

## KINERJA CAMPURAN HOT ROLLED SHEET-WEARING COURSE (HRS-WC) DENGAN FILLER ABU AMPAS TEBU

Nikmatul Azizah  
Boedi Rahardjo

**Abstrak:** Tujuan dari penelitian ini (a) mendeskripsikan sifat fisik dan mekanik bahan-bahan penyusun campuran HRS-WC dan (b) mendeskripsikan kinerja campuran HRS-WC filler abu ampas tebu. Metode penelitian ini meliputi (1) persiapan bahan dan alat; (2) Pengujian bahan meliputi agregat, filler, dan aspal (3) pembuatan benda uji (4) pengujian Marshall, dan (5) penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO). Hasil penelitian ini menunjukkan (a) pemeriksaan agregat kasar untuk berat jenis bulk 2,54 gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis SSD 2,57 gram/cm<sup>3</sup>, dan berat jenis semu 2,63 gram/cm<sup>3</sup>, penyerapan 1,2%, dan keausan agregat sebesar 34,8%, sedangkan untuk agregat halus menunjukkan berat jenis bulk 2,5 gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis SSD 2,55 gram/cm<sup>3</sup>, dan berat jenis semu 2,61 gram/cm<sup>3</sup>, penyerapan air 1,63%; (b) KAO campuran sebesar 7,25%; (c) pengujian campuran dengan alat Marshall diperoleh nilai parameter Marshall pada KAO yaitu, nilai stabilitas 1244,43 kg, kelelahan (flow) 3,98 mm, Marshall Quotient (MQ) 319,22 kg/mm, nilai Void in Mixture (VIM) sebesar 5,31%, nilai Void in Mineral Agregate (VMA) 18,67%, dan nilai Void Filled with Bitumen (VFB) sebesar 72,03%.

**Kata-kata kunci:** Kinerja Marshall, HRS-WC, Filler Abu Ampas Tebu.

**Abstract:** *The aim of this research are (a) describe the physical and mechanical characteristics of materials that arranging of HRS-WC mixture and (b) describe performance of HRS-WC mixture using bagasse ash as filler. Methode this research consist of (1) preparing material and equipment; (2) testing material as aggregate, filler, and asphalt (3) make sample test (4) Marshall Test, and (5) determine optimum asphalt content (KAO) . The result of this research (a) course aggregates test for bulk specific gravity is 2,54 gram/cm<sup>3</sup>, SSD specific gravity is 2,57 gram/cm<sup>3</sup>, and apparent specific gravity is 2,63 gram/cm<sup>3</sup>, absorption 1,2%, and resistance to abrasion aggregate is 34,8%, meanwhile result of fine aggregates test showed that bulk specific gravity is 2,5 gram/cm<sup>3</sup>, SSD specific gravity is 2,55 gram/cm<sup>3</sup>, and apparent specific gravity is 2,61 gram/cm<sup>3</sup>, absorption 1,63%; (b) optimum asphalt content (KAO) of mixture is 7,25%; (c) Marshall Test of this mixture resulting Marshall parameters values at KAO are stability 1244,43 kg, flow 3,98 mm, Marshall Quotient (MQ) 319,22 kg/mm, Void in Mixture (VIM) 5,31%, Void in Mineral Agregate (VMA) 18,67%, and Void Filled with Bitumen (VFB) value is 72,03%.*

**Keywords:** *Marshall Performance, HRS-WC, Bagasse Ash as Filler*

Perkembangan infrastruktur saat ini menjadi salah satu tolok ukur kemajuan persaingan global suatu negara. Pembangunan infrastruktur di Indonesia terus mengalami pertumbuhan semenjak tahun 2013, khususnya infrastruktur jalan raya. Data Direktorat Jenderal Bina Marga menunjukkan bahwa jumlah infrastruktur jalan nasional mencapai 38.569, 82 km pada

tahun 2013 (Kemen PU, 2013). Pembangunan jalan baru maupun perbaikan jalan lama yang tinggi disebabkan oleh meningkatnya aktivitas sosial ekonomi masyarakat dan untuk pemerataan pembangunan. Namun, ruas jalan yang ada belum mampu melayani volume lalu lintas yang bertambah setiap tahunnya. Pertumbuhan volume kendaraan di Indonesia

pada periode 2011- 2015 terhadap kendaraan bermotor mencapai 9,13% per tahun dengan jumlah kendaraan sebesar 121,394 juta pada tahun 2015, yang terdiri dari 13,48 juta mobil penumpang, 2,42 juta bis, 6,611 juta mobil barang, dan 98,881 juta sepeda motor. (BPS,2015). Tingginya volume kendaraan mengakibatkan banyak lapis perkerasan jalan yang mengalami kerusakan akibat tidak mampu menahan beban lalu lintas yang besar.

Kerusakan struktural jalan raya banyak diakibatkan oleh beban lalu lintas yang berlebihan, umur rencana jalan yang telah dilewati, material penyusun lapis perkerasan yang kurang baik, serta curah hujan yang mengakibatkan genangan (Lasmaria,2011). Jalan yang menerima beban kendaraan akan disebarkan secara merata pada struktur lapis perkerasan pendukung dibawahnya. Apabila struktur lapis perkerasan tidak mampu menerima beban, jalan akan mudah mengalami pengelupasan, pengausan, bleeding, retak-retak (cracking) bahkan deformasi tanah akibat beban overload. Sehingga, jalan mengalami kerusakan sebelum umur rencana. Kekuatan ikatan material penyusun campuran aspal yang kurang baik akan mengurangi kekuatan dan stabilitas jalan raya terhadap kemampuan menerima beban lalu lintas. Kerusakan jalan diperparah dengan masuknya air hujan melalui permukaan jalan dan bahu jalan. Air akan membasahi campuran aspal, mempengaruhi kedudukan, dan tekanan air pori pada campuran aspal. Sehingga kekakuan dan kekuatan campuran berkurang. Akibatnya campuran menjadi lepas-lepas dan banyak pengelupasan aspal pada lapis permukaan.

Lapis permukaan merupakan bagian dari lapis perkerasan yang bersinggungan langsung dengan roda kendaraan dan cuaca. Lapis permukaan didesain untuk dapat menerima gaya-gaya gesek yang terjadi pada roda dan permu-

kaan jalan tanpa menyebabkan penggelinciran. Selain itu, lapis permukaan harus dapat mencegah masuknya air agar campuran tetap memiliki daya dukung yang baik. Konstruksi lapis permukaan yang elastis dan fleksibel akan menambah kekuatan lapis perkerasan untuk menerima beban kendaraan. Maka dari itu, diperlukan perencanaan lapis perkerasan yang terdiri dari lapis permukaan yang memenuhi kriteria-kriteria tersebut sehingga aman dan nyaman digunakan untuk melayani lalu lintas ringan maupun berat dalam jangka panjang.

HRS atau Lapis tipis aspal beton (Lataston) merupakan salah satu lapis perkerasan jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras, agregat dengan gradasi timpang, dan bahan pengisi (filler) yang dicampurkan, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu dan kondisi tertentu dengan ketebalan antara 2,5 sampai 3cm (Sukirman,1999:10). Konstruksi perkerasan dengan HRS terdiri dari 2 campuran, yaitu HRS yang digunakan sebagai lapis aus (HRS-WC) dan HRS untuk lapis pondasi (HRS-BC). HRS-WC adalah jenis perkerasan HRS yang digunakan sebagai lapis aus permukaan aspal. HRS-WC berfungsi sebagai lapisan kedap air, tahan terhadap terbentuknya alur, mempunyai kehalusan permukaan, mampu menyalurkan beban, dan mempunyai tahanan gelincir. Lapis ini bersinggungan langsung dengan roda kendaraan dan cuaca sehingga mudah mengalami aus. Proses penguapan dan penuaan sebagian fraksi aspal akibat pengaruh cuaca turut serta menyebabkan retak di bagian permukaan. Oleh karenanya, lapis aus harus direncanakan memiliki stabilitas, kelenturan, keawetan dan ketahanan yang baik.

Struktur HRS terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, filler serta bahan pengikat berupa aspal campuran panas. Kandungan aspal yang relatif tinggi pada campuran bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas,

keawetan, dan ketahanan terhadap kelelahan serta tidak mudah retak. Perkerasan dengan HRS cocok diterapkan di Indonesia karena memiliki kelenturan yang tinggi dan tahan terhadap pelepasan mengingat Indonesia adalah negara beriklim tropis dengan suhu panas yang cukup tinggi (Himawan, 2012). Sebagai lapis non struktural yang mengandung lebih banyak agregat halus dan aspal (Ambarwati, 2009) kekuatan struktur campuran HRS-WC mudah mengalami deformasi plastis dengan munculnya alur pada permukaan aspal. Oleh karena itu, kualitas HRS-WC perlu ditingkatkan melalui spesifikasi baru dan jenis material yang digunakan harus memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik. Filler merupakan material yang memiliki peranan penting dalam campuran HRS-WC disamping agregat dan aspal. Hal tersebut dikarenakan filler berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga dalam campuran beraspal sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar agregat yang tinggi. Dalam (Juliasti, 2003) disebutkan bahwa kualitas filler dalam campuran akan mempengaruhi stabilitas akibat reduksi ruang-ruang kosong udara dan membuat aspal lebih lekat sehingga meningkatkan kekuatannya. Penggunaan filler pada campuran dibatasi jumlahnya karena filler yang banyak akan menyebabkan campuran lebih kaku dan mudah retak. Sebaliknya, filler yang sedikit membuat campuran lebih lentur dan mudah berubah bentuk (Kusumaningtyas, 2014).

Salah satu potensi yang dimiliki Indonesia untuk menuju swasembada pangan saat ini adalah perkebunan tebu. Pada tahun 2015, luas areal perkebunan tebu mencapai 455,82 ribu hektar yang mana sekitar 45,44% diantaranya terdapat di Jawa Timur (Statistik Tebu Indonesia, 2015:5). Data Ikatan Ahli Gula Indonesia (IKAGI) menunjukkan bahwa jumlah

tebu yang digiling oleh 62 pabrik gula di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 26,00 juta ton (<http://antaranews.com>, 2014). Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) menyebutkan bahwa jumlah ampas tebu yang dihasilkan pada penggilingan tebu adalah sekitar 32% persen dari berat tebu giling. Artinya, selama tahun 2014 jumlah ampas tebu yang dihasilkan dari pabrik penggilingan sebesar 8,32 juta ton. Dari angka tersebut hanya 60% ampas tebu yang dapat dimanfaatkan, sedangkan 40% lainnya belum dimanfaatkan (Anwar, 2008). Persentase yang cukup besar menyebabkan banyak ampas tebu yang terbuang dan mencemari lingkungan. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan limbah ampas tebu jangka panjang. Salah satu bentuk pemanfaatan ampas tebu adalah dijadikan sebagai abu. Kandungan silika yang tinggi pada abu ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan pengisi untuk campuran perkerasan jalan sehingga diharapkan dapat meningkatkan kekuatan konstruksi tersebut. Selain hal tersebut di atas, pemilihan abu ampas tebu sebagai alternatif bahan pengisi dikarenakan harganya lebih murah dibandingkan dengan semen atau kapur.

Dewasa ini pemanfaatan abu ampas tebu dalam bidang rekayasa teknik telah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan Pangestuti (2010), mengenai abu ampas tebu menunjukkan bahwa abu ampas tebu dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran paving block dan sebagai pengganti portland cement pada campuran beton. Dalam aspal beton, kebutuhan penggunaan filler dalam campuran sangat sedikit jumlahnya, namun memberikan pengaruh yang besar terhadap kinerja campuran (Fauziah dkk, 2014). Penggunaan abu ampas tebu dapat dijadikan sebagai filler pengganti pada campuran aspal beton AC-WC yang mampu meningkatkan stabilitas campuran

pada kadar tertentu (Kusumaningtyas, 2014).

Pemanfaatan abu ampas tebu harus terus dioptimalkan khususnya dalam bidang rekayasa jalan raya guna mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan sekaligus untuk meningkatkan kegiatan ekonomi masyarakat di suatu wilayah.

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan sifat fisik dan mekanik bahan-bahan penyusun campuran HRS-WC serta mendeskripsikan kinerja campuran HRS-WC menggunakan filler abu ampas tebu melalui pengujian Marshall.

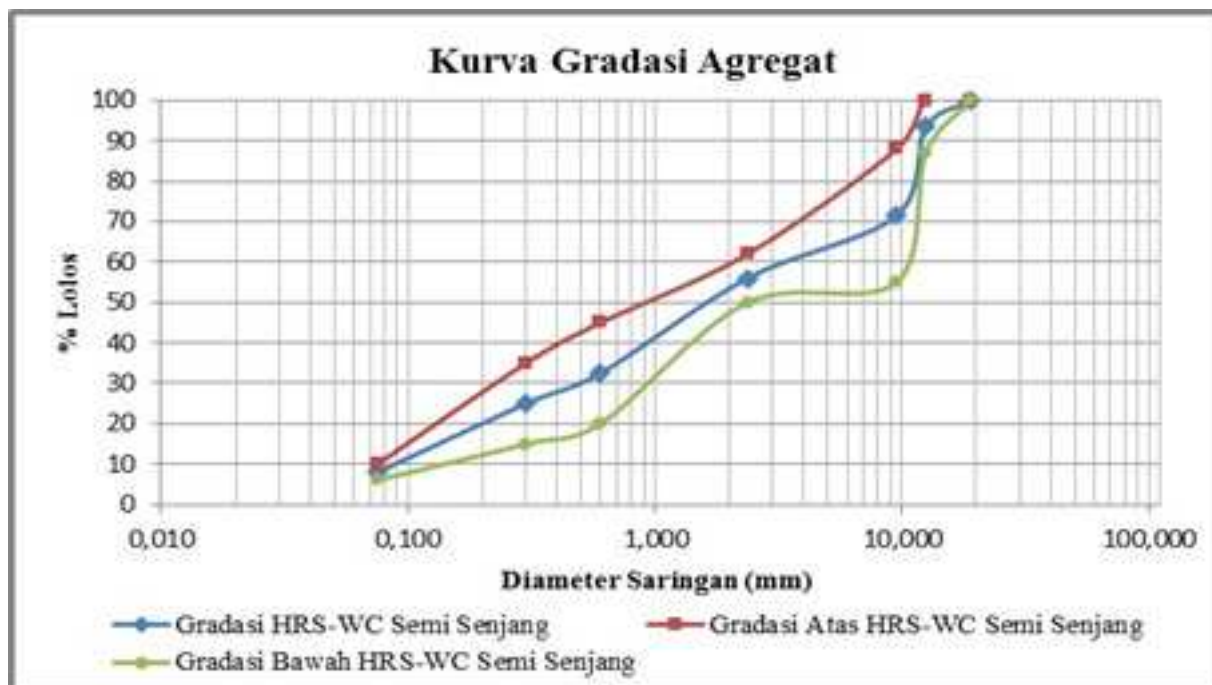
### METODE

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang. Komponen utama yang digunakan untuk penelitian meliputi agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal. Spesifikasi campuran dan pengujian bahan merujuk pada Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2010 dan Manual Konstruksi dan Bangunan Pemeriksaan Material/Bahan Jalan Departemen Pekerjaan Umum

Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2009.

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam campuran berasal dari Desa Selorejo, Selorejo, Kabupaten Blitar. Filler abu ampas tebu diperoleh dari PG. Ngadirejo, Kras, Kabupaten Kediri, serta aspal yang digunakan adalah aspal pertamina penetrasi 60/70. Pemeriksaan yang dilakukan pada agregat meliputi analisa saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar, keausan agregat dengan mesin Los Angeles, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus, serta pengujian berat jenis filler abu ampas tebu. Pemeriksaan pada aspal meliputi pengujian penetrasi, daktilitas, titik lembek, titik nyala dan titik bakar, berat jenis, dan kehilangan berat aspal. Desain campuran menggunakan HRS-WC dengan gradasi semi senjang sebagaimana gambar 2.1.

Pengujian Marshall dilakukan untuk mendeskripsikan kinerja campuran HRS-WC sehingga diperoleh nilai stabilitas, kelelahan (flow), Marshall Quotient (MQ), Void in Mixture (VIM), Void in Mineral Agregate (VMA), dan Void Filled with Bitumen (VFB).



Gambar: 2.1 Gradasi Agregat HRS-WC Semi Senjang (Sumber: Rencana Pengujian, 2017)

**HASIL**

Hasil penelitian ini menunjukkan pengujian agregat kasar dan agregat halus, filler abu ampas tebu, aspal penetrasi 60/70, dan hasil pengujian Marshall memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2010 sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.1.

Hasil pengujian Marshall guna menentukan KAO dijelaskan pada tabel 3.3. Sementara nilai KAO dijelaskan pada gambar 3.1 dengan KAO sebesar 7,25%. Hasil pengujian campuran untuk nilai-nilai parameter Marshall ditunjukkan oleh gambar 3.2 hingga 3.7

**Tabel 3.1 Hasil Pengujian Agregat**

No.	Pengujian	Metode	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
<b>Agregat Kasar</b>					
1	Berat jenis bulk	SNI 03-1737-1989	$\geq 2,5$ gr/cm <sup>3</sup>	2,54 gr/cm <sup>3</sup>	memenuhi
2	Berat jenis SSD	SNI 03-1737-1989	$\geq 2,5$ gr/cm <sup>3</sup>	2,57 gr/cm <sup>3</sup>	memenuhi
3	Berat jenis semu	SNI 03-1737-1989	$\geq 2,5$ gr/cm <sup>3</sup>	2,63 gr/cm <sup>3</sup>	memenuhi
4	Keausan agregat dengan mesin Los Angeles	SNI 2417:2008	Maks. 40%	34,8%	memenuhi
<b>Agregat Halus</b>					
1	Berat jenis bulk	SNI 03-1737-1989	$\geq 2,5$ gr/cm <sup>3</sup>	2,50 gr/cm <sup>3</sup>	memenuhi
	Berat jenis SSD	SNI 03-1737-1989	$\geq 2,5$ gr/cm <sup>3</sup>	2,55 gr/cm <sup>3</sup>	memenuhi
	Berat jenis semu	SNI 03-1737-1989	$\geq 2,5$ gr/cm <sup>3</sup>	2,61 gr/cm <sup>3</sup>	memenuhi
<b>Filler</b>					
1	Berat jenis	SNI 03-1969-1990	$\geq 2,5$ gr/cm <sup>3</sup>	2,5 gr/cm <sup>3</sup>	memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian, 2017

**Tabel 3.2 Hasil Pengujian Aspal**

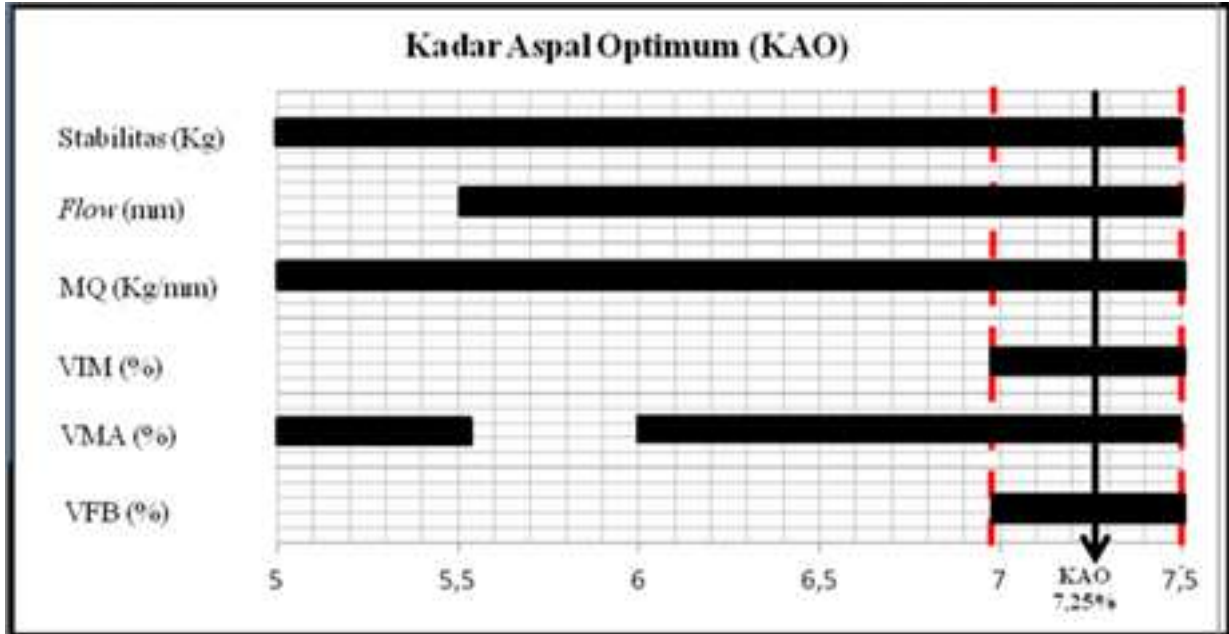
Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Standart	Hasil	Keterangan
Penetrasi pada 25°C (dmm)	SNI 06-2456-1991	60-70	67,7	memenuhi
Daktalitas 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	$\geq 100$	117	memenuhi
Titik lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	$\geq 48$	48,8	memenuhi
Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	$\geq 232$	340	memenuhi
Berat jenis	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,00$	1,0715 gr/cm <sup>3</sup>	memenuhi
Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,80$	0,28%	memenuhi

Sumber: Hasil Pengujian, 2017

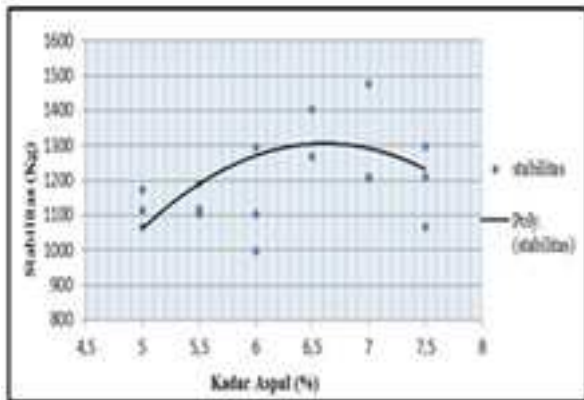
**Tabel 3.3 Hasil Pengujian Marshall Campuran HRS-WC Filler Abu Ampas Tebu**

Spesifikasi	Variasi Kadar Aspal 2 x 75 Tumbukan						
	5	5,5	6	6,5	7	7,5	
Stabilitas (Kg)	$\geq 800$	1,118,077	1,137,183	1,292,804	1,475,116	1,297,538	1,191,321
Flow (mm)	Min. 3	2,30	3,20	3,45	3,27	3,50	4,45
MQ (Kg/mm)	Min. 250	4,861,207	3,553,699	3,747,259	4,506,465	3,707,252	2,677,126
VIM (%)	4 - 6	102,224	70,123	77,048	62,177	57,247	48,870
VMA (%)	Min. 18	186,926	167,730	183,605	180,157	185,480	187,838
VFB (%)	Min. 68	455,002	582,209	582,145	660,917	698,386	742,266

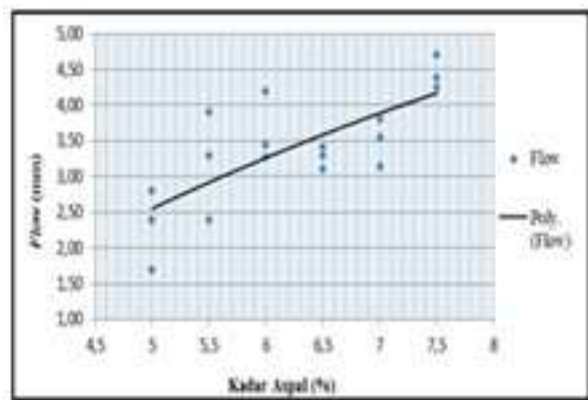
Sumber: Hasil Pengujian, 2017



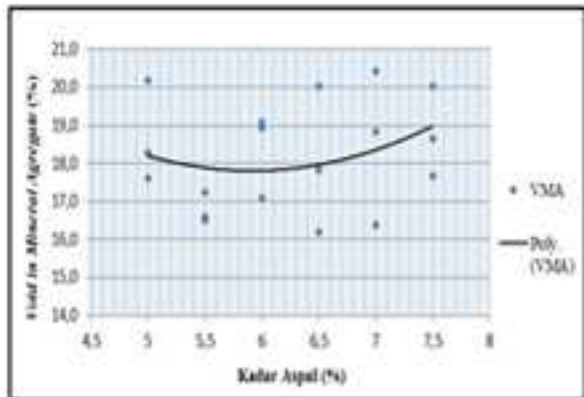
Gambar 3.1 Diagram Interaksi Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)  
(Sumber : Hasil Pengujian, 2017)



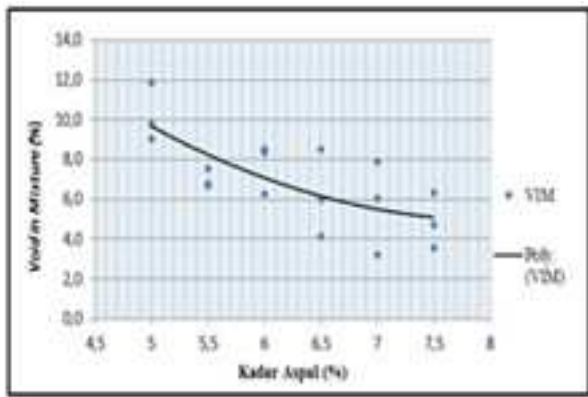
Gambar 3.2 Hubungan Kadar Aspal (%) dengan Stabilitas (Kg)



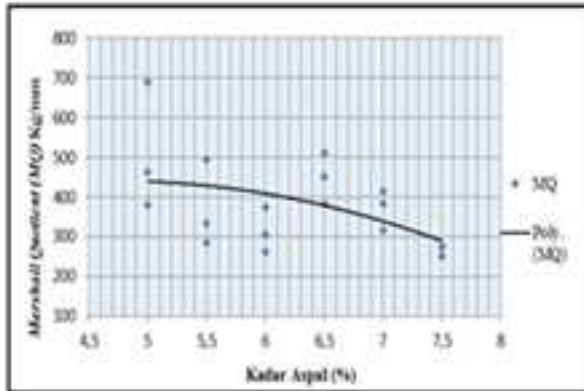
Gambar 3.4 Hubungan Kadar Aspal (%) dengan Flow(mm)



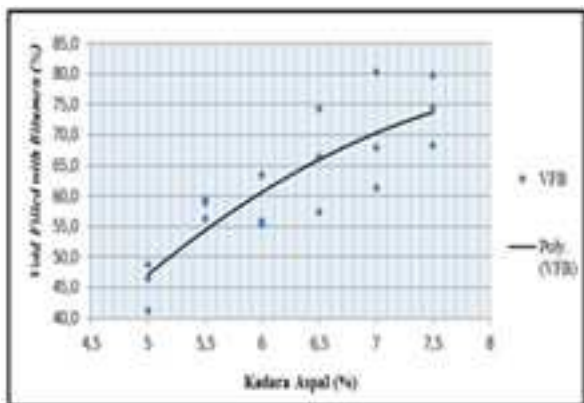
Gambar 3.3 Hubungan Kadar Aspal (%) dengan VMA(%)



Gambar 3.5 Hubungan Kadar Aspal (%) dengan VIM (%)



**Gambar 3.6 Hubungan Kadar Aspal (%) dengan MQ (kg/mm)**



**Gambar 3.7 Hubungan Kadar Aspal (%) dengan VFB(%)**

## PEMBAHASAN

Berdasarkan pada hasil penelitian diperoleh nilai KAO campuran sebesar 7,25%. Kadar aspal yang tinggi disebabkan oleh rongga-rongga campuran pada gradasi semi senjang HRS-WC cukup besar sehingga diperlukan aspal yang cukup untuk mengisi rongga-rongga tersebut. Semakin banyak aspal yang ditambahkan semakin sedikit rongga dalam campuran sehingga stabilitas campuran dapat dipertahankan.

Stabilitas menunjukkan kekuatan jalan untuk menahan deformasi dan kelelahan plastis akibat beban lalu lintas. Nilai stabilitas pada KAO yaitu 1244,43 kg. Nilai stabilitas semakin naik hingga titik maksimum pada kadar aspal tertentu. Kemudian turun seiring penambahan kadar aspal. Hal tersebut disebabkan karena aspal berubah fungsi menjadi pelicin dalam campuran. Nilai stabilitas yang tinggi mengakibatkan lapis

perkerasan menjadi kaku dan mudah retak.

Semakin banyak aspal yang ditambahkan maka kelenturan campuran semakin baik.

Marshall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara stabilitas dan flow. Nilai MQ pada KAO sebesar 319,2189 kg/mm. Nilai MQ semakin kecil seiring penambahan kadar aspal disebabkan karena penurunan nilai stabilitas dan kenaikan nilai flow. Nilai MQ yang kecil menyebabkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk.

VIM merupakan jumlah rongga dalam campuran setelah campuran dipadatkan. Pada KAO diperoleh nilai VIM sebesar 5,31%. Nilai VIM turun seiring penambahan kadar aspal pada campuran disebabkan oleh terisinya rongga-rongga dalam campuran oleh aspal. Nilai VIM yang kecil menunjukkan campuran mudah mengalami deformasi plastis akibat beban berulang.

VMA merupakan jumlah rongga di antara agregat dalam campuran yang telah dipadatkan. Nilai VMA pada KAO adalah 18,67%. VMA akan turun hingga nilai minimum kemudian naik akibat penambahan kadar aspal. Sehingga selimut aspal semakin tebal dan memperlebar jarak antar agregat. Nilai VMA yang tinggi mengakibatkan campuran memiliki stabilitas rendah.

VFB merupakan rongga di dalam campuran yang terisi dengan aspal. Nilai VFB pada KAO adalah 72,03%. Nilai VFB semakin besar seiring dengan penambahan kadar aspal karena rongga campuran semakin banyak yang terisi oleh aspal. Nilai VFB yang besar mengakibatkan campuran mudah mengalami bleeding.

## SIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan tersebut di atas, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Sifat fisik dan mekanik bahan-bahan penyusun campuran HRS-WC yaitu, (1) agregat kasar memiliki berat jenis bulk 2,54 gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis SSD 2,57 gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis semu 2,63 gram/cm<sup>3</sup>, penyerap

pan 1,2%, dan pemeriksaan keausan agregat 34,8%. Pengujian agregat halus diperoleh nilai berat jenis bulk 2,5gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis SSD 2,55 gram/cm<sup>3</sup>, berat jenis semu 2,61 gram/cm<sup>3</sup>, dan penyerapan air 1,63%;(2) filler memiliki berat jenis 2,50 gram/cm<sup>3</sup>; (3) aspal yang digunakan adalah aspal keras pertamina 60/70 dengan nilai penetrasi aspal rata-rata 67,7 dmm, nilai daktilitas rata-rata aspal 117 cm, titik lembek aspal 48,8°C, titik nyala dan titik bakar aspal masing-masing 340°C dan 350°C, berat jenis aspal 1,0715 gram/cm<sup>3</sup>, dan kehilangan berat aspal sebesar 0,28%.

- b. Kinerja campuran HRS-WC filler abu ampas tebu berdasarkan pengujian dengan alat Marshall yaitu, (1)KAO campuran sebesar 7,25%; (2) stabilitas campuran meningkat dan kemudian turun kembali menunjukkan campuran memiliki kekuatan untuk menahan beban lalu lintas pada kadar aspal tertentu sehingga lebih elastis; (3) nilai flow mengalami peningkatan seiring dengan penambahan kadar aspal mengakibatkan campuran memiliki kelenturan yang tinggi sehingga tahan pada retakan; (4) nilai MQ yang semakin rendah seiring penurunan nilai stabilitas dan peningkatan nilai flow membuat campuran lebih plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk; (5) nilai VIM yang semakin rendah mengakibatkan campuran mudah mengalami deformasi plastis akibat beban yang berulang; (6) nilai VMA yang turun hingga pada kadar aspal tertentu kemudian naik kembali menunjukkan penambahan kadar aspal akan menebalkan selimut aspal dan memperbesar jarak antar agregat sehingga menurunkan stabilitas; dan (7) nilai VFB yang semakin meningkat mengakibatkan aspal mudah mengalami bleeding.

#### DAFTAR RUJUKAN

Ambarwati, L. dan M. Zainul A. 2009. Campuran Hot Rolled Sheet (HRS) dengan Ma-

terial Piropilit sebagai Filler yang Tahan Hujan Asam. Jurnal Rekayasa Sipil. (Online) 3(1). (<http://rekayasasipil.ub.ac.id/>, 23 Januari 2017).

Anwar, S. 2008. Ampas Tebu. (Online). (<http://www.bioindustri.co.id/2008/04/ampas-tebu.html>, 24 Maret 2017).

Badan Pusat Statistik Indonesia Tahun 2015 tentang Statistik Transportasi Darat (Land Transportation Statistic). Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. (Online). (<http://www.bps.go.id>, 7 Februari 2017).

Badan Pusat Statistik Indonesia Tahun 2015 tentang Statistik Tebu Indonesia (Indonesia Sugar Cane Statistic). Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. (Online). (<http://www.bps.go.id>, 7 Februari 2017).

Departemen Pekerjaan Umum. 2009. Manual Konstruksi dan Bangunan Pemeriksaan Material/Bahan Jalan No.015/BM/2009. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.

Fauziah, M., Berlian K., & Fauzan R. 2014. Pengaruh Abu Ampas Tebu sebagai Filler Pengganti terhadap Karakteristik Marshall Campuran Superpave. Yogyakarta. The 17th FSTPT International Symposium Jember University 22-24 August 2014. (Online). (<http://www.jurnal.unej.ac.id>, 27 Januari 2017).

Hardiyatmo, H.C. 2015. Perancangan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah. UGM: Gajah Mada University Press.

Himawan, F.W dan M. Bachtiar M. 2012. Pemanfaatan Limbah Abu Ampas Tebu sebagai Pengganti Filler untuk Campuran Aspal Beton Jenis "Hot Rolled Sheet-Wearing Course". (Online). (<http://ejournals1.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/4120/4004>, 27 Januari 2017).

Huwae, D.D.M, dkk. 2015. Bagasse-Ash as Filler in HRS (Hot Rolled Sheet) Mixture. Jeju Island, Korea. The 2016 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (ACEM 2016) Agustus 28 September 2016. (Online).



- (<http://www.i-asem.org>, 10 April 2017).
- Juliasti, L.E. 2013. Pemanfaatan Limbah Karbid sebagai Filler untuk Campuran Beton Aspal terhadap Karakteristik Hot Rolled Sheet-B (HRS-B). Skripsi tidak diterbitkan. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Atmajaya Yogyakarta.
- Kusumaningtyas, F. 2014. Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Filler untuk Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Fakultas Teknik UM.
- Lasmaria, N. 2011. Pengukuran Cepat Kerataan Jalan Raya dengan Menggunakan MEMS Accelerometer Sensor. Skripsi tidak diterbitkan. Medan: FMIPA Universitas Sumatera Utara.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. Dokumen Pelelangan Nasional Penyediaan Pekerjaan Konstruksi (Pemborongan) untuk Kontrak Harga Satuan. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. (Online). (<https://alizaka.blogspot.co.id>, 26 Januari 2017).
- Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2013 Tentang Buku Informasi Statistik Pekerjaan Umum 2013. Kementerian Pekerjaan Umum Sekretariat Jenderal Pusdata. (Online). (<http://www.pu.go.id>, 26 Januari 2017).
- Pangestuti, E.K. 2012. Pemanfaatan Sisa Pembakaran Abu Ampas Tebu sebagai Bahan Pengisi dalam Prose Pembuatan Paving. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, (Online) Volume 14 No. 2 Hal: 171-178, (<http://www.portalgaruda.org>, 27 Januari 2017).
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.

