

## Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Kopi Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) Dengan Perendaman Berulang

**Muh Fadly Noor Pondy, Abd Rahim Nurdin, Nurhadijahs Yunianti**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

E-mail: [fadly.noor17@yahoo.com](mailto:fadly.noor17@yahoo.com)

### Artikel info

#### Artikel history:

Diterima: 05-01-2025

Direvisi: 02-05-2025

Disetujui: 30-09-2025

**Abstract.** *This research was conducted using hot asphalt (HRS-WC) with coffee grounds waste as a partial filler replacement in asphalt mixtures. The purpose of this research is to analyze the characteristics of hot asphalt mixtures (HRS-WC) using hot asphalt with variations of coffee grounds waste as a partial filler replacement with repeated immersion. This study used coffee grounds waste with an accumulation of 20%, 25% and 30% of the filler weight. The soaking times in this study were 3, 7, and 14 days with repeated soaking. The manufacture of test specimens refers to the 2018 Bina Marga Specification. Testing using the Marshall Test. In the addition of coffee grounds waste as a partial substitute for filler as much as 20%, 25% and 30% of the asphalt mixture properties meet the limits of the 2018 Bina Marga Specifications. The best value in the properties of the asphalt mixture in this study is 20% at 3 days immersion, while the 30% mixture does not meet one of the properties of the asphalt mixture, namely the VIM value which is not within the specification limits.*

**Abstrak.** Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan aspal panas (HRS-WC) dengan limbah ampas kopi sebagai pengganti Sebagian filler pada campuran aspal. Tujuan dibuatnya riset ini untuk menganalisis karakteristik campuran aspal panas (HRS-WC) dengan menggunakan aspal panas dengan variasi limbah ampas kopi sebagai pengganti sebagian filler dengan perendaman berulang. Penelitian ini memakai limbah ampas kopi dengan akumulasi 20%, 25% dan 30% dari berat filler. Waktu perendaman yang dalam penelitian ini yaitu 3, 7, dan 14 hari dengan perendaman berulang. Pembuatan benda uji mengacu pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018. Pengujian menggunakan Uji Marshall Test. Pada penambahan limbah ampas kopi sebagai pengganti sebagian filler sebanyak 20%, 25% dan 30% sifat campuran aspal memenuhi batas -batas Spesifikasi Bina Marga tahun 2018. Nilai terbaik pada sifat campuran aspal pada penelitian ini yaitu 20% pada perendaman 3 hari, sedangkan pada campuran 30% tidak memenuhi salah satu sifat campuran aspal yaitu nilai VIM yang tidak masuk dalam batas-batas spesifikasi.

#### Keywords:

Campuran Aspal Panas

Penetrasi 60/70,

Lataston,

HRS-WC

#### Corresponden author:

Email: [fadly.noor17@yahoo.com](mailto:fadly.noor17@yahoo.com)



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

## 1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur transportasi darat yang memiliki peranan strategis dalam mendukung mobilitas manusia, barang, dan jasa. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan, jalan didefinisikan sebagai prasarana transportasi darat yang mencakup seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap serta fasilitas pendukung lainnya, yang diperuntukkan bagi pergerakan lalu lintas. Jalan ini dapat terletak di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, maupun di atas atau di bawah permukaan air, dengan pengecualian untuk jalur transportasi khusus seperti rel kereta api, jalan lori, dan sistem transportasi berbasis kabel. Dalam konteks teknis, jalan tidak hanya terdiri dari lapisan permukaan yang dilalui kendaraan, tetapi juga mencakup struktur berlapis-lapis yang didesain secara sistematis untuk menahan beban lalu lintas serta pengaruh lingkungan.

Salah satu elemen penting dalam struktur jalan, khususnya pada sistem perkerasan lentur, adalah aspal. Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat yang merekatkan butiran agregat agar tercipta lapisan yang padat dan kuat, serta mampu menyesuaikan deformasi akibat beban kendaraan yang berulang tanpa mengalami kerusakan struktural. Dalam upaya untuk mengurangi tingkat kerusakan yang sering terjadi pada perkerasan jalan—seperti retak, deformasi permanen (alur), atau kerusakan akibat genangan air—dibutuhkan peningkatan terhadap kualitas dan stabilitas campuran perkerasan. Hal ini dapat dicapai melalui perbaikan desain campuran, pemilihan bahan yang sesuai, serta penerapan teknologi modifikasi material, seperti penggunaan bahan tambah atau material daur ulang yang mampu meningkatkan daya tahan campuran terhadap beban dinamis kendaraan dan kondisi lingkungan yang ekstrem. Pendekatan ini menjadi krusial mengingat beban lalu lintas yang semakin tinggi dan kebutuhan akan

infrastruktur jalan yang tahan lama dan efisien dalam jangka panjang.

Lapis tipis aspal beton (lataston) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu; yang dicampur dan dipadatkan secara panas (dalam suhu tertentu, minimum 124°C), dengan ketebalan padat 2,5 cm atau 3 cm. Gradasi senjang inilah yang memberikan Hot Rolled Sheet (HRS) sifat ketahanan terhadap cuaca dan memiliki permukaan yang awet, yang dapat mengakomodasi lalu lintas berat tanpa terjadi retak. HRS/Lataston terdiri dari dua macam campuran yaitu Lataston lapis pondasi (HRS-Base) dan Lataston Lapis permukaan (HRS-Wearing course). Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. Lataston Lapis Pondasi (HRS-Base) mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada lataston lapis permukaan (HRS-Wearing course). Pembuatan lapis tipis aspal beton (lataston) bertujuan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antar pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi bawahnya. Hot Rolled Sheet bersifat lentur dan mempunyai durabilitas yang tinggi, hal ini disebabkan campuran HRS dengan gradasi timpang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak (7-8%) tanpa terjadi bleeding. Selain itu, HRS mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara tinggi. Kegagalan dini yang sering terjadi di lapangan adalah pada proses penghamparan dan pemadatan karena HRS tidak sepenuhnya murni gapgraded (Bina Marga, 2010).

Salah satu komponen utama dalam konstruksi perkerasan jalan yang berperan penting sebagai bahan pengikat adalah aspal. Material ini memiliki dua fungsi utama, yakni sebagai elemen pengikat yang menyatukan partikel-partikel agregat serta sebagai bahan pengisi untuk menutup rongga dan pori-pori di antara butiran agregat, sehingga mampu menghasilkan lapisan perkerasan yang padat dan stabil. Kualitas dan daya tahan suatu perkerasan jalan sangat bergantung pada ketepatan dalam pemilihan serta perancangan komposisi material campurannya, terutama dalam memenuhi umur rencana yang telah ditetapkan untuk konstruksi tersebut. Oleh karena itu, perhatian yang cermat terhadap karakteristik dan proporsi setiap unsur penyusun campuran sangatlah penting. Dalam perkembangan teknologi bahan konstruksi, telah banyak dikembangkan dan digunakan berbagai jenis bahan tambah (additive materials) yang bertujuan untuk meningkatkan performa mekanik, daya tahan terhadap deformasi, serta ketahanan terhadap pengaruh lingkungan seperti suhu, air, dan beban lalu lintas berulang. Penggunaan bahan tambah ini menjadi alternatif strategis dalam upaya memperpanjang masa layan perkerasan jalan sekaligus meningkatkan kualitas struktur perkerasan secara keseluruhan.

Kerusakan jalan yang terjadi di berbagai daerah di Indonesia merupakan permasalahan yang sangat kompleks dan membutuhkan perhatian serius. Berdasarkan berbagai fakta di lapangan, penyebab utama kerusakan jalan sering kali berakar dari perencanaan awal yang kurang matang serta mutu konstruksi yang tidak memenuhi standar kualitas. Kondisi ini menjadi pemicu awal munculnya berbagai bentuk kerusakan pada permukaan jalan. Selain itu, umur rencana jalan yang telah terlampaui turut mempercepat degradasi kualitas jalan. Faktor lain yang memperburuk keadaan adalah adanya genangan air di permukaan jalan yang tidak dapat mengalir dengan baik akibat sistem drainase yang kurang optimal. Tidak kalah penting, beban lalu lintas yang berulang dan melebihi kapasitas rencana (overload) juga memperpendek umur pakai jalan, sehingga jalan cepat mengalami kerusakan meskipun belum mencapai masa layan yang direncanakan.

Untuk mengurangi keterbatasan material aspal, limbah ampas kopi dijadikan sebagai bahan pengisi atau penambah aspal. Sisa ampas kopi mudah dijumpai dan menjadi sebuah limbah. Ketersediaan ampas kopi di Indonesia mudah dijumpai. Saat ini banyak penelitian tentang aspal modifikasi salah satunya dengan menggunakan bahan polimer, sedangkan pada penelitian ini dicoba memodifikasi aspal dengan ampas kopi sebagai pengganti sebagian filler yang diharapkan mampu memperbaiki karakteristik aspal. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh limbah ampas kopi terhadap kekuatan campuran beton aspal.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode persyaratan yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderall Bina Marga, yaitu Manual Pemeriksaan Bahan Jalan.

Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk memperoleh landasan teori dan pemahaman mendalam terkait topik yang diteliti. Selanjutnya, dilakukan tahap persiapan alat dan bahan yang akan digunakan selama proses pengujian. Tahapan inti dari penelitian ini dimulai dengan pengujian karakteristik, yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu pengujian agregat, pengujian aspal, dan pemeriksaan material tambahan seperti semen.

Pengujian agregat dibagi menjadi dua bagian, yakni agregat kasar dan agregat halus. Pada agregat kasar dilakukan analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, serta kadar lumpur. Sementara itu, agregat halus diuji melalui prosedur yang sama, yakni analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan, serta kadar lumpur. Untuk pengujian aspal, parameter yang diuji meliputi penetrasi, titik lembek, viskositas, titik nyala dan titik bakar, serta daktilitas. Pemeriksaan semen meliputi analisis saringan, pengujian berat jenis, dan penyerapan.

Setelah seluruh karakteristik material diuji, dilakukan evaluasi kelayakan material untuk menentukan apakah hasil pengujian memenuhi standar yang disyaratkan. Jika tidak memenuhi, maka proses dihentikan. Namun, apabila memenuhi, maka dilanjutkan ke tahap perancangan pencampuran dan pembuatan briket uji. Selanjutnya,

briket tersebut diuji untuk mengetahui parameter penting seperti VMA (voids in mineral aggregate), VIM (voids in mix), VFA (voids filled with asphalt), stabilitas, kelelahan, dan nilai Marshall Quotient. Berdasarkan hasil tersebut, dilakukan penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didasarkan pada karakteristik campuran. Tahap berikutnya adalah perlakuan awal terhadap benda uji berupa perendaman pada suhu 60°C, serta persiapan bahan tambahan berupa ampas kopi. Ampas kopi dipersiapkan dengan variasi kadar sebesar 20%, 25%, dan 30%, kemudian digunakan dalam pembuatan benda uji. Benda uji tersebut kemudian direndam selama 3, 7, dan 14 hari untuk mengamati pengaruh waktu perendaman terhadap karakteristik campuran.

Setelah proses perendaman selesai, dilakukan pengujian karakteristik campuran aspal beton menggunakan metode Marshall. Hasil pengujian dianalisis dan dievaluasi untuk memperoleh pemahaman mengenai performa campuran aspal yang dimodifikasi dengan ampas kopi. Akhir dari penelitian ini ditutup dengan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil evaluasi dan analisis yang telah dilakukan.

### 2.1. Prosedur Penelitian dengan perendaman berulang

Prosedur pengujian dimulai dengan penimbangan benda uji yang telah mengalami proses pemadatan dan pendinginan, untuk memperoleh massa benda uji dalam kondisi udara. Setelah itu, dilakukan proses perendaman berulang selama periode waktu tertentu, yaitu 3 hari, 7 hari, dan 14 hari. Perendaman dilakukan dengan metode siklik, yakni pada hari pertama benda uji direndam selama 24 jam, kemudian pada hari kedua benda uji diangkat dan dikeringkan dengan dilap. Selanjutnya, pada hari ketiga, benda uji kembali direndam selama 24 jam. Prosedur ini diulangi secara bergantian hingga mencapai total durasi yang ditentukan. Untuk perendaman selama 3 hari, siklus ini dilakukan hingga hari keenam, sedangkan untuk perendaman 7 hari, siklus perendaman berulang dilakukan hingga hari keempat belas. Sementara itu, perendaman 14 hari dilakukan dengan prosedur serupa hingga mencapai hari ke-28. Setelah periode perendaman selesai, benda uji yang telah melalui proses perendaman berulang dikeluarkan dan kemudian diuji menggunakan alat Marshall untuk mengetahui karakteristik kekuatan dan stabilitas campuran aspal yang telah mengalami proses perlakuan tersebut.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Buton (Asbuton) yang telah mengalami proses ekstraksi untuk memperoleh fraksi aspal murni yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran perkerasan jalan. Pemilihan aspal Buton didasarkan pada ketersediaannya sebagai sumber daya alam lokal yang berpotensi menggantikan aspal minyak, serta memiliki karakteristik fisis dan kimiawi yang mendukung kinerja perkerasan jalan, terutama dalam kondisi iklim tropis. Proses ekstraksi dilakukan untuk memisahkan kandungan aspal dari material mineralnya, sehingga dapat diketahui secara pasti kadar aspal aktif yang tersedia dalam material tersebut.

Selanjutnya, dilakukan pengujian laboratorium untuk menentukan kadar aspal yang terkandung dalam hasil ekstraksi tersebut. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa kadar aspal sesuai dengan spesifikasi teknis yang dipersyaratkan dalam perancangan campuran beraspal. Data hasil uji kadar aspal yang diperoleh kemudian dianalisis dan disajikan secara sistematis dalam Tabel 5, guna memberikan gambaran mengenai kualitas dan kesesuaian aspal Buton yang digunakan terhadap kebutuhan campuran aspal beton. Penyajian data ini juga menjadi dasar dalam menentukan proporsi pencampuran pada tahap selanjutnya dalam proses penelitian.

**Tabel 1.** Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

No.	Pemeriksaan	Prosedur Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min	Max		
1	Penetrasi (25° C, 5 dtk)	SNI-06-2456-1991	60	79	-	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2434-1991	48	58	-	°C
3	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,0	-	1,005	Gr/ml
4	Daktilitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	100	-	-	Mm
5	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI-06-2433-1991	200	-	-	%
6	Viskositas Pencampuran	AASHTO-72-97	130	165	-	°C
7	Viskositas Pemadatan	AASHTO-72-97	120	140	-	°C

Sumber : Hasil Penelitian laboratorium

### Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

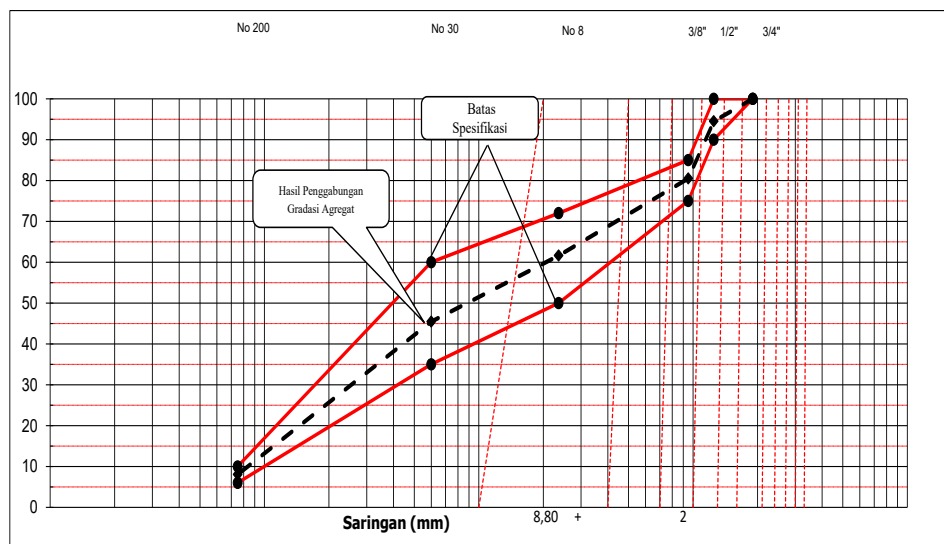
Penentuan komposisi agregat gabungan merupakan tahap penting dalam perancangan campuran aspal, yang bertujuan untuk memperoleh proporsi optimal dari masing-masing fraksi agregat, baik kasar, halus, maupun filler.

Proses ini dilakukan dengan menentukan persentase masing-masing jenis agregat berdasarkan kebutuhan gradasi yang diinginkan. Selanjutnya, persentase agregat tersebut dikalikan dengan nilai persen lolos saringan dari masing-masing agregat, sehingga diperoleh distribusi gradasi dari campuran agregat gabungan secara keseluruhan. Hasil akhir dari proses ini akan menunjukkan bagaimana kombinasi agregat berperilaku dalam sistem gradasi dan memastikan bahwa campuran memenuhi kriteria teknis yang dipersyaratkan untuk digunakan dalam campuran beraspal panas (hot mix asphalt). Pendekatan ini penting untuk menghasilkan struktur perkerasan yang stabil, kuat, dan tahan terhadap beban lalu lintas maupun pengaruh lingkungan.

**Tabel 2.** Gradasi Penggabungan Agregat

No Saringan	Gradasi Agregat				Gradasi Penggabungan Agregat Combine				spesifikasi 2018	Faktor Luas Permukaan Agregat
	(Rata-rata)				(HRS- WC )					
	a	b	c	d	I	II	III	IV		
3/4"	100	100	100	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100	0,41
1/2"	46,12	99,71	100	100	94,50	99,92	97,2	97,8	90-100	0,41
3/8"	5,67	73,5	100	100	80,50	97,15	90.03	91.04	75-85	0,41
# 8	2,8	31,37	94,93	100	61,61	90,83	79,82	80,53	50-72	0,82
# 30	2,57	30,22	64,14	100	45,45	78,85	68,38	68,17	35-60	2,87
# 200	2,07	6,54	8,61	95,16	8,03	52,54	41,64	39,78	6-10	32,77

Sumber : Hasil Penelitian laboratorium



**Gambar 1.** Grafik Gradasi Penggabungan Agregat

### **Penentuan Berat Agregat Dan Aspal Dalam Campuran**

**Tabel 3.** Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

Kadar aspal	6.5	7	7.5	8	8.5
Batu Pecah 1 – 2	112.2	112.2	111	110.4	109.8
Batu Pecah 0,5 – 1	426.36	426.36	421.8	419.52	417.24
Abu Batu	572.22	572.22	566.1	559.98	559.98
Semen	11.22	11.22	11.1	11.04	10.98
Berat Aspal Terhadap Campuran	78	84	90	96	96
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

Sumber : Hasil Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

### **Perhitungan Berat Jenis Dan Penyerapan Campuran**

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat diperoleh data sebagai berikut:

**Tabel 4.** Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	A	B	$c = \frac{(a+b)}{2}$
Batu Pecah 1 – 2	2.58	2.77	2.67
Batu Pecah 0,5 – 1	2.54	2.74	2.64
Abu batu	2.48	2.65	2.57
Filler		3.14	
Aspal		1.020	

Sumber : Hasil penelitian laboratorium dan Spesifikasi 2018

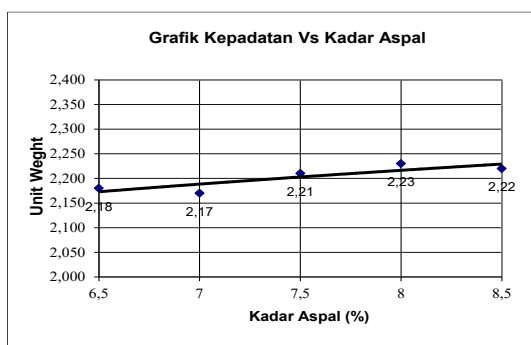
Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, diperoleh berat jenis gabungan agregat yaitu :

- Bj. Bulk Agregat ( $G_{sb}$ )  $= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,58}\right) + \left(\frac{50\%}{2,54}\right) + \left(\frac{29\%}{2,48}\right) + \left(\frac{1\%}{3,17}\right)}$   
 $= 2.54 \text{ gram}$
- Bj. Semu Agregat ( $G_{sa}$ )  $= \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,77}\right) + \left(\frac{50\%}{2,74}\right) + \left(\frac{29\%}{2,65}\right) + \left(\frac{1\%}{3,17}\right)}$   
 $= 2.64 \text{ gram}$
- Bj. Efektif Agregat ( $G_{se}$ )  $= \frac{2.54 + 2.64}{2}$   
 $= 2.60 \text{ gram}$

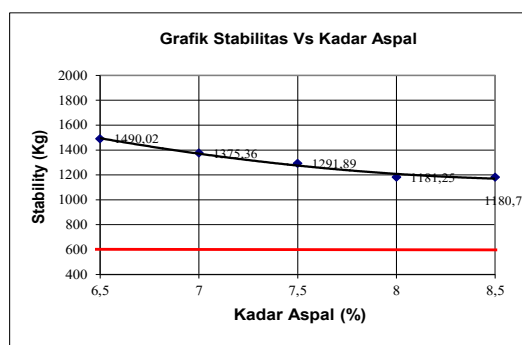
### Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal hangat dengan kadar aspal optimum dengan waktu 30 menit. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan (Stabilitas) terhadap kelelahan plastis (Flow) dari campuran aspal tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

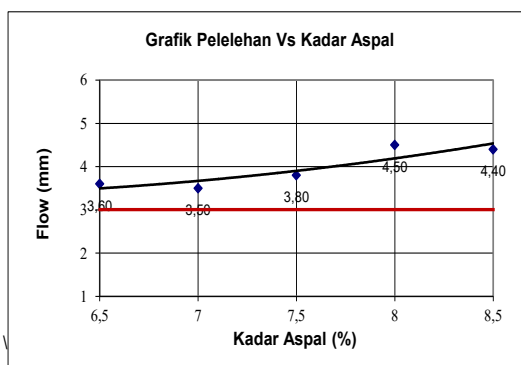
Kepadatan



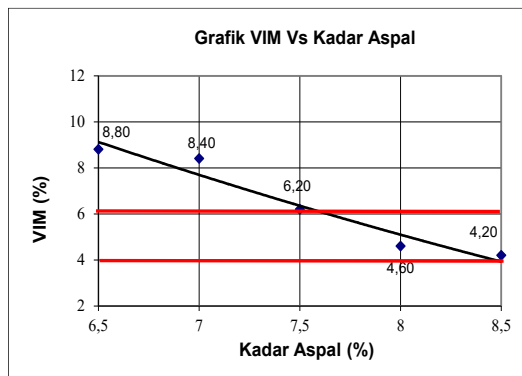
Stabilitas Minimum 600 (KG)



Pelelehan (Flow)

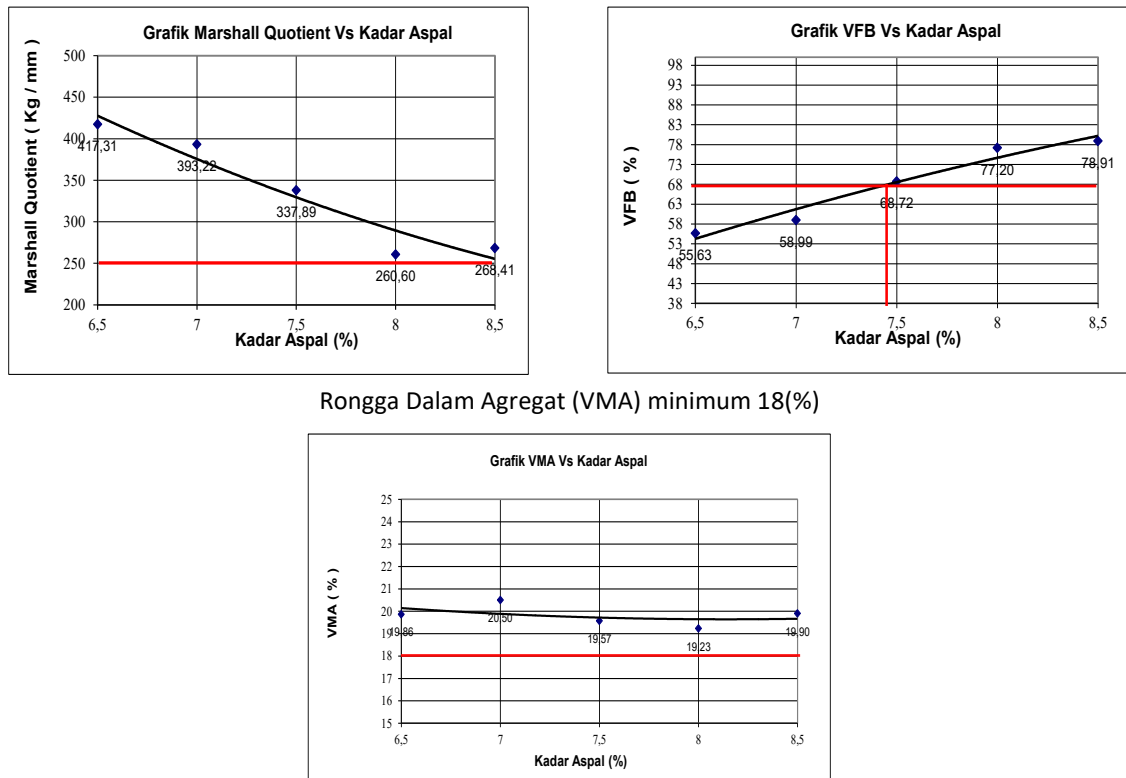


Rongga Dalam Campuran (VIM) 4.0 – 6.0(%)



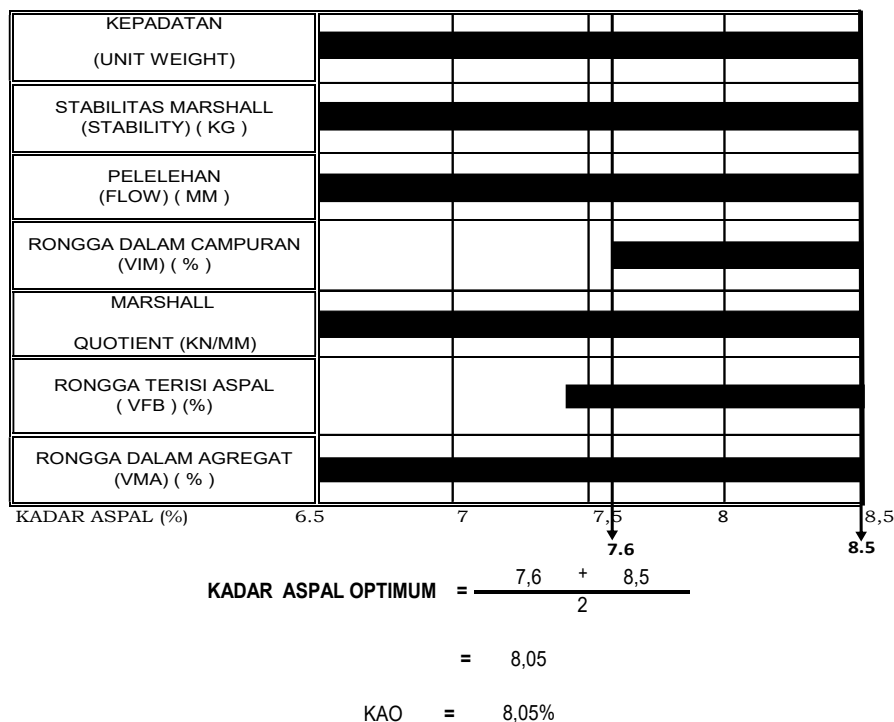
Marshall Quotient Minimum 250 (Kg/mm)

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 68 (%)



Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 18(%)

**Gambar 2.** Grafik Gradasi Penggabungan Agregat



**Gambar 3.** Grafik Hasil Uji Marshall Untuk Penentuan KAO

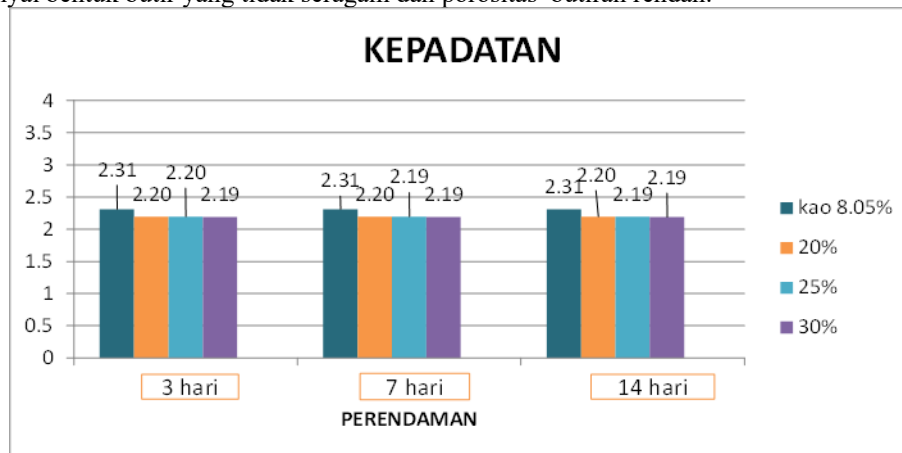
Sumber: Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementrian PUPR

### **Hasil Pengujian Campuran HRS dengan penggantian Sebagian filler Ampas Kopi**

Hasil pengujian campuran benda uji dengan penambahan Sebagian filler ampas kopi sebanyak 20%, 25% dan 30% pada alat pengujian marshall dengan menggunakan perendaman waterbath selama 30 menit akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall dan hasil uji marshall tersebut sebagai berikut:

a. Kepadatan (*Density*)

Nilai kepadatan (*density*) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah.

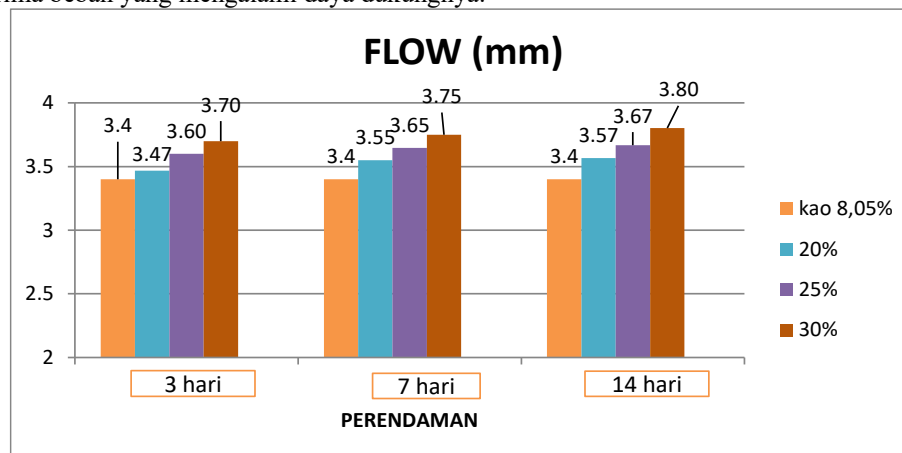


**Gambar 4.** Grafik Campuran HRS Dengan Penggantian Sebagian Filler Ampas Kopi Terhadap Kepadatan.

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin lama perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai kepadatan (*density*), dinyatakan nilainya hampir sama. Hal tersebut disebabkan belum dilakukan pembebanan.

b. Kepadatan (Flow) Minimum 2 - 4 mm.

Nilai Flow menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai Flow tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai Flow rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

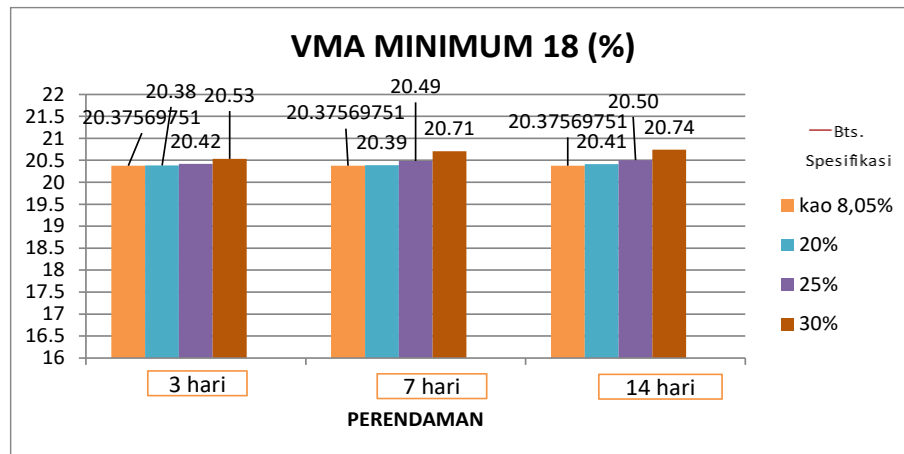


**Gambar 5.** Grafik Campuran HRS Dengan Penggantian Sebagian Filler Ampas Kopi Terhadap Kepadatan.

c. Kepadatan Dalam Agregat (VMA) Min 15%

VMA adalah persentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelubungi agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

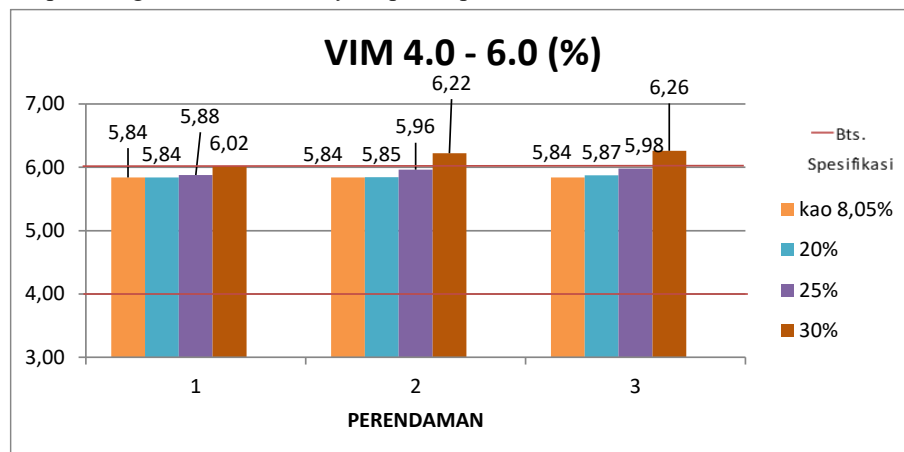


**Gambar 6.** Grafik Campuran HRS Dengan Penggantian Sebagian Filler Ampas Terhadap VMA.

Dari gambar 6 menunjukkan bahwa campuran aspal panas penetrasi 60/70 yang direndam secara berulang mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

d. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3% - 5%

VIM (*void in mixture*) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai VIM, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai VIM yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan.



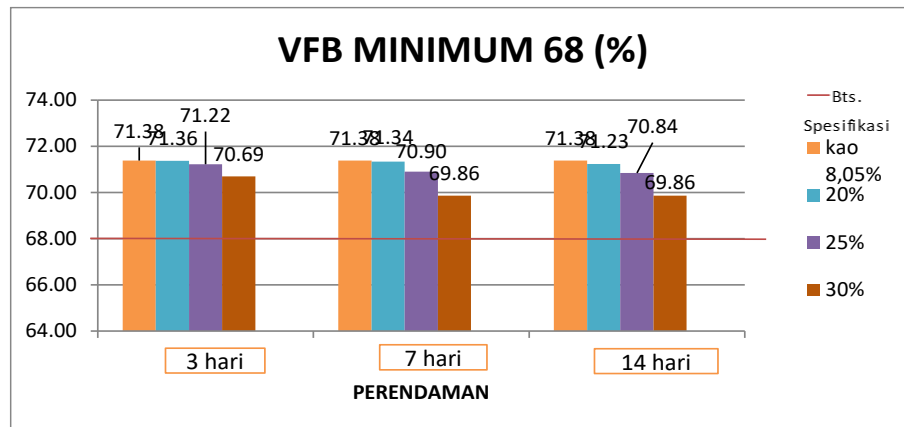
**Gambar 7.** Grafik Campuran HRS Dengan Penggantian Sebagian Filler Ampas Terhadap VIM.

Dari gambar 7 menunjukkan bahwa campuran yang direndam secara berulang dapat berpengaruh nilai VIM. Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam, maka air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

e. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65 (%)

Nilai VFB memperlihatkan persentase rongga terisi aspal. Apabila VFB besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi *bleeding*.



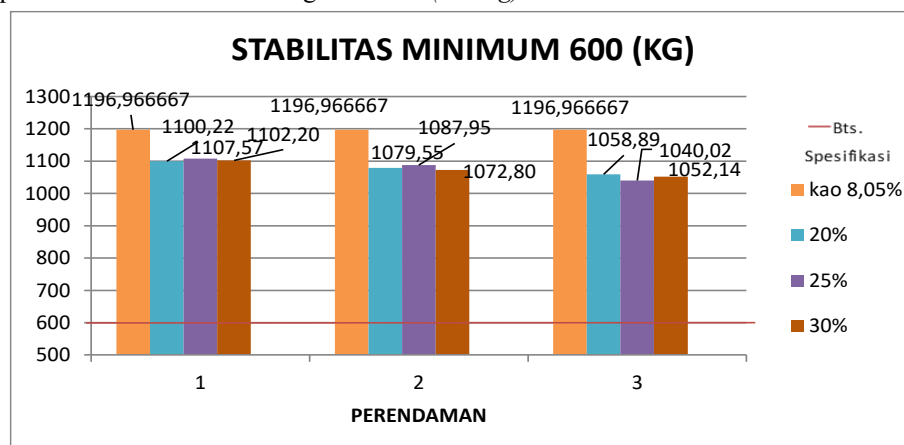


**Gambar 8.** Grafik Campuran HRS dengan penggantian Sebagian filler Ampas terhadap VFB.

Dari gambar 8 menunjukkan bahwa campuran yang direndam secara berulang akan mengalami penurunan nilai VFB berubah. Hal ini disebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

f. Stabilitas

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas.

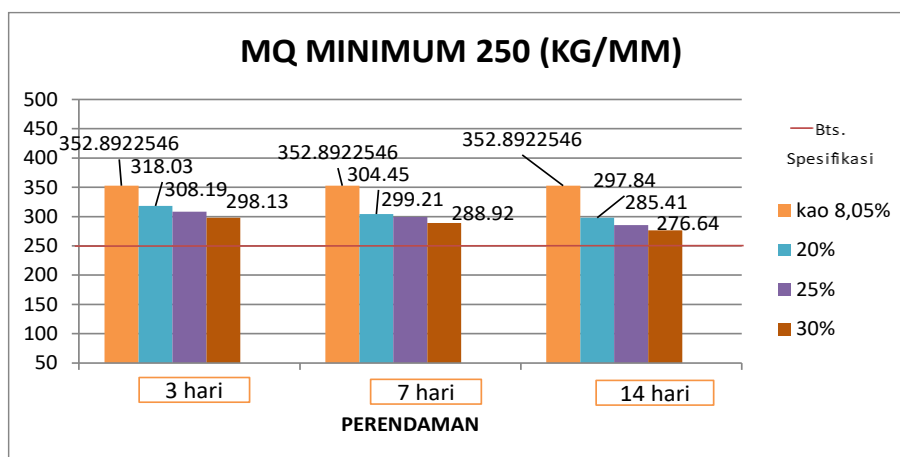


**Gambar 9.** Grafik hubungan campuran aspal panas penetrasi 60/70 terhadap Stabilitas.

Dari gambar 9 Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

g. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau *Marshall Quotient* adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan.



**Gambar 10.** Grafik Hubungan Campuran Aspal Panas Penetrasi 60/70 Terhadap Marshall Quotient.

Berdasarkan Gambar 10, terlihat bahwa campuran aspal yang mengalami perendaman berulang menunjukkan penurunan nilai Marshall Quotient. Meskipun demikian, nilai tersebut masih berada dalam rentang spesifikasi yang ditetapkan. Penurunan ini diduga disebabkan oleh berkurangnya kohesi atau daya lekat internal dalam aspal akibat proses oksidasi yang terjadi selama perendaman berlangsung. Oksidasi tersebut menyebabkan struktur kimia aspal berubah, sehingga mengurangi kemampuan ikatnya terhadap agregat. Fenomena ini menunjukkan bahwa durasi perendaman berpengaruh terhadap stabilitas mekanis campuran aspal.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa semakin lama durasi perendaman, sifat-sifat mekanik dan fungsional dari campuran aspal cenderung mengalami penurunan. Hal ini disebabkan oleh terjadinya proses degradasi ikatan antara aspal dan agregat akibat penetrasi air dalam jangka waktu yang lama, yang menyebabkan penurunan stabilitas serta daya ikat internal campuran. Selain itu, penambahan limbah ampas kopi sebagai bahan substitusi sebagian filler juga memberikan pengaruh terhadap performa campuran. Semakin tinggi persentase ampas kopi yang digunakan, semakin menurun pula kualitas sifat campuran aspal, terutama dalam hal stabilitas, kelelahan, dan kadar rongga udara.

Penggunaan limbah ampas kopi sebagai pengganti sebagian filler dilakukan dalam tiga variasi, yaitu 20%, 25%, dan 30%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kadar substitusi sebesar 20% dan 25%, sifat-sifat campuran aspal masih berada dalam batas spesifikasi teknis yang ditetapkan oleh BINAMARGA tahun 2018. Artinya, campuran aspal dengan kandungan ampas kopi pada persentase tersebut masih dapat diterima dan digunakan dalam pekerjaan perkerasan jalan asalkan kontrol kualitas tetap diperhatikan. Nilai paling optimal dalam penelitian ini ditemukan pada campuran dengan substitusi ampas kopi sebesar 20% yang direndam selama 3 hari. Pada kondisi tersebut, campuran menunjukkan kinerja terbaik dari segi kestabilan Marshall dan karakteristik volumetrik lainnya.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., & Zulkarnain, I. (2022). Pengaruh Penambahan Abu Ampas Kopi Sebagai Campuran pada perkerasan Laston AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course).
- Anonim, 2014. Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan Raya. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas "45" Makassar.
- Anonim, 2014. Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal. Jurusan Sipil Fakultas Teknik "45" Makassar.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Jakarta.
- Dinas Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Undang-Undang Republik Indonesia No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung, Nova.
- Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Grafika Yuana : Bandung
- Rakyat, K. P. U. D. P. (2017) Direktorat Jenderal Bina Marga. Pedoman Desain Geometrik Jalan (No.13/P/BM/2021).

Noor, Pondy Muh Fadly. (2023). Pengaruh Penambahan Limbah Ampas Kopi sebagai Pengganti Sebagian Filler pada Campuran Lapis Tipis Aspal Beton (Laston) dengan Perendaman Berulang. Universitas Bosowa. Link repository

- Rahmawati, N. (2023). Pengaruh Substitusi Filler Ampas Kopi terhadap Campuran HRS-WC dengan Variasi Perendaman. Universitas Bosowa. Link repository
- Maulana, F. (2022). Studi Penggunaan Ampas Kopi dan Lateks Alam sebagai Filler pada Campuran AC-WC. Universitas Diponegoro. Link eprints