

## PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET TERHADAP STABILITAS NILAI MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL (AC-WC)

Alfina Trisman Yanti<sup>1</sup>, Lely Masthura<sup>2</sup>, dan Defry Basrin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Samudra, Jl. Prof. Dr. Syarif Thayeb, Meurandeh, Kec. Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24416  
*alfinatrismayanti93@gmail.com*

<sup>2</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Samudra, Jl. Prof. Dr. Syarif Thayeb, Meurandeh, Kec. Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24416  
*lelymasthura@unsam.ac.id*

<sup>3</sup>Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Samudra, Jl. Prof. Dr. Syarif Thayeb, Meurandeh, Kec. Langsa Lama, Kota Langsa, Aceh 24416  
*defrybasrin@unsam.ac.id*

*Masuk: 04-07-2023, revisi: 20-08-2023, diterima untuk diterbitkan: 30-08-2023*

### ABSTRACT

*Rubber prices decreased as a result of the reduction in local rubber prices. One method to keep rubber prices stable is to use natural rubber in the infrastructure sector, especially as a second ingredient in asphalt (rubber asphalt). For paving roads, this material with rubber latex added is highly recommended, especially in Indonesia, one of the major producers of rubber. This the study is set out to measure the Marshall characteristic value of rubber latex applied to AC-WC 60/70 mixed sticks that comply with 2018 Bina Marga requirements as well as the impact of employing rubber latex as an asphalt replacement material. 2018 Bina Marga requirements and the use of rubber latex as a substitute for asphalt. The rubber latex samples used in this research technique were added to an asphalt mixture with an optimal asphalt concentration of 5.96%. The rubber latex samples ranged in percentage from 5% to 12%. Based on the experimental findings, it is known that the effect of adding rubber latex as an asphalt replacement material that achieves the best results and meets the 2018 Bina Marga specifications is the addition of rubber latex with a content of 5%, which includes a density value of 2,203 gr/ml, stability 1215.55 kg, flow 2.35 mm, VIM 8.838%, VMA 19.907%, and other values. VFB 54.95%.*

*Keywords: road pavement; Asphalt; Rubber latex; marshall test*

### ABSTRAK

Harga Karet mengalami penurunan sebagai akibat dari penurunan harga Karet lokal. Salah satu cara untuk menjaga kestabilan harga karet adalah dengan menggunakan karet alam di sektor infrastruktur, khususnya sebagai bahan kedua aspal (karet aspal). Untuk pengaspalan jalan, bahan dengan tambahan lateks karet ini sangat direkomendasikan, terutama di Indonesia yang merupakan salah satu penghasil utama karet. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai karakteristik Marshall lateks karet yang diaplikasikan pada stik campuran AC-WC 60/70 yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 serta dampak penggunaan lateks karet sebagai bahan pengganti aspal pada Bina Marga 2018 persyaratan dan untuk menilai dampak penggunaan getah karet sebagai pengganti aspal dalam. Sampel lateks karet yang digunakan dalam teknik penelitian ini ditambahkan ke dalam campuran aspal dengan konsentrasi aspal optimal 5,96%. Sampel getah karet berkisar persentase dari 5% sampai 12%. Berdasarkan hasil percobaan diketahui pengaruh penambahan lateks karet sebagai bahan pengganti aspal yang mencapai hasil terbaik dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 adalah penambahan lateks karet dengan kadar 5% yang meliputi berat jenis nilai 2.203 gr/ml, stabilitas 1215,55 kg, flow 2,35 mm, VIM 8,838%, VMA 19,907%, dan nilai lainnya. VFB 54,95%.

*Kata kunci: perkerasan jalan; aspal; Getah karet; uji marshall*

## 1. PENDAHULUAN

Akibat penurunan harga karet di dalam negeri, harga karet pun turun. Penggunaan karet alam di sektor infrastruktur, termasuk sebagai bahan tambahan aspal (rubber asphalt), merupakan salah satu strategi untuk menstabilkan harga karet (Aminsyah dan Putri, 2019). Cara lainnya adalah dengan meningkatkan permintaan dalam negeri. Akibat

tekanan yang berlebihan dari bobot mobil di jalan raya, aspal sendiri memiliki beberapa kekurangan deformasi. Penggunaan karet alam sebagai campuran aspal dimaksudkan untuk menguji kestabilan Marshall dengan campuran karet alam sebagai bahan tambahan aspal karena retak dan kerusakan yang ditimbulkan oleh campuran aspal tersebut. (Lagaligo et al., 2022)

Dalam hal produksi karet, Indonesia sangat besar. Oleh karena itu karet dicampur dengan aspal untuk meningkatkan pemanfaatan karet di Indonesia (Dermana 2018). Akibatnya, diperkirakan bahwa Indonesia akan mempertimbangkan penggunaan karet alam sebagai bahan infrastruktur dalam negeri dan pada akhirnya negara tersebut akan menggunakan aspal yang telah dicampur dengan karet alam. Getah karet yang baik memiliki kekuatan yang sama dan rona putih pekat lem kayu dalam hal daya rekat. Ban, karet gelang, dan produk lain yang harus kuat dan fleksibel sering dibuat dengan lateks karet. Aspal dapat dimodifikasi dalam upaya menjadikan bahan pengikat perkerasan lentur menjadi lebih baik. Diantaranya adalah elastomer dan plastomer, oleh karena itu banyak akademisi yang tertarik dengan potensi aspal modifikasi sebagai bahan pengikat (Novi, 2021). Sebagian besar zat yang digunakan untuk mengubah aspal adalah produk limbah atau zat yang ditemukan di alam, termasuk getah karet. Konstruksi jalan yang dapat mendukung beban lalu lintas (Prastanto et al., 2018)

Salah satu bahan vital yang sering digunakan dalam aplikasi teknik adalah karet mentah (Erlyanti et al., 2018). Ini sebagian karena secara alami lunak dan mudah dibentuk. Dalam penelitian ini kami mencoba menggunakan karet alam pada campuran aspal, baik yang memenuhi spesifikasi Bina Marga maupun tidak, sebagai bahan cadangan pada *asphalt concrete – wearing coarse* (AC-WC) dengan menggunakan uji Marshall (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020). Peningkatan mutu campuran aspal perlu dilakukan, salah satunya adalah dengan menambahkan komponen tambahan pada beton aspal yang disebut juga beton aspal yang disempurnakan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Pada penelitian ini dapat diketahui pengaruh penambahan konsentrat getah karet alam terhadap sifat fisik aspal karet. Getah karet alami pekat biasanya terdiri dari lateks alami pekat murni (Setyoko & Lukiawan, 2019).

Upaya pembenahan bahan pengikat pada perkerasan lentur dapat dilakukan dengan memodifikasi aspal (Risidian & Area, 2021). Diantaranya aspal modifikasi tersusun atas elastomer dan plastomer, sehingga banyak peneliti yang mempelajari aspal modifikasi sebagai bahan pengikat (Widianto & Faishal, 2021). Material yang digunakan untuk memodifikasi aspal sebagian besar merupakan limbah atau material dari alam, seperti getah karet. Lapisan perkerasan merupakan bagian penting dari konstruksi jalan yang memikul beban lalu lintas (Rosyad et al., 2019).

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapakah nilai sifat Marshall Bila memakai getah karet tambahan pada campuran AC-WC penetrasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi bina Marga 2018?
2. Bagaimana pengaruh substitusi aspal menggunakan getah karet terhadap kinerja aspal pada campuran Laston?

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai karakteristik marsekal menggunakan karet lateks yang ditambahkan pada pen AC-WC campuran 60/70 sesuai spesifikasi Bina Marga 2018
2. Mengetahui pengaruh penggunaan getah karet sebagai bahan substitusi aspal spesifikasi bina marga 2018 terhadap kinerja aspal.

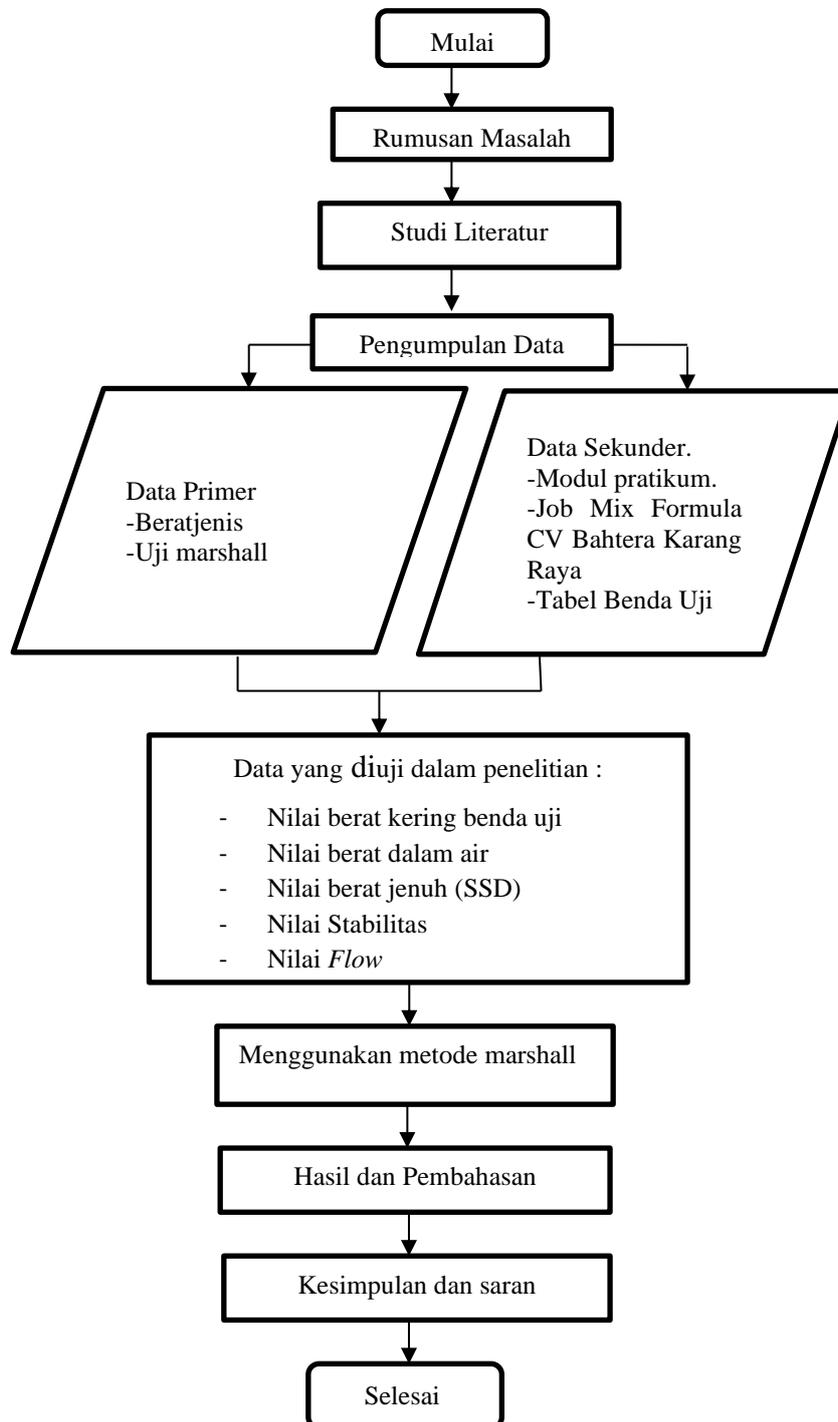
Untuk mencapai tujuan tersebut di atas, dilakukan penelitian dengan uji laboratorium untuk memastikan dampak lateks karet alam terhadap efisiensi aspal. Berikut adalah ruang lingkup penelitian ini:

1. Tipe campuran yang digunakan adalah *asphalt concrete – wearing coarse* (AC-WC) dengan gradasi halus menggunakan spesifikasih umum AASHTO dan Standar Nasional Indonesia (SNI) Bina Marga 2018.
2. Adukan campuran aspal dengan penggunaan getah karet alam pada kadar yang bervariasi yaitu, 5%, 7% dan 12% dari total kebutuhan aspal yang diperlukan dalam perancangan adukan aspal.
3. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 berasal dari Aspal Mixing Plant.
4. Jenis karet yang dipakai adalah karet alam.

## 2. METODE PENELITIAN

Proses penelitian dimulai dari identifikasi masalah dan penentuan topik yaitu material infrastruktur aspal modifikasi getak karet alam yang bersifat berkelanjutan dapat diperbaharukan (Pramono, 2020). Identifikasi didukung oleh referensi terkait dan studi-studi yang telah dilakukan. Sumber data yang diperlukan yakni data primer yang berasal dari uji berat jenis, uji marshall dan data sekunder berupa *job mix formula* milik CV Bahtera Karang Raya, table benda uji. Kemudian cari KAO (Optimum Bitumen Content) untuk rasio campuran di setiap test rig yang akan dijalankan. Setelah mencapai proporsi campuran mineral-aspal, bahan tambah (filler) disaring dan dikeringkan.

Sejara setelah bahan yang dibutuhkan siap digunakan, langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji di Universitas Samudra, Aceh. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 Bagan alir.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat fisik agregat dan aspal tidak dilakukan karena keterbatasan peralatan. karena penelitian ini untuk mencari distribusi atau persentase total dengan menggunakan rumus work-matching yang diperoleh panduan desain final AC-WC dari CV Bahtera Karang Raya. Untuk rumusan kombinasi pekerjaan desain akhir AC-WC CV Bahtera Karang Raya pada tabel 3 dibawah ini

Tabel 1. Job mix formula laston AC-WC CV Bahtera Karang Raya

| Komposisi campuran | Satuan | Terhadap Total Agregat | Terhadap Total campuran |
|--------------------|--------|------------------------|-------------------------|
| Batu Pecah 3/4     | (%)    | 10%                    | 9.43%                   |
| Batu Pecah 3/8     | (%)    | 30%                    | 28.28%                  |
| Abu Batu           | (%)    | 48%                    | 45.25%                  |
| Pasir              | (%)    | 10%                    | 9.43%                   |
| semen              | (%)    | 2%                     | 1.89%                   |
| Aspal              | (%)    | -                      | 5.96%                   |

### RANCANGAN BENDA UJI DENGAN PENAMBAHAN GETAH KARET

Penggunaan getah karet dibuat bervariasi dengan kadar penambahan yaitu 5%, 7% dan 12% dari berat aspal. Komposisi kebutuhan material campuran apal AC – WC dengan variasi penambahan getah karet menggunakan panduan *design job mix formula laston AC –WC* yang diperoleh dari CV Bahtera Karang Raya (tabel 2). Sebagaimana dapat dilihat pada table 2 berikut.

Tabel 2. komposisi persentase agregat dengan kadar aspal rencana

| Jenis          | Jumlah (gr) | Jumlah (%) |
|----------------|-------------|------------|
| Batu Pecah 3/4 | 112.848     | 9.37       |
| Batu Pecah 3/8 | 338.544     | 28.12      |
| Abu Batu       | 541.6704    | 45.00      |
| Pasir          | 112.848     | 9.37       |
| semen          | 22.5696     | 1.87       |
| Aspal          | 71.52       | 5.96       |
|                | 1200        | 100        |

Perhitungan proporsi agregat campuran pada kadar Getah Karet 5 % yang mewakili keseluruhan kadar Getah Karet :

- a). Batu Pecah ¾” =  $(9.37 / 100) \times 1200 = 112.5$  gram
  - b). Batu Pecah 3/8” =  $(28.12 / 100) \times 1200 = 337.44$  gram
  - c). Dust (Abu Batu) =  $(45.00 / 100) \times 1200 = 539.99$ gram
  - d). Pasir =  $(9.37 / 100) \times 1200 = 112.5$  gram
  - e). Getah Karet =  $(5\% \times 71.52) = 3.5$  gram
  - f). Filler (Semen) =  $(1.87 / 100) \times 1200 = 22.5$  gram
  - g). Aspal Optimum =  $(5.96 / 100) \times 1200 = 71.52$  gram +
- Total Campuran = 1200 gram

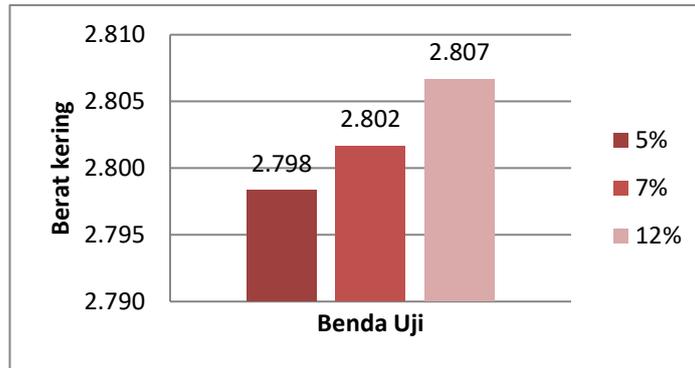
Kapasitas silinder beton aspal = 1200 gram (RSNI M-01-2003).

untuk mendapatkan nilai berat kering benda uji, nilai yang diperoleh dari berat kering benda uji dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Berat kering benda uji

| No | Variasi | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 3 | Rata-Rata |
|----|---------|----------|----------|----------|-----------|
| 1  | 5%      | 1.200    | 1.200    | 1.195    | 2.798     |
| 2  | 7%      | 1.200    | 1.200    | 1.205    | 2.802     |
| 3  | 12%     | 1.200    | 1.210    | 1.190    | 2.807     |

Berat kering yang dihasilkan dari pengujian dari 3 sampel setiap variasi 5%, 7%, dan 12% dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram batang benda kering

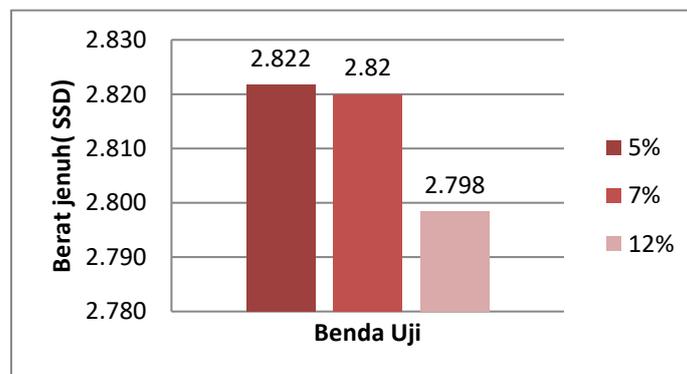
Grafik yang diambil dari nilai rata-rata berat kering yang diperoleh pada tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi yang diperoleh dari hasil penelitian pada variasi 5% dan nilai terendah pada variasi 12%.

Untuk mendapatkan nilai berat benda uji SSD (*saturated surface dry*). Nilai SSD yang diperoleh dalam pengujian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Berat jenuh (SSD)

| No | Variasi | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 3 | Rata-Rata |
|----|---------|----------|----------|----------|-----------|
| 1  | 5%      | 1.210    | 1.210    | 1.205    | 2.822     |
| 2  | 7%      | 1.210    | 1.210    | 1.200    | 2.82      |
| 3  | 12%     | 1.210    | 1.215    | 1.120    | 2.798     |

Berat jenuh (SSD) yang dihasilkan dari pengujian 3 sampel setiap variasi 5%,7% dan 12% dapat dilihat pada Gambar 3. Berat jenuh tertinggi diperoleh pada variasi 5% dan yang terendah pada variasi 12%.



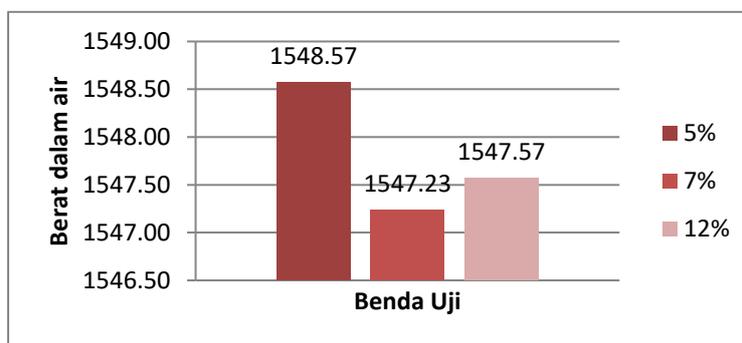
Gambar 3. Diagram batang berat jenuh

Untuk mendapatkan nilai massa benda yang diuji dalam air, nilai timbang berat benda uji yang di peroleh dalam pengujian ini dapa dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Berat dalam air

| No | Variasi | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 3 | Rata-Rata |
|----|---------|----------|----------|----------|-----------|
| 1  | 5%      | 665.1    | 662.9    | 661.7    | 1548.57   |
| 2  | 7%      | 663.6    | 662.2    | 664.3    | 1547.23   |
| 3  | 12%     | 668.4    | 671.5    | 623.0    | 1547.57   |

Berat dalam air yang dihasilkan dari pengujian 3 sampel setiap variasi 5%,7% dan 12% dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram batang berat dalam air

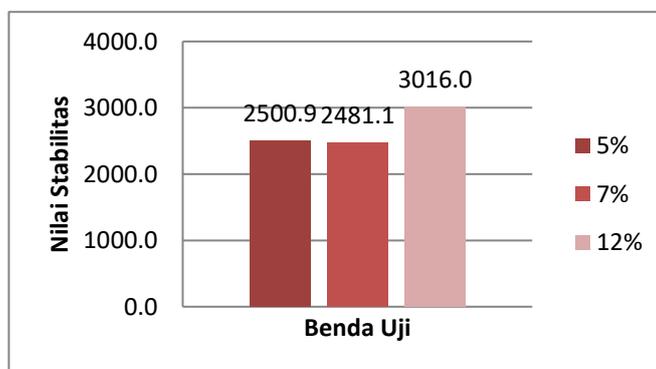
Grafik yang di ambil dari nilai rata-rata berat dalam air pada Gambar 4 dapat dilihat nilai tertinggi yang dapat diperoleh variasi 5% dan yang terendah pada variasi 7%.

Kemudian dilakukan pengujian dengan alat *marshall* terhadap masing-masing benda uji, dalam uji *marshall* diperoleh nilai *stabilitas* dan *flow* nilai yang di peroleh dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *stabilitas*

| No | Variasi | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 3 | Rata-Rata |
|----|---------|----------|----------|----------|-----------|
| 1  | 5%      | 1010.3   | 1069.7   | 1262.8   | 2500.9    |
| 2  | 7%      | 1069.7   | 1040.0   | 1114.3   | 2481.1    |
| 3  | 12%     | 1292.6   | 1262.8   | 1381.7   | 3016.0    |

Nilai *stabilitas* yang dihasilkan dari pengujian 3 sampel setiap variasi 5%,7% dan 12% dapat dilihat pada Gambar 5.



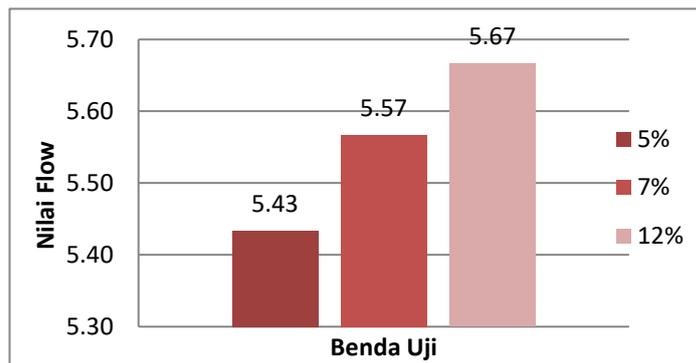
Gambar 5. Diagram batang *stabilitas*

Nilai tertinggi *stabilitas* diperoleh pada variasi 5% dan yang terendah pada variasi 12%.

Tabel 7. Nilai *flow*

| No | Variasi | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 3 | Rata-Rata |
|----|---------|----------|----------|----------|-----------|
| 1  | 5%      | 2.4      | 2.3      | 2.2      | 5.43      |
| 2  | 7%      | 2.5      | 2.3      | 2.3      | 5.57      |
| 3  | 12%     | 2.5      | 2.3      | 2.6      | 5.67      |

Nilai *Flow* yang dihasilkan dari pengujian 3 sampel setiap variasi 5%, 7%, dan 12% dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram batang flow

Grafik yang di ambil dari nilai rata-rata nilai flow dapat dilihat nilai tertinggi yang dapat diperoleh variasi 12% dan yang terendah pada variasi 5%.

### Marshall Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan getah karet 5%, 7%, dan 12% terhadap nilai kepadatan, stabilitas dan flow, serta nilai volumetric parameter marshall seperti VIM, VMA, dan VFB. Hasil pengujian marshall dapat dilihat pada Tabel 8, Tabel 9, dan Tabel 10.

Tabel 8. Pengolahan data marshall test variasi 5%

| Parameter       | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 3 | Rata-rata | Spesifikasi | Ket             |
|-----------------|----------|----------|----------|-----------|-------------|-----------------|
| Density(gr/ml)  | 2.20     | 2.20     | 2.20     | 2.20      |             | Terpenuhi       |
| Stabilitas (kg) | 1101.20  | 1165.98  | 1376.50  | 1214.56   | Min 800     | Terpenuhi       |
| Flow (mm)       | 2.40     | 2.30     | 2.20     | 2.30      | 2,0- 4,0    | Terpenuhi       |
| VIM (%)         | 9.20     | 8.54     | 8.78     | 8.84      | 3,0 - 5,0   | Tidak Terpenuhi |
| VMA (%)         | 20.22    | 19.64    | 19.86    | 19.91     | Min 15      | Terpenuhi       |
| VFB (%)         | 54.53    | 54.54    | 55.77    | 54.95     | Min 65      | Tidak Terpenuhi |

Tabel 9. Pengolahan data marshall test variasi 7%

| Parameter       | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 3 | Rata-rata | Spesifikasi | Ket             |
|-----------------|----------|----------|----------|-----------|-------------|-----------------|
| Density(gr/ml)  | 2.189    | 2.196    | 0.002    | 1.462     |             | Terpenuhi       |
| Stabilitas (kg) | 1166     | 1134     | 1053     | 1117      | Min 800     | Terpenuhi       |
| Flow (mm)       | 2.5      | 2.3      | 2.3      | 2.4       | 2,0- 4,0    | Terpenuhi       |
| VIM (%)         | 10.079   | 9.766    | 99.908   | 39.9177   | 3,0 - 5,0   | Tidak Terpenuhi |
| VMA (%)         | 20.707   | 20.431   | 99.919   | 47.019    | Min 15      | Terpenuhi       |
| VFB (%)         | 51.325   | 52.199   | 0.011    | 34.512    | Min 65      | Tidak Terpenuhi |

Tabel 10. Pengolahan data marshall test variasi 12%

| Parameter       | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 3 | Rata-rata | Spesifikasi | Ket             |
|-----------------|----------|----------|----------|-----------|-------------|-----------------|
| Density(gr/ml)  | 2.216    | 2.226    | 2.394    | 2.279     |             | Terpenuhi       |
| Stabilitas (kg) | 1409     | 1377     | 1506     | 1430.4815 | Min 800     | Terpenuhi       |
| Flow (mm)       | 2.5      | 2.3      | 2.6      | 2.5       | 2,0- 4,0    | Terpenuhi       |
| VIM (%)         | 8.716    | 8.277    | 1.353    | 6.115     | 3,0 - 5,0   | Tidak Terpenuhi |
| VMA (%)         | 19.726   | 19.340   | 13.252   | 17.439    | Min 15      | Terpenuhi       |
| VFB (%)         | 55.816   | 57.203   | 89.788   | 67.602    | Min 65      | Tidak Terpenuhi |

Ketiga tabel di atas menampilkan pengolahan data terhadap nilai kepadatan, *stabilitas*, *flow*, VIM, VMA, dan VFB yang mengikuti nilai spesifikasi untuk mengetahui terpenuhi atau tidak nilai yang diperoleh dalam penelitian.

Hasil penelitian terlihat bahwa tidak ada kesimpulan yang dapat ditarik, karena tidak semua subjek uji dari masing-masing varian memenuhi standar spesifikasi yang telah ditetapkan untuk digunakan sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, pengujian tambahan harus dilakukan untuk mengungkap kesalahan yang terjadi pada pencarian berikutnya.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisa data penelitian ini, maka peneliti menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai Marshall menambahkan rubber latex pada komponen AC-WC 60/70 untuk memenuhi persyaratan Bina Marga 2018.
  - a. Nilai densitas kompon karet lateks terbesar yaitu 2,227 gr terdapat pada kadar karet 7%.
  - b. Nilai stabilitas sesuai dengan standar Bina Marga tahun 2018 dengan variasi persen 5% untuk nilai 1214%, 7% untuk 1117%, dan 12% untuk 1430kg dengan nilai batas 800 kg.
  - c. Nilai void in mix (VIM) sebesar 8.843, 7% dengan nilai 8.521 dan 12% dengan nilai 9.763 dengan nilai batas yang tidak sesuai standar Bina Marga untuk variasi lateks karet 5% per tahun 2018. batas 3-5%.
  - d. Dengan syarat minimal 65, maka nilai Void Filled with Bitumen (VFB) pada kombinasi rubber latex 5% dengan nilai 55,59, dan 53,89% tidak memenuhi Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018.
  - e. Void In Mineral Aggregate (VMA) nilai yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah 19,90, 7% dengan nilai 19,33 untuk variasi lateks karet 5% dan 53,896% dengan minimal 15
  - f. Nilai flow untuk setiap variasi persentase getah karet pada variasi 5% dengan nilai 2.803,mm dan variasi 7%, dengan nilai 2.397 mm di 12%, dengan nilai 2.703 mm dengan ketentuan 2,0-4,
2. Getah karet sebagai bahan substitusi aspal dalam campuran dengan kadar getah karet 5%, 7% dan 12% terhadap karakteristik marshall, didapatkan nilai yang paling memuaskan yaitu campuran dengan kadar getah karet 5% dikarenakan campuran tersebut memiliki nilai yang stabil dibandingkan kedua campuran lainnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aminsyah, M., Putri, D. (2019). Pengaruh Penambahan Zat Adiktif Lateks (Getah Karet) Terhadap Durabilitas Campuran Lapisan Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas Padang*, 442–452.
- Dermana, I. (2018). Karakteristik Perkerasan Kaku Dan Perkerasan Lentur Di Tinjau Dari Uji Kuat Lentur. *Jurnal BAPPEDA*, 4(3), 188–194.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi umum bina marga campuran peraspal panas (hotmix)*. Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). *Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Oktober*, 1036.
- Erlyanti, S., & Setiawan, D. (2019). *Pengaruh penambahan getah karet alam padat sir 20 sebagai bahan pengikat campuran aspal pada laston atas (ac-wc)* (Skripsi, Universitas Teknologi Yogyakarta).
- Rosyad, F., Prastyo, N., Kasmuri, M. (2019). Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karet Terhadap Durabilitas Dan Flexibilitas Aspal Beton (Ac-Wc). *Forum Mekanika*, 7(2). <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v7i2.202>
- Lagaligo, D., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2022). Pengaruh Temperatur Pematatan pada Campuran Beton Aspal ( AC-WC ) dengan Bahan Tambah Karet Alam terhadap Ketahanan Deformasi dan Kuat Tarik Tidak Langsung. *Jurnal Konstruksi*, 01(11), 23–36.
- Indriani, C. N., Purwandito, M., & Alamsyah, W. (2022). Pemanfaatan ban bekas sebagai bahan tambah campuran aspal pada perkerasan jalan ac-wc terhadap nilai marshall. *Bisnis, Sosial, dan Teknologi*, 12(1).
- Pramono, D. (2020). Pengaruh Penggunaan Getah Karet Terhadap Stabilitas Marshall pada Campuran Asphalt Concrete-Basa (ac-base). *Jurnal Inersia*, XII(1), 44–50.
- Risdian, R. (2021). Perbandingan aspal alam dan aspal karet pada lapisan perkerasan jalan ac-bc penetrasi 60/70 terhadap nilai marshall (Skripsi, Universitas Medan Area).
- Setyoko, A. T., & Lukiawan, R. (2019, December). Pengembangan standardisasi karet alam sebagai bahan baku aspal karet dan produk aspal karet. In *Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Standardisasi* (Vol. 2019, pp. 13-22). Badan Standardisasi Nasional.
- Widianto, B. W. & Faishal, M. I. (2021). Perubahan karakteristik aspal pen 60/70 dengan substitusi getah karet alam pangkalan balai, sumatera selatan. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 6(3), 143. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v6i3.143>