



OPTIMALISASI STABILITAS PADA LAPIS ASPAL BETON DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT LIMBAH BETON

Aldo Verdiawan¹, Andri Dwi Cahyono^{2*}, Evita Fitriani Hidiyati³, Aldo Riki Saputra⁴, Rizky Hary Anto⁵, Anggik Fatkhurrokhman⁶, Mochammad Munhamir⁷, Muhammad Bagus Maulana⁸, Rendy Kurnia Dewanta⁹

1,2*,3,4,5,6,7,8,9 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kadiri
Jl. Selomangleng No.01, Pojok Kec. Mojojoto Kediri
Alamat E-mail: adcahyono@unik-kediri.ac.id

Info Artikel

Abstrak

Sejarah Artikel:

Diterima: Jan 2023
Disetujui: Jun 2023
Dipublikasikan: Des 2023

Keywords:

Coarse Aggregate,
Marshall, Stability, Waste
Concrete

Limbah beton adalah material sisa yang dihasilkan selama pembangunan, renovasi atau pembongkaran beton. Limbah tersebut berasal dari pemukiman warga yang digusur atau dilakukan pembongkaran agar lahan bandara menjadi steril. Efek negatif dari pembangunan tersebut, banyaknya limbah beton akibat pembongkaran dan belum adanya inovasi penanggulangan limbah beton tersebut. Oleh karena itu, memanfaatkan limbah beton sebagai bahan pengganti agregat kasar pada pembuatan sampel marshal untuk perencanaan jalan aspal. Sehingga penelitian ini menggunakan bahan dari pendaur ulangan rca beton sangat berarti buat memastikan tipe perkerasan mana yang hendak digunakan dalam riset tersebut. Maka dari itu untuk mengatasi permasalahan tersebut cara yang digunakan dalam riset ini merupakan SNI 06- 2489- 1991 Tata cara Pengujian Kombinasi Aspal Dengan Perlengkapan Marshall. Dengan menggunakan agregat kasar Limbah RCA pada bahan penyusun lapis beton AC-BC mendapatkan hasil stabilitas rata-rata sebesar 4843 kg. Diharapkan hasil tersebut layak digunakan untuk bahan material pengganti agregat kasar pada perkerasan jalan sesuai dengan ketentuan spesifikasi bina marga 2018.

Kata Kunci: Agregat Kasar, Limbah Beton, Marshall, Stabilitas

Abstrack

Concrete waste is waste material produced during the construction, renovation or demolition of concrete. The waste comes from residential areas that were evicted or demolished so that the airport land becomes sterile. The negative effects of the development, the large amount of concrete waste due to demolition and the absence of innovation in handling concrete waste. Therefore, utilizing concrete waste as a substitute for coarse aggregate in making marshal samples for asphalt road planning. So, this research using materials from recycling rca concrete is very meaningful to determine which type of pavement to be used in the research. Therefore, to overcome these problems, the method used in this research is SNI 06-2489- 1991 Procedures for Testing Asphalt Combinations with Marshall

Equipment. By using RCA Waste coarse aggregate on the constituent materials of AC-BC concrete layer obtained an average stability result of 4843 kg. It is expected that these results are suitable for use as material to replace coarse aggregate on road pavements in accordance with the provisions of the 2018 bina marga specification.

Keywords: Coarse Aggregate, Marshall, Stability, Waste Concrete

© 2023

Universitas Abdurrah

✉ Alamat korespondensi:

ISSN 2527-7073

Jl. Selomangleng No.01, Pojok Kec. Mojoroto Kediri

E-mail: adcahyono@unik-kediri.ac.id

PENDAHULUAN

Limbah beton adalah material sisa yang dihasilkan selama pembangunan, renovasi atau pembongkaran beton. Pembongkaran beton dapat berasal dari pembongkaran jalan, jembatan maupun bangunan gedung. Di Kota Kediri akan memiliki bandara yang bernama Bandar Udara Internasional Dhoho Kediri yang ditargetkan rampung pada bulan Desember 2023. Lokasi bandara tersebut berada di barat laut sekitar 12 km dari Kota Kediri. Awal sebelum pembangunan bandara, perlu adanya sterilisasi area yang akan dibangun yaitu berupa pemukiman warga. Pemukiman tersebut wajib digusur atau dilakukan pembongkaran agar lahan bandara menjadi steril. Oleh karena itu, banyak sekali limbah beton dikarenakan adanya pembangunan bandara yang mengakibatkan pembongkaran beberapa bangunan rumah warga. Efek negatif dari pembangunan tersebut, banyaknya limbah beton akibat pembongkaran tersebut. Permasalahan tersebut menjadi sangat penting dikarenakan belum adanya inovasi penanggulangan limbah beton tersebut. Oleh karena itu, memanfaatkan limbah beton sebagai bahan pengganti agregat kasar pada pembuatan sampel marshal untuk perencanaan jalan aspal. Tipe perkerasan yang akan dilakukan berupa perkerasan lentur[1]. Sehingga pemilihan tipe perkerasan yang digunakan adalah tipe perkerasan lapis beton didasarkan dari kebutuhan dan guna dari jalan itu sendiri. Material lapis aspal beton terdiri dari agregat agresif, agregat halus, filler, serta aspal penetrasi 60/ 70 [2]. Dari gradasi agregat yang berbeda– beda menciptakan aspal dengan stabilitas besar serta rendah[3]. Lapis aspal beton mempunyai stabilitas besar serta relatif kaku sebab rongga dalam struktur agregatnya relatif sedikit, sehingga silih mengunci satu sama dengan yang yang lain [4][5].

Maka dari itu untuk mengatasi permasalahan yang terjadi, tata cara yang digunakan dalam riset ini merupakan SNI 06- 2489- 1991 Tata cara Pengujian Kombinasi Aspal Dengan Perlengkapan Marshal [6][7]. Tata cara ini bertujuan buat memperoleh sesuatu kombinasi aspal yang penuh ketentuan- ketentuan yang sudah diresmikan di dalam kriteria perencanaan. Pengujian Marshall sudah sering dilakukan oleh riset yang terdahulu[8]. Pemanfaatan Limbah Beton RCA pada perkerasan Ac-Bc dengan hasil Stabilitas tertinggi sebesar 952,22 kg dengan mutu beton $f'c$ 35 [9] dan 2950,13 kg [10].

Tujuan dari pengujian ini untuk mencari nilai marshal stabilitas serta deformasi pada campuran aspal beton lapis antara (Asphalt Concrete–Binder Course) yang optimal dengan penggunaan limbah beton RCA dalam pengganti agregat kasar. Diharapkan hasil tersebut layak digunakan untuk bahan material perkerasan jalan sesuai dengan ketentuan spesifikasi bina marga 2018 [11]. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang karakteristik fisik dan mekanik sampel perkerasan jalan dengan limbah beton RCA, akan merancang campuran yang optimal dengan kinerja yang baik dan penggunaan yang efektif.

METODE

Lokasi Penelitian.

Penelitian pengujian *Marshall* pada campuran aspal beton AC – BC dilaksanakan di Laboratorium Universitas Kadiri.

Bahan

Agregat kasar

Agregat Kasar adalah limbah beton yang tertahan ayakan No. $\frac{3}{4}$, dengan ukuran butir antara 4,475 mm sampai 40 mm[9]. Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berasal material beton dari hasil penghancuran beton struktur yang sudah tidak terpakai lagi. berikut ini adalah gambar agregat kasar.



Gambar 1. Agregat kasar

Sumber: Dokumentasi penelitian

Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos ayakan No.8 dan tertahan ayakan No.200, ukuran butir maksimum agregat halus sebesar 5,00 mm.[10] pasir yang digunakan adalah pasir kali brantas.



Gambar 2. Agregat halus
Sumber: Dokumentasi penelitian

Filler (Bahan pengisi)

Bahan pengisi (filler) merupakan agregat halus yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) minimum 75%. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen, semen yang digunakan semen tipe I dengan merek dagang semen Gresik[12].



Gambar 3. Semen
Sumber: Dokumentasi penelitian

Aspal dengan penetrasi 60/70

Aspal adalah material alam atau hasil pengolahan minyak bumi yang berwarna coklat kehitaman. aspal juga disebut bitumen, bitumen/aspal adalah bahan yang digunakan sebagai lapis permukaan perkerasan lentur, berfungsi sebagai pengikat pada campuran perkerasan aspal.[13]

Teori Perhitungan

Sifat fisik agregat

Sifat fisik agregat mempunyai pengaruh yang berbeda antara lain ukuran butiran (gradasi), daya serap, tekstur permukaan, kekerasan dan kelekatan terhadap aspal. Agregat yang digunakan dalam pengujian ini adalah agregat kasar dan agregat halus

Uji abrasi

Pengujian abrasi menggunakan mesin Abrasi Los Angeles TA-700 yang diputar sebanyak 500 putaran bersamaan dengan bola baja sebanyak 11 buah. Berikut ini adalah rumus perhitungan abrasi.[14]

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

Dengan

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan ayakan No.12 (gram)

Uji analisa saringan

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan persentase pembagian butiran (gradasi) agregat halus dan agregat kasar yang lolos dalam suatu set saringan. dengan menggunakan saringan yang ditentukan dengan cara analisa saringan, ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawat dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut [15][12]. Suatu agregat dinyatakan lolos spesifikasi bina marga 2018 divisi 1 apabila memenuhi persyaratan berikut.

Tabel 1. Tabel gradasi ayakan

No. ayakan	% Berat lolos saringan	
	Batas bawah	Batas atas
¾	90%	100%
½	75%	90%
⅜	66%	82%
4	46%	64%
8	30%	49%
16	18%	38%
30	12%	28%
50	7%	20%
100	5%	13%
200	4%	8%

Berdasarkan tabel di atas dapat di ketahui berapa batas minimum dan maksimum untuk setiap nomor ayakan.

Uji Berat Jenis Dan Penyerapan

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air. Dalam perencanaan campuran agregat pada aspal perlu diperhatikan, karena besar berat jenis agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas aspal. Tujuan dari pengujian berat jenis adalah untuk menentukan berat jenis jenuh kering permukaan (Saturated Surface Dry), berat jenis semu (Apparent), berat jenis kering oven (Bulk), persentase penyerapan air. Berikut ini adalah rumus perhitungan berat jenis agregat.

Sifat fisik aspal

Aspal merupakan bahan yang berasal dari alam, sehingga sifat fisik dari aspal perlu diuji untuk menentukan tingkat kelayakan dari aspal tersebut. Sifat fisik aspal ditentukan berdasarkan hasil pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktalitas, kehilangan berat, kelarutan dalam (CLL₄ atau CS₂), penetrasi setelah kehilangan berat dan berat jenis aspal. Berikut ini adalah Tabel hasil pengujian penetrasi 60/70.

Uji Marshall

Pengujian Marshall Test dilakukan dengan cara bertahap sesuai prosedur yang telah ditetapkan, hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam setiap pengujian. Pengujian Marshall Test antara lain adalah stabilitas Marshall (*Marshall Stability*), dan Kelelahan Plastis (*Flow*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat fisik agregat

Sifat fisik agregat mempunyai pengaruh yang berbeda antara lain ukuran butiran (gradasi), daya serap, tekstur permukaan, kekerasan dan kelekatan terhadap aspal. hal ini akan dijelaskan pada uraian berikut;

Uji abrasi

Hasil pengujian abrasi ditunjukkan pada perhitungan dibawah ini:

Yang tertahan ayakan No.12 adalah 3740

$$\begin{aligned} &= \frac{a-b}{a} \times 100 \% \\ &= \frac{5000-3740}{5000} \times 100 \% \\ &= 25,2 \end{aligned}$$

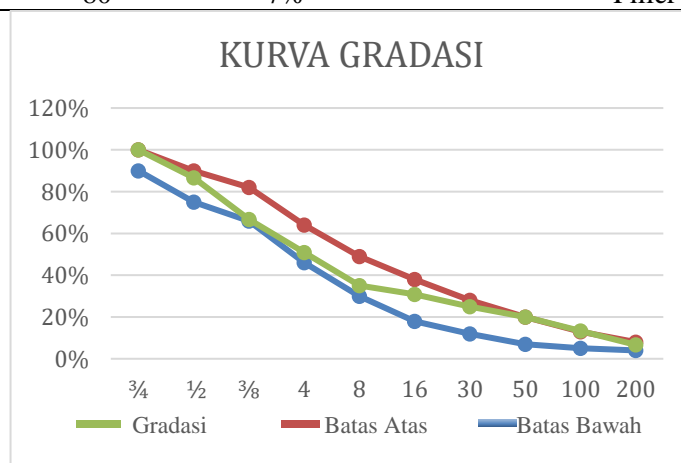
Berdasarkan hasil perhitungan diatas dihasilkan nilai abrasi 25,2 %, dimana nilai uji abrasi tersebut lolos pengujian dan layak digunakan sebagai lapis perkerasan AC-BC sesuai dengan spesifikasi bina marga divisi 1 tahun 2018 revisi 1 dengan batas maksimum 30 %.

Uji analisa saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butiran (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Hasil uji analisa saringan dan kurva gradasi disajikan dibawah ini:

Tabel 3. Tabel analisa saringan

Saringan (inci)	Jumlah Tertahan Gram (gr)	Persentase Kumulatif		Spesifikasi	Persentase
		Tertahan (%)	Lolos (%)		
Ayakan No. $\frac{3}{4}$	-	0%	100%	agregat kasar	
Ayakan No. $\frac{1}{2}$	160	13%	87%	agregat kasar	
Ayakan No. $\frac{3}{8}$	240	20%	67%	agregat kasar	
Ayakan No. 4	190	16%	51%	agregat kasar	
Ayakan No. 8	190	16%	35%	agregat kasar	65%
Ayakan No. 16	50	4%	31%	agregat halus	
Ayakan No. 30	70	6%	25%	agregat halus	
Ayakan No. 50	60	5%	20%	agregat halus	
Ayakan No. 100	80	7%	13%	agregat halus	
Ayakan No. 200	80	7%	7%	agregat halus	28%
Pan	80	7%	0%	Filler	7%



Gambar 4. Kurva gradasi

Sumber: perhitungan gradasi

Berdasarkan tabel dan kurva gradasi diatas dapat disimpulkan bahwa agregat yang digunakan dalam pengujian ini dinyatakan layak untuk digunakan. Karena nilai gradasi sesuai spesifikasi Bina Marga 2018 divisi 1.

Berat Jenis

Pengujian berat jenis menggunakan dua jenis agregat yaitu agregat kasar dan agregat halus. Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Berat Jenis Agregat Kasar dan Agregat Halus

No	Berat jenis	Hasil	Keterangan
1.	Berat jenis curah kering	2,80	Agregat Kasar
2.	Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)	2,85	Agregat Kasar
3.	Berat jenis semu	2,95	Agregat Kasar
4.	Penyerapan air	0,018	Agregat Kasar
5.	Berat jenis curah kering	2,12	Agregat Halus
6.	Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)	2,32	Agregat Halus
7.	Berat jenis semu	2,65	Agregat Halus
8.	Penyerapan air	0,094	Agregat Halus

Hasil tabel tersebut dikategorikan agregat kasar RCA dan agregat halus pasir dikategorikan layak karena hasil berat jenis sesuai spesifikasi.

Sifat fisik aspal

Dari pengujian sifat fisik aspal di dapatkan tabel di bawah ini;

Tabel 5. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

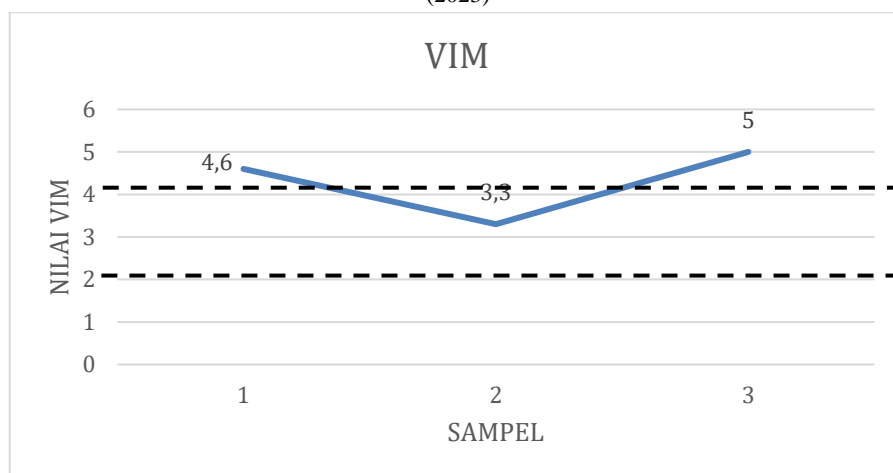
No	Jenis pengujian	Syarat	Aspal 60/70
1	Penetrasi pada 25°C(0,1mm)	60-70	65
2	Titik lembek °C	≥49	49
3	Titik nyala °C	≥232	275
4	Daktilitas pada 25°C(cm)	≥100	125
5	Berat jenis	≥1,0	1,041
6	Berat yang hilang (%)	≤0,8	0,53
7	Penetrasi pada 25°C setelah kehilangan berat (%)	≥54	64,9
8	Daktilitas pada 25°C setelah kehilangan berat (cm)	≥50	142

Berdasarkan tabel diatas aspal penetrasi 60/70 telah memenuhi syarat bina marga 2018 divisi 1 sehingga layak untuk digunakan.

Sifat Volumetrik

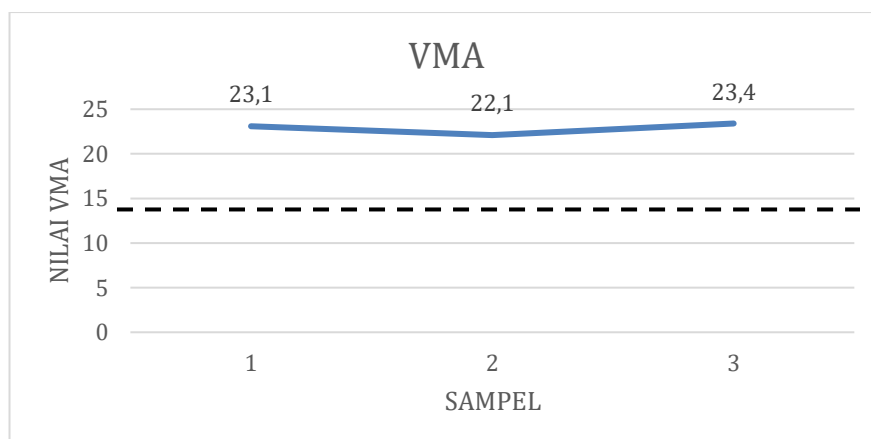
Sifat volumetrik dari campuran aspal beton yaitu volume bulk dari beton aspal padat (VMB), volume pori di antara butir agregat campuran beton aspal padat (VMA), volume pori beton aspal padat (VIM), dan Volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal (VFB).

Berikut ini adalah kurva nilai VIM, VMA, VFB dari sampel pengujian



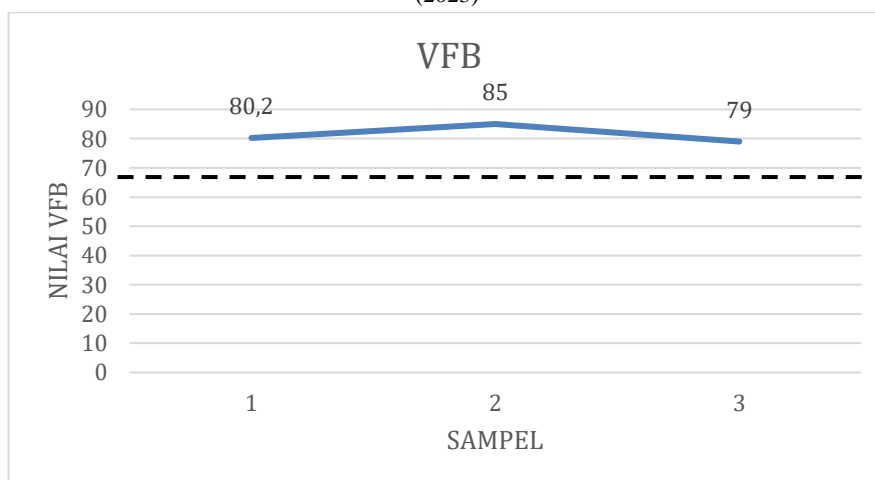
Gambar 5. Kurva Nilai VIM (perhitungan VIM)

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian tiga sampel memenuhi spesifikasi bina marga 2018 divisi 1 dengan batas minimum 3 % dan batas maksimum 5 %.



Gambar 6. Kurva nilai VMA (perhitungan VMA)

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian tiga sampel memenuhi spesifikasi bina marga 2018 divisi 1 dengan batas minimum 14%.



Gambar 7. Kurva VFB (perhitungan VFB)

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian tiga sampel memenuhi spesifikasi bina marga 2018 divisi 1 dengan batas minimum 65%.

Uji Marshall

Hasil uji marshall telah dipaparkan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Deskripsi Material:	Asphaltic Bearing Course		Tanggal:	22/09/2022	
Titik pengamatan:	1+000----- 1+500		Tipe aspal:	60 - 70	
Sampel yang diambil:	1+215		Berat jenis spesifik:	1,024	
<i>Specimen Number</i>			<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
% Aspal	4.0				
% Total Agregat	96.0				
% Total Mix	100.0				
Tebal sampel	64	64	65	6,3	6,5
Berat kering (gm).	1193.0	1191.0	1187.0	1183,0	1170,0
Berat kering permukaan(gm).	1197.0	1200.0	1196.0	1186,0	1174,0
Berat kering di air (gm).	602.0	595.0	590.0	570,0	554,0
Volume masal spesimen (c.c)	595.0	605.0	606.0	616,0	620,0
Berat jenis kering.	2.005	1.969	1.959	1,920	1,887
Berat jenis total agregat kering.	2.341	2.341	2.341	2,524	2,524
Pengaruh berat jenis agregat.	2.346	2.346	$\frac{2.346}{Gmm}$	$\frac{Pb}{Gb}$ 2,437	2,437
	2.069	2.069	$\frac{2.069}{Gmm} + Pb$	1,987	1,987

Campuran paving berdasarkan berat jenis maksimal.				Gse	Gb		
% Rongga didalam agregat.	0.08	0.08	0.08	28,6	27,7	29,0	
% Rongga udara.	17.8	19.3	19.7	4,6	3,3	5,0	
% Volume pori antara butir agregat.	3.1	4.9	5.3	84,1	88	83	
Faktor proving ring (Kg):	82.6			75	73		
Stabilitas (Kg)				30 min			
Faktor koreksi				180	161	149	
Stabilitas koreksi (Kg)				4896	4379	4053	
Rata-rata Stabilitas (Kg)				1.09	1.09	1.09	
Lelehan (mm)				5337	4773	4418	
Rata-rata kelelahan (mm)				4843	MIN 800 KG		

Sumber: Hasil pengujian

Kesimpulan dari tabel diatas didapatkan rata-rata nilai stabilitas sebesar 4,843 kg dan didapatkan nilai rata-rata flow/kelelahan sebesar 1,5 mm

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan agregat kasar RCA pada bahan penyusun lapis beton AC-BC mendapatkan hasil stabilitas rata-rata sebesar 4,843 kg. yang mana hasil tersebut telah memenuhi standar spesifikasi bina marga. Harapannya dengan menggunakan agregat kasar RCA mampu mengurangi limbah beton dan menjadi alternatif bahan penyusunan laston yang ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti ingin mendukung Universitas Kadiri, khususnya Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil dan Laboratorium Teknik Sipil, untuk memberikan kesempatan melakukan penelitian dan menyusun artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Imannurrohman, "Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Perkerasan Laston Asphalt Concrete – Wearing Coarse (Ac-Wc)," *J. Rekayasa Infrastruktur Sipil*, vol. 2, no. 1, p. 25, 2021, doi: 10.31002/.v1i2.3406.
- [2] S. Fitri, S. M. Saleh, and M. Isya, "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek Sebagai

- Substitusi Aspal Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston Ac – Bc,” *J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 3, pp. 737–748, 2018, doi: 10.24815/jts.v1i3.10034.
- [3] R. Rachman, “Karakteristik Campuran Laston Lapis Aus yang Menggunakan Agregat Limbah Beton,” *J. Tek. Sipil UKIPaulus-Makassar Vol. 3 Issue 3, Sept. 2021*, vol. 3, no. 3, pp. 459–468, 2021.
- [4] F. Hasan, S. M. Saleh, and R. Anggraini, “Dampak Substitusi Filter Rokok Ke Dalam Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall Laston,” *J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 3, pp. 593–604, 2018, doi: 10.24815/jts.v1i3.9998.
- [5] M. Mardiansah, V. T. Haris, and F. Lubis, “Analisis Kehilangan Kadar Aspal pada Aspal Buton untuk Campuran Laston Lapis Antara (AC-BC),” *J. Tek.*, vol. 12, no. 2, pp. 97–104, 2018, doi: 10.31849/teknik.v12i2.1889.
- [6] G. W. Subagyo, “Kinerja Modulus Resilien Campuran Beraspal Panas Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Yang Mengandung Recycled Concrete Aggregate,” *Widyakala J. Pembang. Jaya Univ.*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.36262/widyakala.v7i1.224.
- [7] D. Nuralinah, D. Setyowulan, and E. Arifi, “Pengaruh Variasi Agregat Kasar Daur Ulang (Rca) Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Self Compacting Concrete (Scc) Bertulangan Baja,” 2018.
- [8] L. Andrianingsih, N. P. Artiwi, and A. S. Huda, “Analisis Pengujian Kuat Tekan Campuran Aspal Beton (Laston Ac-Wc) Dengan Parafin,” *J. Sustain. Civ. Eng.*, vol. 4, no. 01, pp. 42–50, 2022, doi: 10.47080/josce.v4i01.1830.
- [9] A. B. Ansori, “Pengaruh Mutu Limbah Beton Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Pada Kualitas Campuran Asphalt Concrete-Binder Coarse (Ac-Bc),” *J. Konstr.*, no. Vol 9, No 1 (2017): Jurnal Konstruksia Vol 9 No. 1 Tahun 2017, pp. 1–14, 2017.
- [10] A. Gasruddin, “Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Aspal Berongga Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70,” *J. Media Inov. Tek. Sipil Unidayan*, vol. 8, pp. 70–80, 2019.
- [11] H. Mashuri, A. Ridwan, A. I. Candra, and F. M. Azhari, “Research Of Porous Concrete With Master Ease 5010 Mixed And Additional Rude Aggregate From Kedak Region,” *J. Tek. Sipil Univ. Islam Lamongan*, vol. 6, no. 1, pp. 83–96, 2021.
- [12] M. F. S. Mochamad Rizki F.U, Agata Iwan Candra, Evita Fitriani Hidiyati, Dikhy Ridho Laksono, Ramadhan Mahendra, Muhammad Lutfi Amzari, Mukhammad Ibnul Mubarak, “Classify Aggregates in Asphalt Pavement Layers (Ac-Bc) using Sieve Shaker,” vol. 6, no. 1, pp. 21–31, 2022.
- [13] M. Campuran, L. Aspal, and B. Laston, “PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BOTOL PLASTIK TERHADAP KARAKTERISTIK,” vol. 15, pp. 77–84, 2022.
- [14] Y. Tabi, R. Rachman, and Alpius, “Durabilitas Campuran Laston Lapis Aus Menggunakan Agregat Limbah Beton,” *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 339–345, 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i2.464.
- [15] M. Induwati *et al.*, “Identifikasi Karakteristik Agregat Terhadap Nilai Stabilitas Lapis Perkerasan Aspal Beton AC-BC (Laston) berkualitas maka perlu diberikan teknologi penanganan yang bernilai ekonomis menurun . Turunnya nilai stabilitas tersebut disebabkan oleh air yang menembus,” vol. 13, no. 1, pp. 193–206, 2023.