

Pengaruh Temperatur Pematatan pada Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Bahan Tambah Karet Alam terhadap Ketahanan Deformasi dan Kuat Tarik Tidak Langsung

Dandy Lagaligo^{1*}, Lambang Basri Said², Andi Alifuddin³

- 1*) Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar,
dandylagaligo68@gmail.com
2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

Asphalt Concrete -Wearing Course (AC-WC) is a pavement layer that is located at the top as a wear layer. In an effort to increase the strength of the road pavement structure, modifications can be made using added materials which are expected to improve the performance of the asphalt mixture, while the material used is natural rubber which aims to get better pavement properties, namely reducing pavement deformation, increasing crack resistance. and adhesion to the aggregate. The purpose of this study was to analyze the effect of compaction temperature on the AC-WC mixture with natural rubber added on deformation resistance and indirect tensile strength. The compaction temperatures used were 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, and 150°C with 0%, 3%, 5%, 7%, and 9% natural rubber added. From the results of the marshall test at each compaction temperature with natural rubber added with KAO of 6%, the greatest stability value was at a compaction temperature of 140°C at 7% natural rubber content of 1183.7 kg. The value of the largest Indirect Tensile Strength test was at a compaction temperature of 150°C with a natural rubber content of 7% of 47024.89 Kpa. Wheel Tracking test results, the increase in deformation resistance is indicated by the increase in the dynamic stability (DS) of the mixture at a compaction temperature of 150°C with a natural rubber content of 7% at 3316 tracks/mm. So it can be concluded that the use of natural rubber can increase the value of stability, tensile strength and deformation resistance in asphalt concrete mixtures.

Keywords: Deformation Resistance, Indirect Tensile Strength, Natural Rubber.

Abstrak

Asphalt Concrete -Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas sebagai lapisan aus. Dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan dapat dilakukan modifikasi dengan menggunakan bahan tambah yang diharapkan bisa meningkatkan kinerja campuran aspal, adapun bahan yang digunakan yaitu karet alam yang bertujuan untuk mendapatkan sifat perkerasan jalan yang lebih baik, yaitu mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan kelekatan pada agregat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh temperatur pematatan pada campuran AC-WC dengan bahan tambah karet alam terhadap ketahanan deformasi dan kuat Tarik tidak langsung. Temperatur pematatan yang digunakan, yaitu 110°C, 120°C, 130°C, 140°C, dan 150°C dengan bahan tambah karet alam 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9%. Hasil pengujian marshall pada masing-masing temperatur pematatan dengan bahan tambah karet alam dengan KAO sebesar 6%, nilai stabilitas terbesar pada temperatur pematatan 140°C pada kadar karet alam 7% sebesar 1183,7 kg. Nilai dari pengujian Indirect Tensile Strength terbesar pada temperatur pematatan 150°C dengan kadar karet alam 7% sebesar 47024,89 Kpa. Hasil uji Wheel Tracking, peningkatan ketahanan deformasi ditandai dengan meningkatnya stabilitas dinamis (DS) campuran pada temperatur pematatan 150°C dengan kadar karet alam 7% sebesar 3316 lintasan/mm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan karet alam dapat meningkatkan nilai stabilitas, kuat tarik dan ketahanan deformasi pada campuran beton aspal.

Kata Kunci: Indirect Tensile Strength, Karet Alam, Ketahanan Deformasi.

1. PENDAHULUAN

Berbagai faktor penyebab kerusakan jalan selain pengaruh temperatur juga disebabkan oleh faktor pemadatan saat pelaksanaan. Kerusakan jalan dapat terjadi akibat proses pemadatan campuran aspal yang dilakukan dilapangan tidak pada temperatur yang tepat karena terjadinya perubahan suhu, hal ini kerap terjadi pada saat proses pengangkutan campuran dari Asphalt Mixing Plant (AMP) ke lokasi penghamparan dan juga faktor cuaca.

Perubahan temperatur pemadatan dapat menyebabkan kerusakan seperti deformasi dan retak pada aspal. Hal ini dikarenakan perubahan sifat pada aspal akibat pengaruh temperatur. Pengaruh temperatur tersebut mengakibatkan terjadinya rongga dalam campuran. Karena dengan adanya rongga dalam campuran mengakibatkan terjadinya proses oksidasi. Terjadinya proses oksidasi dalam campuran akan berdampak pada penurunan sifat viscoelastisitas pada aspal sehingga sifat adhesi atau daya lekat pada aspal mengalami penurunan. Dengan menurunnya daya lekat aspal mengakibatkan campuran tidak lagi fleksibel tetapi mengarah pada sifat getas sehingga terjadi retak dan perubahan deformasi.

Campuran dengan potensi pemadatan tidak maksimal akan mendapatkan rongga yang besar sehingga tingkat kerapatan menurun. Pemadatan akan mengurangi rongga udara dalam campuran hotmix, sehingga menaikkan berat isi atau kepadatan (density) campuran. Pemadatan yang tepat pada campuran Asphalt Concrete adalah salah satu parameter penting untuk membangun stabilitas dan ketahanan suatu konstruksi perkerasan. (Alifuddin, dkk, 2018)

Seiring dengan meningkatnya suhu perkerasan, campuran aspal menjadi lebih lunak dan lebih rentan mengalami deformasi. Deformasi ini dikatakan permanen karena deformasi yang terjadi pada permukaan perkerasan tidak kembali lagi ke posisi awal (unrecoverable) setelah terjadi pembebanan. Deformasi permanen (dalam bentuk rutting) banyak terjadi pada jalur tapak roda kendaraan.

Perubahan sifat viscoelastisitas pada aspal yang mengakibatkan daya lekat menurun sehingga berdampak pada aspal semakin getas dan gaya tarik dari campuran aspal beton berkurang. Beban roda kendaraan diatas struktur perkerasan menimbulkan gaya tekan ke bawah. Beban roda berhenti atau bergerak memberikan gaya tekan sehingga lapisan akan terjadi lendutan. Gaya Tarik yang terjadi pada lapisan bagian bawah mengakibatkan retak.

Aspal termodifikasi polimer merupakan salah satu jenis formula aspal dengan penambahan polimer untuk mendapatkan sifat perkerasan jalan yang lebih baik, yaitu mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan kelekatan pada agregat. Beberapa penelitian dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat aspal maka dilakukan berbagai macam modifikasi dengan penggunaan bahan tambah yang salah satunya adalah karet alam.

Lateks merupakan karet jenis alam, yaitu getah karet segar yang didapat langsung dari penyadapan batang karet. Lateks mempunyai kelebihan dibandingkan dengan karet berbentuk sintesis karena mempunyai daya elastis atau daya lenting sempurna, platisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah. Dalam suatu penelitian menggunakan getah karet sebagai bahan tambahan campuran aspal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan getah karet (lateks) pada campuran aspal dapat digunakan sebagai bahan penambah. Nilai stabilitas yang didapat dari penambahan getah karet (lateks) pada campuran aspal AC – BC dengan kadar lateks 4%, 6% dan 8% sudah memenuhi spesifikasi daktilitas yaitu melewati 100 cm dan juga nilai stabilitas yang diperoleh memenuhi spesifikasi marshall. (Suci Cahya Ferdilla, 2018)

Karet alam berpotensi sebagai bahan tambah aspal karena memiliki sifat kelengketan, platisitas, elastis dan memiliki daya rengang yang tinggi. Pencampuran kedua bahan ini, karet alam dan aspal, dapat meningkatkan kinerja aspal antara lain mengurangi deformasi

pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan meningkatkan kelekatan aspal terhadap agregat (Suroso, 2007).

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh temperatur pemadatan pada campuran beton aspal AC WC dengan bahan tambah karet alam terhadap ketahanan deformasi dan uji kuat tarik tidak langsung

2. METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan waktu antara bulan Agustus hingga September pada Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia.

B. Tahapan Penelitian

1. Persiapan Bahan. Agregat alam terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler (Abu batu) yang diperoleh dari daerah Bili-Bili Kab. Gowa, aspal yang digunakan adalah aspal pertamina pen. 60/70 dan getah karet alam diperoleh dari Kabupaten Bulukumba.
2. Pengujian agregat dan aspal. Pengujian Aspal terdiri atas Penetrasi aspal keras (SNI 2456: 2011), Daktilitas (SNI 2432: 2011), Titik nyala (SNI 2433-2011), Berat jenis (SNI 2441:2011). Pengujian Agregat Kasar berupa Gradasi agregat (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018), Berat jenis dan penyerapan (SNI 1969: 2016), Kelekatan agregat terhadap aspal (SNI 2439: 2011), Partikel pipih lonjong (ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5), Material lolos ayakan no. 200 (SNI ASTM C117: 2012) dan Abrasi dengan mesin Los Angeles (SNI 2417: 2008). Pengujian Agregat Halus berupa Gradasi agregat (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018), Berat jenis dan penyerapan (SNI 1969: 2016), Material lolos ayakan no. 200 (SNI ASTM C117: 2012) dan Persyaratan campuran Laston AC-WC (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).
3. Penentuan komposisi campuran (Mix design). Gradasi penggabungan dengan Metode Trial and Error. Prinsip penentuan proporsi agregat untuk mendapatkan nilai gradasi gabungan yang memenuhi spesifikasi
4. Perencanaan Kadar Aspal Rencana. Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum, terlebih dahulu harus diketahui proporsi agregat, dimana kita lakukan sebelumnya. Dari hasil tersebut dapat diketahui komposisi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Penentuan kadar aspal optimum akan dilakukan dengan melakukan pembuatan dan pengujian benda uji (briket). Dengan menggunakan variasi kadar aspal tiap 3 buah briket dengan interval 0,5 tiap variasi. Dengan jumlah benda uji 15 buah briket. Berikut contoh perhitungan penentuan Kadar Aspal Rencana.

$$P = 0,035 a + 0,045 b + Kc + F \quad (1)$$

Dimana:

P : Pendekatan kadar aspal campuran

A : Persentase agregat tertahan disaringan No. 8

B : Persentase agregat lolos saringan No. 8 tertahan di saringan No. 200

C : Persentase lolos saringan No. 200

K : 0,15 untuk 11-15% lolos saringan No. 200; 0,20 untuk $\leq 5\%$ lolos saringan No. 200; 0,18 untuk 6-10% lolos saringan No. 200

F : 0 – 2 % tergantung pada absorpsi agregat bila data tersedia maka diambil 0,7 – 1

Untuk laston dan AC = 1

- Pembuatan Benda Uji. Pembuatan benda uji ditentukan sebanyak 3 buah sampel pada masing-masing variasi kadar aspal dan variasi temperatur pemadatan dengan bahan tambah karet alam. Untuk Pengujian ITS sebanyak 3 buah sampel dan uji wheel tracking sebanyak 1 buah sampel masing-masing variasi karet alam. Jadi, total benda uji yang dibuat (*bricket*) sebanyak 126 buah.

Tabel 1 Jumlah benda uji penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal (%)	Jumlah sampel	Keterangan
4,5	3	Uji <i>marshall</i>
5	3	
5,5	3	
6	3	
6,5	3	
Total	15	

Tabel 2 Jumlah benda uji aspal AC-WC dengan campuran karet alam

Kadar Aspal (%)	Karet Alam (%)	Jumlah benda uji (Variasi Temperatur Pemadatan)					Jumlah sampel	Keterangan
		110°C	120°C	130°C	140°C	150°C		
KAO	0	3	3	3	3	3	15	Uji <i>marshall</i>
	3	3	3	3	3	3	15	
	5	3	3	3	3	3	15	
	7	3	3	3	3	3	15	
	9	3	3	3	3	3	15	
KAO	0	3	3	3	3	3	15	Uji <i>Indirect Tensile Strength</i>
	7	3	3	3	3	3	15	
KAO	0			1	1	1	3	Uji <i>Wheel Tracking</i>
	7			1	1	1	3	
Total							126	

- Pengujian Marshall. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap pengaruh temperatur pemadatan terhadap campuran aspal beton dengan bahan tambah karet alam. Juga diberikan perbandingan dengan tanpa bahan tambah dengan masing-masing dilakukan pencampuran dan pengujian marshall. Setiap formulasi dibuat berdasarkan komposisi campuran dengan perbandingan 15% batu pecah 1-2, 30% batu pecah 0,5-1, dan 55% abu batu dengan variasi kadar aspal berdasarkan kadar aspal rencana yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Pada pengujian marshall tahap pertama dilakukan untuk menentuka kadar aspal optimum. Pengujian ini dilakukan tanpa menggunakan bahan tambah karet alam. Setelah dilakukan pengujian marshall tahap pertama maka didapatkan kadar aspal optimum. Selanjutnya dilakukan pengujian tahap kedua dengan menggunakan bahan tambah karet alam yang ditambahkan kedalam aspal. Pencampuran aspal dan karet alam dilakukan satu wadah untuk memudahkan dalam melaksanakan pencampuran

dengan agregat pada wajan. Masing-masing dicampur sesuai dengan persentase bahan tambah 3%, 5%, 7%, dan 9%.

7. Pengujian Kuat Tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength). Pengujian kuat Tarik tidak langsung dilakukan untuk mengetahui tegang Tarik pada campuran beton aspal dengan variasi dari temperatur pemadatan dengan penambahan penguatan karet alam. Pembuatan benda uji berdasarkan komposisi campuran dengan kadar aspal optimum (KAO) hasil pengujian marshall tes. Dari pengujian marshall tes maka digunakan satu persentase karet alam yang optimal untuk ditambahkan pada aspal yang kemudian diuji. Pencampuran aspal dengan bahan tambah dalam satu wadah dipanaskan kemudian diaduk. Selanjutnya memanaskan agregat dalam wajan kemudian ditambahkan dengan aspal yang sudah terlarut dengan bahan tambah. Selanjutnya diaduk hingga merata kemudian dituang ke cetakan dan diukur suhu pemadatannya sebelum dilakukan pemadatan. Pemadatan dilakukan berdasarkan prosedur marshall dengan pemadatan 2x75 tumbukan dengan suhu pemadatan yang sudah ditentukan sebelumnya. Pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tarik tidak langsung campuran aspal. Tahap-tahap pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) yaitu, dengan membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel dan memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji yang menyatakan jenis campuran, variasi kadar aspal, dan bahan tambah karet alam. Mengukur diameter dan tebal benda uji ketelitian 0,1 mm. Membersihkan dial yang akan digunakan. Memasang dial pada alat penguji dengan arah horizontal sebanyak dua buah (bagian kanan dan kiri). Memasang benda uji pada mesin penguji, kemudian mengatur kedudukan jarum penunjuk dial pada angka nol. Memberi beban pada benda uji dengan kecepatan 50 mm/menit. Mengukur deformasi tarik horizontal total (tensile) dan deformasi tekan vertikal (compressive) pada saat pembebanan maksimum
8. Pengujian Wheel Tracking. Pengujian Wheel Tracking dilakukan guna memberi gambaran ketahanan campuran terhadap pemadatan sekunder dan bentuk serta simulasi pembebanan yang akan diterima perkerasan di lapangan. Pengujian dilakukan pada suhu 30 °C dengan beban $6,4 \pm 0,15$ kg/cm² yang setara dengan beban kendaraan berat. Pengujian dilakukan pertama dengan membuat komposisi dari campuran yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan cetakan. Untuk kadar aspal digunakan KAO dari pengujian marshall tahap pertama dan kemudian ditambahkan bahan tambah optimum berdasarkan pengujian Indirect Tensile Strength. Dari pengujian Wheel Tracking tersebut diperoleh stabilitas dinamis (lintasan/mm) dan kecepatan deformasi (mm/menit). Langkah- Langkah pengujian Wheel Tracking Machine (WTM).

C. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan dan analisis data dilakukan setelah tahap pengujian Marshall, Indirect Tensile Strength (ITS) dan Wheel Tracking.

1. Uji Marshall. Data hasil pengujian Marshall dilakukan analisis terhadap nilai karakteristik Marshall pada campuran AC-WC untuk menentukan besar kadar aspal optimum (KAO). Kemudian, pengujian Marshall kembali dengan campuran kadar aspal optimum (KAO) dengan temperatur pemadatan dan bahan tambah karet alam pada aspal untuk menentukan kadar karet alam optimum.
2. Uji Indirect Tensile Strength (ITS). Data hasil uji ITS berupa deformasi vertikal, deformasi horizontal, regangan, nilai kuat tarik tidak langsung (ITS), poisson ratio dan modulus elastisitas. Analisis data dilakukan dengan melihat hubungan antara

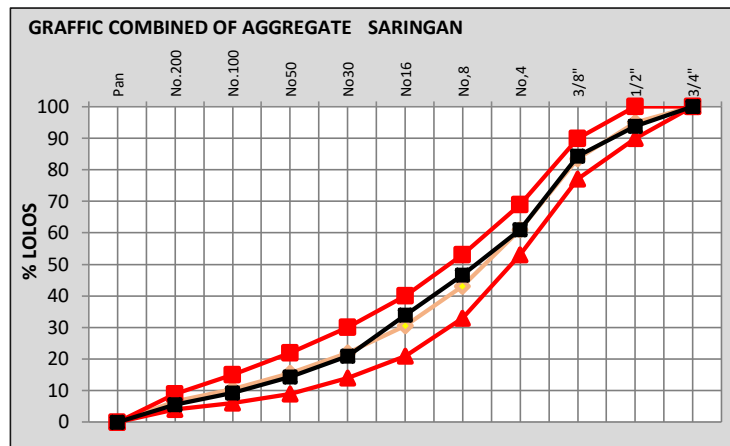
variasi temperatur pemadatan dengan bahan tambah karet alam terhadap kuat tarik campuran.

3. Uji Wheel Tracking. Data hasil uji Wheel Tracking berupa nilai total deformasi, stabilitas dinamis (DS) dan laju deformasi (RD). Analisis data dilakukan dengan melihat hubungan antara variasi temperatur pemadatan dengan bahan tambah karet alam terhadap stabilitas dinamis yang terjadi sehingga diketahui ketahanan deformasi campuran yang terbaik.

3. PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Material

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini mulai dari ukuran 0,5-1 dan 1-2 sedangkan untuk agregat halus yang digunakan adalah abu batu yang telah melalui pemeriksaan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Program Studi Sipil. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan sesuai standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. pemeriksaan Agregat kasar, agregat halus dan aspal yang digunakan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.



Gambar 1 Gradasi Agregat

B. Kadar Aspal Rencana

$$a = 100 - 46,64 = 53,36$$

$$b = 46,6 - 5,54 = 41,10$$

$$c = 5,54$$

K = 0,18 untuk 6-10% lolos saringan No. 200

Jadi,

$$P = 0,035 (53,36) + 0,045 (41,10) + 0,18 (5,54) + 1$$

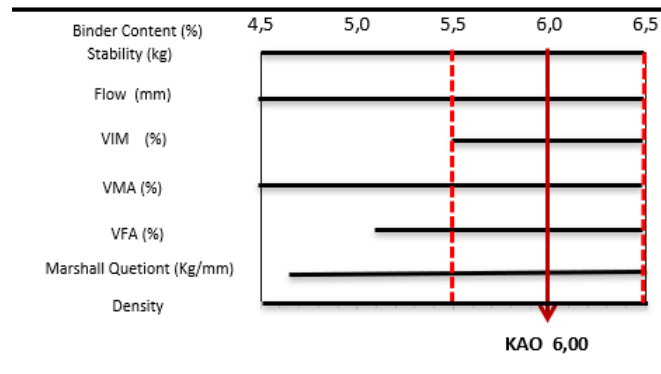
$$= 1,868 + 1,849 + 0,997 + 1$$

$$= 5,7 \%$$

Catatan: Diambil kadar aspal 4,5% , 5%, 5,5% , 6% dan 6,5%. Dari hasil perhitungan penentuan Kadar Aspal

C. Hasil Uji Marshall Test Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

Pengujian Marshall ini dibuat dengan jumlah bahan uji campuran AC-WC sebanyak 15 buah, dengan menguji variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Pengujian ini untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) dengan melihat hubungan antara variasi kadar aspal yang diuji terhadap nilai karakteristik dari hasil uji Marshall. Berikut karakteristik campuran AC-WC dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu nilai Stabilitas, Flow, VIM (Void In Mixture), VFA (Void Filled with Asphalt), VMA (Void In Mineral Aggregates), Marshall Quotient, dan Density.



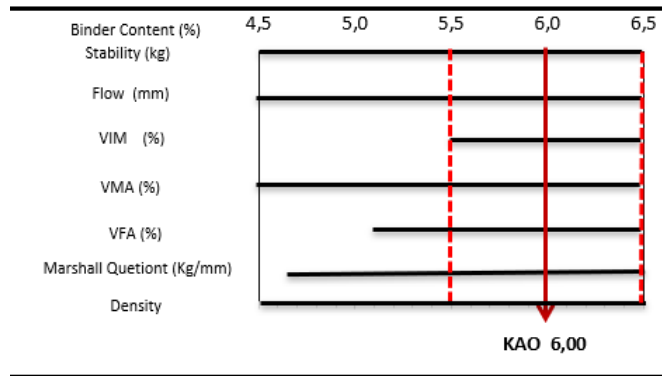
Tabel 3 Rekapitulasi Pengujian Marshall untuk Kadar Aspal Optimum

Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi	
	Kadar Aspal %	4,5	5	5,5	6		6,5
Stabilitas; kg		865,47	960,64	944,19	951,93	933,71	800-1800 kg
Flow; mm		3,67	3,40	3,20	3,00	3,50	2-4 mm
VIM; %		6,936	5,884	5,001	4,201	3,908	3-5%
VMA; %		16,049	16,121	16,314	16,658	17,404	≥ 15%
VFA; %		56,811	63,672	69,667	74,797	77,552	≥ 63%
Density		2,239	2,248	2,255	2,258	2,250	≥ 2.2 kg/mm ³
MQ; kg/mm		236,512	273,850	295,289	313,856	255,070	Min 250 kg/mm

D. Hubungan Kadar Aspal dengan Karakteristik Campuran Aspal

Dari hasil uji Marshall, didapatkan nilai sifat-sifat campuran yang memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 pada setiap variasi komposisi. Kadar aspal optimum (KAO) kemudian ditentukan dengan melihat komposisi kadar aspal yang ideal pada campuran. Kadar aspal optimum (KAO) merupakan kadar aspal pada campuran yang memenuhi seluruh ketentuan sifat-sifat campuran AC-WC sesuai Spesifikasi Umum 2018.

Kadar Aspal Optimum (KAO) pada suatu campuran AC-WC mempengaruhi karakteristik campuran aspal seperti Density, Void in Mix (VIM), Void in Material Agregates (VMA), VFA, Stability, Flow dan Marshall Quotient.



Gambar 2 Penentuan Nilai KAO

Dari hasil analisis **Gambar 2** mengenai penentuan nilai KAO dengan menggunakan metode barchart, hubungan kadar aspal dengan karakteristik campuran digunakan nilai tengah pada grafik yang memenuhi karakteristik *Marshall Test*. Mulai dari nilai minimum yang didapatkan yaitu 4,5% dan nilai maksimum yang didapatkan yaitu 6,5%. sehingga karakteristik yang memenuhi spesifikasi mulai 5,5% dan 6,5%. Penentuan KAO sebesar 6%. Dengan cara sebagai berikut:

$$KAO = \frac{5.5\% + 6.5\%}{2} = 6\% \quad (2)$$

Nilai kadar aspal optimum (KAO) yang akan digunakan pada perencanaan pengaruh temperatur pemadatan pada campuran perkerasan AC-WC dengan bahan tambah Karet alam. Variasi suhu yaitu 110°C, 120°C, 130°C, 140°C dan 150°C sedangkan untuk variasi karet alam, yaitu 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9%. Kadar aspal optimum dengan variasi karet alam dan temperatur pemadatan digunakan untuk sampel benda uji Marshall, *Indirect Tensile Strength* (ITS), dan *Wheel Tracking*.

E. Analisis Pengaruh Temperatur Pemadatan pada pengujian Marshall dengan Bahan Tambah Karet alam

Pengujian Marshall ini dibuat kembali dengan jumlah bahan uji campuran AC-WC sebanyak 75 buah, dengan menguji campuran dengan kadar aspal optimum dengan variasi temperatur pemadatan 110°C, 120°C, 130°C, 140°C dan 150°C dan bahan tambah karet alam 0%, 3%, 5%, 7%, 9%. Karet alam yang digunakan adalah karet alam padat yang dipotong berukuran kecil yang ditambahkan pada aspal yang kemudian diaduk hingga tercampur merata pada aspal. Pengujian Marshall ini dilakukan kembali untuk mengetahui pengaruh campuran dengan variasi temperatur pemadatan dengan bahan karet alam dengan kadar aspal optimum 6% terhadap nilai-nilai karakteristik campuran yang memenuhi syarat dalam spesifikasi campuran AC-WC. **Tabel 4** berikut hasil rekapitulasi uji karakteristik marshall dengan temperatur pemadatan dengan bahan tambah karet alam.

Tabel 4 Hasil Pengujian Marshall Campuran AC-WC dengan variasi karet alam dengan temperatur pemadatan pada kadar aspal optimum

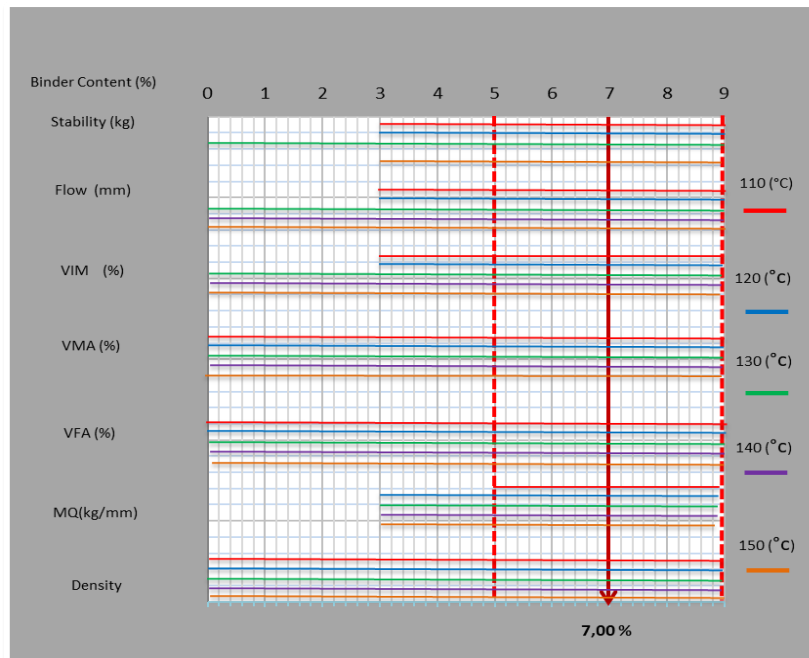
Sifat Sifat Campuran		Hasil Pengujian Suhu					Spesifikasi
		Karet Alam	110°C	120°C	130°C	140°C	
Stabilitas; kg	0	687,670	734,033	807,824	831,127	768,987	800-1800 kg

Sifat Sifat Campuran	Karet Alam	Hasil Pengujian Suhu					Spesifikasi
		110°C	120°C	130°C	140°C	150°C	
	3	803,940	846,662	921,101	994,245	968,030	
	5	893,267	947,640	1025,154	1097,651	1050,398	
	7	918,512	958,968	1045,705	1183,741	1130,339	
	9	895,047	909,611	967,059	1030,008	1013,988	

F. Hubungan Variasi Temperatur Pematatan terhadap Karakteristik *Marshall*

Setelah dilakukan pengujian terhadap karakteristik Marshall pada campuran dengan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6% dan variasi karet alam, kemudian tahap ini dilakukan analisis penentuan kadar karet alam optimum pada masing-masing temperatur pematatan dengan melihat hubungan antara variasi campuran karet alam dengan kadar aspal optimum terhadap sifat-sifat campuran AC-WC.

Berdasarkan hasil pengujian Marshall, kadar karet alam optimum dapat ditentukan pada variasi temperatur pematatan. Semua hasil yang telah dipaparkan dalam grafik untuk menentukan pengaruh penambahan karet alam dengan variasi temperatur pematatan terhadap performa campuran.



Gambar 3 Penentuan Kadar Bahan Tambah Optimum pada variasi Temperatur Pematatan terhadap karakteristik *Marshall*.

Dari hasil analisis **Gambar 3** mengenai penentuan nilai KBTO dengan menggunakan metode barchart, hubungan bahan tambah karet alam pada temperatur pematatan 110-150°C digunakan nilai tengah pada grafik yang memenuhi karakteristik *Marshall Test*. Karakteristik yang memenuhi spesifikasi mulai 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9% pada suhu temperature pematatan 110-150°C. Dengan cara sebagai berikut :

$$KBTO = \frac{5\%+9\%}{2} = 7\% \quad (3)$$

G. Hasil Uji Indirect Tensile Strength (ITS)

Pada pengujian ini digunakan beberapa variasi temperatur pemadatan agar dapat dilihat bagaimana pengaruh kuat tarik berdasarkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan kadar karet alam 7% yang diperoleh terhadap karakteristik AC-WC. Temperatur pemadatan yang digunakan, yaitu 110°C, 120°C, 130°C, 140°C dan 150°C. Berikut hasil Uji ITS campuran ditunjukkan pada **Tabel 5** berikut

Tabel 5 Hasil Uji Indirect Tensile Strength (ITS)

Temperatur Pemadatan	Diameter mm	ITS Kpa	Poisson Ratio μ	Deformasi Vertikal mm	Deformasi Horizontal mm	Regangan (ϵ)	Modulus Elastis E Kpa
Aspal Karet Alam (7%)							
110	10,33	34.163,38	0,042	3,31	0,14	0,01355	2.520.769,39
120	10,33	39.017,36	0,054	3,29	0,18	0,01710	2.281.411,44
130	10,33	44.242,35	0,065	3,27	0,21	0,02065	2.142.297,54
140	10,33	46.159,21	0,072	3,24	0,23	0,02259	2.043.534,14
150	10,33	47.024,89	0,075	3,21	0,24	0,02323	2.024.029,54
Aspal Normal							
110	10,33	26.836,03	0,025	3,19	0,08	0,00774	3.465.202,45
120	10,33	29.711,32	0,031	3,19	0,10	0,00968	3.069.179,31
130	10,33	32.339,27	0,036	3,18	0,11	0,01097	2.947.629,51
140	10,33	34.534,38	0,041	3,16	0,13	0,01258	2.744.155,36
150	10,33	35.059,98	0,043	3,14	0,14	0,01323	2.650.021,07

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, berikut diuraikan beberapa poin-poin penting yang menjawab tujuan penelitian:

- Berdasarkan hasil pengujian Marshall terhadap variasi temperatur pemadatan dengan penambahan kadar karet alam kedalam campuran AC-WC, dapat dilihat pengaruh terhadap sifat-sifat marshall. Pengaruh variasi temperatur pemadatan dengan penambahan kadar karet alam terhadap sifat-sifat marshall, yaitu semakin banyak kadar karet alam menyebabkan stabilitas semakin menurun. Sebaliknya semakin tinggi temperatur pemadatan akan meningkatkan nilai stabilitas pada campuran. Hal ini karena pemadatan yang dilakukan pada suhu temperatur yang rendah yang dimana menyebabkan campuran berada pada viskositas yang tinggi (kental) sehingga aspal dan karet alam pada saat dipadatkan tidak sepenuhnya mengisi rongga antar agregat sehingga menyebabkan nilai stabilitas yang tidak tinggi. Sebaliknya dengan meningkatkan temperatur pemadatan akan meningkatkan kepadatan campuran sehingga meningkatkan stabilitas campuran. Hal ini karena campuran berada pada viskositas rendah (encer) sehingga memudahkan aspal memasuki ruang antar agregat. Nilai Density menunjukkan besarnya kerapatan campuran yang sudah di padatkan. Campuran dengan kepadatan yang tinggi, akan lebih mampu menahan beban yang lebih besar. Semakin tingginya suhu pemadatan maka campuran beton aspal semakin padat dan mempunyai rongga-rongga yang lebih kecil sehingga pada saat dibebani kelenturannya kecil. Dengan peningkatan karet alam yang berlebihan akan membuat campuran menjadi kaku. Nilai flow yang besar menunjukkan campuran bersifat plastis sehingga mudah berubah bentuk (deformasi) akibat beban lalu lintas yang tinggi. Selain itu, flow yang tinggi mampu mengakibatkan butiran

agregat dalam campuran berpotensi mudah bergeser dan mengurangi daya kunci (interlocking) butiran agregat. Nilai Voids In Mix (VIM) Terhadap temperatur pemadatan dengan bahan tambah karet alam pada campuran terus mengalami penurunan seiring meningkatnya temperatur pemadatan begitupula dengan nilai VMA pada campuran pun menurun, hal ini terjadi Karena aspal yang semakin cair akibat semakin tingginya temperatur pemadatan mempermudah jalan aspal untuk masuk menutupi celah atau rongga rongga dalam campuran, sehingga persentasi rongga dalam mineral agregat menjadi lebih sedikit, karena telah terisi oleh aspal dan karet alam sehingga lekatan antar agregat semakin baik. Sebaliknya jika semakin banya rongga yang terdapat dalam agregat maka akan mengakibatkan partikel-partikel semakin mudah lepas atau tidak saling mengunci (Interlocking). Nilai Voids Filled with Asphalt (VFA) pada campuran terus naik seiring meningkatnya temperatur pemadatan dengan bahan tambah karet alam. Semakin besar nilai VFA menunjukkan semakin kecilnya nilai VIM Karena rongga yang terdapat dalam campuran telah terisi oleh aspal dimana semakin tinggi temperatur pemadatan maka semakin cair aspal dan karet alam sehingga mudah untuk menutupi atau mengisi rongga-rongga dalam campuran dan menghasilkan campuran aspal yang awet karena persentase rongga yang cukup kecil. Nilai stabilitas dan kelelahan mempengaruhi Marshall Quotient, makin tinggi kadar karet alam maka makin tinggi nilai stabilitas, tetapi jika terlalu banyak kadar karet alam, maka nilai stabilitas mengalami penurunan. Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas campuran yaitu semakin besar nilai MQ pada suatu campuran maka akan semakin kaku (bila terlalu kaku cenderung mudah retak) campuran tersebut

- Berdasarkan hasil pengujian Inirect Tensile Strength (ITS) dengan pengaruh temperatur pemadatan dengan penambahan karet alam 7% didapatkan kuat Tarik campuran pada setiap temperatur pemadatan campuran 110°C, 120°C 130°C, 140°C dan 150°C. Untuk temperatur pemadatan 110°C, didapatkan kuat tarik campuran mengalami kenaikan sebesar 21,45% dari 26.836,03 Kpa (tanpa bahan tambah) hingga 34.163,33 Kpa (Karet alam 7%), untuk temperatur pemadatan 120°C , kuat tarik campuran mengalami kenaikan sebesar 23,85% dari 29.711,32 Kpa (tanpa bahan tambah) hingga 39017,36 Kpa (Karet alam 7%), untuk temperatur pemadatan 130°C kuat tarik campuran mengalami kenaikan sebesar 26,90% dari 32339,27 Kpa (tanpa bahan tambah) hingga 44242,35 Kpa (Karet alam 7%), untuk temperatur pemadatan 140°C didapatkan kuat tarik campuran meningkat sebesar 25,18% dari 34534,38 Kpa (tanpa bahan tambah) hingga 46159,21 (Karet alam 7%) dan temperatur pemadatan 150°C kuat tarik campuran mengalami peningkatan sebesar 25,4% dari 35059,98 Kpa (tanpa bahan tambah) hingga 47024,89 Kpa (Karet alam 7%).
- Berdasarkan hasil pengujian Wheel Tracking dengan pengaruh temperatur pemadatan dengan penambahan karet alam didapatkan didapatkan nilai deformasi stabilitas dinamis (DS) dan laju deformasi (RD) pada setiap temperatur pemadatan campuran 130°C, 140°C dan 150°C. Untuk semua temperatur pemadatan 130°C didapatkan nilai stabilitas dinamis (DS) campuran mengalami kenaikan sebesar 30,65% dari 2032 lintasan/mm (tanpa bahan tambah) hingga 2930 lintasan/mm (Karet alam 7%), pada temeparatur pemadatan 140°C didapatkan stabilitas dinamis mengalami kenaikan sebesar 21,57% dari 2471 lintasan/mm (tanpa bahan tambah) hingga 3150 lintasan/mm (Karet alam 7%), dan pada temperatur 150°C didapatkan stabilitas dinamis mengalami kenaikan sebesar 24% dari 2625 lintasan/mm (tanpa bahan tambah) hingga 3600 lintasan/mm (Karet alam 7%).

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian mengenai pengaruh temperatur dengan variasi yaitu 110°C sampai dengan 150°C dan penambahan kadar karet alam yaitu 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9% terhadap campuran Asphalt Concrete (AC) pada pengujian Marshall Test, Kuat Tarik tidak langsung (Indirect Tensile Strength) dan Wheel Tracking, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pengaruh temperatur pemadatan dengan penambahan karet alam terhadap campuran Asphalt Concrete (AC), pada campuran aspal pertamina memiliki pengaruh yang cukup baik pada semua variasi temperatur pemadatan, kemudian meningkatnya temperatur pemadatan dengan penambahan kadar karet alam menyebabkan ketahanan deformasi meningkat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, Y., Sentosa, L. 2015. Kuat Tarik Tidak Langsung Asphalt Concrete Binder Course (Ac-Bc) Menggunakan Pasir Alam Kampar. Vol. 2 no. 1:1-6
- Afriaziz, A., Sebayang, N., dan Priskasari, E. 2019. Pengaruh penambahan karet alam pada campuran aspal beton lapis aus dengan filler Fly Ash. Vol. 1 no. 1: 1-6
- Alifuddin, A. (2018). 'Pengaruh Penggunaan Serat Ijuk Pada Campuran Beton Aspal Dengan Metode Kepadatan Mutlak Terhadap Peningkatan Tegangan Tarik', Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.
- Alifuddin, A., Sudikno, A., Juwono, P.T., dan Said, L.B. 2018. The Effect of Coompaction Model and Temperature on Superpave Mixture Using Fiber Reinforcement. Vol. 14 :32-39.
- Alkam, R.B., Said, L.B. dan Muin, S. A. 2019. Durability Performance of Asphalt Concrete Wearing Course Using Marble Waste as Filler. Vol. 13: 1571-1588.
- Aminsyah, M., dan Putri, D.A. 2019. Pengaruh penambahan zat adiktif lateks (Getah Karet) terhadap durabilitas campuran lapisan asphalt concrete -Binder Course (AC-BC). Jurnal teknisk sipil universitas andalas padang. Hal. 442-452
- Anonim, 1990. The Shell Bitumen Handbook. East Molesey Surrey: Shell Bitumen U.K.
- Anonim. 2017. Standard Test Method for Indirect Tensile (IDT) Strength of Asphalt Mixtures ASTM D6931-17. United States: ASTM International.
- Anonim. 2018. Spesifikasi Umum 2018. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Catt, O.V., 2004. Investigation of polymer modified asphalt by shear and tensile compliances. Material Characterization for Inputs into AASHTO 2002 Guide Session of the 2004 Annual Conf. Transportation Assoc. Canada, Québec City, Québec.
- Cerelia, N. 2020. Analisa Karakteristik Campuran Aspal Dengan Lateks Terhadap Daktalitas Dan Stabilitas Pada Perkerasan Jalan. Skripsi. Universitas Medan Area
- Destawati, Shanti. 2002. Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Beton Aspal Dengan Menggunakan Aspal Penetrasi 60 dan Aspal Penetrasi 80. Thesis. Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Eka, D. D., dan Asghara, A. 2003. Pengaruh penurunan temperatur pemadatan pada Hot Rolled Asphalt Dengan Bahan Tambah Limbah Ban Karet Terhadap Marshall Properties, Angka Poisson Dan Deformasi Plastis. Skripsi. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Ferdilla, S.C., Wibisono, G., dan Malik, A. 2018. Pengaruh Penambahan Bahan Alami Lateks (Getah Karet) Terhadap Karakteristik Beton Aspal Lapis Pengikat Dengan Pengujian Marshall. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Riau
- Hamdi., dkk. 2021. Pengaruh substitusi parsila bahan alami lateks terhadap kinerja campuran beton aspal pada lapisan aus (Hotmix AC- WC). Vol. 16 no. 1: 15-20

- Hendri Kadarwanto, Hizkia. 2015. Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Terhadap Campuran Aspal Beton. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta
- Hermadi, M., dan Ronny, Y. 2015. Pengaruh penambahan lateks alam Terhadap sifat reologi aspal. Jurnal HPJI. Vol. 1 no.2: 105-114
- Ibrahim, Z., Said, L.B., dan Alifuddin, A. 2021. Analisis Poisson Ratio dan Ketahanan Deformasi Campuran AC WC Substitusi Pasir Silika. Vol. 6 no. 1: 36-47
- Lee, S.J. dkk. 2008. Influence of compaction temperature on rubberized asphalt mixes and binders. Departemen Teknik Sipil, Universitas Clemson. Clemson, SC 29634-0911, AS.
- Machsus, dkk. 2020. Analisa pengaruh variasi temperature pemadatan campuran Laston Lapis Antara (AC-BC) dengan menggunakan aspal modifikasi. Vo. 18 no. 1: 139-144
- Massara, Asma et al. 2021. “Analisa Deformasi Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Derbo Dan Wetfix.” PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik 6(2): 61.
- Mawardi, L. 2020. Pengaruh Variasi Suhu Campuran Terhadap Berat Jenis Aspal. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Mataram
- Misdawati, dkk. 2021. Analisis Penurunan Umur Rencana Jalan Akibat Volume Kendaraan dan Kelebihan Muatan Pada Ruas Jalan Jend. Ahmad Yani Kota Parepare. Jurnal Flyover, Volume 1 Nomor 2 Halaman 38-47. Program Pascasarjana UMI Makassar.
- Nursanda, F., dan Zaenuri, M. 2019. Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. Vol. 4 no.2:262-267
- Pamilangan, D. 2021. Identifikasi dan Upaya Mitigasi Faktor yang Berpengaruh dalam Proyek Peningkatan Jalan di Provinsi Sulawesi Selatan (Ruas Jalan Middle Ringroad Perintis Kemerdekaan - Dr. Leimena Kota Makassar). Jurnal Flyover, Volume 1 Nomor 2 Halaman 8-16. Program Pascasarjana UMI Makassar.
- Prastanto, H., Cifriadi, A., dan Ramadhan, A. 2015. Karakteristik Dan Hasil Uji Marshall Aspal Termodifikasi Dengan Karet Alam Terdepolimerisasi Sebagai Aditif. Jurnal Penelitian Karet, 2015, 33 (1): 75 - 82
- Purnomo, B.T.L., Suparman, L.B., dan Mulyono, A.T. 2019. Laboratory Study of the Use of Additional Reacted and Activated Rubber (RAR) Materials on Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Mix. International Journal of Multi Discipline Science. Vol. 2 no.1:10-18
- Raharjo, B., Pratomo., dan Ali, H Pengaruh Suhu Pemadatan Campuran Untuk Perkerasan Lapis Antara (AC-BC) Campuran aspal panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi. JSRDD, vol. 4, no. 1, pp. 43–50, 2016
- Raharjo, Budi. 2016. Pengaruh Suhu Pemadatan Campuran Untuk Perkerasan Lapis Antara (AC-BC). Vol. 4 no. 1:43-50
- Rahmawan, I. 2020. Pengaruh Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Aspal Hrs-Wc Dengan Abu Terbang (Fly Ash) Sebagai Filler. Jurnal. Intitut Teknologi Nasional Malang
- Said, L.B. dan Alifuddin, A. 2020. Konsep Design Mix Formula (DMF) Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Mengacu Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga Terhadap Sifat–Sifat (ITS) dan Deformasi. Jurnal Konstruksi. Vol. 2: 141-152.
- Sukirman, S. 2003. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova, Bandung
- Sukirman, Silvia. 2007. Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Sunarjono, S., dkk. 2021. Durability Of Asphalt Mixture AC-WC Using Latex Based On The Test Method Of SNI 6753:2015. Vol. 1 no. 2:94-102
- Suroso, T. W. 2007. Peningkatan Kinerja Campuran Beraspal dengan Karet Alam dan Karet Sintetis. Jurnal Jalan-Jembatan. 24 (1) : 14-25.
- Syafar, I.,Maryam, ST. dan Alifuddin, A. 2022. Analisa Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dan Bahan Tambah Serat Selulosa terhadap Nilai Modulus

- Elastisitas dan Angka Poison dengan Variasi Suhu Pengujian. Jurnal konstruksi. Vol. 1: 32-42.
- Syarif, N.M. 2022. Studi Experimental Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Dengan Subtitusi Polimer Elvaloy Terhadap Nilai Durabilitas Dengan Modulus Elastisitas. Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains, Volume 1 Nomor 7 Halaman 11-21. Program Pascasarjana UMI Makassar.
- Tarigan, G. 2018. Pengaruh temperatur pemadatan terhadap Marshall properties. Vol. 14 no. 1: 28-35
- Thanaya, I.N.A. 2016. Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks. Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil, 22(2), 85
- Wahyuni, A, dkk. 2022. Analisis Tingkat Kerusakan Permukaan Jalan dengan Metode International Roughness Index (IRI) dan Pavement Condition Index (PCI) Menggunakan Alat Mata Garuda. Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains, Volume 1 Nomor 4 Halaman 1-13. Program Pascasarjana UMI Makassar.
- Yunus, Aries, dkk. 2022. Analisis Penentuan Penanganan Jalan Nasional Metode International Roughness Index (IRI) dan Pavement Condition Index (PCI) (Studi Kasus : Ruas Jalan Kalukku - Bts Kota Mamuju). Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains, Volume 1 Nomor 1 Halaman 10-21. Program Pascasarjana UMI Makassar.