

EVALUASI KINERJA ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) MODIFIKASI DENGAN LIMBAH GENTENG DAN SERAT SELULOSA

Fenny Eka Agustiya^{1*}, Arifiandani Putri², Juny Andry Sulisty³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung, fennyeka1483@gmail.com

ABSTRAK

Perkerasan jalan umumnya menggunakan lapisan AC-WC sebagai lapisan aus atau lapisan permukaan pada konstruksi jalan. Seiring berjalannya waktu meningkatnya volume lalu lintas dan kondisi lingkungan yang semakin buruk, limbah genteng (substitusi abu batu) dan serat selulosa dijadikan bahan tambah pada campuran AC-WC. Penambahan bahan campuran diharapkan dapat meningkatkan performa dan memenuhi kriteria *Marshall*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menginovasi material substitusi dan bahan tambah ke dalam campuran aspal, dengan harapan dapat memenuhi spesifikasi parameter-parameter *Marshall*. Penelitian eksperimen merupakan metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini dan pembuatan benda uji serta pengujian *Marshall*. Benda uji dibuat dengan kadar limbah genteng (0%, 2%, 4%, 6%) dan serat selulosa dengan kadar (0%, 2%, 4%, 6%). *Job Mix Design* terbaik modifikasi substitusi limbah genteng dan penambahan serat selulosa ialah kombinasi limbah genteng 2% dan serat selulosa 6% (B6%) dengan hasil; (VMA 27.00); (VIM 4.42); (VFB 83.63); (Stabilitas 998.06); (*Flow* 3,07); (*Marshall Quotient* 325,45) yang berpengaruh juga pada sifat campuran AC-WC dari hasil nilai stabilitas *Marshall*.

Kata kunci : AC-WC, Marshall, Serat Selulosa, Limbah Genteng

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

Perkerasan jalan yang berkelanjutan menggunakan bahan daur ulang dan teknik ramah lingkungan dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu jenis material yang sering digunakan adalah *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC), yang merupakan lapisan permukaan pada konstruksi jalan yang memastikan kenyamanan dan keamanan pengguna jalan. Dengan meningkatnya volume lalu lintas dan kondisi lingkungan, diperlukan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang lebih tahan deformasi, retak, dan kelelahan.

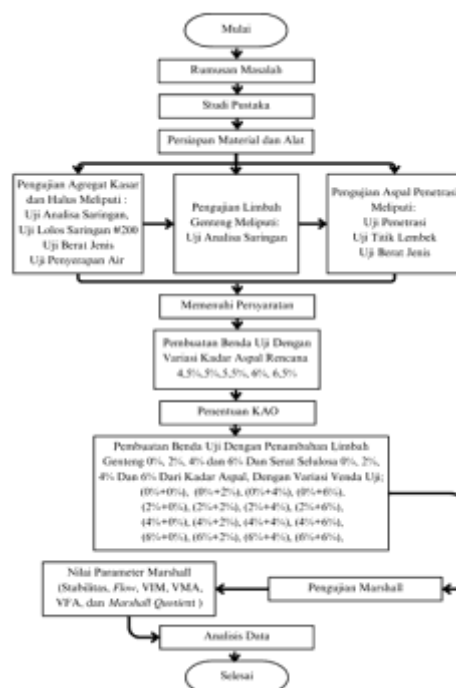
Produksi aspal dan agregat juga memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pengembangan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang memerlukan adanya inovasi dengan memanfaatkan bahan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah substitusi sebagian abu batu dengan limbah genteng (*roof tile waste*). Genteng merupakan material bangunan yang dapat diperoleh dengan mudah dan relatif murah, karena termasuk limbah konstruksi yang jika sudah rusak tidak bisa digunakan kembali. Limbah konstruksi yaitu material yang dihasilkan dari

kegiatan pembangunan, renovasi, ataupun pembongkaran sebuah bangunan. Penggunaan limbah genteng (*roof tile waste*) sebagai substitusi abu batu dalam campuran aspal adalah upaya pemanfaatan limbah material yang berpotensi mengurangi pencemaran lingkungan.

Bahan alternatif lainnya yaitu, penambahan serat selulosa (*cellulose fiber*) sebagai bahan tambahan dalam campuran dapat mengurangi ketergantungan pada bahan sintetis yang kurang ramah lingkungan, sejalan dengan upaya menciptakan bahan konstruksi yang lebih berkelanjutan. Serat ini juga berfungsi untuk mengurangi retakan pada permukaan aspal, dengan meningkatkan fleksibilitas campuran, serat selulosa dapat mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh perubahan suhu dan beban. Serat selulosa juga dapat menaikkan kadar aspal optimum campuran sehingga dapat meningkatkan sifat durabilitas. Kombinasi antara limbah genteng (*roof tile waste*) dan serat selulosa (*cellulose fiber*) menciptakan keseimbangan optimal antara kekakuan dan fleksibilitas dalam perkerasan jalan. Penggunaan kedua bahan ini juga membantu mengurangi eksploitasi sumber daya alam yang semakin terbatas.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sultang Agung Semarang dengan menggunakan sistem penggabungan aspal panas yang dikenal sebagai *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*, dan pembuatan benda uji aspal campuran normal dengan kadar 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%, benda uji aspal campuran limbah genteng sebagai substitusi abu batu (0%, 2%, 4%, dan 6%), dengan bahan tambah serat selulosa (0%, 2%, 4%, dan 6%). Dengan jumlah keseluruhan benda uji 63 buah dengan rincian 3 buah benda uji pada setiap campuran. Penelitian ini menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Society for Testing Material (ASTM)* sebagai pedoman dalam prosesnya. Alur penelitian terdapat pada Gambar 1 berikut ini :



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

2.1. Material

Material-material atau bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

a. Agregat Kasar dan Agregat Halus

Penggunaan material agregat kasar serta agregat halus berasal dari hasil pemecahan batu (*stone crusher*) di PT. Mohandas Oeloeng Kendal.

b. Aspal Penetrasi 60/70

Penelitian ini menggunakan material aspal penetrasi 60/70 yang diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adyatama (DMA) Batang.

c. Semen

Semen digunakan sebagai *filler* dalam penelitian ini.

d. Serat Selulosa (*cellulose fiber*)

Serat selulosa digunakan sebagai bahan tambah pada campuran didapatkan dari Organi Center Eco Friendly Sidoarjo.



Gambar 2. Serat Selulosa

e. Limbah Genteng (*roof tile waste*)

Limbah genteng digunakan sebagai substitusi abu batu.



Gambar 3. Limbah Genteng

2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: cetakan benda uji, cawan, timbangan, oven, satu set saringan ayakan, kompor, wajan, spatula, piknometer, ember, alat pemadat benda uji, ejector, *waterbath*, alat *specific gravity vacum*, dan alat *marshall*.

2.3. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Dalam penelitian ini dibagi menjadi 7 tahapan, yaitu persiapan material dan bahan, pengujian agregat, penentuan campuran (*hot mix*) pada *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC), penentuan kadar aspal optimum dengan kadar variasi limbah genteng (0%, 2%, 4%, dan 6%) dan serat selulosa (0%, 2%, 4%, dan 6%), pembuatan benda uji, pengujian benda uji dan analisis hasil penelitian.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Penetrasi 60/70

Penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70, yang biasanya disebut dengan aspal Pertamina. Pengujian dilakukan untuk menguji 3 parameter yaitu penetrasi, titik lembek, dan berat jenis aspal, parameter digunakan untuk menunjukkan sifat utama dari aspal yang digunakan dalam campuran perkerasan lentur.

Tabel 1. Sifat Fisik dan Mekanis Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Keterangan
			Min	Max			
1	Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik Titik Lembek	0,1 mm	60	70	65	SNI 2456-2011	Memenuhi
2	5°C (<i>Ring and Ball Test</i>)	°C	48	58	50,5	SNI 2434-2011	Memenuhi
3	Berat Jenis	%	Min. 1,0	-	1,034	SNI 2441-2011	Memenuhi

3.2. Hasil Pengujian dan Perhitungan Kombinasi Agregat

Kombinasi agregat adalah proses penyatuan atau penggabungan material menjadi satu kesatuan yang lebih utuh. Proses ini terdiri dari masing-masing material agregat yang lolos dari saringan 3/4" dan tertahan mulai dari saringan 1/2" sampai dengan saringan No. #200. Dalam kombinasi agregat juga termasuk *Hot Bin II*, *Hot Bin III*, *Hot Bin IV*, Pasir, *Filler* (Semen), dan Limbah Genteng.

Tabel 2. Hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
A	Agregat Kasar				
1	Agregat kasar lolos saringan #200				
	a. Coarse Aggregate 1/2"	SNI: ASTM	Maks. 1%	0,64%	Memenuhi
	b. Medium Aggregate 3/4"	C117: 2012		0,60%	Memenuhi
2	Penyerapan Air Agregat Kasar				
	a. Coarse Aggregate 1/2"	SNI 1969:2016	Maks. 3%	1,610%	Memenuhi
	b. Medium Aggregate 3/4"			2,090%	Memenuhi
3	Berat Jenis Agregat Kasar (<i>Bulk Specific Gravity</i>)				
	a. Coarse Aggregate 1/2"	SNI 1969:2016	Min. 2,5%	2,620%	Memenuhi
	b. Medium Aggregate 3/4"			2,610%	Memenuhi
B	Agregat Halus				
1	Agregat halus lolos saringan #200				
	a. Abu Batu	SNI 03-4142-1996	Maks. 15%	3,45%	Memenuhi
	b. Pasir			12,36%	Memenuhi
2	Penyerapan Air Agregat Halus				
	a. Abu Batu	SNI 1970: 2016	Maks. 3%	2,39%	Memenuhi
	b. Pasir			2,79%	Memenuhi
3	Berat Jenis Agregat Kasar (<i>Bulk Specific Gravity</i>)				
	a. Abu Batu	SNI 1970: 2016	Min. 2,5%	2,51%	Memenuhi
	b. Pasir			2,51%	Memenuhi

Tabel 3. Kombinasi Agregat

No Saringan	Spesifikasi		Prosentase Lolos (Kombinasi)
	Batas Bawah	Batas Atas	
# 200	3	7	5,34
# 100	5	12	9,12
# 50	8	18	15,32
# 30	12	25	19,06
# 16	23	35	29,53
# 8	33	48	40,21
# 4	50	65	55,88
3/8"	70	80	74,55
1/2"	85	95	93,75
3/4"	100	100	100,00
1"	100,00	100	100,00

Dari Tabel diatas menunjukkan bahwa pengujian analisa kombinasi agregat memiliki prosentase lolos saringan dari No. #200 hingga 1". Hasil pengujian tidak boleh melewati batas atas atau batas bawah sesuai dengan standar yang tersedia. Jika terdapat agregat yang melewati salah satu batas, agregat tersebut tidak diizinkan untuk digunakan sebagai material pengisi pada AC – WC, karena tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

3.3. Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (AASHTO-209s)

Pengujian berat jenis campuran aspal bertujuan untuk menentukan kepadatan dari campuran aspal. Pengujian ini penting untuk mengevaluasi kualitas dan kesesuaian campuran aspal dengan standar yang sudah ada. Massa dan rasio suatu benda dengan volumenya dikenal sebagai berat jenis, biasanya dinyatakan dengan satuan volume (kg/m³ atau g/m³). Pengujian berat jenis campuran aspal biasa memiliki 5 kadar variasi aspal yakni 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%. Untuk masing – masing kadar variasi ada tiga benda uji GMM.

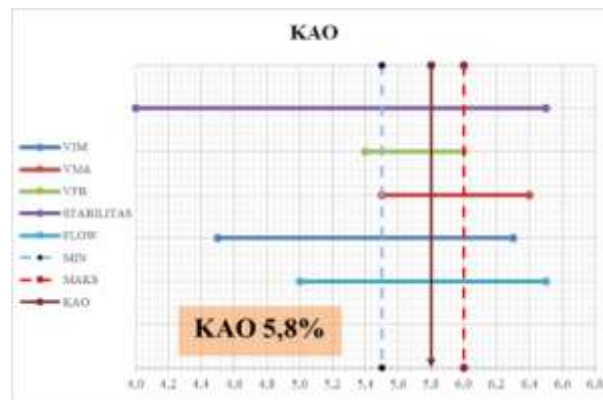
Tabel 4. Berat Jenis Campuran Aspal

No.	Kadar Aspal Normal Contoh No :	Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)															
		1	2	3	1	2	3	1	2	3							
1	Berat Botol + Contoh	Grm	1.421	1.415	1.406	1.398	1.408	1.400	1.389	1.380	1.380	1.412	1.398	1.415	1.409	1.410	1.408
2	Berat Botol	Grm	767	767	767	767	767	767	767	767	767	767	767	767	767	767	767
3	Berat Contoh (1 - 2)	Grm	654	648	639	631	641	633	622	613	613	645	631	648	642	643	641
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kaliberasi)	Grm	1.930	1.932	1.930	1.929	1.930	1.928	1.932	1.928	1.928	1.926	1.929	1.929	1.933	1.932	1.930
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)	Grm	1.545	1.546	1.544	1.551	1.554	1.554	1.563	1.570	1.568	1.546	1.558	1.557	1.555	1.560	1.558
6	Berat air (4 - 5)	Grm	385	386	386	378	376	374	369	358	360	380	371	372	378	372	372
7	Volume contoh (3 - 6)	Grm	269	262	253	253	265	259	253	255	253	265	260	276	264	271	269
8	Max Specific Gravity (Gmm (3 : 7))	Grm/cc	2,431	2,473	2,526	2,494	2,419	2,444	2,458	2,404	2,423	2,429	2,427	2,348	2,432	2,373	2,383
9	Temperatur air T °C	Grm	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu	Grm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm (8 x 10))	Grm/cc	2,431	2,473	2,526	2,494	2,419	2,444	2,458	2,404	2,423	2,429	2,427	2,348	2,432	2,373	2,383
Rata - rata GMM Variasi Kadar Aspal %			4,00%			4,50%			5,00%			5,50%			6,00%		

3.4. Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) juga merupakan campuran lapisan aspal beton (laston) dan termasuk kadar aspal yang paling efektif. Penelitian dilakukan pada benda uji dengan variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%, metode penelitian yang sama digunakan untuk menguji berbagai sifat campuran, pengujian tersebut diantaranya

bulk density, rongga udara, rongga dalam agregat, rongga terisi aspal, stabilitas *marshall*, kelelahan, dan *marshall quotient*. Untuk mendapatkan data sebagaimana dalam grafik berikut ini.



Gambar 4. Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO)

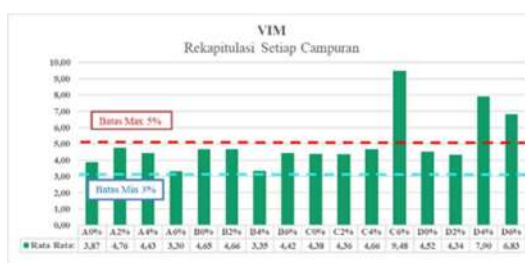
3.5. Hasil Pemeriksaan *Marshall Test*

Marshall juga dikenal sebagai metode pengujian yang digunakan untuk menentukan karakteristik campuran aspal, untuk memastikan kualitas dan ketahanan rancangan campuran aspal terhadap beban lalu lintas dan cuaca. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mendapatkan hasil parameter-parameter berikut : stabilitas, *flow*, MQ (*Marshall Quotient*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VIM (*Void in Mix*) dan VFB (*Void Filled with Bitumen*).

Hasil setelah pemeriksaan *Marshall Test* berupa rekapitulasi yang tertera pada sebuah tabel dan dalam bentuk grafik dari seluruh nilai parameter yang dapat dilihat pada tabel di bawah. Pengujian telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Hasil yang diperoleh dari proses pengujian dibagi dalam 3 komposisi yaitu, komposisi normal, komposisi dengan substitusi limbah genteng dan komposisi dengan campuran bahan tambah serat selulosa.

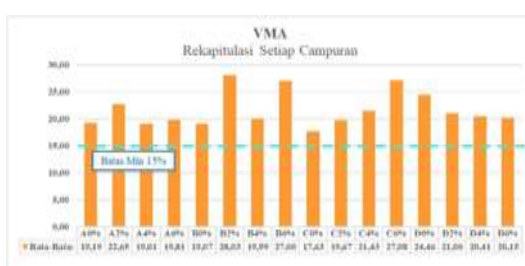
Tabel 5. Rekapitulasi Pengujian *Marshall Test*

Rekapitulasi Rata-Rata Dari 3 Benda Uji Setiap Pengujian Campuran									
Campuran Benda Uji	Kadar Limbah Genteng	Kadar Serat Selulosa	Rongga antara Agg. (VMA)	Rongga dalam Camp (VIM)	Rongga terisi Aspal (VFB)	Stabilitas	Kelelahan Plastis (Flow) (2 – 4 mm)	Hasil Bagi Marshall (MQ)	
			Min 15%	3,0 – 5,0%	Min 65%				
MODIFIKASI									
1	A0%	0%	19,19	3,87	79,96	834,45	2,60	320,94	
2	A2%	0%	22,65	4,76	78,98	883,53	2,87	308,21	
3	A4%	0%	19,01	4,43	76,76	998,06	3,07	325,45	
4	A6%	0%	19,81	3,30	83,34	1030,79	3,20	322,12	
1	B0%	2%	19,07	4,65	75,61	834,45	3,00	278,15	
2	B2%	2%	28,03	4,66	83,38	801,72	3,10	258,62	
3	B4%	2%	19,99	3,35	83,24	834,45	3,03	275,09	
4	B6%	2%	27,00	4,42	83,63	998,06	3,07	325,45	
1	C0%	4%	17,63	4,38	75,15	834,45	3,00	278,15	
2	C2%	4%	19,67	4,36	77,86	899,89	3,23	278,32	
3	C4%	4%	21,43	4,66	78,27	883,53	3,00	294,51	
4	C6%	4%	27,08	9,48	64,99	883,53	3,17	279,01	
1	D0%	6%	24,46	4,52	81,51	883,53	3,10	285,01	
2	D2%	6%	21,00	4,34	79,37	981,70	3,33	294,51	
3	D4%	6%	20,41	7,90	61,73	965,34	3,37	286,73	
4	D6%	6%	20,15	6,83	66,52	1668,89	3,77	443,07	



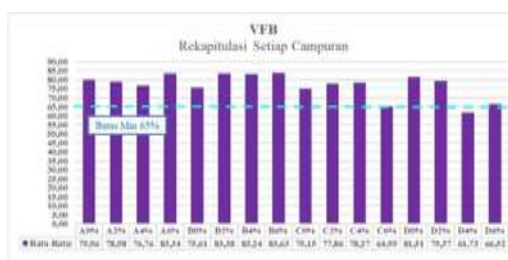
Gambar 5. Hasil Rekapitulasi VIM

Nilai VIM (*Void in Mix*), batas minimum yang ditetapkan adalah 3% dan maksimum adalah 5%. Sebagian besar campuran sudah sesuai spesifikasi tersebut, yaitu A0%, A2%, A4%, A6%, B0%, B2%, B4%, B6%, C0%, C2%, C4%, D0%, dan D2%. Namun, terdapat beberapa campuran yang tidak sesuai spesifikasi karena melebihi batas maksimum 5%, yaitu C6%, D4%, dan D6%.



Gambar 6. Hasil Rekapitulasi VMA

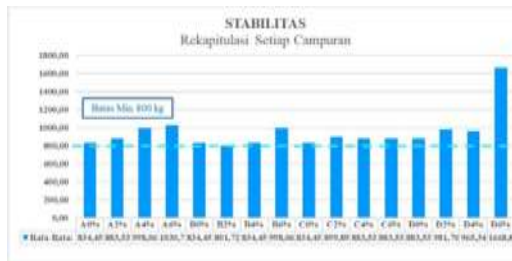
Nilai VMA (*Void in Mineral Aggregate*) untuk setiap campuran berada di atas batas minimum yang ditetapkan, yaitu 15%. Dengan demikian, semua campuran memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Nilai terendah sebesar 17,63% (C0%), sedangkan nilai tertinggi adalah 28,03% (B2%).



Gambar 7. Hasil Rekapitulasi VFB

Nilai VFB (*Void Filled with Bitumen*) menunjukkan bahwa sebagian besar campuran telah memenuhi spesifikasi minimum sebesar 65% yaitu pada campuran A0%, A2%, A4%, A6%, B0%, B2%, B4%, B6%, C0%, C2%, C4%, D0%, D2%, dan D6%. Namun, terdapat beberapa campuran yang tidak memenuhi spesifikasi, seperti C6% (64,99%) dan D4% (61,73%).

Nilai stabilitas untuk setiap campuran berada atas batas minimum yang ditetapkan, yaitu 800 kg. Dengan demikian, semua campuran memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Nilai terendah sebesar 801,72 kg (B2%), sedangkan nilai tertinggi adalah 1668,8% (D6%).

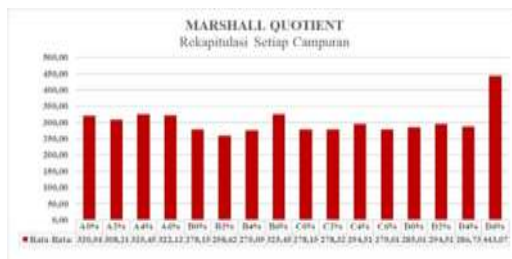


Gambar 8. Hasil Rekapitulasi Stabilitas



Gambar 9. Hasil Rekapitulasi Flow

Nilai Kelelehan (*Flow*), batas minimum yang ditetapkan adalah 2% dan maksimum adalah 4%. Dengan demikian, semua campuran memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Nilai terendah sebesar 2,60% (A0%), sedangkan nilai tertinggi adalah 3,77% (D6%).



Gambar 10. Hasil Rekapitulasi Marshall Quotient

Hasil *Marshall Quotient* untuk setiap campuran telah memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Dengan nilai terendah sebesar 258,15 kg (B2%), sedangkan nilai tertinggi adalah 443,07% (D6%).

Berdasarkan tabel 4 dapat diketahui rekapitulasi nilai rata-rata dari setiap parameter diperoleh hasil yang bervariasi sesuai dengan komposisi.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang diperoleh menunjukkan sejumlah aspek penting sebagai berikut :

- Penggunaan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) modifikasi dengan substitusi limbah genteng dan penambahan serat selulosa menunjukkan pengaruh signifikan terhadap nilai stabilitas. Hasil pengujian stabilitas *Marshall* memenuhi standar Bina Marga 2018, dengan nilai stabilitas terendah 801.72 kg pada kombinasi B2%, serta nilai tertinggi 1668.89 kg pada kombinasi D6%.
- Job Mix Design terbaik yaitu pada kombinasi B6%, dengan hasil pengujian yang memenuhi semua spesifikasi Bina Marga 2018, dengan nilai VMA (27.00), VIM (4.42), VFB (83.63), Stabilitas (998.06), *Flow* (3.07), dan *Marshall Quotient* (325.45) menunjukkan bahwa campuran tersebut layak digunakan sebagai perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Standardisasi Nasional. (2011). Cara uji berat jenis aspal keras, SNI 2441:2011. Badan Standardisasi Nasional.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2012). Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 micron-meter (No . 200) dalam agregat mineral dengan pencucian (ASTM C117–2012, IDT). Society, 79(200), 11598–11606.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (n.d.). SNI BERAT JENIS & PENYERAPAN AGREGAT HALUS (SNI 1970;2016).pdf.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. (2011). SNI 2434:2011 Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball). Badan Standardisasi Nasional, 1–11.
- [5] Bina Marga. (2003). Rsn M- 01-2003. Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall, 1–18.
- [6] Bina Marga. (2010). Spesifikasi umum 2010. Direktorat Jendral Bina Marga, 2010(Revisi 3), 1–6.
- [7] Hermadi, M., & Sjahdanulirwan, M. (2008). Usulan spesifikasi campuran beraspal panas asbuton lawele untuk perkerasan jalan. *Jurnal Jalan - Jembatan*, 25(3), 327–349.
- [8] Ikhlas, A. R., & Anif, B. V. (2018). PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH GENTENG SEBAGAI FILLER DALAM CAMPURAN ASPAL BETON AC – WC. 171–172.
- [9] Yasruddin. (2019). Studi karakteristik campuran lapis tipis aspal pasir kelas A dengan penambahan serat selulosa roadcell-50. 2, 80–95.
- [10] Zahrani, S. K., & Rahmawati, T. A. (2024). Tugas akhir analisis asphalt concrete wearing coarse (ac-wc) porous dengan bahan tambah serat selulosa dan rubber.