campuran beraspal meliputi aspal standar, aspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 dan aspal modifikasi crumb rubber, didapatkan kesimpulan bahwa seluruh benda uji campuran laston AC-WC memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 1 Divisi 6 dengan indeks kekuatan sisa minimal 90%. Campuran beraspal modifikasi crumb rubber diperoleh indeks kekuatan sisa tertinggi dengan nilai 93,43%, kemudian untuk campuran beraspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 memiliki nilai 92,65% dan campuran beraspal standar memiliki nilai 92,01%.

Berikut nilai indeks kekuatan sisa laston AC-BC dilihat dibawah ini :

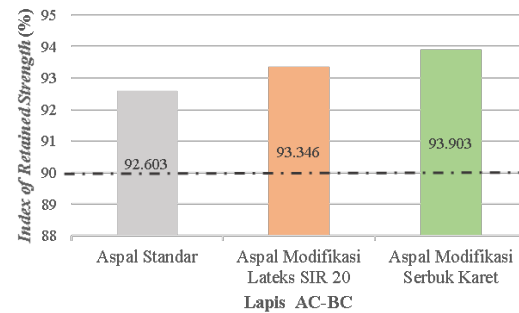
Tabel 7. Nilai Indeks Kekuatan Sisa Laston AC-BC

No.	Jenis Campuran	Stabilitas (kg)		Index of Retained Strength (%)	Syarat Spesifikasi	Keterangan
		30 menit	24 jam			
1	Standar	1122,000	1036,800	92,406	≥ 90%	Memenuhi
2		1099,56	1013,760	92,197		
3		1094,400	1021,02	93,295		
Rata-Rata		1109,490	1023,860	92,633		
1	SIR 20	1267,200	1175,040	92,727	≥ 90%	Memenuhi
2		1354,75	1266,760	93,505		
3		1267,860	1189,32	93,805		
Rata-Rata		1296,603	1210,373	93,346		
1	Crumb Rubber	1458,600	1382,400	94,776	≥ 90%	Memenuhi
2		1382,4	1290,240	93,333		
3		1440,000	1347,84	93,600		
Rata-Rata		1427,000	1340,160	93,903		

Setelah hasil analisis indeks kekuatan sisa diberikan pada Tabel 6. Untuk lapisan AC-BC, campuran beraspal meliputi aspal standar, aspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 dan aspal modifikasi crumb rubber, didapatkan kesimpulan bahwa seluruh benda uji campuran laston AC-BC memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 1 Divisi 6 dengan indeks kekuatan sisa minimal 90%. Campuran beraspal modifikasi crumb rubber diperoleh indeks kekuatan sisa tertinggi dengan nilai 93,903%, kemudian untuk campuran beraspal modifikasi karet alam Lateks SIR 20 memiliki nilai 93,346% dan campuran beraspal standar memiliki nilai 92,633%.



Gambar 4. Hasil nilai indeks kekuatan sisa lapis AC-WC



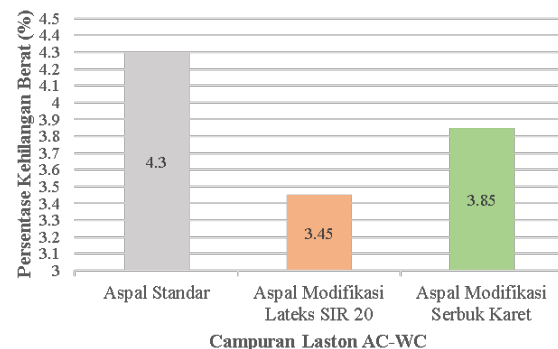
Gambar 5. Hasil nilai indeks kekuatan sisa lapis AC-BC

Hasil Cantabro Test

Tabel 7. Hasil Cantabro Test Laston AC-WC

No	Jenis Campuran	Kadar Aspal Optimum	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Persentase Kehilangan Berat (%)	Rata-rata (%)	Syarat Spesifikasi
1	Standar	6,25	1131,9	1082,9	4,33	4,30	<20%
			1133,5	1083,4	4,42		
			1129,4	1082,5	4,15		
2	SIR 20	6,05	1125,8	1088,7	3,30	3,45	<20%
			1126,5	1086,2	3,58		
			1123,1	1084,2	3,46		
3	Crumb Rubber	6,025	1126,3	1082,5	3,89	3,85	<20%
			1121,5	1079,9	3,71		
			1122,7	1078,2	3,96		

Setelah hasil analisis kehilangan berat diberikan pada Tabel 7. Untuk lapisan AC-WC, campuran beraspal meliputi aspal standar, aspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 dan aspal modifikasi crumb rubber, didapatkan kesimpulan bahwa seluruh benda uji campuran laston AC-WC memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 dengan persentase kehilangan berat maksimal 20%. Campuran beraspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 diperoleh persentase kehilangan berat terendah dengan nilai 3,45%, kemudian untuk campuran beraspal modifikasi crumb rubber memiliki nilai 3,85% dan campuran beraspal standar memiliki nilai 4,3%.

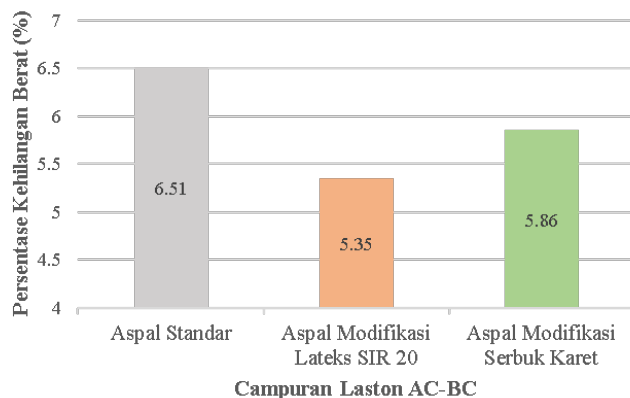


Gambar 6. Perbandingan hasil uji cantabro lapis AC-WC

Tabel 8. Hasil *Cantabro Test* Laston AC-BC

No	Jenis Campuran	Kadar Aspal Optimum	Berat Awal (gram)	Berat Akhir (gram)	Persentase Kehilangan Berat (%)	Rata-rata (%)	Syarat Spesifikasi
1	Standar	5,94	1125,9	1052,1	6,55	6,51	<20%
			1127,2	1054,7	6,43		
			1124,1	1050,5	6,55		
2	SIR 20	5,6	1124,6	1064,1	5,38	5,35	<20%
			1125,4	1062,9	5,55		
			1127,2	1069,5	5,12		
3	<i>Crumb Rubber</i>	5,29	1123,5	1058,2	5,81	5,86	<20%
			1124,7	1057,7	5,96		
			1126,2	1060,9	5,80		

Setelah hasil analisis kehilangan berat diberikan pada Tabel 7. Untuk lapisan AC-BC, campuran beraspal meliputi aspal standar, aspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 dan aspal modifikasi crumb rubber, didapatkan kesimpulan bahwa seluruh benda uji campuran laston AC-BC memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 dengan persentase kehilangan berat maksimal 20%. Campuran beraspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 diperoleh persentase kehilangan berat terendah dengan nilai 5,35%, kemudian untuk campuran beraspal modifikasi crumb rubber memiliki nilai 5,86% dan campuran beraspal standar memiliki nilai 6,51%.

Gambar 7. Perbandingan hasil uji *cantabro* lapis AC-BC

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian sifat aspal dianalisa berdasarkan grafik dan spesifikasi untuk mendapatkan perbandingan lateks SIR 20 dan karet granul yang optimal untuk digunakan dalam pembuatan benda uji Marshall, selanjutnya diperoleh penambahan yang optimal yaitu lateks bitumen SIR 20 termodifikasi dengan kadar 6,4% dan aspal modifikasi crumb rubber dengan kadar 5,85%.

2. Hasil pengujian Marshall Standart untuk lapis AC-WC menunjukkan nilai stabilitas tertinggi adalah campuran beraspal modifikasi crumb rubber dengan nilai 1487,52 kg dengan nilai VIM 4,37 %, sedangkan lapis AC-BC menunjukkan nilai stabilitas tertinggi adalah campuran beraspal modifikasi crumb rubber dengan nilai 1427 kg dengan nilai VIM 3,83 %. Nilai KAO campuran beraspal standar laston AC-WC (Aspal Pen 60/70) diperoleh sebesar 6,25%, campuran beraspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 laston AC-WC diperoleh nilai KAO sebesar 6,05%, dan campuran beraspal modifikasi crumb rubber laston AC-WC diperoleh nilai KAO sebesar 6,025%. Pengujian marshall lapis AC-BC didapatkan nilai KAO pada campuran beraspal standar laston AC-BC (Aspal Pen 60/70) diperoleh nilai KAO sebesar 5,94%, campuran beraspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 laston AC-BC diperoleh nilai KAO sebesar 5,60%, dan campuran beraspal modifikasi crumb rubber laston AC-BC diperoleh nilai KAO sebesar 5,29%. Hal ini memperlihatkan kinerja campuran beraspal modifikasi lebih baik kualitasnya dibandingkan campuran beraspal standar, juga terlihat dari nilai KAO yang lebih baik.
3. Laston lapis AC-WC didapatkan nilai indeks kekuatan sisa (IKS) campuran beraspal standar sebesar 92,01%, campuran beraspal modifikasi karet alam lateks SIR 20 sebesar 92,65% dan untuk campuran beraspal modifikasi *crumb rubber* 93,43%. Sedangkan Laston lapis AC-BC didapatkan nilai indeks kekuatan sisa (IKS) campuran beraspal standar sebesar 92,633%, campuran beraspal karet alam Lateks SIR 20 93,346% dan untuk campuran beraspal *crumb rubber* 93,903%. Campuran beraspal modifikasi *crumb rubber* memperoleh nilai indeks kekuatan sisa (IKS) yang tertinggi dibandingkan dengan campuran beraspal lainnya hal ini menunjukkan bahwa campuran tersebut yang memiliki stabilitas yang lebih tinggi yang artinya lebih tahan dan kuat terhadap perubahan bentuk, cuaca, air, dan suhu.
4. Laston AC-WC campuran beraspal modifikasi karet alam Lateks SIR 20 memiliki nilai persentase kehilangan berat terendah yaitu 3,45% dibandingkan campuran beraspal lainnya. Begitu juga halnya dengan Laston AC-BC campuran beraspal modifikasi karet alam Lateks SIR 20 memiliki nilai persentase kehilangan berat terendah yaitu 5,35% dibandingkan campuran beraspal lainnya. Hal ini menunjukkan campuran beraspal karet alam lateks SIR 20 lebih kuat menahan keausan yang diakibatkan gesekan yang terjadi antara roda kendaraan dan permukaan jalan.
5. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan karet alam lateks SIR 20 dan *crumb rubber* sangat efektif untuk digunakan pada perkerasan jalan ditunjukkan dari nilai parameter marshall, KAO, indeks kekuatan sisa (IKS) dan kehilangan berat.

Saran

Berikut saran yang diberikan oleh peneliti berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan adalah sebagai berikut:

1. Hasil penelitian ini diharapkan membuka peluang industri karet dapat memproduksi karet alam untuk jalan dalam skala yang lebih besar yang akan berpengaruh dengan kestabilan harga karet alam, mengurangi jumlah limbah ban bekas yang pemakaiannya seiring berjalannya waktu akan meningkat. Perlu adanya koordinasi antar Lembaga agar berjalan dengan baik.
2. Pengujian tingkat lanjut (advanced) perlu dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat khusus dari campuran beraspal modifikasi antara lain pengujian DTS-30 dan Hamburg Wheel Tracking.

REFERENSI

- Alvian, M Ronaldo dan Pataras, Mirka dan Kadarsa, Edi. 2021. "Tinjauan Laboratorium Penggunaan Aspal Modifikasi *Crumb Rubber* dan Lateks SIR 20 Pada *Flexible Pavement* AC-WC dan AC-BC Terhadap Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dan Kehilangan Berat". Skripsi. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Bahrudin, dkk. 2019. Pembuatan Aspal Modifikasi Polimer Berbasis Karet Alam Tanpa dan Dengan Mastikasi.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum 2018 Revisi 1. Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Divisi 6 Revisi 1. 2018. Spesifikasi Umum
- Djoehana, Setyamidjaja. 2010. Seri Budi Daya Karet. Penerbit Kansius, Yogyakarta.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. Spesifikasi Umum 2010 Divisi VI. Seksi 6.3 Campuran Beraspal Panas.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. Manual Desain Perkerasan Jalan No. 02/M/BM/2017. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. Spesifikasi Khusus Interim Aspal Karet Padat dan Cair. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.
- Nursandah, Faurzie, dan Moch. Zaenuri. 2019. "Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall". Jurnal CIVILLA Volume 4 No. 2. Kediri : Universitas Kediri.
- Putra, Kencana Yoga dan Pataras, Mirka dan Kadarsa, Edi. 2021. "Analisa Perbandingan Aspal Modifikasi *Crumb Rubber* dan Lateks SIR 20 Terhadap Karakteristik

- Marshall* Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)". Skripsi. Indralaya: Univerisitas Sriwijaya.
- Saodang, Hamirhan. 2004. Konstruksi Jalan Raya, Perancangan Perkerasan Jalan Raya. Penerbit Nova: Bandung.
- Sukirman, S. 2003. BAB II Perkerasan Jalan Raya. Penerbit Nova: Bandung.
- Suherman, Sulaiman. 2018. "Karakteristik *Asphalt Concrete Wearing Course* Akibat Penambahan Karet Alam Padat SIR20 dengan Metode Eksperimental". *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* Volume 9. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.
- Tambunan, Alberd Mario dan Pataras, Mirka dan Kadarsa, Edi. 2021. "Pengaruh Penggunaan Aspal Modifikasi *Crumb Rubber* dan lateks SIR-20 Terhadap Karakteristik *Marshall Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC)". Skripsi. Indralaya: Univerisitas Sriwijaya.
- Thanaya, I Nyoman Arya, I Gusti Raka Puranto, dan I Nyoman Sapta Nugraha. 2016. "Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks". Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil Volume 22 No.2. Bali : Universitas Udayana.