

Pengaruh Rendaman Pada Marshall Campuran AC-BC Limbah Ban Karet Bekas Sebagai Agregat Pengganti

Muhammad Ady Mulyadi

Universitas Muhammadiyah Parepare

Jasman Jasman

Universitas Muhammadiyah Parepare

Mustakim Mustakim

Universitas Muhammadiyah Parepare

Alamat: Jl. Jend. Ahmad Yani Km. 6, Kec. Soreang Kota Pare Pare, Provinsi Sulawesi Selatan

Korespondensi penulis: adimulyadiapoins88@gmail.com*

Abstract. Utilization of new technologies in asphalt mixture production includes soaking technologies that can enhance mechanical properties of the mixture. This research aims to evaluate pavement vulnerability to water and the environmental quality impact due to waste from used rubber tires as an effort to strengthen pavements by substituting asphalt. The variables studied are variations of used rubber tire waste at 0%, 2%, 3%, and 4% replacing asphalt content in AC-BC mixtures. Testing was conducted using the Marshall method by soaking the mixtures in water for normal duration, 30 minutes, 24 hours, and 72 hours. The test results indicate that higher percentages of used rubber tire waste and longer soaking durations lead to a decrease in AC-BC mixture characteristics. The Marshall value of the AC-BC mixture with 2% used rubber tire waste was found to be superior compared to mixtures with 0%, 3%, and 4%. From the data analysis conducted, it can be concluded that water has a negative influence on the Marshall value reduction of mixtures containing used rubber tire waste, correlating with increased soaking duration.

Keywords: Immersion Impact, Waste rubber tyres, Marshall Qountient

Abstrak. Pemanfaatan teknologi baru dalam proses pembuatan campuran aspal termasuk teknologi rendaman yang dapat meningkatkan sifat-sifat mekanis campuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kerentanan perkerasan terhadap air dan dampak penurunan kualitas lingkungan akibat limbah ban karet bekas sebagai upaya peningkatan kekuatan perkerasan dengan memanfaatkannya sebagai pengganti aspal. Variabel yang diteliti variasi limbah ban karet bekas 0%, 2%, 3%, dan 4% terhadap kadar aspal dalam campuran AC-BC. Pengujian dilakukan dengan metode marshall dengan merendam campuran dalam air dengan durasi waktu normal, 30 menit, 24 jam, dan 72 jam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase limbah ban karet bekas dan semakin lama durasi perendaman, maka karakteristik campuran AC-BC mengalami penurunan. Nilai marshall campuran AC-BC dengan limbah ban karet bekas sebesar 2% ternyata lebih baik dibandingkan dengan campuran AC-BC menggunakan presentase sebesar 0%, 3%, dan 4%. Dari analisis data yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa air memiliki pengaruh negative terhadap penurunan nilai marshall campuran limbah ban karet bekas, seiring dengan bertambahnya durasi perendaman.

Kata kunci: Pengaruh Rendaman, Limbah Ban Karet Bekas, Marshall Qountient

LATAR BELAKANG

Penggunaan ban bekas sebagai bahan tambah (*additive*) aspal telah diteliti oleh *US Department of Transportation Federal Highway Administration* di Amerika sejak tahun 1986. Hasilnya penggunaan hasil parutan ban bekas mampu mereduksi kerusakan pada perkerasan lentur yang diakibatkan oleh faktor cuaca dan lalu lintas (Cut, Sofyan, & dkk, 2019).

Pemilihan limbah karet ban dalam penelitian ini adalah sebagai bahan campuran lapisan aspal, karena limbah karet ban mengandung zat adektif yang digunakan untuk meningkatkan homogenisasi senyawa dalam ekstrusi dan adhesi lapisan. Sisa-sisa limbah karet ban ini bisa digunakan sebagai bahan tambahan untuk campuran lapisan aspal, diharapkan dengan menambahkan campuran limbah karet ban dalam untuk konstruksi perkerasan jalan pada campuran aspal dapat memberikan banyak keuntungan diantaranya permukaan perkerasan menjadi lebih tahan lama, tahan terhadap retakan akibat lendutan yang berlebihan serta retakan akibat beban kendaraan (Weimontoro, Farid, & dkk, 2022).

Air merupakan salah satu penyebab kerusakan pada perkerasan jalan. Tingkat keasaman air hujan yang tinggi dapat mengakibatkan ikatan – ikatan antara aspal dan agregat yang mempercepat terjadinya oksidasi sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan dini pada lapisan permukaan jalan. Kondisi ini dapat diperparah, apabila jalan terendam dalam waktu lebih dari 24 jam (standar kekuatan sisa marshall), dan terbebani oleh beban kendaraan yang melebihi batas yang telah ditentukan. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja perkerasan aspal khususnya masalah ketahanan atau keawetan jalan (*durability*) sebagai faktor dalam kriteria marshall. Menurut Departemen Pekerjaan Umum, kerusakan jalan dikarenakan oleh empat hal utama, yakni material konstruksi, lalu lintas, iklim dan air (Izazi, 2019).

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk (Khadafi, Jasman, & dkk, 2023).

Karakteristik perkerasan ialah sifat khusus perkerasan yang dapat menentukan baik buruknya kualitas dari perkerasan. Karakteristik perkerasan yang baik adalah perkerasan yang dapat memberikan pelayanan terhadap lalu lintas yang direncanakan baik berupa kekuatannya, keawetan, dan kenyamanannya. Karakteristik tidak terlepas dari kualitas bahan penyusunnya, terutama pada saat proses pembuatan (Arifin & Tugiman, 2022).

KAJIAN TEORITIS

Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

METODE PENELITIAN

1. Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapisan aspal beton merupakan jenis perkerasan untuk lapisan permukaan yang dicampur antara agregat dan aspal dalam suatu unit pencampuran AMP (Asphalt Mixing Plant), dan diangkut ke lapangan untuk dipadatkan pada suhu tertentu. Berdasarkan fungsinya, laston (lapisan aspal beton) terdiri dari tiga macam campuran, yaitu Laston Lapis Aus AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course), Laston Lapis Antara AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) dan Laston Lapis Pondasi AC-Base (Asphalt Concrete-Base) (Dina, Sofyan, & dkk, 2019).

2. Pengujian Agregat

Pengujian agregat kasar meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan air. Pengujian agregat halus meliputi berat jenis dan penyerapan air. Pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, pengujian titik lembek, pengujian kehilangan berat aspal, serta pengujian berat jenis aspal. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ketentuan SNI.

3. Metode Pengujian Marshall

Pengujian Marshall Aspal adalah salah satu metode yang dapat Anda gunakan untuk menentukan kekuatan aspal. Pengujian Marshall memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik dari campuran aspal. metode marshall akan diperoleh data- data sebagai berikut : Berat Jenis bulk dari Total Agregat. Setiap masing-masing fraksi dari agregat (agregat kasar, agregat halus dan *filler*) mempunyai nilai berat jenis bulk sendiri-sendiri (Halimu, Fitriah, & Sulha, 2018).

4. Berat Jenis Bulk Dari Total Agregat

Berikut adalah rumus untuk mencari nilai dari berat jenis bulk dari total agregat.

$$Gsb_{total\ agregat} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{\frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{Gsb_1+Gsb_2+Gsb_3+Gsb_n}} \dots\dots (1)$$

Dari rumus persamaan (1) Gsb_{total} = Berat jenis bulk agregat gabungan (gr/cc), P_1 , P_2 , P_3 = Persentase berat dari masing-masing Agregat (%), Gsb_1 , Gsb_2 , Gsb_3 = Berat jenis bulk masing-masing agregat, (gr/cc);

4. Berat Jenis Semu Dari Total Agregat

Berikut adalah rumus untuk mencari nilai dari berat jenis semu dari total agregat.

$$Gsb_{total\ agregat} = \frac{P_1+P_2+P_3+\dots+P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \dots\dots (2)$$

Keterangan: Gsb_{total} = Berat jenis bulk agregat gabungan (gr/cc), P_1 , P_2 , P_3 = Persentase berat dari masing-masing Agregat (%), Gsb_1 , Gsb_2 , Gsb_3 = Berat jenis bulk masing-masing agregat, (gr/cc).

5. Perhitungan Proporsi Campuran

Untuk mengetahui karakteristik campuran yang direncanakan memenuhi kriteria yang telah ditentukan, perlu dilakukan evaluasi hasil pengujian Marshall, disamping nilai stabilitas dan pelepasan, juga terhadap hasil perhitungan volumetric.

$$G = \left(\frac{A}{100} (n \cdot x1) + \frac{B}{100} (n \cdot x2) + \frac{C}{100} (n \cdot x3) + \frac{D}{100} (n \cdot x3) \right) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan: G = Gradasi campuran (%), A = Fraksi agregat kasar (%), B = Fraksi agregat sedang (%), C = Fraksi agregat halus (%), D = *Filler* (%), X1 = Kumulatif persen lolos agregat kasar, X2 = Kumulatif persen lolos agregat sedang, X3 = Kumulatif persen lolos agregat halus, n = Nilai yang akan dicoba – coba.

6. VIM (Void in the mix)

Merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Syarat nilai VIM adalah sekitar 3% - 5% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010. Nilai VIM dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$VIM = 100 - \frac{\text{Kepadatan} (100 - \text{kadar aspal})}{\text{Berat jenis BULK}} \dots\dots (4)$$

7. VMA (Void in Mineral Agregat)

Adalah kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimal 14 % sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2010. VMA dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$VMA = 100 - \left(\frac{\text{Kepadatan}}{\text{Benda uji teoritis}} \right) \times 100 \dots\dots (5)$$

8. VFA (Void Filled with Asphalt)

Merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 65%. Nilai VFA dapat dihitung dengan rumus seperti berikut.

$$VFB = \frac{VMA - VIM}{VMA} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan: VFB = Persentase rongga udara yang terisi aspal (%), VMA = Persentase rongga udara pada mineral agregat (%), VIM = Persentase rongga udara pada campuran (%).

9. Kelelahan (Flow)

adalah tingkat kelelahan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 60°C. Dikarenakan tidak tersedianya alat flow meter di laboratoium, maka nilai flow didapat dari hasil mengurangi rata-rata diameter awal benda uji sebelum pengujian dengan rata-rata diameter benda uji setelah pengujian.

10. Stabilitas

Benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat marshall. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan *Ibs* atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji. Berikut adalah rumus untuk mencari nilai stabilitas.

$$S = p \times q \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan: S = Nilai stabilitas (kg), P = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat, Q = Angka koreksi tebal benda uji.

11. MQ (Marshall Qountient)

Merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *marshall quotient* yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2010. Nilai dari *marshall quotient* diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$MQ = \frac{Stabilitas}{flow} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan: MQ = Nilai *marshall quotient* (kg/mm), S = Nilai stabilitas (kg), F = Nilai *flow* (mm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Agregat dan Aspal

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Hasil
1	Analisis Saringan	5,61%
2	Berat Jenis	2,56 gr/cc
3	Penyerapan Air	0,85 gr/cc
4	Keausan Agregat	24,05%

Sumber: Hasil Pengujian 2023

Berdasarkan tabel 1, tentang hasil pengujian karakteristik agregat kasar menunjukkan bahwa hasil pengujian analisa saringan yaitu 5,61% memenuhi syarat dengan nilai antara 5,5 – 8,5%. Pengujian berat jenis yaitu 2,56 gr/cc. memenuhi syarat dengan nilai min. 2,50 gr/cc. Pengujian penyerapan air yaitu 0,85 gr/cc memenuhi syarat dengan nilai maksimal 3 gr/cc. dan pengujian keausan agregat yaitu 24,05% memenuhi syarat dengan nilai maksimal 30%.

Sehingga agregat dapat dijadikan bahan campuran aspal. Hasil pengujian keausan agregat kasar yang diperoleh adalah 24,0% sesuai dengan spesifikasi yaitu maks 30%, sehingga agregat tersebut dapat digunakan untuk bahan campuran aspal.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat	Hasil
1	Analisis Saringan	2,43%
2	Berat Jenis	2,50 gr/cc
3	Penyerapan Air	2,28 gr/cc

Sumber: Hasil Pengujian 2023

Berdasarkan tabel 2, tentang hasil pengujian karakteristik agregat kasar menunjukkan bahwa hasil pengujian analisa saringan yaitu 2,43% memenuhi syarat dengan nilai antara 2,2 – 3,1. Pengujian Berat Jenis yaitu 2,50 gr/cc memenuhi syarat dengan nilai minimal 2,50 gr/cc. Pengujian penyerapan air yaitu 2,28 gr/cc memenuhi syarat maksimal 0,80 gr/cc. Sehingga agregat dapat dijadikan bahan campuran aspal.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian Aspal

No	Karakteristik Agregat	Hasil
1	Berat Jenis	1,01 gr/cc
2	Titik Lembek	39,79 – 41,21 °C
3	Kehilangan Berat	0,29%
4	Penetrasi	90 mm

Sumber: Hasil Pengujian 2023

Berdasarkan tabel 3, tentang hasil pengujian karakteristik aspal menunjukkan bahwa hasil pengujian berat jenis yaitu 1,01 gr/cc memenuhi syarat dengan nilai antara >1,01 gr/cc sehingga aspal dapat dijadikan bahan campuran. Hasil pengujian titik lembek yang diperoleh adalah 39,79 – 41,21 °C. Hasil Pengujian kehilangan berat diperoleh 0,29% telah memenuhi syarat yaitu maks. 0,80%. Hasil pengujian penetrasi yaitu 90 mm memenuhi syarat yaitu 80 – 100 mm.

2. Perancangan Campuran Benda Uji

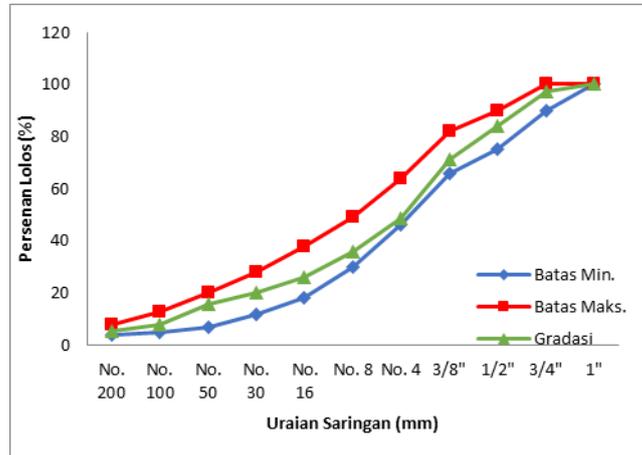
Untuk mengetahui karakteristik campuran yang direncanakan memenuhi kriteria yang telah ditentukan, perlu dilakukan evaluasi hasil pengujian Marshall, disamping nilai stabilitas dan pelelehan, juga terhadap hasil perhitungan volumetric. Kurva gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-BC dapat dilihat pada gambar berikut :

Tabel 4. Presentasi gabungan agregat

Saringan						Total
ASTM	(mm)	Agregat ½	Agg. 0.5/1	Abu Batu	Semen	
1"	25	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
¾"	19	91.44	100.00	100.00	100.00	97.52
½"	12.5	44.71	100.00	100.00	100.00	83.97

3/8"	9.5	3.60	97.34	99.92	100.00	71.11
No.4	4.75	0.89	33.74	99.81	100.00	48.67
No.8	2.36	0.65	4.79	91.78	100.00	36.02
No.16	1.18	0.53	1.11	66.57	100.00	26.16
No.30	0.6	0.44	0.87	49.22	100.00	20.16
No.50	0.3	0.38	0.77	36.20	100.00	15.68
No.100	0.15	0.30	0.61	13.83	100.00	8.00
200	0.075	0.24	0.48	6.00	100.00	5.27

Sumber: Hasil Perhitungan 2023

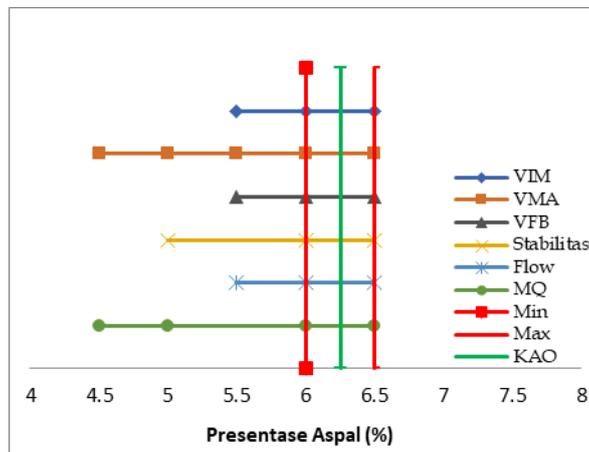


Gambar 1. Gradasi Campuran Aspal

3. Hasil Pengujian Karakteristik Marshall untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Pembuatan benda uji briket campuran beton aspal lapis pengikat AC-BC menggunakan agregat dengan gradasi menerus (dense graded). Selanjutnya dibuat benda uji dengan kadar aspal selang 0,5%. Rancangan benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum menggunakan variasi kadar aspal modifikasi 4,5%, 5%; 5,5%; 6%; dan 6,5% [8].

Parameter untuk menentukan kadar aspal optimum pada campuran AC-BC menggunakan pengujian Marshall, di antaranya adalah stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient.



Gambar 2. Hasil Pengujian Kadar Aaspal Optimum

Berdasarkan barchart pengujian marshall dapat disimpulkan bahwa nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 adalah 6%, dan 6,5%. Sehingga kadar aspal dari rata-rata variasi yang memenuhi untuk digunakan adalah 6,25%. Setelah mendapatkan kadar aspal terbaik dilanjutkan dengan membuat pencampuran komposisi yang sama.

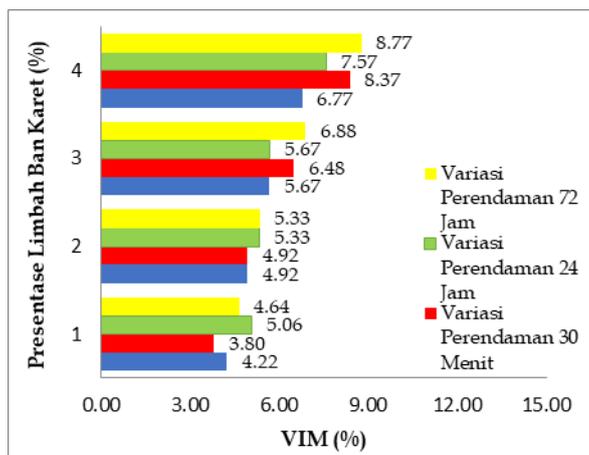
4. Hasil Pengujian Marshall Campuran Aspal Limbah Ban Karet

Pengujian marshall qountient dilakukan dengan variasi keadaan normal dengan variasi 30 Menit, 24 Jam, dan 72 Jam [10].

Parameter untuk menentukan pengaruh aspal limbah ban karet bekas terhadap rendaman pada campuran AC-BC menggunakan pengujian Marshall, di antaranya adalah stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient. Adapun pembahasan hasil pengujian dibuat kadar aspal yang disubstitusi dengan serbuk limbah ban karet bekas yaitu sebesar 0%, 2%, 3%, dan 4%.

5. VIM (Void In The Compacted Mixture)

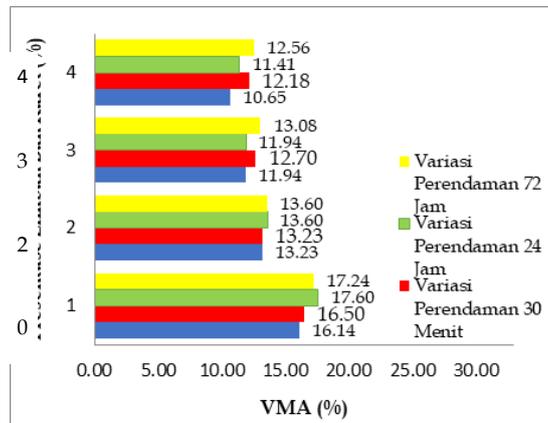
Berdasarkan persyaratan Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VIM (*Void In The Compacted Mixture*) yang memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3,5% - 5.5%. Pada gambar 3. hubungan antara presentase limbah ban karet dengan nilai vim, di mana semakin banyak presentase limbah ban karet yang di gunakan dan semakin lama durasi perendaman yang dilakukan terhadap sampel menyebabkan nilai vim pada presentase limbah ban karet mengalami peningkatan. di mana presentase limbah ban karet dengan yang lolos spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 2% pada setiap variasi perendaman.



Gambar 3. Hubungan antara Presentase Limbah Ban Karet Bekas Dengan VIM

6. VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

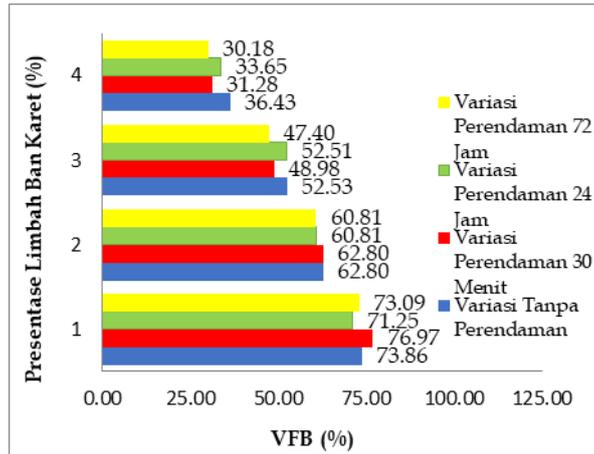
Pada kadar aspal mengalami naik turun. Ditinjau dari Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat- sifat campuran Laston nilai VMA minimal sebesar Min. 13%. Pada Gambar 4. hubungan antara presentase limbah ban karet dengan vma didapat bahwa ada pengaruh akibat perendaman terhadap stabilitas pada campuran beton aspal. Di mana semakin banyak presentase limbah ban karet yang di gunakan dan semakin lama durasi perendaman terhadap sampel menyebabkan nilai vma pada setiap presentase limbah ban karet mengalami penurunan. di mana presentase limbah ban karet yang lolos spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 2% pada setiap variasi perendaman.



Gambar 4. Hubungan antara Presentase Limbah Ban Karet Bekas Dengan VMA

7. VFB (*Void Filled Bitumen*)

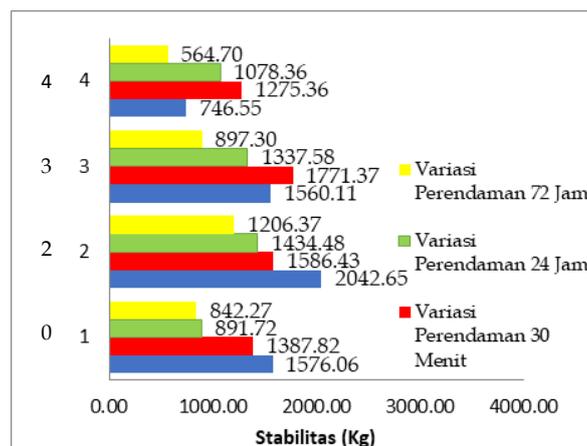
Revisi SNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat- sifat campuran Laston nilai VFB minimal sebesar Min. 13%. Pada Gambar 5. hubungan antara presentase limbah ban karet dengan vfb didapat bahwa ada pengaruh akibat perendaman terhadap stabilitas pada campuran beton aspal. Di mana semakin banyak presentase limbah ban karet yang di gunakan dan semakin lama durasi perendaman terhadap sampel menyebabkan nilai vfb mengalami penurunan, di mana presentase limbah ban karet yang lolos spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 2% pada setiap variasi perendaman.



Gambar 5. Hubungan antara Presentase Limbah Ban Karet Bekas Dengan VFB

8. Stabilitas

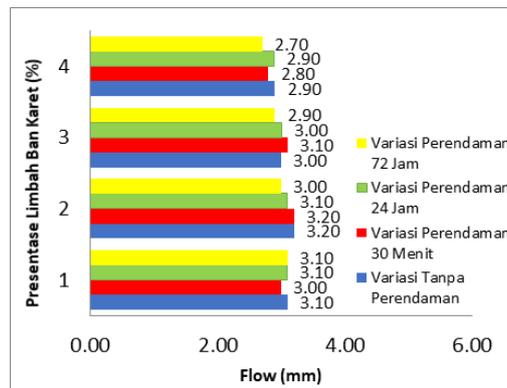
Berdasarkan dari persyaratan RSNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai *Stabilitas* harus Min. 800 kg. Pada Gambar 6. hubungan antara presentase limbah ban karet dengan Stabilitas didapat bahwa ada pengaruh akibat perendaman terhadap stabilitas pada campuran beton aspal. Di mana semakin banyak presentase limbah ban karet yang di gunakan dan semakin lama durasi perendaman terhadap sampel menyebabkan nilai *stabilitas* mengalami penurunan. di mana presentase limbah ban karet yang lolos spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 3% dari variasi tanpa perendaman sampai dengan variasi perendaman 24 jam. Sedangkan variasi perendaman 72 jam, nilai yang lolo spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 2%. Hal ini menunjukkan bahwa campuran mudah terdeformasi akibat beban dan menjadi semakin plastis. Hal ini terjadi karena semakin lemahnya daya ikat antara aspal dan agregat.



Gambar 6. Hubungan antara Presentase Limbah Ban Karet Bekas Dengan Stabilitas

9. Flow

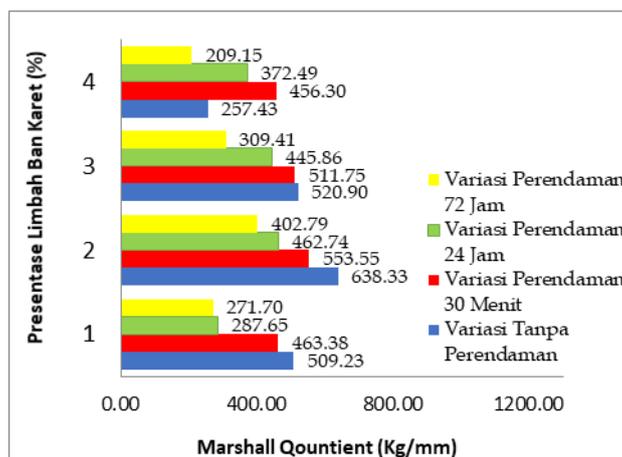
Berdasarkan dari persyaratan RSNI 03-1737-1989 tentang ketentuan sifat-sifat campuran laston nilai *Flow* harus Min. 3 mm. Pada Gambar 7 hubungan antara presentase limbah ban karet dengan flow. Di mana semakin banyak presentase limbah ban karet yang di gunakan dan semakin lama durasi perendaman terhadap sampel menyebabkan nilai *flow* mengalami penurun. di mana presentase limbah ban karet yang lolos spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 3% dari variasi tanpa perendaman sampai dengan variasi perendaman 24 jam. Sedangkan variasi perendaman 72 jam, nilai yang lolo spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 2%.



Gambar 7. Hubungan antara Presentase Limbah Ban Karet Bekas Dengan Flow

10. Marshall Qouintient

Berdasarkan dari Revisi SNI 03-1737-1989 persyaratan yang digunakan untuk nilai *Marshall Quotient* yaitu Min. 250 kg/mm. Pada Gambar 8. hubungan antara presentase limbah ban karet dengan *Marshall Quotient*. Di mana semakin banyak presentase limbah ban karet yang di gunakan dan semakin lama durasi perendaman terhadap sampel akan menyebabkan nilai *Marshall Quotient* mengalami penurun. di mana presentase limbah ban karet yang lolos spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 4% pada variasi tanpa perendaman sampai dengan variasi perendaman 24 Jam. Sedangkan variasi perendaman 72 jam, nilai *Marshall Quotient* yang lolos spesifikasi terdapat pada presentase limbah ban karet 0% sampai dengan 3%.



Gambar 8. Hubungan antara Presentase Limbah Ban Karet Bekas Dengan Marshall Qountient (Hasil Pengujian 2023)

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa data yang dilakukan berdasarkan pengujian dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa air mempengaruhi kekuatan campuran beraspal panas AC-BC. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan nilai kuat tarik campuran pada semua variasi penggunaan limbah ban karet bekas, seiring dengan bertambahnya durasi perendaman. Pada penelitian ini ada yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu pada presentase limbah ban karet bekas 0% dan 2% di setiap variasi perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan menggunakan limbah ban karet bekas relatif lebih tinggi dibandingkan dengan tidak menggunakan limbah ban karet bekas. Hal ini terjadi karena sifatnya kuat dan lentur pada saat dipadatkan akan merekatkan agregat, sehingga ikatan antara agregat lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih disampaikan ke asisten Laboratorium Universitas Muhammadiyah Parepare dan asisten Laboratorium Universitas Muslim Indonesia Makassar yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Annisa, N. T., & Latif, B. S. (2017). Pengaruh rendaman pada indirect tensile strength campuran AC-BC dengan limbah plastik sebagai agregat pengganti. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(2), 166-173.
- Arifin, M., & Tugiman. (2022). Analisis pengaruh waktu rendaman perkerasan AC-BC terhadap stabilitas dan kelelahan (Flow) aspal. *Statika*, 8, 1.
- Cut, K. D., Sofyan, M., & dkk. (2019). Uji Marshall pada campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) dengan tambahan parutan ban bekas. *Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, 1(Special), 559-570.
- Dina, F., Sofyan, M. S., & dkk. (2019). Karakteristik penggunaan parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 terhadap campuran AC-BC. *Journal of The Civil Engineering Student*, 1(1), 1-7.
- Halimu, O., Fitriah, & Sulha. (2018). Uji karakteristik Marshall campuran Laston AC-BC menggunakan material batu kapur dan variasi aspal Kabungka dengan kadar aspal. *Stabilita*, 6, 3.
- Izazi, A. K. d. M. A. (2019). Pengaruh genangan air hujan terhadap kinerja campuran aspal concrete - wearing course (AC - WC). *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 4, 7.
- Khadafi, M., Jasman, & dkk. (2023). Studi penggunaan plastik HDPE pada campuran aspal sebagai bahan pengikat konstruksi jalan. *Karajata Engineering*, 3, 102.
- Rahmawati, A. N., & Widhiastuti, Y. (2023). Pengaruh penambahan serbuk limbah ban bekas kendaraan terhadap karakteristik Laston AC-BC dengan metode uji Marshall. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, VII, 3974-3993.
- Weimontoro, Farid, A., & dkk. (2022). Pengaruh penambahan limbah karet ban sebagai substitusi sebagian kadar aspal terhadap stabilitas AC-BC dengan metode Marshall test. *Rekayasa Jurnal Teknik Sipil Universitas Madura*, 7, 25.
- Widianty, D., Yuniarti, R., & dkk. (2019). Analisis karakteristik Marshall pada beton aspal lapis pengikat (Asphalt Concrete-Binder Course) menggunakan modifikasi serbut serat batang pelapah pisang. *Sains Teknologi & Lingkungan*, 6(1), 85-95.