

**PENELITIAN NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL ANTARA MATERIAL RAP
(RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) DENGAN MATERIAL AGREGAT NORMAL DAN
PENGUNAAN ASBUTON MURNI (PG 70) PADA CAMPURAN AC –WC**

Firminus Bombang¹, Dr. Ir Nusa Sebayang, MT.², Mochammad Erfan, S.T., M.T.³

¹²³*Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang*

Email: firminusbombang@gmail.com

ABSTRACT

RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) is a road pavement mixture (consisting of asphalt and aggregate material) taken from old pavement and then reprocessed to become asphalt pavement material for reconstruction or overlay work. Asphalt waste, which is usually produced from maintaining and replacing road surface layers, has the potential to be an alternative to replacing normal aggregate in AC - WC mixtures. Utilizing asphalt waste as raw material in AC - WC mixtures can help reduce the amount of waste discharged into the environment and reduce dependence on natural aggregates. Therefore, it is necessary to check the quality, as well as carry out testing and development of RAP aggregates originating from city factories. Kediri for the AC-WC mixture, so that it can be used in accordance with the specifications set by the Ministry of Public Works, Directorate of Highways in 2018. Results of analysis of AC-WC marshall parameter test values obtained in tests with variations in asphalt content of 4.40%, 4.90 %, 5.40%, 5.90%, and 6.40%. From variations in asphalt content, the average aggregate stability value for Normal was 1552.53 kg, Flow 3.58 mm, VIM 4.18%, VMA 15.92%, VFA 73.72%, and Marshall quotient (MQ) 434.99 kg/mm while for the Rap aggregate the Stability value was 1212.20 kg, Flow 3.67 mm, VIM 4.23%, VMA 15.71%, VFA 73.08%, and Marshall quotient (MQ) 330.44%, After that, the optimum asphalt content (KAO) in the normal aggregate was 5.55% by carrying out a test and the results met the requirements with a value of 92.46% and in the Rap aggregate it was 5.61% by conducting a test and the results met the requirements with a value of 91.26 % of both tests have met the minimum requirement of 90%.

Keywords: Normal, RAP, AC-WC, (KAO), Marshall.

ABSTRAK

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah campuran perkerasan jalan (yang terdiri dari material aspal dan agregat) yang diambil dari perkerasan lama untuk kemudian diproses kembali untuk menjadi material perkerasan aspal untuk keperluan pekerjaan rekonstruksi atau pelapisan ulang (overlay). Limbah aspal yang biasanya dihasilkan dari pemeliharaan dan penggantian lapisan permukaan jalan, memiliki potensi sebagai alternatif pengganti agregat normal pada campuran AC - WC. Pemanfaatan limbah aspal sebagai bahan baku dalam campuran AC - WC dapat membantu mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan dan mengurangi ketergantungan terhadap agregat alam. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeriksaan terhadap kualitas, serta melakukan pengujian dan pengembangan terhadap agregat RAP yang berasal dari workshop kota Kediri terhadap campuran AC-WC, agar dapat digunakan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan kementerian pekerjaan umum, Direktorat Bina Marga tahun 2018. Hasil analisa nilai uji parameter marshall AC-WC yang diperoleh pada pengujian dengan variasi kadar aspal 4,40%, 4,90%, 5,40%, 5,90%, dan 6,40%. Dari variasi kadar aspal didapat nilai rata-rata stabilitas agregat Normal 1552,53 kg, Flow 3,58 mm, VIM 4,18%, VMA 15,92%, VFA 73,72%, dan Marshall quotient (MQ) 434,99 kg/mm sedangkan pada agregat Rap didapat nilai Stabilitas 1212,20 kg, Flow 3,67 mm, VIM 4,23%, VMA 15,71%, VFA 73,08%, dan Marshall quotient (MQ) 330,44%, Setelah itu didapatkan kadar aspal optimum (KAO) pada agregat normal 5,55% dengan melakukan uji dan hasilnya memenuhi syarat dengan nilai 92,46% dan pada agregat Rap sebesar 5,61% dengan melakukan uji dan hasilnya memenuhi syarat dengan nilai 91,26% dari kedua pengujian sudah memenuhi syarat minimum 90%.

Kata kunci: Normal, RAP, AC-WC, (KAO), Marshall.

1. PENDAHULUAN

Teknologi daur ulang merupakan salah satu alternatif pemecahan karena efektif dan efisien untuk pembuatan material baru. RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah campuran perkerasan jalan (yang terdiri dari material aspal dan agregat) yang diambil dari perkerasan lama untuk kemudian diproses kembali untuk menjadi material perkerasan aspal untuk keperluan pekerjaan rekonstruksi atau pelapisan ulang (overlay).

Limbah aspal yang biasanya dihasilkan dari pemeliharaan dan penggantian lapisan permukaan jalan, memiliki potensi sebagai alternatif pengganti agregat normal pada campuran AC - WC.

Pemanfaatan limbah aspal sebagai bahan baku dalam campuran AC - WC dapat membantu mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan dan mengurangi ketergantungan terhadap agregat alam. Namun, sebelum melibatkan limbah aspal sebagai pengganti agregat normal dalam campuran AC - WC, perlu dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap karakteristik campuran tersebut.

Salah satu material yang digunakan dalam konstruksi jalan adalah campuran aspal beton (AC-WC). Beton aspal merupakan jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, atau tanpa bahan tambahan. Sebagai salah satu komponen penting dalam campuran AC - WC, agregat normal berperan memberikan kekuatan struktural dan stabilitas pada permukaan jalan. Namun, penggunaan agregat normal yang semakin meningkat juga berdampak pada kebutuhan terhadap pasokan agregat alam yang terbatas.

pada penelitian ini membahas **PENELITIAN PERBANDINGAN NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL ANTARA MATERIAL RAP (*RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT*) DENGAN MATERIAL AGREGAT NORMAL DAN PENGGUNAAN ASBUTON MURNI (PG 70) PADA CAMPURAN AC - WC.**

2. TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Aspal

Secara umum aspal adalah material perekat berwarna hitam atau coklat tua (Sukirman, 2016) Aspal sebagai pengikat (*binder*) adalah material alami yang berwarna hitam kecoklatan, jika aspal di panaskan pada suhu tertentu maka aspal dapat mencair dan dapat dicampurkan dengan agregat,

Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan (SNI 03-1737-1989). Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume.

Filler

Filler pada campuran perkerasan jalan adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butiran pengisi rongga diantara partikel agregat kasar, sedang dan halus dalam rangka mengurangi besarnya rongga, meningkatkan kerapatan dan stabilitas. Filler ini didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dapat berupa debu batu kapur, debu dolomit, atau semen.

Reclaimed Aspal Pavement

Limbah Aspal (*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah limbah aspal yang didapat dari pengerukan perkerasan jalan, Limbah Aspal (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sendiri jarang dimanfaatkan dan menumpuk di suatu tempat yang mengganggu lingkungan sekitarnya.

Gambar 2.1 Limbah Aspal (*Reclaimed Aspal Pavement*)



Sumber: Dokumentasi

Aspal AC-WC

Aspal AC-WC atau *laston* Laston dibuat dengan mencampur agregat kasar dan halus, filler, dan aspal keras, lalu menghamparkan dan memadatkan campuran tersebut pada suhu tertentu. Laston memiliki nilai struktur, kedap air, dan stabilitas yang tinggi. Ia juga dapat memberikan daya dukung yang terukur dan melindungi konstruksi di bawahnya. Laston sering digunakan untuk jalan

dengan beban lalu lintas berat. spesifikasi bina marga 2018.

Tabel 2.1 Ketentuan Aspal AC-WC

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250		300
Kelelahan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6

Sumber: (Spesifikasi Umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi Jalan dan Jembatan)

3. METODELOGI PENELITIAN

Tempat dan Lokasi Penelitian

a. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental yang akan dilaksanakan di laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang.

Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian.
- Studi eksperimen, dilakukan di laboratorium untuk mendapat data-data yang diperlukan. Data-data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

Populasi dan Sampel

Tabel 3.1 Rancangan Campuran Benda Uji

Pengujian	Variasi kadar aspal (%)					Jumlah sampel
	p-1	p-0,5	p	P+0,5	P+1	
Penentuan kadar aspal optimum (100% batu alami)	3	3	3	3	3	15
pengujian	Variasi pengganti agregat aspal (Limbah Aspal)					Jumlah sampel
	0%	25%	50%	75%	100%	
Pengujian marshall untuk beberapa variasi kadar pengganti agregat Limbah aspal (RAP)	3	3	3	3	3	15
						30

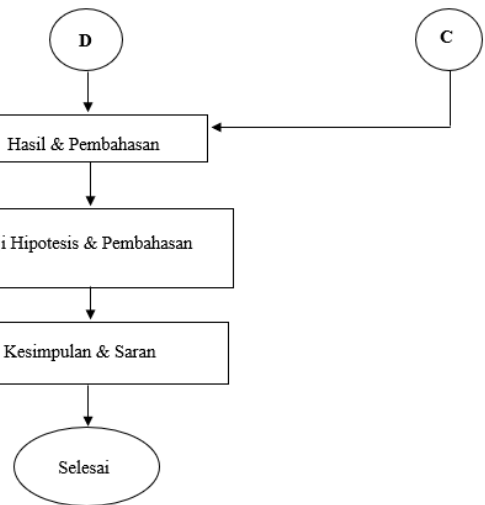
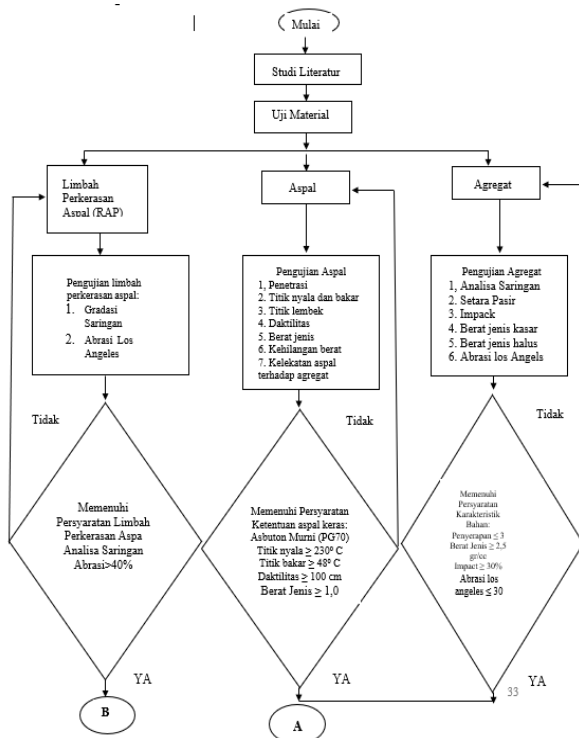
Alat Penelitian

- Saringan atau ayakan 11/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 dan pan.
- Sekop digunakan sebagai alat mengambil sampel material di laboratorium maupun pada saat pengambilan material.
- Timbangan kapasitas 20 kg dengan ketelitian 0,5 gr dan timbangan kapasitas 3000 gr dengan ketelitian 0,1 gram.
- Sendok pengaduk dan spatula.
- Thermometer sebagai alat pengukur suhu aspal dan juga material.
- Cetakan mold berbentuk silinder yang berdiameter 101,6 mm (4 in) dan tinggi 76,2 (3in), beserta jack hammer marshall.
- Dongkrak hidrolik berfungsi sebagai alat untuk mengeluarkan benda uji marshall dari mold.
- Cat dan spidol untuk menandai benda uji.
- Oven pengering material
- Alat uji *Marshall test* dilengkapi dengan penekan kepala penekan (Breaking Head), cincing Penguji (*Proving Ring*) dan arloji (*dial*) dengan Kalibrasi.

Bahan Penelitian

Bahan-bahan dan material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat, aspal Asbuton murni PG70, dan Limbah Aspal (*Reclaimed Asphalt Pavement*). aspal yang didapatkan dari *Asphalt Mixing Plant* Institut Teknologi Nasional malang. Pada penelitian ini, bahan – bahan yang digunakan berupa agregat kasar, agregat halus, , agregat yang di dapatkan dari pasuruan. Agregat Limbah Aspal (*Reclaimed Asphalt Pavement*) yang didapatkan dari hasil pengupasan menggunakan alat *Cold Milling* dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Kediri, dan aspal Asbuton murni PG70 di dapat dari Laboratorium Bahan Konstruksi ITN Malang.

3. Alur Penelitian



Gambar 1 Bagan alir penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil uji Agregat dan Aspal

a) Agregat

Dari hasil pengujian agregat yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura No.02 Kota Malang diketahui bahwa pengujian pengujian material agregat memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 untuk digunakan sebagai bahan campuran AC-WC. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada tabel:

Tabel 4.2 hasil pengujian agregat normal

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
AGREGAT HALUS						
1	Berat Jenis Agregat 0-5	SNI 1970 : 2016	$\geq 2,50$	2,61	-	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat 0-5		≤ 3	1,52	%	Memenuhi
3	Gum Lempung & Butir Mudah Pecah	SNI 4141 : 2015	≤ 1	0,67	%	Memenuhi
4	Material lolos ayakan No. 200 (0 - 5)	SNI ASTM C117 : 2012	≤ 10	9,81	%	Memenuhi
5	Nilai Setara Pasir	SNI 03 - 4428 - 1997	≥ 50	64,11	%	Memenuhi
6	Berat Jenis Semen	SNI 2531 : 2015	-	2,86	-	-
AGREGAT KASAR						
7	Berat Jenis Ag. 5-10	SNI 1969 : 2016	$\geq 2,50$	2,64	-	Memenuhi
8	Berat Jenis Ag. 10-10		$\geq 2,50$	2,65	-	Memenuhi
9	Berat Jenis Ag. 10-20		$\geq 2,50$	2,61	-	Memenuhi
10	Berat Jenis Ag. 20-30		$\geq 2,50$	2,56	-	Memenuhi
11	Penyerapan Ag. 5-10	SNI 1969 : 2016	≤ 3	1,86	%	Memenuhi
12	Penyerapan Ag. 10-10		≤ 3	1,73	%	Memenuhi
13	Penyerapan Ag. 10-20		≤ 3	1,43	%	Memenuhi
14	Penyerapan Ag. 20-30		≤ 3	1,82	%	Memenuhi
15	Material lolos ayakan No. 200 (5 - 10)	ASTM C117 : 2012	≤ 1	0,69	%	Memenuhi
16	Material lolos ayakan No. 200 (10 - 10)		≤ 1	0,57	%	Memenuhi
17	Material lolos ayakan No. 200 (10 - 20)		≤ 1	9,07	%	Tidak
18	Material lolos ayakan No. 200 (20 - 30)		≤ 1	9,07	%	Tidak
19	Abrasi 100 Putaran	SNI 2417 : 2008	≤ 8	5,17	%	Memenuhi
20	Abrasi 500 Putaran		≤ 40	19,55	%	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa

Tabel 4.3 hasil pengujian agregat RAP

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
AGREGAT HALUS						
1	Berat Jenis Agregat 0-5	SNI 1970 : 2016	$\geq 2,50$	2,55	-	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat 0-5		≤ 3	0,97	%	Memenuhi
3	Gum. Lempung & Butir Mudah Pecah	SNI 4141 : 2015	≤ 1	0,87	%	Memenuhi
4	Material lolos ayakan No. 200 (0 - 5)	SNI ASTM C117 : 2012	≤ 10	9,88	%	Memenuhi
5	Nilai Setara Pasir	SNI 03 - 4428 - 1997	≥ 50	77,53	%	Memenuhi
6	Berat Jenis Semen	SNI 2531 : 2015	-	2,86	-	-
AGREGAT KASAR						
7	Berat Jenis Ag. 5-10	SNI 1969 : 2016	$\geq 2,50$	2,56	-	Memenuhi
8	Berat Jenis Ag. 10-10		-	2,59	-	Memenuhi
9	Penyerapan Ag. 5-10		≤ 3	2,30	%	Memenuhi
10	Penyerapan Ag. 10-10	ASTM C117 : 2012	-	1,96	%	Memenuhi
11	Material lolos ayakan No. 200 (5 - 10)		≤ 1	0,93	%	Memenuhi
12	Material lolos ayakan No. 200 (10 - 10)	SNI 2417 : 2008	≤ 8	9,33	%	Tidak
13	Abrasi 100 Putaran		≤ 40	28,03	%	Memenuhi
14	Abrasi 500 Putaran					

Sumber : Hasil Analisa

b) Aspal

Dari hasil pengujian agregat yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Bendungan Sigura – gura No.2 Malang, diketahui bahwa pengujian material agregat memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk digunakan sebagai bahan campuran aspal *Jenis AC-WC*. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.4 hasil aspal

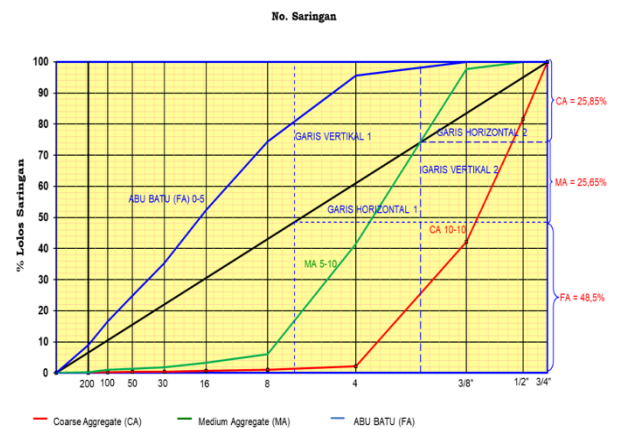
No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Penetrasi Pada 25°C	SNI 2456 : 2011	-	41,89	10 ⁻¹ mm	-
2	Berat Jenis Aspal	SNI 2441 : 2011	-	1,07	-	-
3	Daktilitas Pada 25°C	SNI 2432 : 2011	≥ 100	105,0	cm	-
4	Titik Nyala	SNI 2433 : 2011	≥ 230	247	°C	Memenuhi
5	Titik Bakar		-	248	°C	-
6	Titik Lembek Aspal	SNI 2434 : 2011	≥ 48	56,0	°C	-
Pengujian Residu Hasil TFOT/RTFOT						
7	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	≤ 1	0,083	%	Memenuhi
8	Penetrasi Pada 25°C (% Semula)	SNI 2456 : 2011	≥ 54	83,02	%	-
9	Daktilitas Pada 25°C	SNI 2432 : 2011	≥ 50	101	cm	-

Sumber : Hasil Analisa

Komposisi campuran

Setelah dilakukan pemeriksaan analisa gradasi untuk mengetahui berat dan prosentase agregat yang lolos pada masing – masing saringan, maka selanjutnya dihitung proporsi agregat dalam campuran dengan menggunakan metode grafis seperti pada grafik dan tabel komposisi campuran

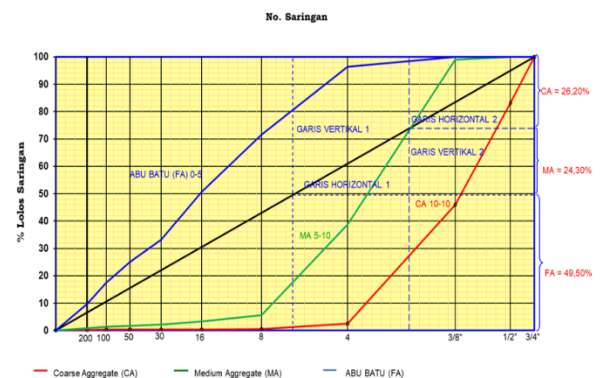
DIAGRAM DIAGONAL



Sumber : Hasil Analisa

Gambar 4.1 Diagram Diagonal Normal

DIAGRAM DIAGONAL



Sumber : Hasil Analisa

Gambar 4.2 Diagram Diagonal RAP

Komposisi Campuran Normal Untuk Variasi Aspal

Tabel 4.5 Perencanaan Komposisi Campuran Agregat Normal AC-WC

URAIAN						NILAI	SATUAN
Proporsi Fraksi Kasar					CA	61,24	%
Proporsi Fraksi Halus					FA	33,33	%
Proporsi Bahan Pengisi					FF	5,43	%
Total						100,00	%
Nilai Konstanta					K	0,75	-
Perkiraan Kadar Aspal					Pb	5,40	%
Rumus Perkiraan Kadar Aspal (Pb): $Pb = 0,035 \times (CA) + 0,045 \times (FA) + 0,18 \times (FF) +$ Konstanta (laston : 0,5-1 & lataston : 1-2)							Campuran Gmm
Jenis Material	% Proporsi Agg.	KADAR ASPAL RENCANA(%)					
		4,40 %	4,90 %	5,40 %	5,90 %	6,40 %	5,40 %
		% Proporsi Campuran					
10/10	26,50	25,33	25,20	25,07	24,94	24,80	25,07
5/10	24,00	22,94	22,82	22,70	22,58	22,46	22,70
0/5	48,50	46,37	46,12	45,88	45,64	45,40	45,88
Filler	1,00	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,95
Total	100,00	95,60	95,10	94,60	94,10	93,60	94,60
		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Jenis Material	Komposisi (%)	KADAR ASPAL RENCANA(%)					
		4,40 %	4,90 %	5,40 %	5,90 %	6,40 %	5,40 %
		Berat Agregat (gr)					
10/10	26,50	304,0	302,4	300,8	299,2	297,6	275,8
5/10	24,00	275,3	273,9	272,4	271,0	269,6	249,7
0/5	48,50	556,4	553,5	550,6	547,7	544,8	504,7
Filler	1,00	11,5	11,4	11,4	11,3	11,2	10,4
Berat total Ag. Camp. (gr)		1147,2	1141,2	1135,2	1129,2	1123,2	1040,6
Berat aspal (gr)		52,8	58,8	64,8	70,8	76,8	59,4
Berat total campuran (gr)		1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1100,0

Sumber : Hasil Analisa

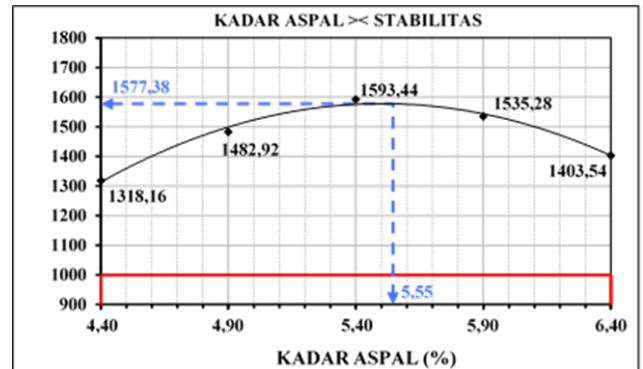
Tabel 4.6 Perencanaan Komposisi Campuran Agregat RAP AC-WC

URAIAN					NILAI	SATUAN	
Proporsi Fraksi Kasar				CA	62,86	%	
Proporsi Fraksi Halus				FA	31,15	%	
Proporsi Bahan Pengisi				FF	5,99	%	
Total					100,00	%	
Nilai Konstanta				K	0,75	-	
Perkiraan Kadar Aspal				Pb	5,40	%	
Rumus Perkiraan Kadar Aspal (Pb): $Pb = 0,035 \times (CA) + 0,045 \times (FA) + 0,18 \times (FF) + \text{Konstanta (laston : 0,5-1 \& lataston : 1-2)}$						Campuran Gmm	
Jenis Material	% Proporsi Agg.	KADAR ASPAL RENCANA (%)					
		4,40 %	4,90 %	5,40 %	5,90 %		6,40 %
		% Proporsi Campuran					
10/10	26,50	25,33	25,20	25,07	24,94	24,80	25,07
5/10	24,00	22,94	22,82	22,70	22,58	22,46	22,70
0/5	48,50	46,37	46,12	45,88	45,64	45,40	45,88
Filler	1,00	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,95
Total	100,00	95,60	95,10	94,60	94,10	93,60	94,60
		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Jenis Material	Komposisi (%)	KADAR ASPAL RENCANA (%)					
		4,40 %	4,90 %	5,40 %	5,90 %	6,40 %	5,40 %
		Berat Agregat (gr)					
10/10	26,50	304,0	302,4	300,8	299,2	297,6	275,8
5/10	24,00	275,3	273,9	272,4	271,0	269,6	249,7
0/5	48,50	556,4	553,5	550,6	547,7	544,8	504,7
Filler	1,00	11,5	11,4	11,4	11,3	11,2	10,4
Berat total Ag. Camp. (gr)		1147,2	1141,2	1135,2	1129,2	1123,2	1040,6
Berat aspal (gr)		52,8	58,8	64,8	70,8	76,8	59,4
Berat total campuran (gr)		1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1100,0

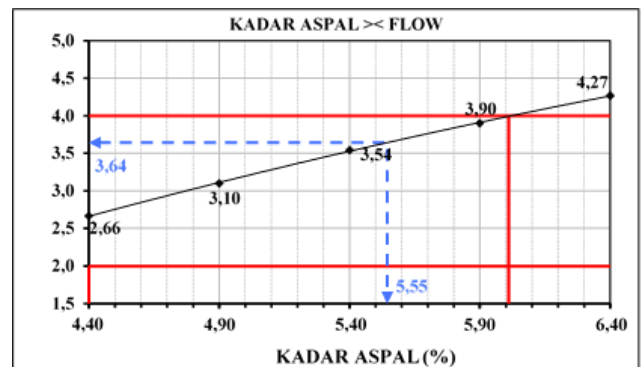
Sumber : Hasil Analisa

Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC Normal

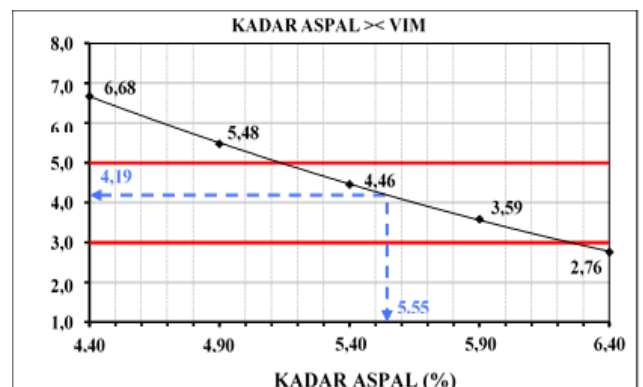
Menentukan kadar aspal optimum (KAO) Campuran AC – WC Normal dilakukan dengan cara mengambil nilai tengah dari parameter marshall yaitu stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA dan VFA berdasarkan dari hasil perhitungan parameter marshall yang digambarkan pada grafik dibawah ini:



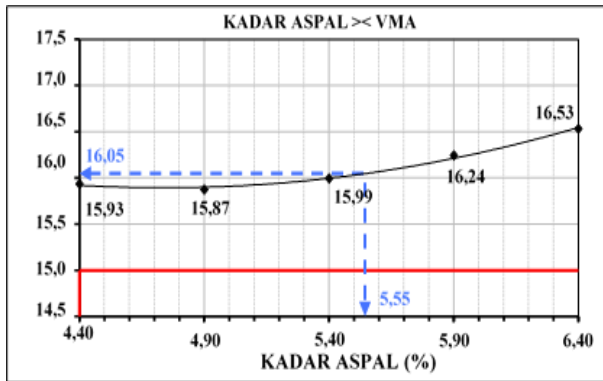
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas Agregat Normal



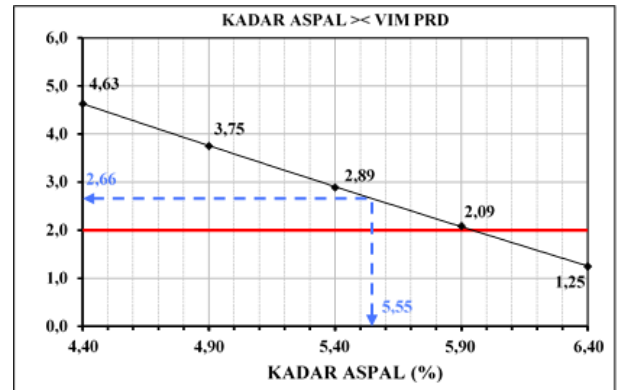
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Flow Agregat Normal



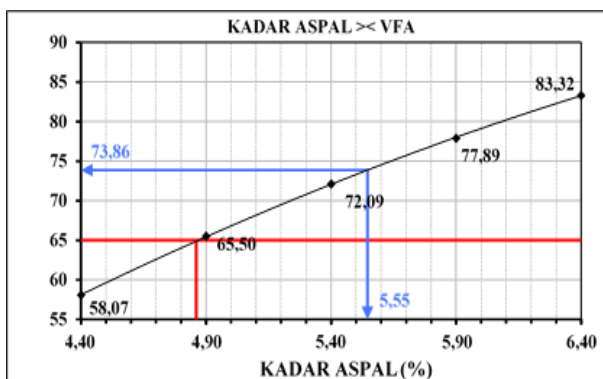
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VIM Agregat Normal



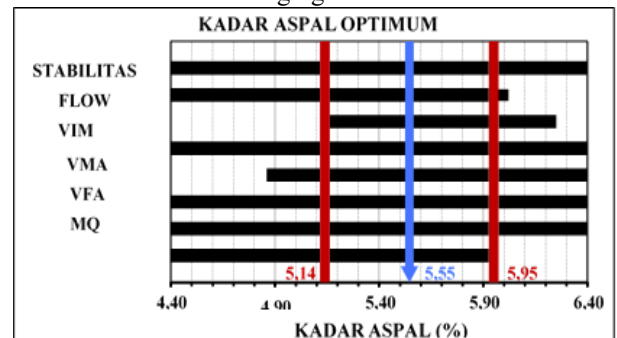
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VMA Agregat Normal



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan PRD Agregat Normal



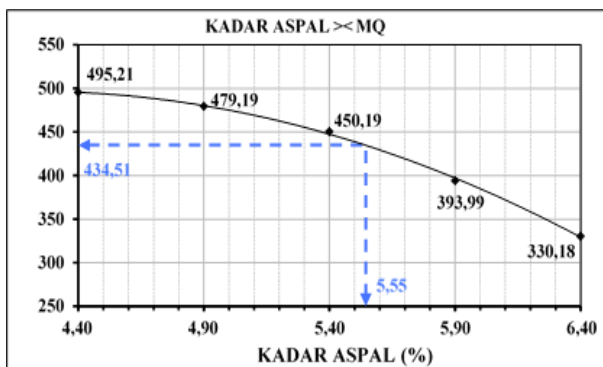
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VFA Agregat Normal



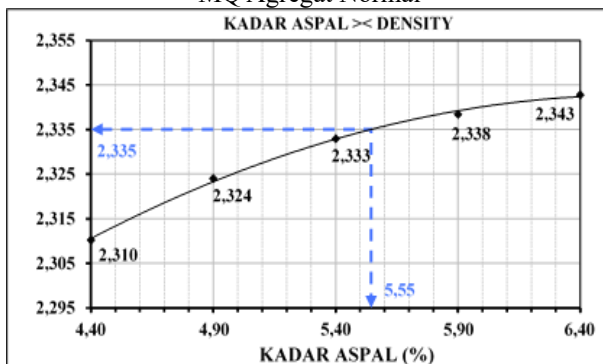
Gambar 4.11 Grafik Diagram Batang Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC Normal

Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-WC RAP

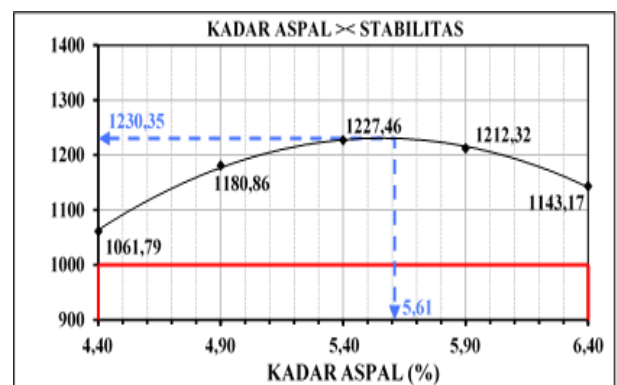
Menentukan kadar aspal optimum (KAO) Campuran AC – WC RAP dilakukan dengan cara mengambil nilai tengah dari parameter marshall yaitu stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA dan VFA berdasarkan dari hasil perhitungan parameter marshall yang digambarkan pada grafik dibawah ini:



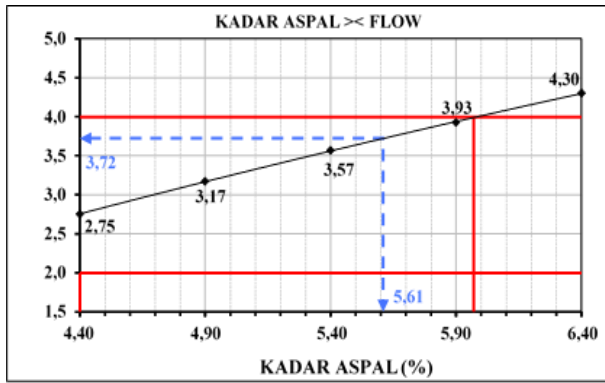
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan MQ Agregat Normal



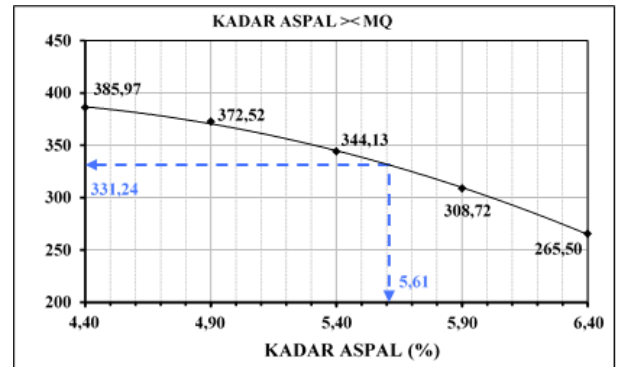
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Density Agregat Normal



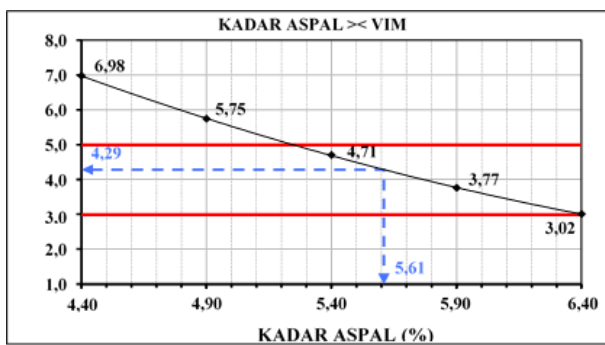
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas Agregat RAP



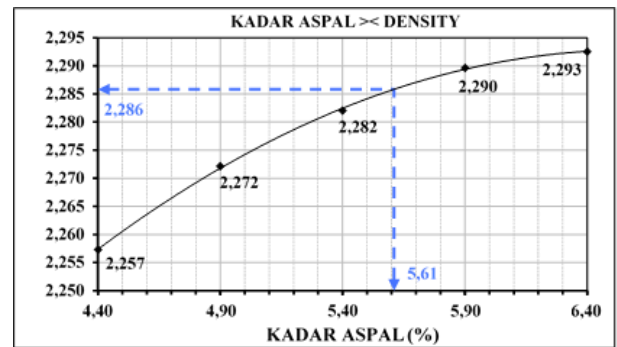
Gambar 4.12 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Flow Agregat RAP



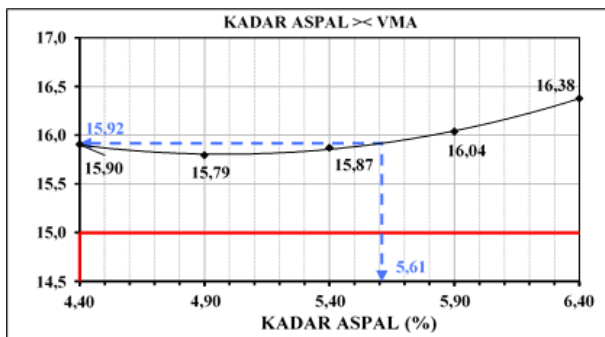
Gambar 4.16 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan MQ Agregat RAP



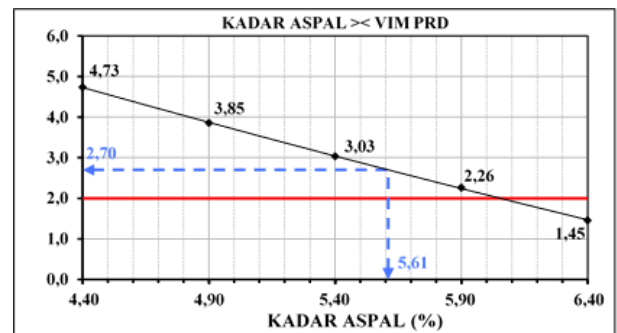
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VIM Agregat RAP



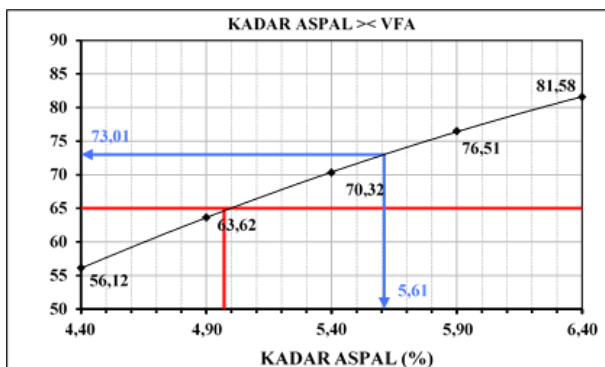
Gambar 4.17 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Density Agregat RAP



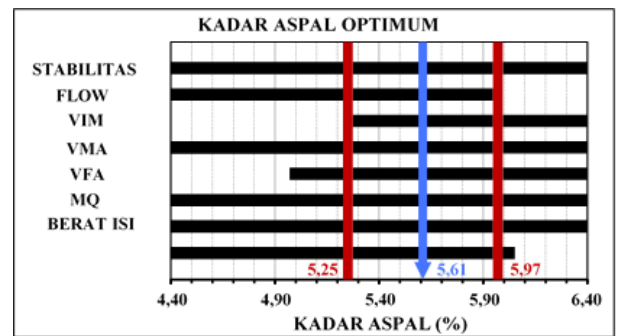
Gambar 4.14 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VMA Agregat RAP



Gambar 4.18 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Density Agregat RAP



Gambar 4.15 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan VFA Agregat RAP



Gambar 4.19 Grafik Diagram Batang Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC RAP

Hasil Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Agregat, Karakteristik Marshall Dan kadar Aspal Optimum (KAO) Pada Agregat Normal Dan RAP

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Rata-rata Presentase Analisa Saringan Agregat Normal dan RAP

Ukuran saringan	Agregat Normal			Agregat RAP		
	Rata-rata Proaentase Lolos			Rata-rata Proaentase Lolos		
	0-5	5-10	10-10	0-5	5-10	10-10
1 ½" (37,5 mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1" (25 mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
¾" (19 mm)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
½" (12,5 mm)	100,00	100,00	81,62	100,00	100,00	83,16
3/8" (9,5 mm)	100,00	97,71	42,17	100,00	98,93	45,97
No.4 (4,75 mm)	96,35	41,48	2,10	95,54	38,82	2,52
No.8 (2,36 mm)	71,48	5,99	1,07	74,31	5,56	0,53
No.16 (1,18 mm)	50,70	3,27	0,65	52,38	3,36	0,35
No.30 (0,6 mm)	33,24	1,87	0,47	35,38	2,16	0,34
No.50 (0,28 mm)	24,96	1,41	0,25	24,79	1,70	0,33
No.100 (0,15 mm)	17,60	1,09	0,25	16,52	1,33	0,30
No.200 (0,075 mm)	9,70	0,31	0,09	8,93	0,92	0,24
p a n						

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Data Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum (KAO) Agregat RAP dan Agregat Normal pada Perendaman 30 Menit dan 24 Jam

Nilai Karakteristik Marshall Campuran	Marshall Rendaman 30 Menit (KAO) 5,61 %		Marshall Rendaman 24 jam (KAO) 5,55 %		Spesifikasi Umum Bina Marga 2018	Keterangan
	Normal	RAP	Normal	RAP		
Stabilitas (Kg)	1552,53	1212,2	1435,48	1106,29	≥ 800	Memenuhi
Flow (mm)	3,58	3,67	3,89	3,94	2 - 4	Memenuhi
VIM (%)	4,18	4,23	4,11	4,3	3 - 5	Memenuhi
VMA (%)	15,92	15,71	15,85	15,77	≥ 15	Memenuhi
MQ (Kg/mm)	434,99	330,44	368,76	280,58		
VFA (%)	73,72	73,08	74,07	72,75	≥ 65	Memenuhi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasar hasil dari pengujian material agregat normal dan material agregat RAP pada hotmix AC – WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasar hasil dari pengujian Menganalisa kerarakteristik agregat Normal dan RAP telah memenuhi spesifikasi untuk perkerasan jalan campuran aspal beton jenis AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) dengan nilai sebagai berikut:

Pengujian Agregat	Hasil Pengujian		Spesifikasi Bina Marga 2018	Keterangan
	Normal	RAP		
Berat Jenis Agregat 0-5	2,61	2,55	(Syarat ≥ 2,50)	Memenuhi
Berat Jenis Agregat 5-10	2,64	2,56		
Berat Jenis Agregat 10-10	2,65	2,59		
Penyerapan Agregat 0-5	1,52	0,97	(syarat ≤3)	Memenuhi
Penyerapan Agregat 5-10	1,86	2,3		
Penyerapan Agregat 10-10	1,73	1,96		
Abrasi 100 Putaran	5,17	9,33	(syarat ≤8)	Memenuhi
Abrasi 500 Putaran	19,55	28,03	(syarat ≤40)	Memenuhi
Gum. Lempung dan Butir Mudah Pecah	0,67	0,87	(Syarat ≥ 1)	Memenuhi
Nilai Setara Pasir	64,11	77,53	(Syarat ≥ 50)	Memenuhi

- Berdasarkan hasil pengujian nilai karakteristik marshall dengan menggunakan agregat Normal dan RAP dapat dilihat pada tabel bikrut:

Nilai Karakteristik Marshall Campuran	Marshall Rendaman 30 Menit (KAO) 5,61 %		Marshall Rendaman 24 jam (KAO) 5,55 %		Spesifikasi Umum Bina Marga 2018	Keterangan
	Normal	RAP	Normal	RAP		
Stabilitas (Kg)	1552,53	1212,2	1435,48	1106,29	≥ 800	Memenuhi
Flow (mm)	3,58	3,67	3,89	3,94	2 - 4	Memenuhi
VIM (%)	4,18	4,23	4,11	4,3	3 - 5	Memenuhi
VMA (%)	15,92	15,71	15,85	15,77	≥ 15	Memenuhi
MQ (Kg/mm)	434,99	330,44	368,76	280,58		
VFA (%)	73,72	73,08	74,07	72,75	≥ 65	Memenuhi

- Berdasarkan gambar grafik 4.23 didapat nilai KAO pada agregat normal sebesar 5,55% dan pada Gambar grafik 4.32 di dapat nilai KAO pada Agregat RAP sebesar 5,61%.

Saran

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

- Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian dengan menggunakan agregat RAP dari tempat yang sama namun menambahkan bahan tambahan dalam penelitian dan menggunakan jenis hotmix lain.
- Diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang potensi penggunaan limbah aspal sebagai bahan pengganti agregat normal pada campuran AC-WC di Kabupaten Pasuruan dan kontribusinya terhadap karakteristik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2011). Cara uji berat jenis aspal keras, SNI 2441:2011. *Badan Standardisasi Nasional*.
- Anonim. (2011). SNI 2433: 2011 Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Up. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–18. www.bsn.go.id

- Anonim. (2012). Metode uji penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar, SNI 7619:2012. *Badan Standardisasi Nasional*.
- Anonim. (2012). SNI ASTM C136:2012. Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–24.
- Anonim. 2017. *PEMERIKSAAN BERAT ISI AGREGAT (AASHTO T-19-74)(ASTM C-29- 71)*. 2411151166.
- Anonim. 2018. *Metode pengujian kehilangan berat minyak dan aspal dengan cara A*, SNI 06- 2440-1991, SK SNI M-29-1990-F. 1–5.
- Akhbar, H. T., Hadi, W., & Daryati, D. (2019). *Kajian Parameter Marshall Dengan Menggunakan Limbah Karet Ban-Dalam Kendaraan Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Lapis Atas Permukaan Aspal Beton (Ac-Wc)*. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 14(2).
<https://doi.org/10.21009/jmenara.v14i2.18120>
- British Standards Institution. (1975). *Testing aggregates*. 531(March), 2–4.
- 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 Standardisasi Nasional. (2011). Cara uji daktilitas aspal SNI 2432:2011. *Badan Standardisasi Nasional*.
- Direktorat 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.
- Qamar, L. M. S., & Agus, I. (2022). Karakteristik Uji Marshall Campuran Asbuton Tipe Lawele Bitumen Rendah Menggunakan Modifier Aspal Lawele. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 11(1), 40–45.
<https://doi.org/10.55340/jmi.v11i1.827>
- SNI 06-2489-1991. (1991). Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. *Badan Standardisasi Nasional*, 1, 6.
- 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.
- Setiawan, T., Erfan, M., & Sipil, J. T. (2020). *PEMANFAATAN LIMBAH PERKERASAN ASPAL (RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT) SEBAGAI BAHAN PENGANTI AGREGAT 5 – 10 PADA CAMPURAN HRS-BASE (HOT ROLLED SHEET-BASE) TERHADAP KARAKTERISTIK Aspal HRS-BASE Tempat dan Waktu Penelitian*. X(X), 1–7.