

PENINGKATAN STABILITAS ASPAL DALAM KONSTRUKSI JALAN : PENGARUH KOMPOSISI, FAKTOR LINGKUNGAN, DAN METODE PENGUJIAN UNTUK KEBERLANJUTAN INFRASTRUKTUR JALAN

Ade Tio Purnomo¹, Andri Dwi Cahyono², Dwiky Widyatmoko³, M. Nasih Al Hasbi⁴

Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Kadiri, Kediri
Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Kediri

Informasi Makalah

Dikirim, 25 Mei 2023
Direvisi, 24 Februari 2024
Diterima, 02 April 2024

Kata Kunci:

Delignifikasi
Kulit Singkong
Alkali
Lignin

Keyword:

Delignificatin
Cassava peel
Alkali
Lignin

INTISARI

Aspal merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan dalam pembangunan infrastruktur jalan, seperti jalan raya, jalan tol, dan landasan pacu bandara. Stabilitas aspal memiliki peranan penting dalam desain dan konstruksi jalan yang aman dan tahan lama. Stabilitas aspal mencerminkan kemampuan aspal untuk menahan beban lalu lintas dan perubahan kondisi lingkungan tanpa mengalami deformasi yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman tentang sifat-sifat mekanik aspal serta mengembangkan metode yang lebih efektif dalam meningkatkan stabilitasnya. Dalam penelitian ini, akan dibahas beberapa aspek penting terkait stabilitas aspal, termasuk pengaruh komposisi aspal, faktor lingkungan, dan metode pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi stabilitasnya. Metode pengujian yang digunakan adalah uji *Marshall Stability*. Dari hasil pengujian *Marshall Stability* didapatkan hasil nilai stabilitas pada sampel 1 sebesar 4896 kg, pada sampel 2 sebesar 5712 kg dan pada sampel 3 sebesar 5658 kg, ini menunjukkan bahwa sampel lapis perkerasan jalan yang diuji memiliki ketahanan/stabilitas yang bagus. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas lapis perkerasan jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis aspal yang digunakan, komposisi aspal dan agregat dalam campuran, serta proses produksi dan pengolahan campuran aspal. Faktor-faktor tersebut bila tidak diatasi dengan baik maka akan menjadi masalah besar berupa kerusakan dalam lapis perkerasan jalan.

ABSTRACT

Asphalt is a construction material that is often used in the construction of road infrastructure, such as highways, toll roads and airport runways. Asphalt stability plays an important role in the design and construction of safe and durable roads. Asphalt stability reflects the asphalt's ability to withstand traffic loads and changes in environmental conditions without experiencing significant deformation. This research aims to increase understanding of the mechanical properties of asphalt and develop more effective methods in increasing its stability. In this research, several important aspects related to asphalt stability will be discussed, including the influence of asphalt composition, environmental factors, and the test methods used to evaluate its stability. The test method used is the Marshall Stability test. From the Marshall Stability test results, it was found that the stability value for sample 1 was 4896 kg, for sample 2 it was 5712 kg and for sample 3 it was 5658 kg, this shows that the road pavement sample tested had good resistance/stability. From these results it can be concluded that the stability value of road pavement is influenced by several factors, such as the type of asphalt used, the composition of asphalt and aggregate in the mixture, as well as the production and processing of the asphalt mixture. If these factors are not addressed properly, they will become a big problem in the form of damage to the road pavement layer.

Korespondensi Penulis:

Andri Dwi Cahyono
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Kadiri

Jalan Selomangleng No. 1, Kec. Mojoroto, Kota Kediri, 64115
 Email: adcahyono@unik-kediri.ac.id

1. PENDAHULUAN

Aspal merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan dalam pembangunan infrastruktur jalan, seperti jalan raya, jalan tol, dan landasan pacu bandara[1]. Stabilitas aspal memiliki peranan penting dalam desain dan konstruksi jalan yang aman dan tahan lama. Stabilitas aspal mencerminkan kemampuan aspal untuk menahan beban lalu lintas dan perubahan kondisi lingkungan tanpa mengalami deformasi yang signifikan[2]. Dalam beberapa dekade terakhir, stabilitas aspal telah menjadi topik penelitian yang penting dalam industri konstruksi jalan[3]. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman tentang sifat-sifat mekanik aspal serta mengembangkan metode yang lebih efektif dalam meningkatkan stabilitasnya. Dalam jurnal ini, akan dibahas beberapa aspek penting terkait stabilitas aspal, termasuk pengaruh komposisi aspal, faktor lingkungan, dan metode pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi stabilitasnya[4].

Pertama-tama, komposisi aspal memainkan peran kunci dalam mempengaruhi stabilitasnya. Komposisi aspal terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan bahan pengikat[5]. Proporsi dan karakteristik setiap komponen ini berdampak pada sifat mekanik aspal, termasuk kekuatan, elastisitas, dan kelelahan[6]. Oleh karena itu, pemilihan komposisi yang tepat sangat penting untuk mencapai stabilitas yang baik. Selain komposisi aspal, faktor lingkungan juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap stabilitasnya[7]. Variasi suhu, kelembaban, dan beban lalu lintas dapat mempengaruhi performa jalan dan stabilitas aspal[8]. Misalnya, suhu tinggi dapat membuat aspal menjadi lembut dan mudah mengalami deformasi, sementara suhu rendah dapat membuat aspal menjadi rapuh dan mudah retak. Selain itu, air juga dapat mempengaruhi stabilitas aspal dengan merusak ikatan antara partikel-partikel aspal[9].

Metode pengujian juga merupakan komponen penting dalam penilaian stabilitas aspal. Beberapa metode umum yang digunakan termasuk uji Marshall dan uji stabilitas-dengan-batas. Uji Marshall adalah metode yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi stabilitas aspal dengan mengukur kekuatan tekan dan deformasi yang terjadi pada sampel aspal[10]. Sementara uji stabilitas-dengan-batas dilakukan dengan memberikan beban aksial pada sampel aspal dan mencatat deformasi yang terjadi[11].

Penelitian ini akan membahas mengenai stabilitas aspal serta upaya-upaya terbaru untuk meningkatkannya melalui penelitian inovatif mengenai komposisi aspal, pengembangan metode pengujian yang lebih akurat, dan penerapan teknologi baru dalam pembangunan jalan. Diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan wawasan berharga bagi pengembangan lebih lanjut dalam bidang stabilitas aspal.

2. METODE

2.1. Lokasi dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kediri. Pada penelitian ini akan melibatkan serangkaian eksperimen yang meliputi dari uji abrasi, uji gradasi, uji berat jenis, uji marshall, dan uji GMM [12] yang memiliki tujuan untuk mengumpulkan data dan informasi esensial dalam menganalisis serta memahami karakteristik material yang digunakan dalam industri konstruksi[13]. Uji abrasi dilakukan untuk mengukur daya tahan material terhadap keausan, uji gradasi bertujuan menganalisis distribusi ukuran partikel dalam material, uji berat jenis digunakan untuk menentukan densitas material, uji marshall digunakan untuk mengevaluasi kualitas campuran aspal, sedangkan uji GMM (Generalized Maxwell Model) digunakan untuk memodelkan perilaku viskoelastik material. Metode ini memberikan fondasi yang kokoh dalam menghasilkan temuan penelitian yang dapat diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengembangan material konstruksi.

2.2. Tahap Penelitian

Pada tahap penelitian ada beberapa pengujian sebagai berikut:

2.21 Uji Abrasi

Uji abrasi digunakan untuk mengevaluasi kekuatan aus agregat dengan persamaan, yaitu :

$$\text{Abrasi} = ((a-b))/a \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

a = berat benda uji semula, dinyatakan dalam gram

b = berat benda uji tertahan saringan No. 12 (1,70 mm), dinyatakan dalam gram.

2.22 Uji Gradasi

Uji gradasi untuk memberikan gambaran tentang distribusi dari variasi ukuran agregat kasar dan halus.

2.23 Uji Marshall

Uji Marshall merupakan suatu metode pengujian yang digunakan untuk menilai karakteristik mekanis dari campuran aspal (asphalt concrete). Dalam metode tersebut, terdapat lima parameter penting yang digunakan dalam pengujian tersebut, yaitu VIM (*Void In The Mix*), VMA (*Void In The Mineral Aggregate*), VFB (*Void Filled by Bitumen*), *Stability*.

2.24 Uji GMM (Generalized Maxwell Model)

Uji GMM (*Ground Modulus Measurement*) merupakan suatu metode atau prosedur yang digunakan untuk melakukan pengukuran modulus tanah atau modulus elastisitas dari lapisan tanah atau material dasar[14].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dari penelitian ini meliputi hasil pengujian uji abrasi, uji gradasi, uji berat jenis, uji marshall, dan uji GMM (*Generalized Maxwell Model*) sebagai berikut:

3.1. Uji abrasi

Pada pengujian abrasi yang dilakukan, benda uji memiliki berat sebesar 5000 gram dan digunakan 11 bola baja. Perhitungan yang dilakukan menggunakan rumus pers. 1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Abrasi} &= ((5000-3457))/5000 \times 100\% \\ &= 30,86 \% < 40\% \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan abrasi yang dilakukan, ditemukan hasil sebesar 30,86%. Menurut ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI)[15], nilai abrasi yang dianggap baik adalah kurang dari 40%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa agregat kasar yang diuji abrasi tersebut termasuk dalam kategori yang baik atau memenuhi standar.

3.2. Uji Gradasi Ayakan

Berikut ini adalah tabel yang berisi hasil uji gradasi ayakan, yaitu:

Tabel 1. Uji Gradasi Ayakan

No.	Saringan (inci)	Jumlah Tertahan Gram (gr)	Persentase Kumulatif		Spesifikasi
			Tertahan (%)	Lolos (%)	
1	Ayakan No. $\frac{3}{4}$	-	0%	100%	agregat kasar
2	Ayakan No. $\frac{1}{2}$	140	12%	88%	agregat kasar
3	Ayakan No. $\frac{3}{8}$	185	15%	73%	agregat kasar
4	Ayakan No. 4	220	18%	55%	agregat kasar
5	Ayakan No. 8	175	15%	41%	agregat kasar
6	Ayakan No. 16	70	6%	35%	agregat halus
7	Ayakan No. 30	60	5%	30%	agregat halus
8	Ayakan No. 50	60	5%	25%	agregat halus
9	Ayakan No. 100	65	5%	20%	agregat halus
10	Ayakan No. 200	90	8%	13%	agregat halus
11	Pan	90	8%	5%	Filler
12	Aspal	45	4%	0%	Aspal Cair
Jumlah		1200	100%	-	

Dari Tabel 1 menunjukkan hasil uji gradasi diperoleh Jumlah persentase agregat kasar sebesar 59%. Jumlah persentase agregat kasar tersebut diperoleh dari total persentase lolos kumulatif benda uji yang tertahan pada ayakan no. $\frac{3}{4}$ sebesar 0% sampai dengan ayakan no. 8 sebesar 15%. Sementara total persentase agregat halus sebesar 28%. Didapatkan total persentase agregat halus tersebut diperoleh dari persentase lolos kumulatif benda uji yang tertahan pada ayakan no. 16 sebesar 6% sampai dengan ayakan no. 200 sebesar 8%. Diperoleh total persentase Pan (Filler) sebesar 8% . Serta total persentase aspal sebesar 4%.

3.3. Uji Berat Jenis

Berikut ini merupakan pengolahan data uji berat jenis terdiri dari perhitungan agregat kasar dan agregat halus, yaitu:

3.3.1 Perhitungan Berat Jenis Agregat Kasar

- Berat jenis curah kering (sd)
 $S_d = 1265 / (1272 - 720) = 2,29$
- Berat jenis curah jenuh kering permukaan (SSD)
 $SSD = 1272 / (1272 - 720) = 2,30$
- Berat jenis Semu (Sa)
 $S_a = 1262 / (1262 - 720) = 2,33$
- Penyerapan Air (SW)
 $Sw = (1272 - 1265) / 1265 \times 100\% = 0,6\%$

Dari perhitungan di atas dimana kita ketahui bahwa nilai dari perhitungan berat jenis curah kering sebesar 2,29 , untuk curah kering permukaan memiliki nilai sebesar 2,30 , 2,33 merupakan nilai dari berat jenis semu sebesar, dan sebanyak 0,6% adalah nilai dari penyerapan air.

3.3.2 Perhitungan Berat Jenis Agregat Halus

- Berat jenis curah kering (sd)
 $S_d = 540 / (766 + 547 - 1077) = 2,29$
- Berat jenis curah jenuh kering permukaan (SSD)

$$SSD = 547 / (766 + 547 - 1077) = 2,32$$

- Berat jenis Semu (Sa)
 $Sa = 540 / (766 + 540 - 1077) = 2,36$
- Penyerapan Air (SW)
 $Sw = (547 - 540) / 540 \times 100\% = 1,3 \%$

Pada perhitungan agregat halus di atas diketahui bahwa perhitungan berat jenis curah kering sebesar 2,29, untuk curah jenuh kering permukaan sebesar 2,32, 2,36 diketahui berat jenis semu dan 1,3% adalah nilai dari penyerapan air.

3.4 Uji Marshall

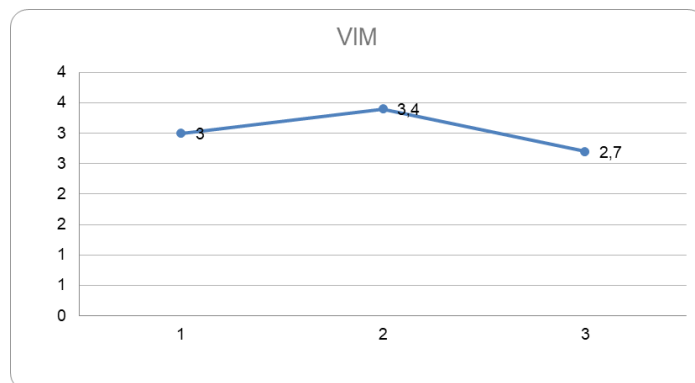
Hasil pengujian marshall disajikan dalam table 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Marshall

Keterangan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Aspal (%)	4,5	4,5	4,5
Tebal benda uji (mm)	69	70	79
Berat kering sampel uji (gr)	1265	1282	1252
Berat jenuh sampel uji (gr)	1272	1292	1253
Berat air sampel uji (gr)	636	646	626,5
Berat Benda Uji (c.c)	636	646	626,5
Spesifik Grafity benda uji	2,005	1,98	1,959
Tumbukan Per Bidang	75 kali	75 kali	75 kali

Pada **Tabel 2** adalah tabel berisi tentang kadar aspal, berat kering, berat air, berat jenuh, dan hammer. Saat Penelitian dilakukan kali ini menggunakan 3 sampel masing masing dinamakan sampel 1, 2 dan 3 dengan tumbukan 75 kali.

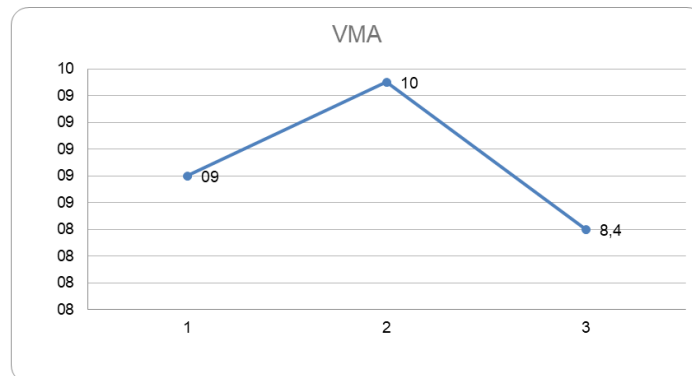
- Grafik nilai VIM disajikan dalam gambar 1:



Gambar 1. Hasil Perhitungan VIM

Pada **Gambar 1** menunjukkan hasil perhitungan nilai rongga terhadap campuran (VIM) didapatkan yaitu sampel 1 sebesar 3 % pada sampel 2 sebesar 3,4 % dan sampel 3 sebesar 2,7 %

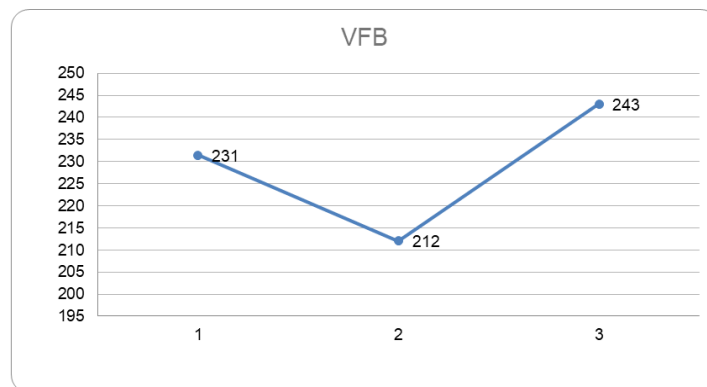
- Grafik nilai VMA disajikan dalam gambar 2:



Gambar 2. Hasil Perhitungan VMA

Pada **Gambar 2** menunjukkan hasil perhitungan nilai rongga terhadap agregat (VMA) didapatkan hasil pada sampel 1 sebesar 9%, Sedangkan pada sampel 2 sebesar 10%, dan sampel 3 sebesar 8,4%.

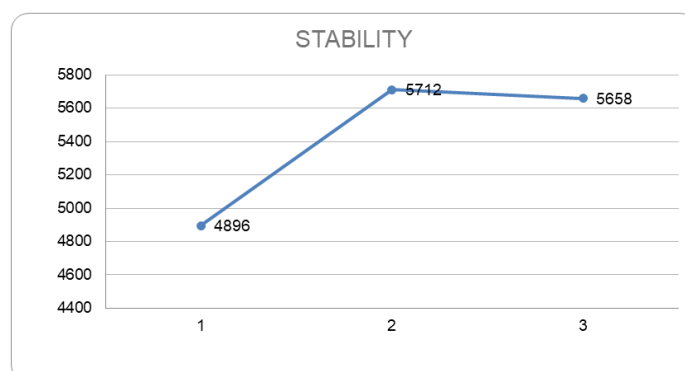
- Didapatkan nilai VFB disajikan dalam gambar 3:



Gambar 3. Hasil Perhitungan VFB

Pada **Gambar 3** menunjukkan hasil perhitungan nilai rongga terhadap agregat (VFB) didapatkan hasil sampel 1 sebesar 231%, Sedangkan pada sampel 2 sebesar 212% dan sampel 3 sebesar 243%.

- Grafik nilai Stability disajikan dalam gambar 4:



Gambar 4. Hasil Perhitungan Stability

Pada **Gambar 4** menunjukkan hasil pembacaan proving ring pada pengujian marshall, sehingga didapatkan stabilitas pada sampel 1 sebesar 4896 kg, pada sampel 2 sebesar 5712 kg dan pada sampel 3 sebesar 5658 kg.

3.5 Uji GMM (Generalized Maxwell Model)

Dari pengujian GMM diketahui bahwa dengan perhitungan kadar aspal 4,2% (45 gr) sebagai berikut:
 $GMM = 292 / (292 - (500 - 932)) = 0,403 \text{ gr/cm}^3$ [16]

Pada perhitungan pengujian GMM diatas mendapatkan nilai dari berat piknometer, air, dan benda uji sebesar 0,403 gr/cm.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas pada campuran aspal sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis aspal yang digunakan, komposisi aspal dan agregat dalam campuran, serta proses produksi dan pengolahan campuran aspal. Terbukti pada hasil pengujian *marshall stability* yang pada proses pembuatan benda uji nya memperhatikan proses pembuatannya, menghasilkan nilai stabilitas yang bagus. Stabilitas aspal memiliki peran penting dalam lapis perkerasan jalan karena untuk memastikan kekuatan dan daya tahan campuran aspal dalam menghadapi beban lalu lintas dan perubahan cuaca. Stabilitas aspal diuji melalui pengukuran kepadatan, stabilitas, dan keausan campuran aspal untuk memverifikasi bahwa campuran aspal memiliki stabilitas yang memadai untuk mengatasi berbagai beban lalu lintas dan kondisi cuaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kami kepada Program Studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Kadiri atas izin yang telah diberikan. Kami juga ingin berterima kasih kepada Andri Dwi Cahyono sebagai Kepala Laboratorium Teknik Sipil di Universitas Kadiri Kediri dan sebagai pembimbing dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Aspal, S. Dan, A. Elastobond, E. Komala, and E. Tri, "MELALUI SISTEM PENGUJIAN MARSHALL PADA CAMPURAN LASTON AC-WC (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE)," pp. 1–13, 2018.
- [2] A. Muldiyanto, "Uji Stabilitas Terhadap Flow Campuran Aspal Dengan Marshall Test (Kadar Aspal 5 % , Penetrasi 60/70)," *J. Pengemb. Rekayasa dan Teknol.*, vol. 13, no. 1, p. 11, 2011, doi: 10.26623/jpr.v14i1.535.
- [3] H. Haris, "Analisis Pengujian Stabilitas dan Durabilitas Campuran Aspal dengan Tes Perendaman," *J. Linears*, vol. 2, no. 1, pp. 33–47, 2019, doi: 10.26618/j-linears.v2i1.3026.
- [4] H. Jahanbakhsh, M. M. Karimi, H. Naseri, and F. M. Nejad, "Sustainable asphalt concrete containing high reclaimed asphalt pavements and recycling agents: Performance assessment, cost analysis, and environmental impact," *J. Clean. Prod.*, vol. 244, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118837.
- [5] P. Studi, T. Sipil, and U. Pohuwato, "ANALISIS PENGGUNAAN ABU BATU APUNG SEBAGAI SUBSTITUSI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL PANAS AC-WC DENGAN VARIASI PERENDAMAN," vol. VI, no. 1, pp. 7–15, 2023.
- [6] L. Wahyu Utomo and dan Susi Arfiana, "Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang dari Polietilen Tereftalat (PET) Sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 11, no. 1, pp. 164–179, 2023.
- [7] N. A. Zahara, I. Kurniawati, A. D. Fatikasari, P. Studi, T. Sipil, and F. Teknik, "ANALISA PENGARUH VARIASI TUMBUKAN PADA LAPISAN ASPAL AC-," vol. 7, no. 2, 2022.
- [8] Y. Saputra, A. Wiana, L. Zahara, and M. Alif, "Karakteristik Aspal Porus dengan Campuran Serat Bemban (Donax Canniformis) Terhadap Porositas , Void In Mixture , dan Marshall Quotient," vol. 7, no. September 2022, pp. 20–25, 2023, doi: 10.35472/jsat.v7i1.1086.
- [9] R. T. Journal, "Vol. 6 No.1 Januari 2023 Rang Teknik Journal," vol. 6, no. 1, pp. 121–126, 2023.
- [10] J. Sudirmal and R. Kota, "PENGARUH PENAMBAHAN ASPAL TERHADAP STABILITAS MARSHALL PADA MATERIAL RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT (RAP) DI RUAS JALAN Politeknik Negeri Ambon , Indonesia * Correspondence INFO ARTIKEL Diterima : 04-05-2023 Direvisi : 17-06-2023 Disetujui : 21-05-2023 Pend," vol. 4, no. 5, pp. 543–555, 2023.
- [11] M. Permata, P. Dewi, W. Andaresta, E. Putri, and P. Kurniawan, "PEMANFAATAN LIMBAH MASKER SEKALI PAKAI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI BITUMEN TERHADAP," vol. 17, no. April, pp. 112–123, 2023, doi: 10.24002/jts.v17i2.6913.
- [12] S. N. Sakthivel, A. Kathuria, and B. Singh, "Utilization of inferior quality aggregates in asphalt mixes: A systematic review," *J. Traffic Transp. Eng. (English Ed.)*, vol. 9, no. 5, pp. 864–879, 2022, doi: 10.1016/j.jtte.2022.03.001.
- [13] S. Wu and L. Montalvo, "Repurposing waste plastics into cleaner asphalt pavement materials: A critical literature review," *J. Clean. Prod.*, vol. 280, p. 124355, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124355.
- [14] S. Zhang, J. Pei, R. Li, J. Zhou, B. Xue, and D. Hu, "Effect of Coarse Aggregate Composition on Physical and Mechanical Properties," *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 31, no. 10, pp. 1–8, 2019, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002886.

-
- [15] SNI 03-2417-1991, "Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles," *Balitbang PU*, vol. 12, no. 12, pp. 1–5, 1991.
- [16] K. Liu, K. Zhang, J. Wu, B. Muhunthan, and X. Shi, "Evaluation of mechanical performance and modification mechanism of asphalt modified with graphene oxide and warm mix additives," *J. Clean. Prod.*, vol. 193, pp. 87–96, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.05.040.