PENGARUH PENAMBAHAN ASBUTON BUTIR B5/20 PADA CAMPURAN AC-WC MATERIAL RAP (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT)

Yohanes Ola Mali[1], Nusa Sebayang[2], Annur Ma'ruf[3]

[1)]Program Studi Teknik Sipil S1, ITN Malang,
Email: yohanesolamali2001@gmail.com
[2)]Program Studi Teknik Sipil S1, ITN Malang,
Email: nusasebayang@lecturer.itn.ac.id
[3)]Program Studi Teknik Sipil S1, ITN Malang,
Email: annur2017@lecture.itn.ac.id

ABSTRACT

The increasing deterioration of road pavements has led to a growing demand for pavement materials, highlighting the need for more economical and environmentally friendly alternatives. One potential solution is the utilization of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) as a recycled material combined with the addition of Buton Granular Asphalt B5/20 to improve the characteristics of Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixtures. This study aimed to analyze the effect of adding Buton Granular Asphalt B5/20 to AC-WC mixtures containing RAP on their Marshall characteristics. The research was conducted experimentally at the Construction Materials Laboratory, National Institute of Technology (ITN) Malang. The materials used consisted of RAP, additional aggregates, 60/70 penetration grade asphalt, and Buton Granular Asphalt B5/20. The testing program included material property evaluation, aggregate gradation design, Marshall specimen preparation, and Marshall testing to determine stability, flow, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), Void Filled with Asphalt (VFA), Marshall Quotient (MQ), and density. The test results were analyzed using regression analysis, correlation analysis, coefficient of determination, and hypothesis testing. The results are expected to demonstrate the effect of Buton Granular Asphalt B5/20 on the Marshall characteristics of RAP-based AC-WC mixtures and to identify the optimum addition level that provides the best mixture performance in accordance with the 2018 Bina Marga General Specifications. The utilization of RAP and Buton Granular Asphalt B5/20 is expected to provide an alternative pavement material that improves pavement quality while promoting resource efficiency and environmental sustainability.

Keywords: *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), Buton Granular Asphalt B5/20, Marshall characteristics, pavement.*

ABSTRAK

Kerusakan perkerasan jalan yang terus meningkat menyebabkan kebutuhan material perkerasan semakin besar, sehingga diperlukan alternatif material yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) sebagai material daur ulang serta menambahkan Asbuton Butir B5/20 untuk meningkatkan karakteristik campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan Asbuton Butir B5/20 pada campuran AC-WC yang menggunakan material RAP terhadap karakteristik Marshall. Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang. Material yang digunakan meliputi RAP, agregat tambahan, aspal penetrasi 60/70, dan Asbuton Butir B5/20. Pengujian meliputi pemeriksaan sifat fisik material, perancangan gradasi campuran, pembuatan benda uji Marshall, serta pengujian parameter Marshall yang meliputi stabilitas, *flow*, *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Marshall Quotient* (MQ), dan *density*. Data hasil pengujian dianalisis menggunakan uji regresi, korelasi, koefisien determinasi, dan uji hipotesis. Hasil penelitian diharapkan menunjukkan pengaruh penambahan Asbuton Butir B5/20 terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC berbahan RAP serta memperoleh variasi penambahan yang memberikan kinerja campuran terbaik sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Pemanfaatan RAP dan Asbuton B5/20 diharapkan menjadi alternatif material yang mampu meningkatkan kualitas perkerasan jalan sekaligus mendukung efisiensi penggunaan sumber daya dan pelestarian lingkungan.

Kata kunci: AC-WC, Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), Asbuton Butir B5/20, karakteristik Marshall, perkerasan jalan.

`

1. PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan yang berkualitas memerlukan material perkerasan yang efisien, ekonomis, dan berkelanjutan. Salah satu alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), yaitu material hasil pembongkaran perkerasan aspal yang dapat didaur ulang. Namun, aspal pada RAP mengalami proses *aging* yang dapat menurunkan kualitas campuran.
Asbuton Butir B5/20 sebagai aspal alam Indonesia berpotensi meningkatkan daya ikat, stabilitas, dan ketahanan campuran beraspal. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji penggunaan RAP yang dikombinasikan dengan Asbuton Butir B5/20 pada campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) untuk memperoleh karakteristik Marshall yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 serta mendukung pemanfaatan material daur ulang secara berkelanjutan.

2. DASAR TEORI

Bahan-Bahan Material Penyusun Campuran perkerasan jalan

Agregat
Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran – butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain – lain. Material Agregat merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang berfungsi untuk menahan beban beban lalu lintas, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan Sukirman,2003:1).

Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk agregat ini adalah agregat yang tertahan di atas saringan 2,36 mm (No.8), menurut saringan ASTM. Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainya serat mempuyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat interlocking yang baik dengan material yang lain.

Agregat Halus

Agregat halus adalah Agregat dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm). Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (interlocking) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah angularity (bentuk menyudut) dan particle surface roughness (kekasaran permukaan butiran).

Gradasi Agregat

Gradasi didefinisikan secara umum adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa pemeriksaan dengan mempergunakan 1 set saringan. Saringan berukuran bukaan paling besar diletakkan teratas, dan yang paling halus (no.200) terbawah sebelum pan. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena tak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga atau pori yang terjadi sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar, akan diisi oleh agragat berukuran lebih kecil.

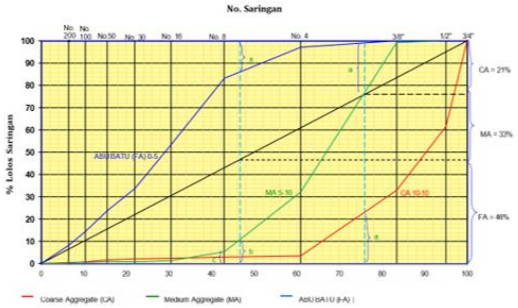
Tabel 2.1 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston AC		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1,5"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
3/4"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
1/2"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,15						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

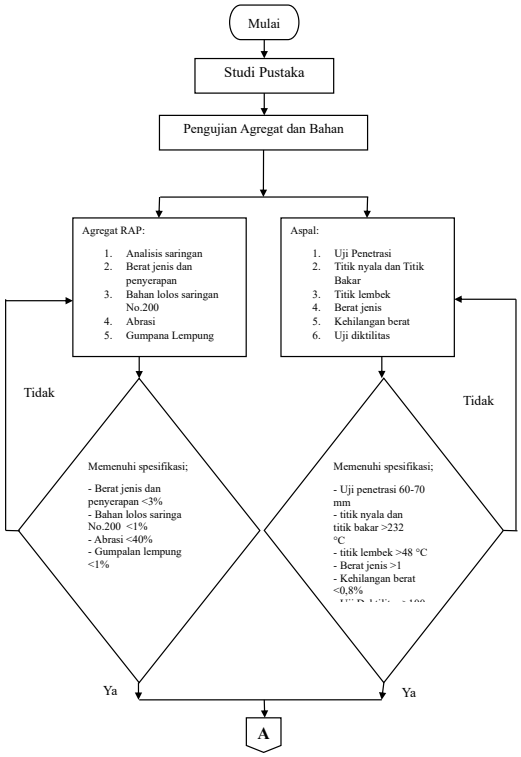
Job Mix Desain

Menurut Sukirman (2003;14), gradasi agregat merupakan salah satu sifat yang sangat menentukan

kinerja perkerasan jalan. Setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi agregat tertentu yang dapat dilihat di dalam setiap spesifikasi material perkerasan jalan. Agregat campuran adalah agregat yang diperoleh dari mencampur secara proporsional fraksi agregat A, fraksi agregat B, dan fraksi agregat C. Proporsi dari masing – masing fraksi agregat dirancang secara proporsional sehingga diperoleh gradasi agregat yang diinginkan. Agregat campuran adalah hasil pencampuran dari a% fraksi CA 10-10 dengan b% fraksi MA 5-10 dan c% fraksi FA 0-5, dengan a+b+c = 100%.



Gambar 2.4 Diagram Diagonal



3. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Tempat penelitian, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, dan pengujian karakteristik Marshall dilaksanakan di Laboratorium Beton Institut Teknologi Nasional Malang. Seluruh pengujian dilakukan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.Tempat Penelitian **.**

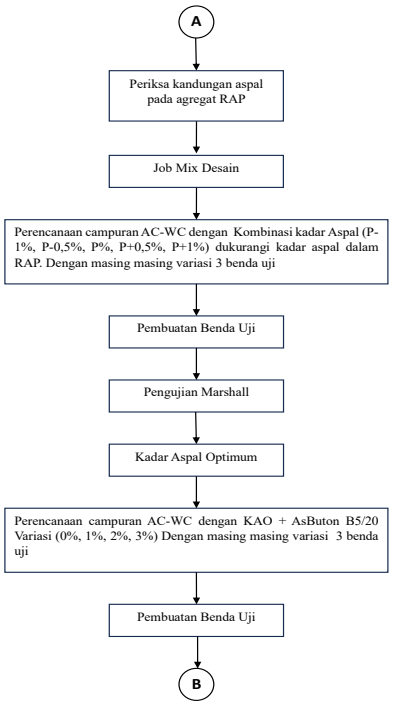
Tempat Penelitian

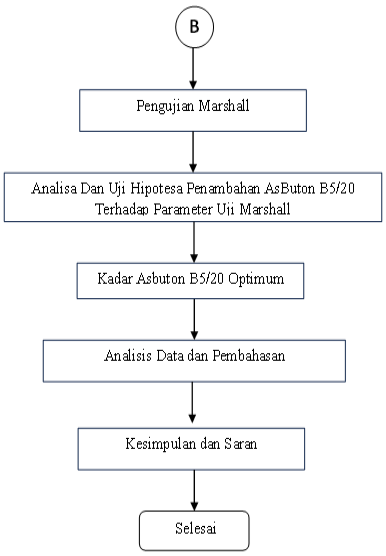
Tempat penelitian, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, dan pengujian karakteristik Marshall dilaksanakan di Laboratorium Beton Institut Teknologi Nasional Malang. Seluruh pengujian dilakukan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.Tempat Penelitian.

Lokasi Pengambilan Material

Material utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) yang berasal dari hasil pengerukan perkerasan jalan di Jalan Sultan Agung, Kota Batu, Jawa Timur. Selain itu, penelitian menggunakan Asbuton Butir B5/20 sebagai bahan tambah pada campuran AC-WC sesuai variasi yang telah direncanakan dalam penelitian.

Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.4 Bagan Alir Agregat, AC – WC

4. ANALISA DAN HASIL PEMBAHASAN

Pemeriksaan Mutu Bahan

Pada penelitian ini, bahan yang digunakan terdiri atas material *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), agregat halus, agregat sedang, agregat kasar, *filler* semen, Asbuton Butir B5/20, dan aspal penetrasi 60/70. Sebelum digunakan dalam pembuatan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), seluruh material terlebih dahulu dilakukan pengujian karakteristik fisik sesuai dengan standar SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2025 untuk memastikan bahwa material memenuhi persyaratan sebagai bahan penyusun campuran beraspal.

Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat yang dilaksanakan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya, Institut Teknologi Nasional Malang, menunjukkan bahwa agregat yang digunakan dalam penelitian telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2025 sebagai bahan penyusun campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Pengujian meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan, keausan Los Angeles, material lolos ayakan No. 200, gumpalan lempung dan butir mudah pecah, serta kelekatan agregat terhadap aspal

Tabel 4. 1 Hasil Dari Pengujian Material Agregat

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan
AGREGAT HALUS					
1	Berat Jenis Agregat 0-5	SNI 1970 : 2016	≥ 2,50	2,58	-
2	Penyerapan Agregat 0-5		≤ 3	2,16	%
3	Gumpalan Lempung & Butir Mudah Pecah	SNI 4141 : 2015	≤ 1	0,96	%
4	Material lolos ayakan No. 200 Ag. 0-5	SNI ASTM C117 : 2012	≤ 10	9,46	%
5	Nilai Setara Pasir	SNI 03 - 4428 - 1997	≥ 50	79,89	%
AGREGAT KASAR					
6	Berat Jenis Ag. 5-10	SNI 1969 : 2016	≥ 2,50	2,59	-
7	Berat Jenis Ag. 10-15			2,61	-
8	Penyerapan Ag. 5-10		≤ 3	1,92	%
9	Penyerapan Ag. 10-15			1,93	%
10	Material lolos ayakan No. 200 Ag. 5 - 10	ASTM C117 : 2012	≤ 1	0,92	%
11	Material lolos ayakan No. 200 Ag. 10 - 15			0,81	%
12	Abrasi 100 Putaran	SNI 2417 : 2008	≤ 8	7,42	%
13	Abrasi 500 Putaran		≤ 40	27,31	%
14	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439 : 2011	≥ 95	> 95	%
FILLER					
15	Berat Jenis Semen	SNI 2531 : 2015	-	2,94	-

Pengujian Aspal

Hasil dari pengujian aspal yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencaan, Institut Teknologi Nasional Malang, diketahui bahwa pengujian aspal memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk digunakan sebagai bahan campuran AC – WC. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 2 Hasil Dari Pengujian Material Aspal

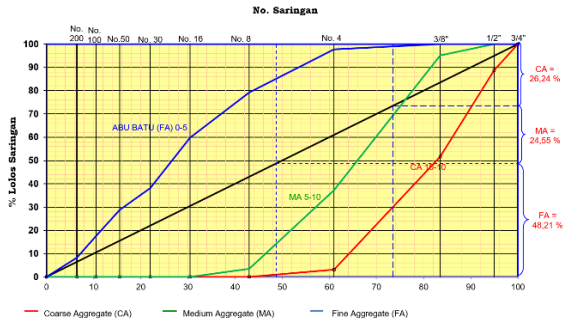
No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan
1	Penetrasi Pada 25°c	SNI 2456 : 2011	60-70	67,89	10^{-1} mm
2	Titik Lembek Aspal	SNI 2434 : 2011	≥ 48	49,0	°C
3	Daktilitas Pada 25°c	SNI 2432 : 2011	≥ 100	110,0	cm
4	Titik Nyala	SNI 2433 : 2011	≥ 232	323	°C
5	Titik Bakar		-	325	°C
6	Berat Jenis Aspal	SNI 2441 : 2011	≥ 1,0	1,038	-
Pengujian Residu Hasil TFOT					
7	Berat yang hilang	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8	0,017	%
8	Penetrasi Pada 25°c (% Semula)	SNI 2456 : 2011	≥ 54	94,76	%
9	Daktilitas Pada 25°c	SNI 2432 : 2011	≥ 50	102	cm

Perencanaan Komposisi Campuran

a) Perhitungan Persentase Agregat dengan Metode Grafis

Proses pembuatan perhitungan persentase agregat dengan metode grafis diagonal pada campuran aspal AC-WC melibatkan beberapa langkah. Ini adalah proses yang umum dilakukan untuk mengukur

proporsi agregat kasar dan halus dalam campuran aspal.



Gambar 2.4 Diagram Diagonal komposisi campuran AC-WC

Perhitungan proporsi dalam campuran agregat dengan menggunakan metode grafis dilakukan dengan cara trial and eror.

Dimana :
Garis vertical 1 (Kiri):
Fraksi agregat halus (FA) = fraksi agregat sedang (MA) + fraksi agegat kasar (CA)

15,2 % (FA) = 14,2 % (MA) + 1 % (CA)

15,2 % = 15,2 %

Garis vertical 2 (kanan) :
Fraksi agregat sedang (FA) = fraksi agregat kasar (MA)

30,2 % (MA) = 30,2 % (CA 10/10)

Proporsi dari masing – masing agregat :

Garis horizontal 1 dengan garis diagonal didapatkan : FA = 48,21%

Garis horizontal 2 dengan garis diagonal didapatkan : CA = 26,24 %

Sehingga : MA = 100 % - CA (10/10)- FA (5/10) - FA (5/10)

= 100 % -26,24 % - 48,21 %

= 24,55 %

Kombinasi Campuran Presentase Agregat Spesifikasi AC – WC

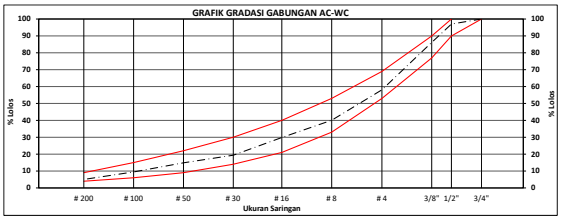
b) Perhitungan Presentase Agregat Dengan Metode Analitis

Setelah dilakukan pemeriksaan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan persentase agregat yang lolos pada masing – masing saringan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan menggunakan metode analisa seperti pada grafik dan tabel komposisi agregat dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4. 3 Komposisi Gradasi Gabungan Campuran A

Material	FA (0-5)		MA (5-10)		CA (10 - 15)		FF (FILLER)		Hasil Gabungan
Ukuran Saringan	% lolos	Proporsi 48,21 %	% lolos	Proporsi 24,55 %	% lolos	Proporsi 26,24 %	% lolos	Proporsi 1,00 %	
No.16 (1,18 mm)	59,83	28,84	0,02	0,01	0,01	0,00	100,00	1,00	29,85
No.30 (0,6 mm)	38,11	18,37	0,02	0,01	0,01	0,00	100,00	1,00	19,38
No.50 (0,28 mm)	28,72	13,85	0,02	0,01	0,01	0,00	100,00	1,00	14,86
No.100 (0,15 mm)	17,55	8,46	0,02	0,01	0,01	0,00	100,00	1,00	9,47
No.200 (0,075 mm)	8,37	4,04	0,02	0,01	0,01	0,00	100,00	1,00	5,04

AC-WC



Gambar 2.5 Grafik Gradasi Gabungan Campuran AC-WC

Perhitungan komposisi gradasi gabungan campuran AC – BC

- Agregat Halus (FA 0-5 mm) = 48,21%
- Agregat Sedang (MA 5-10 mm) = 24,55%
- Agregat Kasar (CA 10-10 mm) = 26,24%
- Filler = 1,00%

Komposisi Campuran Normal Untuk Variasi Kadar Aspal

Setelah proporsi dari masing – masing agregat didapatkan, maka dilanjutkan perhitungan kadar aspal rencan yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam penentuan variasi kadar aspal. Variasi kadar aspal berdasarkan spefikasi Depkimpraswil 2002 dengan mempergunakan rumus sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Komposisi Campuran RAP AC-WC

Tabulasi Proporsi Campuran								
URAIAN	Proporsi Fraksi Kasar (CA)	Proporsi Fraksi Halus (FA)		Proporsi Bahan Pengisi (FF)		Total	
	59,06 %	35,00 %		5,94 %		100,00 %	
Rumus Perkiraan Kadar Aspal (Pb): Pb = 0,035 x (CA) + 0,045 x (FA) + 0,18 x (FF) + Konstanta (laston 0,5 - 1 & lataston : 2 - 3)							
Nilai Konstanta				K		1,00	
Perkiraan Kadar Aspal Campuran				Pb		5,69 %	
Kadar Aspal Dalam RAP				KRAP		3,43 %	
Kadar Aspal Campuran				Pb - KRAP		2,17 %	
		Total Kadar Aspal Dalam Campuran (%)				Kadar aspal Gmm	Kadar aspal optim
		4,60 %	5,10 %	5,60 %	6,10 %	6,60 %	5,60 %	5,73 %
		Kadar Aspal Dalam RAP						
		3,43 %						
Agregat	% Proporsi Agg.	Pemakaian Aspal Minyak Dalam Campuran (%)						
		1,17 %	1,67 %	2,17 %	2,67 %	3,17 %	2,17 %	2,29 %
		% Proporsi Campuran						
		47,65	47,41	47,17	46,93	46,69	47,17	47,11
		24,27	24,14	24,02	23,90	23,77	24,02	23,99
FA (0-5)	48,21	25,93	25,80	25,67	25,54	25,40	25,67	25,63
MA (5-10)	24,55	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,98
CA (10 - 15)	26,24	98,83	98,33	97,83	97,33	96,83	97,83	97,71
F (FILLER)	1,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Total	100,00	Total Kadar Aspal Dalam Campuran (%)					Kadar aspal Gmm	Kadar aspal optim
		4,60 %	5,10 %	5,60 %	6,10 %	6,60 %	5,60	5,73
		Kadar Aspal Dalam RAP						
		3,43 %						
Agregat	Komposisi (%)	Pemakaian Aspal Minyak Dalam Campuran (%)						
		1,17 %	1,67 %	2,17 %	2,67 %	3,17 %	2,17 %	2,29 %
		Berat Agregat (gr)						
FA (0-5)	48,21	571,8	568,9	566,0	563,1	560,2	707,5	565,3
MA (5-10)	24,55	291,2	289,7	288,2	286,8	285,3	360,3	287,9
CA (10 - 15)	26,24	311,2	309,6	308,0	306,4	304,9	385,0	307,6
F (FILLER)	1,00	11,9	11,8	11,7	11,7	11,6	14,7	11,7
Berat total Ag. Camp. (gr)		1186,0	1180,0	1174,0	1168,0	1162,0	1467,5	1172,5
Berat aspal minyak (gr)		14,0	20,0	26,0	32,0	38,0	32,5	27,5
Berat total campuran (gr)		1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1500,0	1200,0

Komposisi campuran aspal ac-wc dengan bahan tambahan serbuk ban

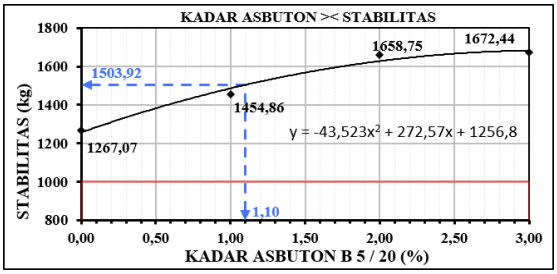
Setelah diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,73%, angkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan komposisi campuran AC-WC dengan penambahan Asbuton Butir B5/20 sebagai bahan tambah. Penambahan Asbuton B5/20 bertujuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik campuran beraspal, meliputi nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFA, *Marshall Quotient* (MQ), dan *density*. Pada penelitian ini, Asbuton Butir B5/20 ditambahkan dalam beberapa variasi kadar sesuai dengan rancangan penelitian, kemudian setiap variasi dibuat benda uji dan dilakukan pengujian Marshall. Hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan Asbuton Butir B5/20 terhadap kinerja campuran AC-WC serta menentukan variasi yang memberikan karakteristik Marshall terbaik. Hasil perhitungan komposisi campuran AC-WC dengan penambahan Asbuton Butir B5/20 disajikan pada tabel berikut**.** langkah dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Komposisi campuran aspal AC-WC dengan bahan tambahan serbuk ban

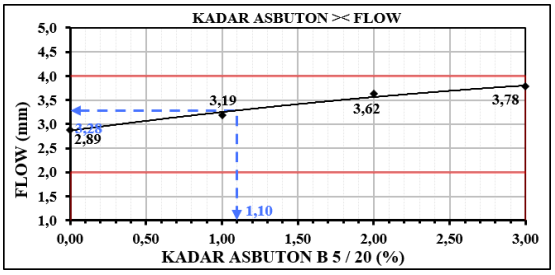
Agregat	% Proporsi Agg.	Kadar aspal optimum (%)				Kadar optimum asbuton butir B 5/20
		5,73				
		Kadar Aspal Dalam RAP				
		3,43				
		Pemakaian Aspal Minyak Dalam Campuran (%)				
		2,29				
		Variasi kadar asbuton B 5/20				
		0,00 %	1,00 %	2,00 %	3,00 %	0,00 %
		% Proporsi Campuran				
FA (0-5)	48,21	47,11	47,11	47,11	47,11	47,11
MA (5-10)	24,55	23,99	23,99	23,99	23,99	23,99
CA (10 - 15)	26,24	25,63	25,63	25,63	25,63	25,63
FF (FILLER)	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Total	100,00	97,71	97,71	97,71	97,71	97,71
		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Agregat	Komposisi (%)	Kadar aspal optimum (%)				Kadar optimum asbuton butir B 5/20
		5,73				
		Kadar Aspal Dalam RAP				
		3,43				
		Pemakaian Aspal Minyak Dalam Campuran (%)				
		2,29				
		Variasi kadar asbuton B 5/20				
		0,00 %	1,00 %	2,00 %	3,00 %	0,00 %
		Berat Agregat (gr)				
FA (0-5)	48,21	565,3	559,5	553,7	547,9	565,31
MA (5-10)	24,55	287,9	284,9	282,0	279,0	287,9
CA (10 - 15)	26,24	307,6	304,5	301,3	298,2	307,6
FF (FILLER)	1,00	11,7	11,6	11,5	11,4	11,7
Berat total Ag. Camp. (gr)		1172,5	1160,5	1148,5	1136,5	1172,5
Berat aspal minyak (gr)		27,5	27,5	27,5	27,5	27,5
Berat abuton B 5/20 (gr)		0,0	12,0	24,0	36,0	0,0
Berat total campuran (gr)		1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

Hasil Pengujian Marshall Dengan Bahan Tambahan Asbuton

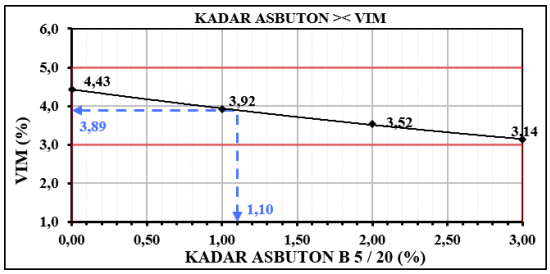
Penentuan kadar asbuton optimum berdasarkan hasil perhitungan parameter Marshall yang disajikan dalam grafik berikut :



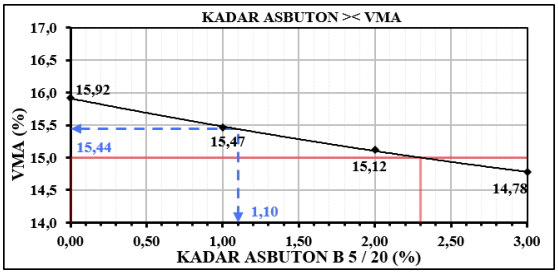
Gambar 2.6 Grafik pengaruh penambahan Asbuton terhadap stabilitas



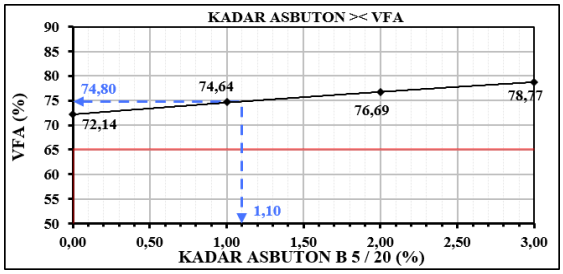
Gambar 2.7 Grafik pengaruh penambahan Asbuton terhadap flow



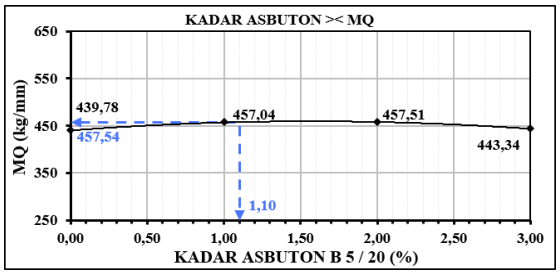
Gambar 2.8 Grafik pengaruh penambahan Asbuton terhadap VIM



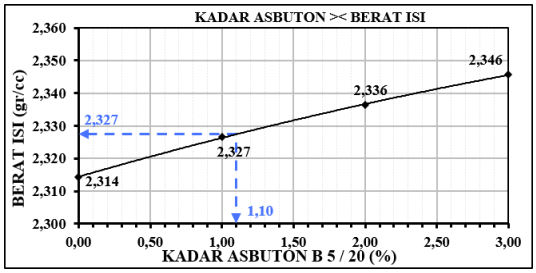
Gambar 2.9 Grafik pengaruh penambahan Asbuton terhadap VMA



Gambar 2.10 Grafik pengaruh penambahan Asbuton terhadap VFA



Gambar 2.11 Grafik pengaruh Asbuton terhadap MQ



Gambar 2.12 Grafik pengaruh penambahan Asbuton terhadap density

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian pengaruh penambahan asbuton B5/20 pada campuran AC-WC material RAP maka kesimpulan yang berdasarkan pembhasan di atas adalah sebagi berikut:

1.Berdasarkan hasil pengujian Marshall, penggunaan agregat RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) pada campuran AC-WC berpengaruh terhadap karakteristik campuran, meliputi stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFA. Penambahan agregat RAP terbukti mampu meningkatkan nilai stabilitas karena adanya lapisan aspal lama yang masih melekat pada agregat sehingga memperkuat ikatan antar agregat dalam campuran. Dari variasi kadar aspal RAP 4,6%, 5,1%, 5,6%, dan 6,1%, diperoleh kadar aspal optimum sebesar 5,73% dengan nilai stabilitas tertinggi mencapai 1266,20 kg. Pada kadar aspal optimum tersebut juga diperoleh nilai flow sebesar 2,29 mm, VIM sebesar 4,13%, VMA sebesar 16,03%, dan VFA sebesar 74,20%, sehingga campuran memenuhi karakteristik yang baik untuk digunakan pada perkerasan AC-WC.

2. pengujian Marshall, penambahan Asbuton B5/20 pada material RAP dalam campuran AC-WC memberikan pengaruh terhadap nilai stabilitas dan kepadatan campuran. Penambahan Asbuton B5/20 mampu meningkatkan daya ikat antara agregat dan aspal lama sehingga stabilitas campuran menjadi lebih baik, serta meningkatkan kepadatan karena rongga dalam campuran terisi secara optimal. Dari variasi penambahan 0%, 1%, 2%, dan 3%, diperoleh kadar optimum Asbuton B5/20 sebesar 1,10% dengan nilai stabilitas mencapai 1503,92 kg.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal-hal sebagai berikut:

- Menggunakan variasi kadar aspal yang barbeda.
- Melakukan perbandingan kualitas terbaik pada material RAP yang tampah penambhan asbuton dan material Rap yang menggunakan Asbuton.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (1997). SNI 03-4428-1997: *Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastik dengan Cara Setara Pasir*. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–10.

Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Cara uji daktilitas aspal SNI 2432:2011*. *Badan Standarisasi Nasional.*

Diretorate General of Highways. (2020). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. *Ministry of Public Works and Housing*, *Oktober*, 1036.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2016). (Direktorat Jenderal Bina Marga 2012.*Correspondencias & Análisis*, *15018*, 1–23.

Fatoni, Ahmad. "*Pengaruh Penggunaan Aspal Buton B5/20 dengan Agregat Lokal Madura Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall.*" *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil* 6.1 (2021): 11-14.

Marga, B. (1991). *Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal dengan Cara A. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum*.

Masri, Yumin, Vera Th C. Siahaya, and Penina Istia. *"Pengaruh Penambahan Aspal Terhadap Stabilitas Marshall Pada Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Di Ruas Jalan Jenderal Sudirmal–Rijali Kota Ambon." JURNAL SIMETRIK* 13.1 (2023): 683-689.

Nasional, B. S. (2011). SNI 2441: 2011, *Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum*.

Nasional, B. S. (2012). *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*. In *ICS* (Vol. 91, p. 30).

Nasional, B. S. (2012). *Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah pada Agregat Kasar*.

Nasional, B. S. (2011). SNI 2433: 2011 *Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Up*. *Jakarta Badan Stand. Nas*, 1-18.

Permana, Arsandy Brian, and P. U. R. W. O. Mahardi. *"Analisa Campuran AC-WC Pen 60/70 Dengan Agregat Reclaimed Asphalt Pavement (Rap) Dan Filler Abu Batu Sebagai Campuran Untuk Penambahan Low Density Polyethylene (Ldpe)." Rekayasa Teknik Sipil* 2.1 (2019).

Siahaya, V. T. C., Huwae, D. D., Matitaputty, J. R., & Mataheru, E. N. (2023). *Rancangan Campuran Kerja AC-WC Dengan Asbuton B 5/20 Sebagai Bahan Tambah Pada Ruas Jalan Mako Modanmohe Pulau Buru*. *Proceedings of Life and Applied Sciences*, *3*.

Sukirman, S, 2003. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova, Bandung.

SNI 06-2489-1991. (1991). *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall*.

SNI 2434:2011. (2011). SNI 2434:2011 *Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)*. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–17. http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/sni-24342011.pdf

SNI ASTM C117:2012. (2012). Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 micron-meter (No . 200) dalam agregat mineral dengan pencucian (ASTM C117–2004, IDT). Society, *79(200), 11598–11606.*

).