

## PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PERKERASAN ASPAL (*RECLAIMED ASPHALT*) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT PADA CAMPURAN AC-WC (*ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE*) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Nanang Hermawan<sup>1</sup>, Eding Iskak Imananto<sup>2</sup>, Mohammad Erfan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang  
Email: [nanang9d21@gmail.com](mailto:nanang9d21@gmail.com)

### ABSTRACT

The use of asphalt in the road construction industry has become a common choice due to its durable properties and good carrying capacity. However, the use of asphalt in road construction also produces reclaimed asphalt waste resulting from road maintenance, repair, and reconstruction. With increasing concern for the environment and efforts to reduce the use of limited natural resources, there has been a growing interest in utilizing asphalt pavement waste as a substitute for aggregate in AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) mixtures. Based on extraction testing conducted on asphalt pavement waste, the average asphalt content obtained was 1.76%. Based on the quality specification of reclaimed asphalt set by the National Asphalt Pavement Association (NAPA) 1996 states that the minimum asphalt content contained in asphalt pavement waste is 3.80%, then pavement waste containing asphalt content below the specification can be ignored. The variation of adding asphalt pavement waste in this study was 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% to aggregate weight 5-10 with variations in noble asphalt content from 5% to 7% and obtained an Optimum Asphalt Content (KAO) value of 5.96%. The mixing of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) or asphalt pavement waste affects the increase in Stability, Flow, Marshall Quotien (MQ), VFA, and Volume Weight, this is caused by replacing aggregate 5 – 10 using asphalt pavement waste. The physical properties of the aggregate show the durability of mechanical loads by testing using the Los Angeles tool, the results show that the percentage of wear of asphalt pavement waste aggregate is smaller than normal aggregate. The asphalt covering the aggregate grain causes the Stability, Flow, Marshall Quotien (MQ), VFA, and Volume Weight values to be greater than using normal aggregate. The decrease in VIM and VMA values is also caused by the factor that there is still asphalt attached to the aggregate resulting in fewer cavities in the mixture and cavities between aggregates.

Keywords: Aggregate; AC-WC; *Marshall*; Reclaimed Asphalt.

### ABSTRAK

Penggunaan aspal dalam industri konstruksi jalan telah menjadi pilihan yang umum karena sifatnya yang tahan lama dan daya dukung yang baik. Akan tetapi, penggunaan aspal dalam pembangunan jalan juga menghasilkan limbah perkerasan aspal (*reclaimed asphalt*) yang dihasilkan dari pemeliharaan, perbaikan, dan rekonstruksi jalan. Dengan semakin meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan dan upaya untuk mengurangi penggunaan sumber daya alam yang terbatas, telah muncul minat dalam memanfaatkan limbah perkerasan aspal sebagai bahan pengganti agregat dalam campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*). Berdasarkan pengujian ekstraksi yang dilakukan pada limbah perkerasan aspal didapat rata-rata kadar aspal yang diperoleh adalah 1,76 %. Spesifikasi kualitas *reclaimed asphalt* yang ditetapkan oleh National Asphalt Pavement Association (NAPA) 1996 menyatakan bahwa kadar aspal minimum yang terkandung dalam limbah perkerasan aspal adalah 3,80 %, Maka limbah perkerasan yang mengandung kadar aspal dibawah spesifikasi tersebut dapat diabaikan. Variasi penambahan limbah perkerasan aspal dalam penelitian ini adalah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap berat agregat 5-10 dengan variasi kadar aspal mulai dari 5% sampai dengan 7% dan didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,96%. Pencampuran *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* atau limbah perkerasan aspal berpengaruh terhadap naiknya angka Stabilitas, Flow, Marshall Quotien (MQ), VFA, dan Berat Volume, hal tersebut disebabkan oleh aspal yang masih menyelimuti butir agregat limbah perkerasan. Penurunan nilai VIM dan VMA juga disebabkan dari faktor masih terdapat aspal yang melekat pada agregat mengakibatkan sedikitnya rongga di dalam campuran dan rongga antar agregat.

Kata kunci: Agregat; AC-WC; *Marshall*; Reclaimed Asphalt.

### PENDAHULUAN

Penggunaan aspal dalam industri konstruksi jalan telah menjadi pilihan yang umum karena sifatnya yang tahan lama dan daya dukung yang baik.

Namun, penggunaan aspal dalam pembangunan jalan juga menghasilkan limbah perkerasan aspal (*reclaimed asphalt*) yang dihasilkan dari pemeliharaan, perbaikan, dan rekonstruksi jalan. Limbah ini biasanya dibuang begitu saja atau

digunakan sebagai urugan suatu pekerjaan subgrade. Namun, dengan semakin meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan dan upaya untuk mengurangi penggunaan sumber daya alam yang terbatas, telah muncul minat dalam memanfaatkan limbah perkerasan aspal sebagai bahan pengganti agregat dalam campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*).

Berdasarkan studi terdahulu persentase pencampuran limbah perkerasan aspal (*reclaimed asphalt*) yang disarankan adalah 28% hingga 56%. Namun, limbah perkerasan aspal tersebut sudah diberikan bahan peremaja sehingga limbah tersebut dapat digunakan kembali. Pada penelitian ini limbah perkerasan aspal yang dicampurkan dalam beton aspal jenis AC-WC tidak akan ditambahkan bahan peremaja apapun, lalu akan dilihat karakteristik campuran tersebut berdasarkan pengujian marshall.

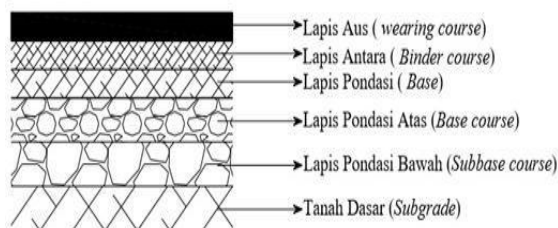
## TINJAUAN PUSTAKA

### Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam memenuhi kelancaran pergerakan lalu lintas. Perkerasan jalan yang digunakan pada saat sekarang ini umumnya terdiri atas tiga jenis, yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit (Sukirman, 1999:4).

### Perkerasan Lentur (Fleksibel Pavement)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan jalan yang umum dipakai di Indonesia. Konstruksi perkerasan lentur disebut “lentur” karena konstruksi ini mengizinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas yang terjadi. Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap.



Gambar 1 Lapisan Perkerasan Lentur  
Sumber: Silvia Sukirman 2010, Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur

### Bahan Perkerasan Jalan

#### Aspal

Secara umum aspal adalah material perekat berwarna hitam atau coklat tua.

- Aspal alam adalah aspal yang berasal langsung dari alam tanpa melewati serangkaian proses pengolahan yang rumit. Aspal alam yang berbentuk batuan bisa diperoleh di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Aspal alam yang bersifat plastis bisa ditemukan di Danau Pitch, Republik Trinidad. Sedangkan aspal yang memiliki wujud berada di sekitar perairan segitiga Bermuda. Berbeda dengan segitiga Bermuda yang mengandung aspal murni, kandungan aspal yang terdapat di Pulau Buton dan Danau Pitch tidak murni dan tercampur dengan mineral yang lain.
- Aspal buatan adalah aspal yang terbuat dari minyak bumi yang diproses dengan Metode tertentu Yang relatif rumit. proses pembuatan aspal biasa dilaksanakan di 1 industri khusus pembuatan aspal.

#### 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 mauppun kecil. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, 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 material lain. Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca.

#### 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.

#### Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan merupakan campuran dari berbagai diameter agregat yang membentuk susunan campuran tertentu gradasi agregat ini di peroleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakan paling atas dan yang paling halus terletak paling bawah (Sukirman, 2016). Gradasi agregat merupakan salah satu faktor penentu kinerja perkerasan tersebut.

Setiap jenis perkerasan jalan memiliki gradasi agregat tertentu sesuai dengan spesifikasi material perkerasan jalan atau yang di tetapkan oleh badan yang berwenang. Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam proporsi tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu.

**Tabel 1 Gradasi Agregat Gabungan Campuran AC-WC**

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos Terhadap Total Agregat
(mm)	(ASTM)	Lolos Saringan(%)
19	3/4"	100
13,2	1/2"	90 - 100
9,5	3/8"	77 - 90
4,75	No. 4	53 - 69
2,36	No. 8	33 - 53
1,18	No. 16	21 - 40
0,6	No. 30	14 - 30
0,30	No. 50	9 - 22
0,15	No. 100	6 - 15
0,075	No. 200	4 - 9

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 - 39

**Campuran Beraspal**

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, sifat-sifat dasar aspal yang diperlukan dalam campuran beraspal setelah di gelar di lokasi penghamparan adalah Stabilitas, Durabilitas, Flesibilitas, Kedap Air, dan Kekesatan

**Asphalt Concrete - Wearing Course (AC- WC)**

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2018), Spesifikasi Campuran Laston terdiri dari tiga macam campuran. Yang paling atas adalah laston AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) dengan tebal nominal minimum 4 cm. AC-WC adalah lapisan permukaan jalan yang bersentuhan langsung dengan perubahan cuaca, gaya geser dan tekanan roda ban kendaraan karena posisinya paling atas.

AC-WC mempunyai tekstur yang lebih halus dibandingkan dengan laston lapis pondasi atau AC-Base. Posisi AC-WC yang paling atas berperan sebagai pendukung beban lalu lintas, sekaligus menjadi pelindung konstruksi di bawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin. Akibat beban lalu lintas berat dan temperatur yang berat dan temperatur tinggi mengakibatkan fungsi dari lapisan ini tidak berjalan sebagaimana mestinya sehingga terjadi kerusakan-kerusakan di permukaan jalan dan akan menggerus konstruksi dibawahnya. Laston AC-WC akan dapat menjalankan fungsi sebagai pendukung beban lalu

lintas jika mampu menahan beban lalu lintas berat pada temperatur yang tinggi.

Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga (2018) menyatakan tentang Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lapis Aspal, dan ketentuan spesifikasi campuran laston AC-WC dapat dilihat pada tabel.

**Tabel 2 Spesifikasi Campuran Laston AC-WC**

Sifat-sifat Campuran		Spesifikasi AC-WC
Jumlah tumbukan per bidang		75
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6
	Maks	1,2
Kadar Aspal Total (% terhadap berat total)	Min	7,3
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0
	Maks	5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	Min	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800
	Min	2
Pelelehan (mm)	Maks	4
	Min	250
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 - 45

**Limbah Perkerasan Aspal (Reclaimed Asphalt)**

Limbah perkerasan aspal (*Reclaimed Asphalt*) merupakan hasil dari pengupasan perkerasan jalan dengan *Cold Milling Machine*. *Reclaimed Asphalt* berpotensi sebagai pengganti aspal dan agregat baru dalam perkerasan jalan, sehingga dapat menghemat anggaran pembangunan (Widayanti et al., 2017).

*Reclaimed Asphalt* dapat diproses dengan cara ekstraksi sehingga menghasilkan dua material yang berupa agregat *Reclaimed Asphalt* dan aspal *Reclaimed Asphalt*. Penambahan material baru dapat memperbaiki umur teknis dan kualitas dari aspal. Pengurangan persentase dengan aspal baru untuk desain campuran baru digunakan kembali untuk memanfaatkan *Reclaimed Asphalt* sebagai material konstruksi jalan raya.



Gambar 2 Limbah Perkerasan Aspal (*Reclaimed Asphalt*)

## Pengujian Marshall

Pengujian Marshall Aspal adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan kekuatan aspal. Pengujian Marshall memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik dari campuran aspal. Metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan telah terstandarisasi oleh ASTM dan AASHTO melalui beberapa modifikasi, termasuk ASTM D 1559-76 dan AASHTO T-245-90. Alat dalam Metode Pengujian Marshall adalah alat tekan yang lengkap dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Prosedur pengujian meliputi persiapan bahan, pemadatan, pengujian stabilitas, dan pengukuran kelelahan.

Setelah pengujian Marshall selesai dilakukan, data yang diperoleh kemudian digunakan untuk membuat grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan beberapa parameter dari campuran aspal, yaitu presentase rongga terisi aspal (VFA), presentase rongga diantara mineral agregat (VMA), presentase rongga dalam campuran (VIM), kelelahan (flow), stabilitas, dan perbandingan antara stabilitas dan kelelahan (MQ).

## METODOLOGI PENELITIAN

### Tempat dan Lokasi Penelitian

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

### Metode Penelitian

Tahap awal penelitian dilakukan di laboratorium yang berada di Institut Teknologi Nasional Malang, dilakukan pengambilan data dan pemeriksaan bahan aspal dan mutu agregat yang akan digunakan pada percobaan campuran. Selanjutnya dilakukan campuran dengan kadar campuran agregat yang berbeda-beda.

Jenis penelitian yang dilakukan ini adalah penelitian kuantitatif, yaitu penelitian yang berdasarkan pengalaman empiris dengan mengumpulkan data berbentuk angka yang bisa dihitung dan berbentuk numerik. Pada penelitian kuantitatif maka cara pengumpulan data, analisa data, dan hasil analisa akan ditampilkan berbentuk angka. Sehingga data yang digunakan adalah data kuantitatif yang berbentuk angka atau data yang dianggakan, kemudian diinterpretasikan untuk selanjutnya diambil keputusan dan kesimpulan. Spesifikasi acuan dalam penelitian ini adalah menggunakan spesifikasi standar yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 mengenai Perkerasan Aspal.

## Material Untuk Penelitian

Bahan-bahan dan material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat, aspal Pertamina Pen 60/70, dan Limbah Perkerasan Aspal (Reclaimed Asphalt). Agregat yang didapatkan dari Asphalt Mixing Plant PT. Gorga Marga Mandiri. Sedangkan limbah perkerasan aspal (Reclaimed Asphalt) didapatkan dari hasil pengupasan menggunakan alat Cold Milling dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Kediri.

## Benda Uji

Pengumpulan benda uji dengan cara membuat sampel dengan mencetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,16 cm dan tinggi benda uji 6,35 cm, dan dibutuhkan  $\pm 1200$  gr, campuran bahan untuk masing-masing benda uji.

Benda uji dibuat melalui proses pemanasan, pengadukan, dan pemadatan antara campuran agregat dan aspal sesuai dengan (SNI 06-2489, 1991). Jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel adapun cara pembuatan benda uji sendiri ada beberapa langkah yang harus kita lakukan, antara lain :

1. Peneliti harus menyiapkan agregat yang akan digunakan terlebih dahulu. Setelah di persiapkan maka agregat akan dimasukkan kedalam oven agar agregat mengering pada temperatur  $105^{\circ}\text{C}$  -  $110^{\circ}\text{C}$ , lalu setelah dikeringkan dalam oven maka agregat akan di saring dengan saringan yang sudah disiapkan. Setelah melalui tahap itu dilanjutkan terhadap benda uji agregat yang meliputi impact, abrasi Los Angeles, berat isi, berat jenis kasar, berat jenis halus, angularity, flakines.
2. Menimbang agregat sesuai dengan presentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji akan dibuat sebanyak 3 buah pada masing-masing variasi kadar aspal.
3. Memanaskan agregat dengan wajan diatas kompor pemanas hingga mencapai suhu  $\pm 155^{\circ}\text{C}$ , demikian pula dengan aspalnya hingga mencapai suhu  $\pm 145^{\circ}\text{C}$ .
4. Kemudian mencampur agregat agregat panas dengan aspal lalu diaduk secara merata diatas kompor panas yang memiliki suhu  $\pm 155^{\circ}\text{C}$ .
5. Setelah selesai dicampur rata maka campuran agregat serta aspal panas tersebut dimasukkan kedalam cetakan atau mold yang alasnya sudah di pasang kertas saringan yang sudah dioleskan Vaseline. Dalam proses memasukan campuran ke dalam mold campuran di masukan dalam 3 lapis, masing-masing lapis ditusuk spatula sebanyak 15 kali di bagian pinggir dan 10 kali ditengah.

6. Tutup bagias atas dengan kertas saringan lagi yang sudah dioleskan Vaseline.
7. Melakukan pemadatan dengan alat marshall automatic compactor sebanyak 75 kali tumbukan sisi bagian atas dan 75 kali tumbukan sisi bagian bawah.
8. Benda uji didiamkan terlebih dahulu ±1 menit agar suhunya turun, setelah itu benda uji di keluarkan dari mold atau cetakan dan diberi kode atau tanda untuk mempermudah mengenali benda uji, biasanya seperti tipe-ex.
9. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel lalu didiamkan 24 jam
10. Setelah 24 jam maka dilakukan pengujian permeabilitasnya, dengan cara menguji aspal yang disiram dengan air.
11. Selanjutnya benda uji dapat dilakukan pengujian marshall.

Sebelum melakukan pengujian marshall, hal yang perlu dilakukan adalah perendaman benda uji pada suhu air ±60°C. pada penelitian ini dilakukan perendaman dengan durasi 30 menit.

**Tabel 3 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	3	3	3	3	3	15
Pengujian	Variasi Penambahan Limbah Perkerasan Aspal Pada Kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)					Jumlah sampel
	0%	25%	50%	75%	100%	
Penentuan kadar limbah optimum	3	3	3	3	3	15
Total Sampel						30

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Pemeriksaan Mutu Bahan

Pada penelitian ini, bahan – bahan yang digunakan berupa agregat kasar, agregat halus, aspal pertamina, yang didapatkan dari PT. Gorga Marga Mandiri. Agregat pengganti yang digunakan adalah Limbah Perkerasan Aspal (*Reclaimed Asphalt*) yang didapatkam dari hasil pengupasan menggunakan alat *Cold Milling* dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Kediri.

### Hasil Pengujian Agregat

Dari hasil pengujian agregat yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaa, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Bendungan Sigura – gura No. 2 Malang, diketahui bahwa pengujian agregat yang didapatkan dari PT. Gorga Marga Mandiri serta limbah perkerasan aspal (*Reclaimed Asphalt*) sebagai pengganti agregat yang diperoleh dari hasil

pengupasan menggunakan alat *Cold Milling* dari Dinas Pekerjaan Umum Kota Kediri memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk digunakan sebagai bahan campuran aspal AC-WC. Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada tabel.

**Tabel 4 Hasil Pengujian Material Agregat**

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Berat Jenis Agregat 0-5	SNI 1970 :2008	≥ 2,50	2,56	-	Memenuhi
2	Penyerapan Agregat 0-5		≤ 3	0,66	%	Memenuhi
3	Gum. Lempung & Butir Mudah Pecah	SNI 03 - 4141 - 1996	≤ 1	0,88	%	Memenuhi
4	Material lolos ayakan No. 200 (0 - 5)	SNI ASTM C117 :2012	≤ 10	6,85	%	Memenuhi
5	Berat Jenis Agregat 5-10	SNI 1969 :2008	≥ 2,50	2,58	-	Memenuhi
6	Berat Jenis Agregat 10-10			2,59	-	Memenuhi
7	Berat Jenis Limbah Perkerasan Aspal		2,62	-	Memenuhi	
8	Penyerapan Agregat 5-10		≤ 3	2,06	%	Memenuhi
9	Penyerapan Agregat 10-10			1,92	%	Memenuhi
10	Penyerapan Limbah Perkerasan Aspal			1,92	%	Memenuhi
11	Material lolos ayakan No. 200 (5 - 10)	ASTM C117 :2012	≤ 1	0,88	%	Memenuhi
12	Material lolos ayakan No. 200 (10 - 10)			0,70	%	Memenuhi
13	Butir pecah Agregat Kasar 10/10	SNI 7619 :2012	95/90	100,00	%	Memenuhi
14	Abrasi 100 Putaran	SNI 2417 :2008	≤ 8	6,97	%	Memenuhi
15	Abrasi 100 Putaran Limbah Perkerasan Aspal			5,89	%	Memenuhi
16	Abrasi 500 Putaran		≤ 40	25,96	%	Memenuhi
17	Abrasi 500 Putaran Limbah Perkerasan Aspal			23,57	%	Memenuhi
18	Kelekatatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439 :2011	≥ 95	100,00	%	Memenuhi

**Tabel 5 Hasil Pengujian Ekstraksi Limbah Perkerasan aspal**

Uraian	Nilai		Rata - rata
	1	2	
<b>Kode Sampel</b>			
Berat kertas saring + sampel awal	506,9 gr	506,9 gr	506,9 gr
Berat kertas saring awal	6,9 gr	6,9 gr	6,9 gr
<b>Berat sampel (A)</b>	500 gr	500 gr	500 gr
Berat kertas saring + sampel sesudah	496,6 gr	499,6 gr	498,1 gr
Berat kertas saring + mineral	7 gr	7,1 gr	7,05 gr
<b>Berat endapan (B)</b>	489,7 gr	492,7 gr	491,2 gr
<b>Kadar aspal = <math>\frac{A - B}{A} \times 100\%</math></b>	<b>2,06 %</b>	<b>1,46 %</b>	<b>1,76 %</b>

Berdasarkan pengujian ekstraksi yang dilakukan pada limbah perkerasan aspal didapat rata-rata kadar aspal yang diperoleh adalah 1,76 %. Berdasarkan spesifikasi kualitas *reclaimed asphalt* yang ditetapkan oleh *National Asphalt Pavement Association* (NAPA) 1996 menyatakan bahwa kadar aspal minimum yang terkandung dalam limbah perkerasan aspal adalah 3,80 %, Maka limbah perkerasan yang mengandung kadar aspal dibawah spesifikasi tersebut dapat diabaikan.

**Tabel 6 Spesifikasi Kualitas Reclaimed Asphalt**

Pengujian	Syarat
Kadar aspal RAP	Min. 3,8%
Penetrasi aspal RAP pada suhu 25°C, 100 gr, 5 detik, 0.1 mm	Min. 20
Presentase agregat lolos ayakan 75µm (No. 200)	Maks. 5,0%

Sumber: *National Asphalt Pavement Association* (NAPA), 1996

### Hasil Pengujian Aspal

Dari hasil pengujian aspal yang dilaksanakan di Laboratorium Bahan Konstruksi, Fakultas Teknik

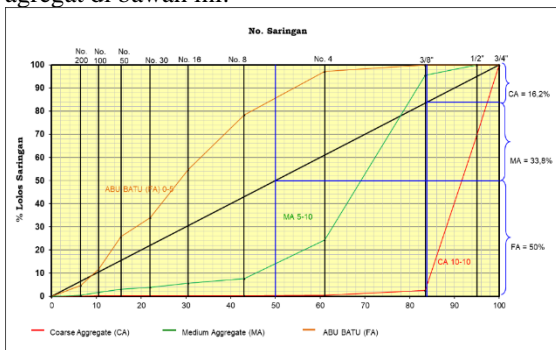
Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Bendungan Sigura – gura No.2 Malang, diketahui bahwa pengujian aspal memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk digunakan sebagai bahan campuran AC-WC. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada tabel.

**Tabel 7 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Penetrasi 60/70**

	Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Penetrasi Sebelum Kehilangan Minyak	60 - 70	68,50	10 <sup>-1</sup> mm	Memenuhi
2	Berat Jenis Aspal Keras	≥ 1	1,01	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
3	Daktilitas Sebelum Kehilangan Minyak	≥ 100	103,0	cm	Memenuhi
4	Titik Nyala Aspal	≥ 232	339	°C	Memenuhi
5	Titik Bakar Aspal	-	344	°C	-
6	Titik Lembek Aspal dan Ter	≥ 48	49,50	°C	Memenuhi
7	Kehilangan Berat Minyak dan Aspal	≤ 0,8	0,182	%	Memenuhi
8	Penetrasi Setelah Kehilangan Minyak (% semua)	≥ 54	89,49	%	Memenuhi
9	Daktilitas Setelah Kehilangan Minyak	≥ 50	101	cm	Memenuhi

### Perencanaan Komposisi Campuran

Setelah dilakukan pemeriksaan dan analisa gradasi untuk mengetahui berapa 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 agregat di bawah ini:



**Gambar 2 Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat AC-WC**

### Komposisi Campuran Normal Untuk Variasi Kadar Aspal

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

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

Dimana:

P = kadar aspal rencana, persen terhadap berat campuran

CA = proporsi fraksi kasar (tertahan saringan no.8)

FA = proporsi fraksi halus (lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200)

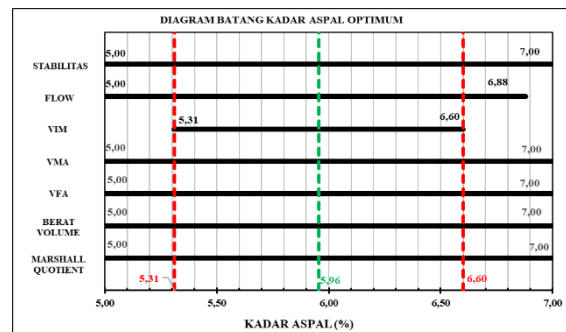
FF = proporsi bahan pengisi (lolos saringan no.200)

K = konstanta (laston : 0,5 ~ 1 ; lataston : 2 ~ 3 )

**Tabel 8 Hasil Perhitungan Kadar Aspal Rencana**

URAIAN		CA	FA	FF	K	Pb	Nilai	Satuan
Proporsi Fraksi Kasar (Tertahan Saringan No.8)		CA	41,96				53,34	%
Proporsi Fraksi Halus (Lolos Saringan No.8 & Tertahan No.200)		FA	4,70				4,70	%
Proporsi Bahan Pengisi (Lolos Saringan No.200)		FF	100,00				100,00	%
Total								
Nilai Konstanta		K	1,00				-	
Perkiraan Kadar Aspal Rencana		Pb	5,60					%
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)								
Jenis Material	Komposisi (%)	KADAR ASPAL RENCANA (%)						
		5,00	5,50	6,00	6,50	7,00		
		Berat Agregat (gr)						
10 - 10	14,00	159,6	158,8	157,9	157,1	156,2		
5 - 10	30,00	342,0	342,0	338,4	336,6	334,8		
0 - 5	54,00	615,6	612,4	609,1	605,9	602,6		
FILLER	2,00	22,8	22,7	22,6	22,4	22,3		
Berat total Ag. Camp. (gr)		1140,0	1134,0	1128,0	1122,0	1116,0		
Berat aspal (gr)		60,0	66,0	72,0	78,0	84,0		
Berat total campuran (gr)		1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0		

### Kadar Aspal Optimum (KAO)



**Gambar 3 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum**

Ditinjau dari diagram diatas untuk mendapatkan kadar aspal optimum terlihat pada grafik yang mana dikelompokkan menjadi dua sisi dari perpotongan kadar aspal optimum yaitu sisi kiri dan sisi kanan. Sisi kiri menyatakan batas maksimum dan sisi kanan menyatakan batas minimum, sehinggaa dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$KAO = \frac{Batas\ Maks\ Kiri + Batas\ Min.Kanan}{2}$$

$$= \frac{5,31 + 6,60}{2}$$

$$KAO = 5,96 \%$$

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,96%.

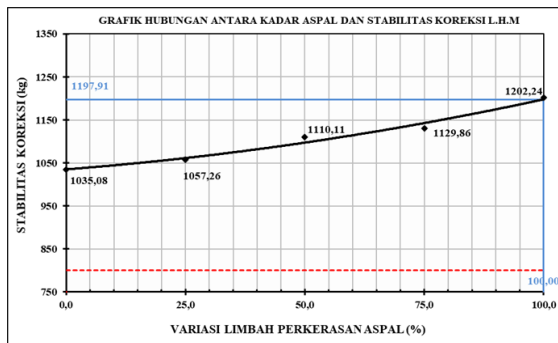
### Perhitungan Mencari Kadar Agregat Optimum Limbah Perkerasan Aspal

Setelah proporsi presentase masing-masing agregat dan KAO diketahui, maka selanjutnya dilakukan perhitungan campuran kadar Limbah Perkerasan Aspal dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap berat agregat 5-10.

Tabel 9 Komposisi Campuran Menggunakan Limbah Perkerasan Aspal

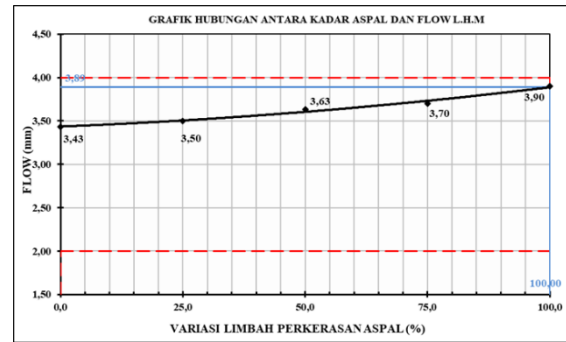
Jenis Material	Variasi Kadar Limbah Hotmix Terhadap Agregat 5 - 10 (%)				
	0	25	50	75	100
	Komposisi (%)				
Limbah Hotmix	0,00	7,50	15,00	22,50	30,00
10 - 10	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
5 - 10	30,00	22,50	15,00	7,50	0,00
0 - 5	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00
Filler	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
	KADAR ASPAL OPTIMUM (%)				
Jenis Material	5,96				
	Berat Agregat (gr)				
Limbah Hotmix	0,0	84,6	169,3	253,9	338,6
10 - 10	158,0	158,0	158,0	158,0	158,0
5 - 10	338,6	253,9	169,3	84,6	0,0
0 - 5	609,4	609,4	609,4	609,4	609,4
Filler	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6
Berat total Ag. Camp. (gr)	1128,5	1128,5	1128,5	1128,5	1128,5
Berat aspal (gr)	71,46	71,5	71,5	71,5	71,5
Berat total campuran (gr)	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

**Hasil Grafik Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Agregat 5-10 Terhadap Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA, dan MQ**



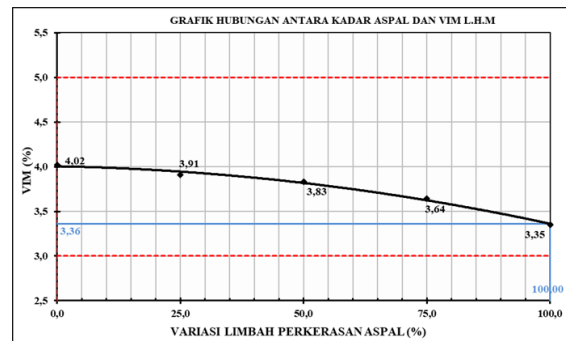
Gambar 4 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Terhadap Stabilitas

Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa kadar aspal optimum (KAO) dengan stabilitas batas minimum 800 kg. dapat dilihat nilai stabilitas berada pada range 1035,08 kg sampai dengan 1202,24 kg pada presentase limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat 5-10 dari 0% sampai 100%. Nilai stabilitas tertinggi dicapai pada kadar agregat limbah perkerasan aspal 100% dengan nilai 1202,24 kg. Nilai pada grafik diatas ini menyatakan identik meningkat nilai stabilitasnya. Hal ini disebabkan semakin besar presentase limbah perkerasan aspal yang dipakai maka nilai stabilitasnya semakin tinggi serta didukung dengan masih terselutinya agregat dengan aspal sehingga kemampuan lapis perkerasan menerima beban tanpa mengalami perubahan bentuk semakin tinggi.



Gambar 5 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Terhadap Flow (Kelelahan)

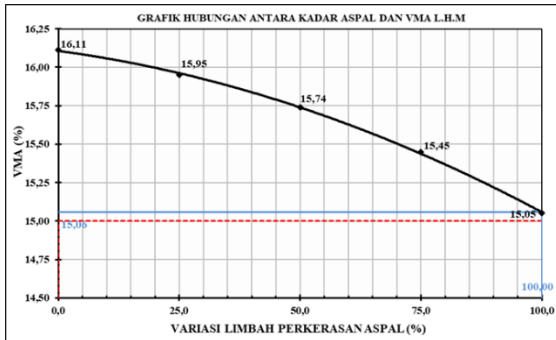
Dari grafik di atas dapat diketahui bahwa hubungan kadar limbah perkerasan aspal dengan flow (kelelahan) minimum 2 dan maksimum 4 dapat dilihat nilai flow berada pada range 3,43 mm sampai dengan 3,90 mm pada kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti mulai dari 0% sampai 100%. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai flow cenderung mengalami peningkatan, dimana semakin tinggi kadar agregat limbah perkerasan aspal maka semakin meningkat nilai flow. Dan pada kadar agregat limbah perkerasan aspal 100% juga diperoleh nilai flow tertinggi yaitu 3,90 mm. Hal ini kemungkinan disebabkan karena agregat masih terselutimi oleh aspal sehingga deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat pembebanan semakin besar.



Gambar 6 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Terhadap VIM

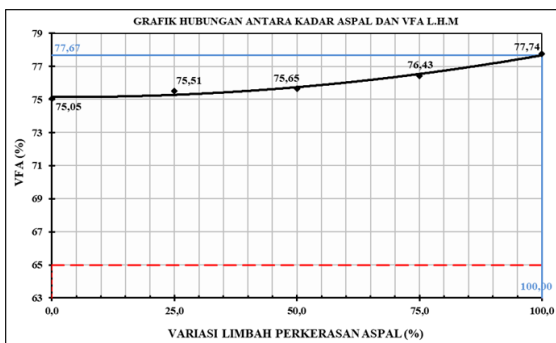
Dari grafik diatas hubungan kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti dengan VIM (Voids in The Mix / Rongga udara didalam campuran) min. 3 dan mak. 5 dapat dilihat nilai VIM berada pada rangge 3,82% sampai dengan 3,35% pada kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti mulai dari 0% sampai 100%. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VIM cenderung stabil nilainya seiring meningkatnya kadar limbah perkerasan aspal sebagai pengganti. Nilai VIM mencapai nilai minimum 3,35% pada kadar agregat

limbah perkerasan aspal sebagai pengganti tertinggi pada penelitian ini yaitu 100% namun masih memenuhi spesifikasi. Hal ini disebabkan oleh agregat yang masih diselimuti oleh aspal sehingga memperkecil rongga dalam campuran yang mengakibatkan air dan udara sulit masuk ke rongga-rongga dalam campuran serta membuat lapis perkerasan lebih kuat.



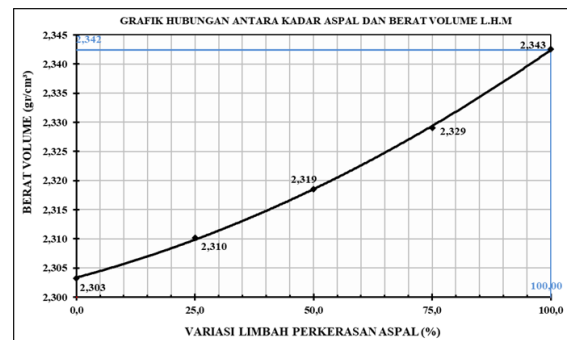
Gambar 7 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Terhadap VMA

Dari grafik di atas dapat ditunjukkan hubungan kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti dengan VMA (*Voids in The Mineral Agregate / Rongga dalam agregat mineral*) dengan nilai min. 15%. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai VMA berada pada range 16,11% sampai dengan 15,05% pada kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti mulai dari 0% sampai 100%. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VMA cenderung menurun nilainya pada kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti semakin besar. Hal ini disebabkan kemungkinan adanya faktor aspal yang masih menempel pada agregat mengakibatkan rongga dalam agregat semakin kecil. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh bentuk agregat limbah perkerasan aspal yang kubikal atau bersudut dan tidak membulat sehingga menyebabkan rongga udara antar butiran agregat semakin kecil.



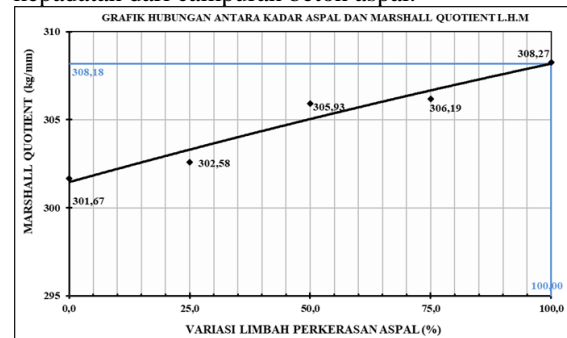
Gambar 8 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Terhadap VFA

Dari grafik 4.15 hubungan kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti dengan VFA (*Voids Filled with Asphalt / rongga terisi aspal*) min. 65% dapat dilihat nilai VFA berada pada range 75,74% sampai dengan 77,74% pada kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti mulai presentase 0% sampai 100%. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai VFA cenderung naik, serta mencapai nilai maksimum pada limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat dengan presentase 100%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kadar aspal yang masih melekat pada agregat limbah perkerasan aspal sehingga kadar aspal tersebut dapat membantu mengisi rongga dalam campuran serta mengakibatkan nilai rongga terisi aspal semakin tinggi.



Gambar 9 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Terhadap Berat Volume

Dari grafik diatas hubungan kadar aspal dengan berat volume dapat dilihat nilai berat volume berada pada range 2.303 sampai dengan 2,343 pada kadar limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat mulai presentase dari 0% sampai 100%. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai berat volume cenderung naik sehingga secara stabil seiring bertambahnya kadar limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat, serta mencapai nilai maksimum pada kadar agregat pengganti 100%. Hal ini disebabkan oleh agregat limbah perkerasan aspal yang masih terselimuti aspal sehingga menambah kepadatan dari campuran beton aspal.



Gambar 10 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Terhadap MQ



Dari grafik 4.17 hubungan kadar limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregate dengan MQ dapat dilihat nilai MQ (*Marshall Quotient / Hasil bagi marshall*) berada pada range 301,67kg/mm sampai dengan 308,27kg/mm pada kadar agregat limbah perkerasan aspal sebagai pengganti mulai presentase 0% sampai 100%. Dapat dilihat pada grafik diatas bahwa nilai MQ mengalami kenaikan. Dimana semakin tinggi kadar presentase limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat maka nilai MQ semakin naik. Didalam standar bina marga MQ sendiri tidak mempunya batasan minimum dan maksimum. Hal ini disebabkan oleh nilai stabilitas dan flow yang cenderung naik seiring presentase limbah perkerasan aspal ditambahkan yang mengakibatkan sifat campuran menjadi semakin kaku sehingga beton aspal akan mudah retak.

Berdasarkan grafik parameter marshall diperoleh kadar limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat 5-10 optimum sebagaimana ditampilkan pada gambar berikut:



Gambar 11 Diagram Batang Kadar Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti Agregat 5-10

Ditinjau dari grafik diatas untuk mendapatkan kadar maksimum pengganti agregat 5-10 dengan kadar limbah perkerasan aspal yang mana dikelompokkan menjadi dua sisi dari perpotongan kadar limbah perkerasan aspal maksimum yaitu sisi kiri dan sisi kanan. Sisi kiri menyatakan batas minimum dan sisi kanan menyatakan batas maksimum, sehingga dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$KLPA = \frac{Batas Maks Kiri + Batas Min.Kanan}{2} = \frac{0,00+100,00}{2}$$

$$KLPA = 50,00 \%$$

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kadar Limbah Perkerasan Aspal Sebagai Pengganti 5-10 optimum sebesar 50,00%.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang penggunaan limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat untuk campuran AC-WC maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Kinerja campuran aspal panas AC - WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) yang menggunakan limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat 5-10:

Tabel 10 Hasil Pengujian Marshall

HASIL PENGUJIAN MARSHALL					
PARAMETER	0%	25%	50%	75%	100%
Stabilitas	1035,1	1057,3	1110,1	1129,9	1202,2
Flow	3,4	3,5	3,6	3,7	3,9
VIM	4,02	3,91	3,83	3,64	3,35
VMA	16,11	15,95	15,74	15,45	15,05
VFA	75,05	75,51	75,65	76,43	77,74
Berat Volume	2,303	2,310	2,319	2,329	2,343
MQ	301,7	302,6	305,9	306,2	308,3

Berdasarkan tabel diatas terdapat peningkatan angka Stabilitas, Flow, VFA, Berat Volume dan Marshall Quotien (MQ) pada setiap presentase limbah perkerasan aspal, hal tersebut disebabkan oleh aspal yang masih menyelimuti butir agregat limbah perkerasan. Penurunan nilai VIM dan VMA juga disebabkan dari faktor masih terdapat aspal yang melekat pada agregat sehingga mengakibatkan sedikitnya rongga di dalam campuran dan rongga antar agregat.

Kadar limbah perkerasan aspal dengan kinerja terbaik didapatkan pada variasi campuran presentase 100,00 %.

Limbah perkerasan aspal dapat digunakan seluruhnya sebagai pengganti agregat 5-10 untuk campuran AC - WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) dengan presentase 100%.

### Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh selama penelitian, penambahan limbah perkerasan aspal memberikan peningkatan terhadap kinerja aspal campuran dan memberikan hasil yang sesuai dengan syarat Bina Marga 2018 revisi 2, maka dari itu sebagai saran-saran untuk pengujian lanjutan adalah sebagai berikut:

1. Perlu penelitian lanjutan dengan KAO (kadar aspal optimum) yang lain dengan menggunakan campuran aspal AC-BC atau AC-Base.
2. Perlu penelitian dengan peranan limbah perkerasan aspal sebagai pengganti agregat 10-10 atau sebagai pengganti agregat 0-5 atau sebagai pengganti agregat seluruhnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. SNI 03-1737. (1989). Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya.
- Anonim. SNI 06-2489. (1991). Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. Badan Standardisasi Nasional, 1, 7.
- Anonim. SNI 2432. (2011). Cara uji Daktilitas Aspal. Standar Nasional Indonesia, 1–15.
- Anonim. SNI 2433. (2011). Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Cup. Badan Standardisasi Nasional, 1–18.
- Anonim. SNI 2441. (2011). Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras.
- Anonim. SNI 2456. (1991). Metode Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter. Badan Standardisasi Nasional, 2434.
- Anonim. SNI 2456. (2011). Cara Uji Penetrasi Aspal. 1–14.
- Anonim. (1996). National Asphalt Pavement Association (NAPA), 1996
- Anonim. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan Divisi 6.
- Erfan, M., Aditama, V., & Marianti, A. S. (2021). The Effect Of Natural Rubber (Latex) Addition On HRS-WC Asphalt Mixing With Fly Ash As Filler. *Lume*, 10, 5. [www.ijstr.org](http://www.ijstr.org)
- Hendriansyah, G. C. (2017). Analisis Pemilihan Perkerasan Lentur Dan Kaku Berdasarkan Life Cycle Cost Analysis Di Kota Kediri. 1, 1–9.
- Latjemma Sudirman. (2022). Studi Analisis Pemamfaatan Hasil Pengupasan Aspal untuk Daur Ulang Campuran HRS-WC. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 2(10), 3678–3687. <https://doi.org/10.55927/mudima.v2i10.1410>
- Masri, Y., Siahaya, V. T. C., & Istia, P. T. (2023). Pengaruh Penambahan Aspal Terhadap Stabilitas Marshall Pada Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Di Ruas Jalan Jenderal Sudirman–Rijali Kota Ambon. 4(5), 543–555.
- Pratiwi, A. A. (2020). Pemanfaatan Recycle Asphalt Pavement Dengan Peremaja Aspal Berupa Endapan Crude Palm Oil Untuk Struktur Perkerasan Jalan AC-WC (Recycle Asphalt Pavement Utilization With Sludge of Crude Palm Oil As Asphalt Rejuvenator for AC-WC Road Pavement Structure). Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia
- Saleh, A., Syaloom Harianja, D., & Lubis, F. (2022). Analisis Nilai Keausan pada Lapis Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Styrofoam. *Jurnal Teknik*, 16(1), 36–40. <https://doi.org/10.31849/teknik.v16i1.9491>
- Sukirman, S. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. Bandung: Penerbit NOVA.
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Library Of Institut Teknologi Nasional - Bandung* (Vol. 53, Issue 9). <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Widayanti, A., Aryani Soemitro, R. A., Eka Putri, J., & Suprayitno, H. (2017). Karakteristik Material Pembentuk Reclaimed Asphalt dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 1(1), 11–22. <https://doi.org/10.12962/j26151847.v1i1.375>