



PENGARUH LIMBAH HEBEL SEBAGAI PENGGANTI AGGREGAT HALUS TERHADAP STABILITAS MARSHALL PADA CAMPURAN AC-WC

¹ Jeyluddin, ² Jasman, ³ Hendro Widarto

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univesitas Muhammdiyah Parepare

Koresponden Author : jelusuci@gmail.com jasmanyusuf70@gmail.com

Info Artikel		ABSTRAK (Times New Roman 11pt, Bold, Kapital)
Diajukan :	<i>Di isi tanggal pengiriman</i>	Abstrak dibuat dalam 2 bahasa ditulis dengan huruf Times New Roman 10pt dan Jalan mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang kelancaran transportasi bagi pertumbuhan ekonomi suatu daerah, sehingga dibutuhkan konstruksi perkerasan jalan yang baik agar lalu lintas menjadi aman, nyaman dan lancar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar kekuatan aspal AC-WC dengan menggunakan limbah hebel, untuk mengetahui stabilitas marshall pada campuran aspal AC-WC terhadap penggunaan limbah hebel dan untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO) terhadap campuran aspal lapis aus dengan menggunakan limbah hebel. Metode penelitin ini menggunakan metode Eksperimental dilakukan di laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare dari September-Oktober 2024. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stabilitas maksimum pada limbah hebel 30% di kadar aspal 5.58% sebesar 2399,18 kg dan. Nilai VMA 40% di kadar aspal 5.58% sebesar 17,36% dan 20% di kadar aspal 5.58% sebesar 13,80%. Nilai VIM 20% di kadar aspal 5.58% sebesar 4,87 %. Nilai VFB 40% di kadar aspal 5.58% sebesar 77,46 % pada limbah hebel 20% di kadar aspal 5.58% sebesar 65,01 %. Nilai flow limbah hebel 40% di kadar aspal 5,58% sebesar 4,02 mm limbah hebel 35% di kadar aspal 5,58% sebesar 3,62 mm. Nilai MQ pada limbah hebel 35% kadar aspal 5,58% sebesar 666,70 mm/kg dan pada limbah hebel 20% di kadar aspal 5,58% sebesar 578,25 mm/kg. Nilai karakteristik yang telah diperoleh melalui pengujian marshall dengan hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,58%. Sedangkan hasil penelitian pengaruh limbah hebel sebagai pengganti agregat halus terhadap stabilitas marshall pada campuran AC-WC telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan layak digunakan dalam campuran aspal AC-WC. Kata Kunci : Aspal, AC-WC, Hebel, Marshall
Diperbaiki :		
Disetujui :		
		ABSTRACT (Times New Roman 11pt, Bold, Italic, Capital) Roads have a very important role in supporting smooth transportation for the economic growth of a region, so good road pavement construction is needed so that traffic becomes safe, comfortable and smooth. This study aims to find out how much strength the AC-WC asphalt is using hebel waste, to determine the stability of marshall in the AC-WC asphalt mixture to the use of hebel waste and to determine the optimum asphalt content (KAO) to the wear layer asphalt mixture using hebel waste. This research method uses an experimental method conducted in the Road and Asphalt Laboratory of the University of Muhammadiyah Parepare from September-October 2024. The results showed that the maximum stability value of 30% hebel waste at 5.58% asphalt content was 2399 content was 2223.71 kg. The maximum VMA value for 40% hebel waste at 5.58% asphalt content is 17.36% and the minimum value for 20% hebel waste at 5.58% asphalt content is 13.80%. VIM value for 20% hebel waste at 5.58% asphalt content is 4.87% 40% hebel waste at 5.58% asphalt content is 3.94%. VFB value in 40% hebel waste at 5.58% asphalt content is 77.46% in 20% hebel waste at 5.58% asphalt content is 65.01%. flow value for 40% hebel waste at 5.58% asphalt content is 4.02 mm flow value for 35% hebel waste at 5.58% asphalt content is 3.62 mm. MQ value for 35% hebel waste with 5.58% asphalt content is 666.70 mm/kg and the minimum value for 20% hebel waste at 5.58% asphalt content is

578.25 mm/kg. The characteristic value that has been obtained through marshall testing with the result of the Optimum Asphalt Content (KAO) obtained is 5.58%. Meanwhile, the results of the research on the effect of hebel waste as a substitute for fine aggregate on the stability of marshall in AC-WC mixtures have met the 2018 General Specification of Bina Marga and are suitable for use in AC-WC asphalt mixtures..18 kg and the minimum stability value in hebel waste at 5.58% asphalt

Keywords : Asphalt, AC-WC, Hebel, Marshall

PENDAHULUAN

Jalan mempunyai peranan yang sangat penting dalam menunjang kelancaran transportasi bagi pertumbuhan ekonomi suatu daerah, sehingga dibutuhkan konstruksi perkerasan jalan yang baik agar lalu lintas menjadi aman, nyaman dan lancar[1]. Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (well graded) dicampur, diamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu[2]. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler, sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan[3]. Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (well graded) dicampur, diamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu[4]. Pengujian marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (flow). Flow didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum dan dinyatakan dalam milimeter atau 0,01”[5]

Limbah hebel merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan hebel. Limbah hebel terdiri dari agregat halus dan semen. Agregat halus dalam limbah hebel memiliki ukuran yang bervariasi, mulai dari 0,075 mm hingga 2,0 mm. Agregat halus dalam limbah hebel juga memiliki kandungan silika yang tinggi, yaitu sekitar 50%. Pada saat ini, kebutuhan akan agregat halus semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur jalan.[6]

Limbah hebel dapat menjadi alternatif agregat halus dalam campuran AC-WC. Limbah hebel memiliki kandungan silika yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan kekuatan campuran AC-WC. [7]. Limbah hebel memiliki karakteristik yang berbeda dengan agregat halus, seperti memiliki bentuk yang tidak teratur, ukuran yang tidak seragam, dan memiliki kadar air yang tinggi. [8].

Beberapa penelitian telah melakukan penelitian tentang “Pengaruh Substitusi Styrofoam Pada Campuran Asphalt

Concrete – Wearing Course (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall Naufal Rezky (2021). Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,99%. Nilai bulk density pada kadar styrofoam 2% sebesar 2,346 gr/cc, kadar styrofoam 2,5% sebesar 2,357 gr/cc, kadar styrofoam 3% sebesar 2,356 gr/cc. Nilai stability pada kadar styrofoam 2% sebesar 828 kg, kadar styrofoam 2,5% sebesar 853 kg, kadar styrofoam 3% sebesar 878 kg. Nilai VIM pada kadar styrofoam 2% sebesar 3,66%, kadar styrofoam 2,5% sebesar 3,20%, kadar styrofoam 3% sebesar 3,25%. Nilai VFA pada kadar styrofoam 2% sebesar 76,42%, kadar styrofoam 2,5% sebesar 78,08%, kadar styrofoam 3% sebesar 78,94%. Nilai VMA pada kadar styrofoam 2% sebesar 14,9%, kadar styrofoam 2,5% sebesar 14,5%, dan kadar styrofoam 3% sebesar 15,3%. Nilai flow pada kadar 2% sebesar 2,47 mm, pada kadar 2,5% sebesar 2,76 mm, kadar 3% sebesar 3,01 mm. Aspal dengan campuran styrofoam memenuhi nilai spesifikasi.[11]. Adapun penelitian yang dilakukan Mohamad Purwoko (2020) dengan judul penelitian Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-W. Membahas mengenai hasil Hasil Berdasarkan hubungan antara kandungan kadar aspal minyak dan seluruh parameter marshall dan volumetrik menggunakan limbah bongkaran beton maka didapatkan kandungan aspal optimum berada pada kadar 7,5% dan 8% dari nilai VIM, VMA, VFB, STABILITAS dan MQ.[12]. Berdasarkan penelitian Hermawan dan Bagas Budi (2018) dengan judul Pengaruh Penambahann Limbah Karet Padat Ban Luar Bekas Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton. Hasil pengujian menunjukkan pada campuran aspal dengan variasi penambahan karet ban bekas sebanyak 6%, 8%, dan 10% dari berat total kadar aspal optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stabilitas, marshall quotient, VFA semakin kecil. Sedangkan nilai flow, VIM, dan VMA semakin besar. Penambahan limbah ban bekas dapat mengurangi penggunaan aspal dalam campuran laston.[13]. Berdasarkan penelitian Muhammad Fikry Haikal1, Jasman (2024) dengan judul Analisa Pengaruh Variasi Penggabungan Asbuton dan Aspal Minyak Terhadap Campuran AC-BC. Hasil penelitian menunjukkan pemeriksaan diperoleh kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran yang menggunakan Asbuton LGA tipe 50/30 dengan kadar 7 % , 8 % dan 9 % diperoleh KAO sebesar 6,75%. Karakteristik AC-BC berdasarkan hasil pengujian

marshall dapat diuraikan untuk stabilitas marshall yaitu 1.022,42 kg, 1.009,40 kg, 1.096,23 kg, kelelahan plastis (flow) yaitu 3,80 mm, 3,40 mm, 3,95 mm, Marshall Quotient (MQ) yaitu 319,93 kg/ mm, 298,47 kg/ mm, 277,00 kg/ mm, rongga dalam campuran (VIM) yaitu 3,62 %, 4,10 %, 4,52 %, rongga dalam agregat (VMA) yaitu 15,42 %, 15,84 %, 16,21 %, rongga terisi aspal (VFB) yaitu 79,95 %, 78,04 %, 79,37% dan dari ketiga variasi AC-BC pada penelitian ini, AC- BC dengan penambahan LGA 7% memiliki stabilitas dengan nilai MQ paling baik.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah esperimental Laboratorium, yaitu metode yang dilakukan dengan pengujian di Laboratorium untuk mendapatkan data. Kemudian melakukan pengolahan data Kemudian melakukan pengolahan data untuk mengetahui pengaruh dari bahan limbah hebel terhadap lapisan aspal AC-WC terhadap nilai marshall. [14]. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Aspal dan Jalan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Parepare di mulai pada bulan September sampai dengan Oktober 2024. Adapun beberapa bahan yang digunakan selama penelitian yaitu : Agregat kasar, Marmer, filler ,Aspal. Dan alat yang digunakan yaitu: Mesin Los Angels, Satu Set Saringan, Oven, Timbangan, Piknometer, Alat Tekan Marshall, Alat Cetak Benda Uji, Alat Penumbuk Manual, Water Bath.

A. Teknik pengambilan Data

1. Data Primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan yang dilakukan sendiri dengan mengacu pada petunjuk manual yang ada, misalnya dengan mengadakan penelitian atau pengujian secara langsung seperti pengujian propertis aspal dan pengujian agregat

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung, untuk pengujian aspal dan limbah hebel diperoleh dari studi literatur dan dilingkungan sekitar.

B. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan di Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Muhammadiyah Parepare.

1) Pengujian Propertis Aspal

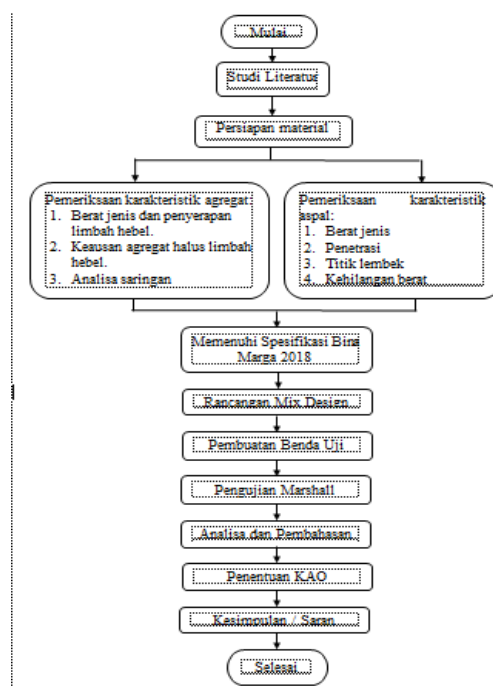
Pengujian terhadap aspal dilakukan untuk mengetahui apakah aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi yang ditentukan, pengujian meliputi : Uji penetrasi, Titik lembek, Berat jenis

C. Pengujian Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarnisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu AASHTO T-245-97 secara garis besar, pengujian marshall ini meliputi :

- 1) Penentuan berat jenis bulk dari benda uji
- 2) Pemeriksaan nilai stabilitas dan flow
- 3) Perhitungan sifat volumetric benda uji

D. Diagram Alir Penelitian



“Gambar 1. Bagan alir penelitian”

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Densty

Tabel 1. Kepadatan

Dari hasil pengujian nilai kepadatan paling tinggi pada limbah hebel 20% sebesar 2,36 dan paling rendah 35% dan 40% sebesar 2,32.

B. Stabilitas

Tabel 2. Hasil pengujian stabilitas

Hebel %	Kepadatan gr/cc	
20,00	2,37	
25,00	2,35	
30,00	2,35	
35,00	2,32	
40,00	2,32	
Hebel %	Stabilitas Kg	Spesifikasi Min
20,00	2233,28	800

25,00	2383,23	800
30,00	2399,18	800
35,00	2344,94	800
40,00	2223,71	800

Dari table 2 menunjukkan pada pemakaian limbah hebel 20 % sampai dengan 40 %. Dari grafik nilai stabilitas tertinggi yaitu pada hebel 30 % sebesar 2399,18 kg, dan nilai stabilitas terendah yaitu pada limbah hebel 40 % sebesar 2223,71 kg.

C. Rongga diantara agregat (VMA)

Tabel 3. Hasil pengujian VMA

Hebel %	Nilai VMA (%)	Spesifikasi Min
20,00	13,80	14
25,00	14,85	14
30,00	15,50	14
35,00	16,90	14
40,00	17,36	14

Berdasarkan table 3 menunjukan nilai VMA (Void In Mineral Aggregate) pada limbah hebel 20 % sampai dengan 40 %, yaitu nilai VMA tertinggi 17,36 % pada hebel 40 % dan terendah 13,80 % pada hebel 20 %. Ditinjau dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VMA (Void In Mineral Aggregate) minimal 14 %, jadi yang memenuhi persyaratan mulai dari hebel 25% sampai dengan 40%.

D. Rongga Terhadap Campuran (VIM)

Tabel 4. Hasil pengujian VIM

Hebel %	Nilai VIM (%)	Spesifikasi Min	Maks
20,00	4,87	3	5
25,00	4,80	3	5
30,00	4,29	3	5
35,00	4,65	3	5
40,00	3,94	3	5

Dari table 4 menunjukan pada limbah hebel 20 % sampai dengan 40 % nilai VIM tertinggi 4,87% pada hebel 20 % dan terendah 3,94 % pada hebel 40 %.. Berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 tentang ketentuan sifat-sifat campuran Laston nilai VIM (Void In Mix) yang memenuhi persyaratan yaitu sebesar 3% - 5 %. Nilai VIM (Void In Mix) yang memenuhi persyaratan yaitu pada hebel 20% sampai dengan 40%.

E. Rongga terisi aspal (VFA)

Tabel 5. Hasil pengujian VFA

Hebel %	Nilai VFB (%)	Spesifikasi Min
20,00	65,01	65
25,00	67,90	65
30,00	72,40	65
35,00	72,53	65
40,00	77,46	65

Dari table 5 menunjukan pada limbah hebel 20 % sampai dengan 40 % dengan nilai VFA paling tinggi yaitu pada hebel 40% dengan nilai 77,46 % dan terendah pada hebel 20% dengan nilai 65,01%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang digunakan semakin meningkat nilai VFA.

F. Flow

Tabel 6. Hasil pengujian Flow

Hebel %	Nilai Flow (mm)	Spesifikasi Min	Maks
20,00	3,88	2	4
25,00	3,80	2	4
30,00	3,63	2	4
35,00	3,62	2	4
40,00	4,02	2	4

Dari table 6 menunjukan pada limbah hebel 20% sampai dengan 40 % mengalami kenaikan dan penurunan. Dari grafik nilai flow tertinggi yaitu pada hebel 40 % sebesar 4,02 mm dan nilai flow terendah yaitu pada hebel 35 % sebesar 3,62 mm.

G. Marshall quotient (MQ)

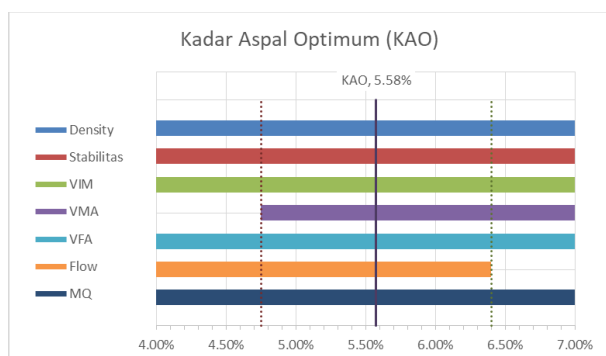
Tabel 7. Hasil pengujian MQ

Hebel %	Nilai MQ	Spesifikasi Min
20,00	578,25	200
25,00	624,87	200
30,00	659,83	200
35,00	666,70	200
40,00	554,33	200

Dari gambar 4.8 grafik menunjukan pada limbah hebel 20 % sampai dengan 40 % dari grafik nilai MQ tertinggi yaitu pada hebel 35 % sebesar 666,70 mm/kg dan nilai MQ terendah yaitu pada hebel 40 % sebesar 554,33 mm/kg.

H. KAO

Berikut nilai kadar aspal optimum yang diperoleh dari pengujian marshall terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Diagram penentu kadar aspal optimum Berdasarkan gambar 1 menunjukan nilai density, stabilitas, VMA, VIM, VFA, Flow, dan Marshall Quotient yang memenuhi spesifikasi untuk semua karakteristik dalam campuran 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, dan 6.5% Sehingga nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,58%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakteristik campuran aspal AC-WC pada kadar aspal optimum didapatkan. Nilai stabilitas maksimum pada limbah hebel 30% di kadar aspal 5.58% sebesar 2399,18 kg dan minimum pada limbah hebel di kadar aspal 5.58% sebesar 2223,71 kg. Nilai VMA maksimum pada

limbah hebel 40% di kadar aspal 5.58% sebesar 17,36% dan minimum pada limbah hebel 20% di kadar aspal 5.58% sebesar 13,80%. Nilai VIM maksimum pada limbah hebel 20% di kadar aspal 5.58% sebesar 4,87 % dan minimum pada limbah hebel 40% di kadar aspal 5,58% sebesar 3,94 %. Nilai VFB maksimum pada limbah hebel 40% di kadar aspal 5.58% sebesar 77,46 % dan minimum pada limbah hebel 20% di kadar aspal 5.58% sebesar 65,01 %. Nilai flow maksimum pada limbah hebel 40% di kadar aspal 5,58% sebesar 4,02 mm dan minimum pada limbah hebel 35% di kadar aspal 5,58% sebesar 3,62 mm. Nilai MQ maksimum pada limbah hebel 35% kadar aspal 5,58% sebesar 666,70 mm/kg dan minimum pada limbah hebel 20% di kadar aspal 5,58% sebesar 578,25 mm/kg. Dari hasil penelitian limbah hebel sebagai pengganti agregat halus pada campuran AC-WC telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan layak digunakan dalam campuran aspal AC-WC. Nilai karakteristik pengujian normal yang telah diperoleh melalui pengujian marshall dengan hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah 5,58%.

DAFTAR PUSTAKA

- [15][1] Darmawan, & M. Ivan (2019). Pemanfaatan penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dan medium pada campuran laston AC-BC (asphalt concrete-binder course) dengan penambahan zat additive antistripping agent. Skripsi tidak dipublikasikan, Jakarta. Universitas Mercu Buana.
- [2] Deddy Prasmanto (2020). Pemanfaatan penggunaan limbah beton dan limbah gypsum sebagai pengganti agregat kasar, medium, dan filler pada campuran laston AC-BC (asphalt concrete-binder course) dengan sistem hot mix pada pengujian marshall. Skripsi tidak dipublikasikan, Jakarta. Universitas Mercu Buana.
- [3] Heri Wahyudiono, dkk (2020). Modifikasi laston AC-WC menggunakan limbah bongkaran beton. Jurnal Teknika. 12(1): 33-40.
- [4] Hidayah, A., & Hartantyo, S. D. (2021). Pengaruh penambahan limbah serbuk gipsium sebagai bahan pengganti filler pada campuran asphalt concrete-wearing course. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 545-556.
- [5] HW Wardana, dkk (2020). Penentuan kadar aspal optimum (KAO) dalam campuran asphalt concrete-wearing course (AC-WC) dengan limbah beton sebagai pengganti agregat. Rekayasa Teknik Sipil. 8(2)
- [6] JF Soandrijanie, Amelia B.N (2022). Limbah beton sebagai substitusi material pada laston AC-WC. Jurnal Rancangan Bangunan Teknik Sipil Universitas Janbadra, 8(3): 34-37.
- [7] Kurnia Hadi Putra & Jamila Wahdana (2019). studi eksperimental penambahan limbah keramik sebagai agregat halus pada campuran laston (AC-WC) terhadap karakteristik uji marshall. Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa. 8(2): 147-155.
- [8] Nanda Anshar, dkk (2023). Karakteristik campuran aspal beton menggunakan coal bottom ash dengan persentase 0%,5%, dan 10% sebagai substitusi agregat halus. Journal Of The Civil Engineering Student. 5(1): 85-91.
- [9] Naufal Immanurohman, Sudarno, & M.

- Amin (2021). Pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada perkerasan laston asphalt concrete-wearing coarse (AC-WC). *Review In Civil Engineering*. 4(1): 6-15
- [10] Putra, K. L., Prakoso, R. Y., Muchtar, Z., & Hamdi, H. (2019). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Ban sebagai Pengganti Agregat Halus terhadap Stabilitas Lapisan Ac Wc (9-14). *PILAR*, 14(1).
- [11] Putra, K. H., & Wahdana, J. (2019). Studi Eksperimental Penambahan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston (Ac-Wc) Terhadap Karakteristik Uji Marshall. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 8(2), 147-155.
- [12] R.Rachman (2021). Karakteristik campuran laston lapis Aus menggunakan agregat limbah beton. *Paulus Civil Engineering Journal*. 3(3): 459-468.
- [13] Rifaidi, M., Abdillah, N., & Abrar, A. (2024). Kinerja Marshall Immersion pada Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Limbah Bottom Ash Sebagai Substitusi Agregat Halus. *SLUMP TeS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 61-67.
- [14] Rizki Fajri.A, dkk (2019). Pemanfaatan limbah beton K 250 sebagai substitusi agregat kasar pada campuran laston lapis antara (AC-BC). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Dan Sains*.6: 1-15.
- [15] Rizki, dkk (2017). Uji Eksperimental Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Lapisan Aspal AC-BC. Skripsi tidak dipublikasikan, pare-pare. Universitas muhammadiyah.
- [16] M F. Haikal, Jasman (2024) Analisa Pengaruh Variasi Penggabungan Asbuton dan Aspal Minyak Terhadap Campuran AC-BC. *Jurnal Karajata Enggineering*, 4(2), 161-170, eISSN: 2775-5266.