

KINERJA CAMPURAN BETON ASPAL WEARING COURSE DENGAN TAMBAHAN SERBUK SERAT PELEPAH BATANG PISANG

Performance of Asphalt Concrete Wearing Course Mixtures with additional Banana Stems Fiber Powder

Desi Widianty*, Mudji Wahyudi*, Agustono Setiawan*

* Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram
Email : widiantydesi@unram.ac.id, mudjiwahyudi@unram.ac.id, agustonosetiawan@unram.ac.id

Abstrak

Perkerasan yang awet dan tahan lama dapat dicapai bila memiliki kualitas perkerasan jalan yang baik / tinggi. Kualitas perkerasan jalan sangat dipengaruhi oleh bagaimana memilih material dan penggunaan persentase yang tepat sehingga memiliki kualitas yang tinggi dan memenuhi standar/persyaratan dalam suatu campuran beraspal. Aspal sebagai bahan pengikat dan pengisi antar agregat dituntut memiliki kemampuan dalam mempertahankan sifat fisiknya. Kualitas aspal dapat ditingkatkan dengan menambah bahan aditif. Serbuk serat pelepah batang pisang dapat dijadikan sebagai bahan aditif pada aspal murni (aspal 60/70). Metode yang dilakukan untuk membuat campuran beton aspal dengan menambah 0,1% serbuk serat pelepah batang pisang dari total berat aspal untuk setiap variasi kadar aspal murni 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%. Dilanjutkan dengan menambah agregat untuk membuat benda uji campuran beton aspal (AC-WC). Benda uji dibuat masing-masing sebanyak 3 (tiga) sampel untuk setiap variasi kadar aspal. Pemeriksaan benda uji meliputi pemeriksaan volumetrik berupa VMA, VIM, dan VFB serta pemeriksaan mekanis berupa stabilitas, flow dan marshall quetions. Hasil pemeriksaan tersebut dijadikan dasar untuk menentukan besarnya kadar aspal optimum. Berdasarkan analisis dan pembahasan didapatkan bahwa campuran beton aspal yang menggunakan aspal dengan tambahan serbuk serat pelepah batang pisang, memiliki nilai VMA dan VIM semakin menurun seiring meningkatnya kadar aspal. Nilai VFB dan flow semakin meningkat seiring meningkatnya kadar aspal. Sedangkan nilai stabilitas dan marshall quetions sampai batas tertentu stabilitas dan MQ nya naik namun kemudian semakin tinggi kadar aspalnya nilainya semakin turun. Dari lima variasi kadar aspal, prosentase kadar aspal 5,5% yang menghasilkan nilai yang paling optimum.

Kata kunci : Laston AC-WC, Serbuk serat, Batang pisang, Aspal modifikasi

PENDAHULUAN

Kemampuan perkerasan lentur untuk mendukung dan mendistribusikan beban kendaraan membutuhkan kualitas lapis perkerasan yang baik agar tidak mengalami penurunan dini fungsi layannya. Kualitas perkerasan dipengaruhi banyak faktor, diantaranya kondisi drainase, pemilihan material bahan jalan, perencanaan campuran, pelaksanaan konstruksi dan lain-lain. Kerusakan jalan umumnya ditangani dengan memberikan lapis tambah pada perkerasan lama. Namun cara ini jika dilakukan terus menerus akan membutuhkan material bahan jalan yang cukup banyak. Perlu adanya upaya untuk mencegah kerusakan dini yang terjadi pada perkerasan jalan. Salah satunya adalah menggunakan material bahan jalan berkualitas baik / tinggi, dengan proporsi yang tepat sehingga akan menghasilkan perkerasan jalan yang awet serta tahan lama.

Aspal sebagai bahan pengikat dan pengisi antar agregat dituntut memiliki kemampuan dalam mempertahankan sifat fisiknya. Kualitas aspal dapat ditingkatkan dengan menambah bahan aditif. Selulosa dari serbuk serat pelepah batang pisang dapat dijadikan sebagai bahan aditif pada aspal murni (aspal 60/70). Penambahan serbuk serat batang pisang sebanyak 0,1 % sebagai bahan aditif pada aspal murni (Aspal 60/70) menghasilkan penurunan nilai penetrasi dan nilai daktilitas serta

meningkatkan nilai titik lembek aspal sehingga aspal lebih tahan pada temperatur yang lebih tinggi (Widianty, 2018).

Campuran beraspal yang terdiri dari aspal dan agregat harus memenuhi syarat stabilitas, fleksibilitas, durabilitas dan tahanan geser. Penggunaan gradasi rapat menghasilkan kepadatan yang baik sehingga stabilitasnya tinggi, tetapi memiliki rongga pori yang kecil yang berarti memberikan kelenturan (fleksibilitas) yang kurang baik. Akibat tambahan beban lalu lintas serta pengaruh cuaca akan memberikan tahanan geser yang kecil. Penggunaan gradasi terbuka, akan diperoleh kelenturan yang baik namun stabilitasnya menjadi kecil. Kadar aspal yang terlalu sedikit menyebabkan lapis pengikat antar butiran kurang sehingga mudah lepas dan durabilitasnya berkurang. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan prosentase yang tepat dari penggunaan aspal dengan penambahan serbuk serat pelepah batang pisang berdasarkan karakteristik campuran beton aspal.

TINJAUAN PUSTAKA

Aspal dan agregat, merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2016). Aspal pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat dan pengisi, sehingga aspal harus mempunyai daya tahan terhadap cuaca, adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik. Adapun sifat fisik aspal antara lain durabilitas, adhesi, kohesi, kepekaan Aspal terhadap temperatur, pengerasan dan penuaan.

Aspal yang ditambahkan beberapa macam aditif tergantung pada keperluan atau seperti apa produk perkerasan yang dikehendaki perencanaan. Sebagai contoh penambahan aditif pada aspal untuk meningkatkan stabilitas untuk jalan dengan lalu-lintas berat, meningkatkan ketahanan terhadap pengelupasan permukaan perkerasan (*stripping*) serta mengurangi kepekaan aspal dari pengaruh variasi temperatur sehingga aspal menjadi lebih tahan terhadap perubahan temperatur dan beban lalu lintas berat. (Mashuri dan Patunrangi, 2011)

Metha (2012) mendapatkan bahwa dengan penambahan abu ampas tebu dengan variasi kadar 0%, 0,75%, 1,5%, 2,25%, 3%, 3,75%, 4,5%, dan 5,25%) akan menurunkan penetrasi dan daktilitas aspal serta meningkatkan titik lembek aspal sehingga aspal menjadi lebih tahan terhadap temperatur yang tinggi. Penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan tambah pada campuran SMA akan paling berpengaruh terhadap nilai (VIM), dimana korelasi antara abu ampas tebu dengan nilai VIM adalah -0,52. Makin bertambahnya kadar abu ampas tebu maka nilai VIM akan mengalami penurunan. Sedangkan untuk nilai karakteristik campuran yang lainnya (VMA, stabilitas, *flow*, dan MQ), pengaruhnya sangat kecil.

Darunifah (2007), dengan menggunakan variasi kadar karet pada aspal (0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%) dan beberapa variasi kadar aspal (6,6%, 7,1%, 7,6% dan 8,1%) pada campuran HRS–WC menunjukkan bahwa KAO yang dipakai (7,1%) sangat mempengaruhi hasil dari nilai *density*, VMA, VIM, *flow*, stabilitas, MQ dan IRS. Campuran HRS - WC dengan berbagai modifikasi prosentase karet mampu meningkatkan serta mempertahankan kerapatannya, ikatan antar agregat dengan aspal sebagai bahan pengikat semakin kuat sehingga dapat menahan beban lalu lintas yang berat tanpa terjadi bleeding, keawetannya meningkat, elastisitas aspal meningkat dan semakin fleksibel. Untuk jenis campuran

HRS–WC dengan variasi kadar karet pada aspal akan menghasilkan nilai struktural campuran aspal yang lebih baik sewaktu kadar aspal 7,1% dengan penambahan karet pada aspal sebesar 2%

Widianty (2016), dengan variasi penambahan serbuk serat pelepah batang pisang sebesar 0%; 0,1%; 0,2%; 0,3%; dan 0,4% dari berat aspal didapatkan bahwa penambahan serbuk serat batang pisang sebanyak 0,1% pada aspal murni 60/70 menghasilkan peningkatan terhadap karakteristik sifat fisik aspal yaitu penurunan nilai penetrasi dan nilai daktilitas serta meningkatkan nilai titik lembek aspal sehingga aspal lebih tahan pada temperatur yang lebih tinggi.

Produksi pisang Indonesia cukup besar, berdasarkan Angka Tetap (ATAP) tahun 2013 produksi pisang mencapai 6,28 juta ton (Kementerian Pertanian, 2014). Namun pemanfaatannya sampai saat ini hanya sebatas buahnya saja. Banyaknya limbah batang pisang pada saat pasca panen masih banyak dijumpai. Belum banyak masyarakat yang mau memanfaatkan limbah batang pisang, masyarakat cenderung membuang atau membiarkan saja batang pisang tersebut. Padahal dari hasil penelitian (Lokantara, 2007 dalam Syaiful, 2015) pelepah batang pisang mengandung banyak sekali selulosa yaitu 63 – 64 %, dan setiap pohon pisang berpotensi menghasilkan pelepah kering sebanyak 6,15 kg.

Serbuk selulosa dari serat pelepah batang pisang diperoleh melalui beberapa tahapan yaitu dimulai dari proses mengurangi kadar air yang terkandung dalam pelepah dengan cara pengeringan (penjemuran atau oven). Kemudian dilakukan proses delignifikasi untuk menghilangkan kandungan lignin, dengan cara pelepah yang sudah kering direndam dalam larutan NaOH 15% yang dilarutkan dalam 600 ml aquades selama 24 jam. Setelah itu disaring dan dinetralkan/dibilas menggunakan aquadest sampai bersih baru kemudian dikeringkan kembali (Habibah, 2013).

Agregat adalah butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar, kecil atau fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% berdasarkan persentase berat, atau 75 – 85% berdasarkan persentase volume. Sehingga kualitas perkerasan jalan sangat ditentukan juga sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain, Sukirman (2016).

Agregat dikelompokkan menjadi 3 (tiga), yaitu : (SNI 8198 : 2015) agregat kasar, fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm), agregat Halus, terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm), Bahan Pengisi (*Filler*), terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), kapur padam (*hydrated lime*), semen atau abu terbang atau mineral yang berasal dari asbuton.

Beton aspal merupakan jenis perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan atau tanpa bahan tambah. (Sukirman, 2016). Campuran beton aspal harus memiliki karakteristik berupa stabilitas, keawetan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan, kedap air dan kemudahan pelaksanaan. Disamping itu untuk analisis rancangan campuran beton aspal, diperlukan parameter sifat-sifat volumetrik dari beton aspal berupa : berat jenis bulk beton aspal padat (Gmb), berat Jenis efektif dari total agregat (Gse), berat jenis maksimum beton aspal (Gmm), berat jenis bulk total agregat (Gsb), rongga pori di antara mineral agregat (VMA), rongga pori dalam campuran beraspal (VIM), dan rongga pori yang terisi aspal (VFB).

Hubungan linier adalah hubungan dimana jika satu variabel mengalami kenaikan atau penurunan, maka variabel lain akan mengalami hal yang sama. Jika hubungan antara variabel adalah positif, maka

setiap kenaikan variabel bebas akan membuat variabel terikat juga mengalami kenaikan. Sebaliknya jika variabel bebas mengalami penurunan, maka variabel terikat juga mengalami penurunan. Jika hubungan antara variabel negatif, maka setiap kenaikan dari variabel bebas mengalami penurunan, maka variabel terikat akan mengalami kenaikan (Sudjana,1996). Untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antar variabel digunakan koefisien korelasi yang disimbolkan dengan r .

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Rekayasa Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram. Alat yang digunakan : Alat uji pemeriksaan agregat (set saringan standar, piknometer, timbangan, oven, bak perendam, alat impact untuk keausan), Alat uji karakteristik campuran agregat aspal (Alat Marshall, Cetakan benda Uji diameter 100 mm dan tinggi 75 mm lengkap dengan pelat alas dan leher sambung, Alat untuk mengeluarkan benda uji, Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder seberat 4,536 kg dengan tinggi jatuh bebas 457,2mm \pm 2,5 mm, Landasan pemadat terdiri dari balok kayu berukuran 203,2 \times 203,2 \times 457,2 mm yang dilapisi dengan pelat baja, Bak perendam. Bahan yang digunakan : Pelelah Batang Pisang, NaOH (Soda Api), Air Aquades, Aspal pen 60/70 dari PT. Kresna Karya di daerah Pringgabaya, Agregat kasar, halus dan filler hasil mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang di dapat dari PT. Kresna Karya di daerah Pringgabaya.

Pelaksanaan Penelitian

Bahan aditif menggunakan serbuk selulosa yang dihasilkan dari serat pelepas batang pisang. Langkah awal dilakukan proses delignifikasi, kemudian bahan disaring dan dibilas dengan air murni, kemudian serat dikeringkan kembali, terakhir serat digiling halus untuk mendapatkan serbuk serat.

Aspal yang digunakan adalah aspal murni 60/70 yang ditambah dengan serbuk serat pelepas batang pisang sebanyak 0,1 % dari total aspal. Besarnya prosentase penambahan serbuk serat pelepas batang pisang ini didasarkan dari hasil penelitian sebelumnya (Widianty, D, 2016) tentang pengaruh penambahan serbuk serat pelepas batang pisang terhadap karakteristik sifat fisik aspal. Hasil penelitian tersebut didapat bahwa dengan penambahan 0,1 % serbuk serat pelepas batang pisang pada aspal 60/70 terjadi peningkatan terhadap sifat fisik aspal 60/70.

Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler. Pengujian yang dilakukan untuk agregat kasar berupa : berat jenis, penyerapan air, kelekatan agregat terhadap aspal dan keausan dengan alat impact. Pengujian agregat halus berupa : berat jenis, penyerapan air dan pengujian filler berupa berat jenis.

Pembuatan benda uji briket marshall menggunakan gradasi agregat campuran untuk lapis perkerasan laston (AC-WC) menggunakan gradasi menerus (*dense graded*) dengan melakukan penggabungan dari beberapa fraksi agregat kemudian digabung dengan aspal dengan tambahan serbuk serat pelepas batang pisang. Sebelumnya dilakukan perhitungan perkiraan awal kadar aspal rancangan untuk menentukan kadar aspal optimum dengan rumus sebagai berikut :

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K \dots\dots\dots (1)$$

dimana : Pb = kadar aspal rencana perkiraan, CA = agregat kasar tertahan saringan no.8, FA = agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan No.200, Filler = agregat halus lolos saringan No.200, K = Konstanta, 0,5 – 1,0 untuk Laston (*Asphalt Concrete*), 2,0 – 3,0 untuk Lataston (*Hot roll sheet*).

Selanjutnya benda uji berbentuk briket marshall dibuat dengan rancangan kadar aspal selang (Pb-1), (Pb-0,5), Pb, (Pb+0,5), dan (Pb+1). Masing-masing variasi dibuat sebanyak 3 sampel. Campuran yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan dipadatkan dengan tumbukan sebanyak 75 kali (mewakili lalu lintas berat) kemudian benda uji dibalik dan ditumbuk kembali sebanyak 75 kali.

Persiapan dan pelaksanaan pemeriksaan

Persiapan pemeriksaan baik volumetrik maupun mekanis adalah membersihkan benda uji dari kotoran yang menempel, mengukur tinggi benda uji, menimbang benda uji, merendam benda uji dalam air selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang, menimbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan isi dari benda uji dan menimbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh. Pemeriksaan volumetrik (VMA, VIM, VFA) dilakukan melakukan analisa perhitungan terhadap parameter sifat-sifat volumetrik campuran beton aspal. Sedangkan pemeriksaan mekanis (stabilitas dan Flow) dilakukan dengan menggunakan alat penekan uji Marshal.

Hasil dari pengujian marshall dan sifat volumetrik campuran beton aspal, dilanjutkan dengan pengolahan dan analisis data. Analisis data dilakukan menggunakan metode statistik yaitu analisis regresi. Adapun variabel yang dipilih untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Variabel bebas, meliputi kadar aspal dengan tambahan serbuk serat pelepah batang pisang
- b. Variabel tidak bebas, meliputi VIM, VMA dan VFB, stabilitas, pelelehan, marshall quetions

Penentuan kadar aspal optimum didasarkan pada nilai-nilai karakteristik campuran beton aspal yang memenuhi spesifikasi Laston AC-WC yaitu menggunakan grafik hubungan antara kadar aspal ditambah serbuk serat pelepah batang pisang 0,1 % dengan sifat volumetrik beton aspal dan nilai uji marshall.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Benda Uji

Karakteristik bahan campuran aspal yang akan digunakan diperoleh dengan melakukan pemeriksaan berupa pemeriksaan bahan aspal maupun agregat. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendapatkan karakteristik bahan material yang akan digunakan untuk membuat campuran aspal yang sesuai dengan persyaratan sehingga menghasilkan campuran aspal yang optimum.

Hasil Pemeriksaan Bahan Aspal Modifikasi

Aspal Modifikasi adalah aspal yang dicampur dengan serbuk serat pelepah batang pisang sebanyak 0,1 % dari prosentase aspal dalam campuran beraspal. Pengujian yang dilakukan berupa pemeriksaan penetrasi, daktilitas, titik nyala, titik lembek, berat jenis, kehilangan berat dan viscositas. Hasil pemeriksaan didapat dari hasil pemeriksaan terdahulu (widianty, 2016) seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil pemeriksaan aspal 60/70 ditambah 0,1 % serbuk serat batang pisang

No.	Jenis Pemeriksaan	Persyaratan *)	Hasil Pemeriksaan terdahulu **)
1.	Penetrasi, 25°C, 100 gram, 5 detik; 0,1 mm	60-79	67,4
2.	Daktilitas; 25 °C, (cm)	> 100	102,3
3.	Titik nyala; °C	min 232	> 285
4.	Titik lembek; °C	48 - 58	44,7
5.	Berat jenis	min 1,0	1,037
6.	Kehilangan berat; % berat	maks 0,8	0,116
7.	Viscositas	> 300	320,80

Hasil Pengujian Agregat

Agregat sebagai bahan yang mendominasi dalam suatu campuran beraspal tentu akan sangat mempengaruhi kualitas dari campuran. Oleh sebab itu sangatlah penting dilakukan pemeriksaan terhadap bahan agregat terlebih dahulu. Hasil pemeriksaan agregat dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan agregat

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan *)			Persyaratan
		Agregat Kasar	Agregat Halus	Filler	
1.	Berat jenis bulk	2,63	2,64	2,55	≥ 2,50
2.	Berat jenis semu	2,76	2,84	2,56	≥ 2,50
3.	Berat jenis efektif	2,70			
3	Penyerapan terhadap air (%)	1,60	2,67	-	≤ 3,00
4	Keausan dengan alat <i>impact</i>	7,69	-	-	≤ 30,00
5	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	100	-	-	≥ 95

Sumber : *) Hasil pemeriksaan

Dari hasil pemeriksaan bahan aspal dan agregat menunjukkan bahwa bahan tersebut dapat digunakan sebagai bahan campuran perkerasan beraspal.

Penentuan Proporsi Campuran Beton Aspal

Proporsi campuran agregat diperoleh dengan melakukan pendekatan proporsional sesuai dengan spesifikasi yang dituju. Dalam penelitian ini, spesifikasi yang dituju adalah batas tengah dari gradasi agregat untuk Laston AC-WC berdasarkan standar dari Bina Marga. Dari nilai tengah persen lolos selanjutnya dapat ditentukan persen tertahan untuk masing-masing ukuran saringan. Spesifikasi gradasi agregat untuk AC-WC dapat dilihat pada **tabel 3**.

Tabel 3. Gradasi agregat untuk menentukan proporsi campuran agregat

No.	No. Saringan	Ukuran saringan (mm)	Spesifikasi Lolos (%)	Nilai Tengah (%)	% kumulatif tertahan	Persen masing-masing saringan
1	3/4"	19	100	100	0	0
2	1/2"	12,5	90 - 100	95	5	5
3	3/8"	9,5	77 - 90	84	16,5	11,5
4	No. 4	4,75	53 - 69	61	39,0	22,5
5	No. 8	2,36	33 - 53	43	57,0	18,0
6	No. 16	1,18	21 - 40	31	69,5	12,5
7	No. 30	0,600	14 - 30	22	78,0	8,5
8	No. 50	0,300	9 - 22	16	84,5	6,5
9	No. 100	0,150	6 - 15	11	89,5	5,0
10	No. 200	0,075	4 - 10	7	93,0	3,5

(Sumber : Hasil perhitungan)

Berdasarkan **Tabel 3**, proporsi masing-masing fraksi ditentukan dengan melihat nilai dari persen tertahan pada fraksi itu sendiri. Proporsi fraksi agregat kasar (CA), yaitu persen tertahan pada saringan No. 4 yang merupakan batas agregat kasar dengan agregat halus adalah sebesar 39%. Proporsi fraksi

agregat halus (FA) antara persen tertahan saringan No. 200 dan persen lolos saringan No. 4 adalah sebesar 54% dan proporsi filler diambil dari persen lolos saringan No. 200 yaitu sebesar 7%.

Langkah selanjutnya mencari atau menghitung prosentase nilai kadar aspal rencana (Pb) dengan menggunakan persamaan (9) yaitu : $Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$ dengan nilai konstanta sebesar 0,75. Dari hasil perhitungan didapatkan prosentase nilai kadar aspal rencana (Pb) sebesar 5,805% dan dibulatkan menjadi 6%. Nilai dari kadar aspal rencana ini dipakai sebagai dasar untuk membuat rancangan campuran beraspal mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO). Variasi kadar aspal yang dibuat menggunakan lima variasi yaitu Pb-1, Pb-0,5, Pb, Pb+0,5 dan Pb+1 sehingga menjadi 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7% dimana aspal yang digunakan adalah aspal yang ditambah dengan serbuk serat batang pisang sebesar 0,1% dari total kadar aspal.

Hasil Pemeriksaan Campuran Beton Aspal

Benda uji campuran beton aspal yang diperiksa terdiri dari 5 variasi kadar aspal yang ditambah 0,1% serbuk serat batang pisang dari total kadar aspal menggunakan masing-masing 3 sampel. Jenis pemeriksaan campuran beraspal berupa pemeriksaan volumetrik dan pemeriksaan mekanis. Sebagai acuan hasil pemeriksaan digunakan spesifikasi Campuran Laston AC WC.

Pemeriksaan Volumetrik dan Mekanis Campuran Aspal

Pemeriksaan dilakukan pada tiga buah benda uji untuk masing-masing nilai kadar aspal. Pemeriksaan volumetrik campuran aspal terdiri dari rongga pori dalam beton aspal (VIM), rongga antara agregat dalam beton aspal (VMA), dan rongga terisi aspal (VFB). Hasil pemeriksaan volumetrik campuran beton Aspal disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Volumetrik dan Mekanis Campuran Beton Aspal

No.	Kadar aspal (%)	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
1	5	15,019	5,792	61,436	2684,12	3,90	688,24
2	5	15,209	6,002	60,536	2640,12	3,90	676,95
3	5	15,750	6,602	58,083	2466,86	3,80	649,17
	Rata-rata	15,326	6,132	60,018	2597,03	3,87	671,45
1	5,5	16,156	5,868	61,436	2727,88	4,20	649,50
2	5,5	14,450	3,952	60,536	2788,50	3,95	705,95
3	5,5	15,060	4,637	58,083	2626,85	3,70	709,96
	Rata-rata	15,222	4,819	68,514	2714,41	3,95	688,47
1	6	14,400	2,674	81,432	2739,48	4,50	608,77
2	6	14,451	2,731	81,099	2920,14	4,20	695,27
3	6	14,521	2,811	80,641	2699,39	4,10	658,39
	Rata-rata	14,457	2,739	81,057	2786,34	4,27	654,14
1	6,5	14,188	1,194	91,585	2288,10	4,20	544,79
2	6,5	14,454	1,500	89,619	2389,86	4,40	543,15
3	6,5	14,701	1,785	87,860	2420,11	4,30	562,82
	Rata-rata	14,448	1,493	89,688	2366,02	4,30	550,25
1	7	14,242	0,005	99,964	2206,98	6,10	361,80
2	7	14,472	0,274	98,108	2525,82	5,90	428,10
3	7	14,623	0,450	96,923	2177,55	4,20	518,46
	Rata-rata	14,446	0,243	98,332	2303,45	5,40	436,12
	Persyaratan	Min. 15	3,0 – 5,0	Min. 65	Min. 800	2,0 – 4,0	Min. 250

(Sumber : Hasil perhitungan)

Berdasarkan **Tabel 4**, maka dapat dibuat grafik hubungan antara variasi kadar aspal yang ditambah dengan serbuk serat batang pisang dengan nilai volumetrik yaitu VMA, VIM dan VFB.

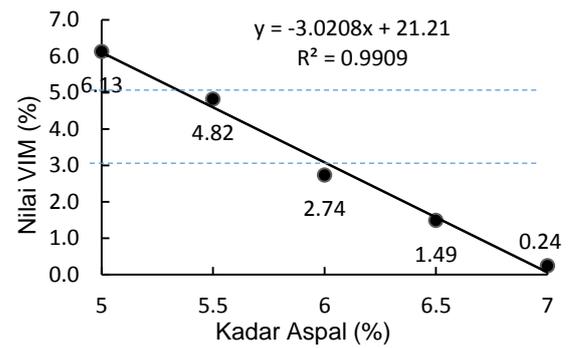
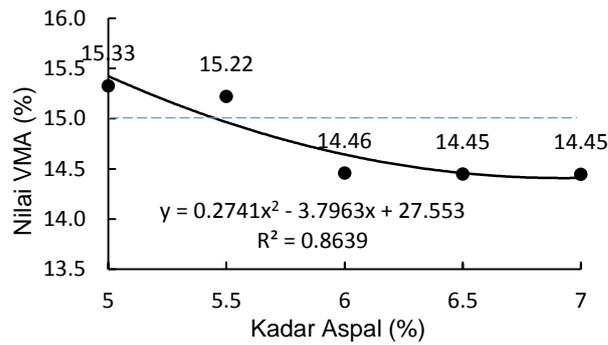
Rongga antara agregat (VMA)

Rongga antara agregat dalam beton aspal (VMA), merupakan banyaknya rongga pori di antara butir-butir agregat didalam beton aspal padat yang dinyatakan dalam persentase. Berikut grafik yang menunjukkan hubungan antara variasi kadar aspal yang ditambah 0,1% serbuk serat batang pisang dengan nilai VMA dapat dilihat pada **Gambar 1**. Dari **Gambar 1** diperoleh bahwa seiring bertambahnya kadar aspal yang ditambah serbuk serat batang pisang 0,1% maka nilai rongga di antara mineral agregat (VMA) akan semakin turun. Hal ini berarti bahwa adanya penambahan serbuk serat batang pisang 0,1% pada aspal yang digunakan pada campuran beton aspal akan berpengaruh terhadap penurunan nilai VMA, artinya rongga pori antara agregat yang terbentuk menjadi lebih kecil. Berdasarkan spesifikasi yang digunakan ternyata kadar aspal yang memenuhi persyaratan VMA adalah kadar aspal sampai batas 5,5%. Sedangkan kadar aspal lebih dari 5,5% sudah tidak memenuhi persyaratan, karena nilai minimum VMA untuk laston AC-WC adalah sebesar 15%. Korelasi antara kadar aspal yang ditambah serbuk serat batang pisang 0,1% dengan VMA merupakan korelasi negatif yang berarti bahwa seiring dengan bertambahnya kadar aspal nilai VMA mengalami penurunan. Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah sebesar 0,8639 yang berarti bahwa kadar aspal berpengaruh terhadap nilai VMA sebesar 86,39%.

Rongga dalam agregat (VIM)

VIM merupakan persentase rongga yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Rongga ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya agregat-agregat karena adanya tambahan repetisi beban lalu lintas, atau sebagai tempat bila aspal meleleh menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. Hasil pemeriksaan nilai VIM terhadap variasi kadar aspal dapat disajikan pada **Gambar 2**.

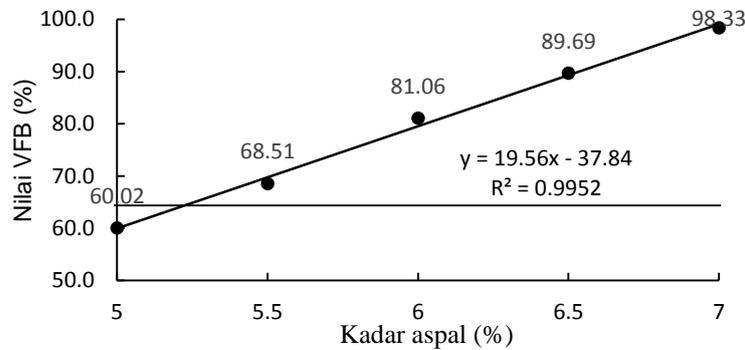
Berdasarkan **Gambar 2** diperoleh bahwa kadar aspal yang memenuhi persyaratan adalah kadar aspal 5,5% karena persyaratan VIM berada pada rentang 3,0 – 5,0. Kadar aspal 5% tidak memenuhi persyaratan karena nilai VIM lebih dari 5,0%. Sedangkan pada kadar aspal 6% - 7% nilai VIM berada dibawah syarat yaitu 3%. Nilai VIM yang tinggi pada kadar aspal 5% disebabkan karena masih banyak rongga yang belum terselimuti oleh aspal. Nilai VIM yang terlalu besar akan menyebabkan oksidasi aspal meningkat yang dapat mempercepat penuaan aspal dan akibatnya dapat menurunkan durabilitas beton aspal. Namun VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan dapat mengalami *bleeding* (keluarnya aspal ke permukaan) ketika suhu meningkat. Terlihat dari **Gambar 4.2** menunjukkan semakin banyak kadar aspal yang digunakan maka nilai rongga (VIM) semakin kecil, karena rongga akan terisi oleh aspal itu sendiri. Korelasi antara kadar aspal dengan VIM merupakan korelasi negatif karena seiring bertambahnya kadar aspal maka nilai VIM mengalami penurunan. Besarnya koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah sebesar 0,9909, artinya kadar aspal yang ditambah 0,1% serbuk serat batang pisang berpengaruh terhadap nilai VIM sebesar 99,09%.



Gambar 1. Hubungan antara Kadar Aspal dengan VMA **Gambar 2.** Hubungan antara Kadar Aspal dengan VIM

Rongga Pori terisi Aspal (VFB)

VFB merupakan rongga yang berada di antara mineral agregat (VMA) yang terisi oleh aspal efektif. Berikut disajikan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFB.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan VFB

Dari **Gambar 3** terlihat bahwa semakin tinggi kadar aspal maka semakin meningkat pula nilai VFB nya. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal yang digunakan, maka aspal efektif yang masuk ke dalam rongga campuran dan menyelimuti campuran aspal akan semakin banyak. Kadar aspal yang memenuhi syarat adalah kadar aspal 5,5% sampai dengan 7%. Sedangkan kadar aspal 5% tidak memenuhi karena nilai VFB kurang dari 65%. Besarnya nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9952 yang mempunyai arti bahwa kadar aspal berpengaruh terhadap nilai VFB sebesar 99,52%.

Pemeriksaan mekanis campuran beton aspal meliputi pemeriksaan stabilitas, *flow* (pelelehan) dan Marshall Quotient (MQ). Hasil pemeriksaan mekanis selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4, selanjutnya dibuat grafik hubungan antara kadar aspal yang ditambah 0,1% serbuk serat pelepah batang pisang dengan nilai parameter Marshall sebagai berikut :

Stabilitas

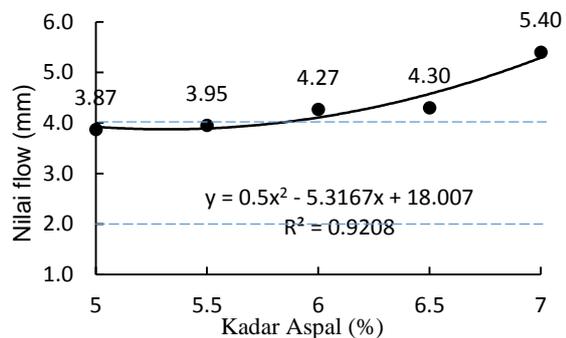
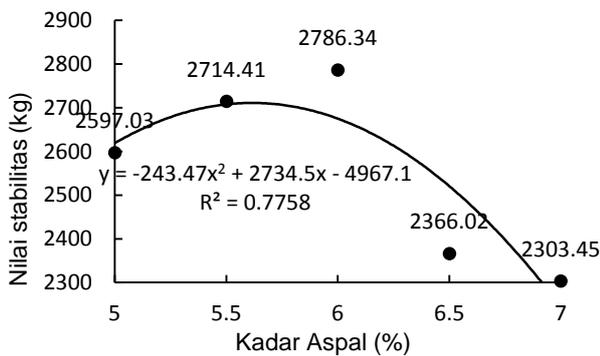
Stabilitas merupakan parameter yang menyatakan batas beban maksimum yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi dapat menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga berkurangnya tingkat keawetan campuran. Hubungan antara nilai stabilitas dari 5 variasi kadar aspal yang ditambah 0,1% serbuk serat pelepah batang pisang disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 4**.

Gambar 4. menunjukkan bahwa seluruh nilai stabilitas dari variasi kadar aspal memenuhi persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu bernilai diatas 800 kg. Dari kurva yang didapat terlihat bahwa nilai tertinggi stabilitas dicapai pada campuran dengan kadar aspal 6% yaitu sebesar 2786,34 kg. Dimana campuran dengan kadar aspal 5% terus meningkat sampai kadar aspal 6%, namun campuran dengan kadar aspal lebih dari 6 % nilai stabilitas malah menjadi turun. Ini berarti bahwa pemberian kadar aspal pada suatu campuran tidak boleh terlalu sedikit dan tidak boleh terlalu banyak. Bila pemberian kadar aspal terlalu sedikit maka kemampuan untuk mengikat agregat akan semakin lemah, begitupun dengan kadar aspal yang terlalu tinggi maka campuran tersebut akan kebanyakan aspal dan menyebabkan campuran akan menjadi lembek sehingga stabilitasnya pun akan kecil. Koefisien korelasi (R) yang diperoleh adalah sebesar 0,881. Nilai ini dikategorikan sangat kuat yang artinya kadar aspal sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas. Besarnya koefisien determinasi (R²) diperoleh sebesar 0,7758 yang menunjukkan bahwa pengaruhnya adalah sebesar 77,58%.

Flow (pelelehan)

Flow (pelelehan) merupakan total deformasi yang terjadi pada sampel padat dari campuran beraspal hingga mencapai titik beban maksimum pada saat pengujian stabilitas Marshall. Nilai flow dinyatakan dalam milimeter (mm). Hubungan antara kadar aspal dengan tambahan 0,1% serbuk serat pelepah batang pisang terhadap nilai flow disajikan pada Gambar 5.

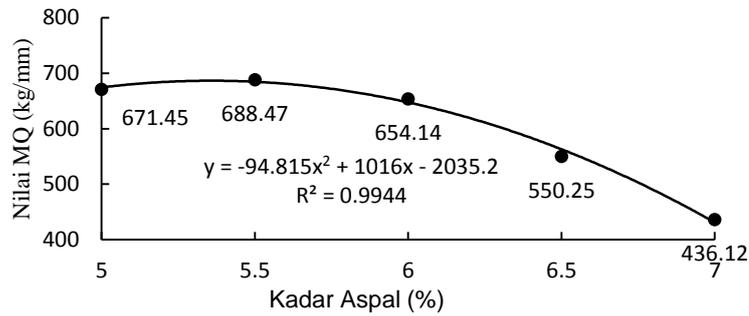
Dari **Gambar 5** diperoleh bahwa nilai flow akan mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar aspal suatu campuran maka semakin elastis pula suatu campuran aspal. Dari lima variasi kadar aspal, yang memenuhi syarat flow adalah campuran dengan kadar aspal 5% - 5,5% yaitu berada pada rentang 2 – 4. Sedangkan kadar aspal 6% - 7% berada diluar rentang yaitu diatas 4. Nilai koefisien korelasi (R) diperoleh sebesar 0,960 yang berarti nilai kadar aspal sangat kuat berpengaruh terhadap nilai flow. Koefisien korelasi bernilai positif yang menunjukkan bahwa bertambahnya kadar aspal nilai flow mengalami peningkatan. Besarnya koefisien determinasi (R²) diperoleh sebesar 0,9208 yang berarti pengaruh kadar aspal terhadap nilai flow adalah sebesar 92,08%.



Gambar 4. Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Stabilitas **Gambar 5.** Hubungan antara Kadar Aspal dengan *Flow* Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah nilai hasil bagi antara stabilitas *Marshall* dengan nilai *flow*. Makin tinggi nilai Marshall Quotient maka makin tinggi kekakuan suatu campuran beraspal. Kondisi ini

mengakibatkan campuran beraspal makin rentan terhadap keretakan. Hubungan antara kadar aspal dengan tambahan 0,1% serbuk serat pelepah batang pisang terhadap nilai Marshall Quotient (MQ).



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan MQ

Dari **Gambar 6** dapat dilihat bahwa nilai MQ mengalami penurunan seiring dengan penambahan kadar aspal. Syarat MQ adalah minimal 250 kg/mm sehingga semua kadar aspal memenuhi persyaratan untuk Marshall Quotient. Koefisien korelasi (R) bernilai -0,987 yang berarti bahwa kadar aspal sangat berpengaruh terhadap nilai Marshall Quotient. Korelasi antara kadar aspal dengan nilai MQ merupakan korelasi negatif yang berarti seiring dengan bertambahnya kadar aspal nilai MQ mengalami penurunan. Koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh adalah sebesar 0,976 yang berarti pengaruh kadar aspal terhadap nilai MQ sebesar 97,6%.

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penggunaan aspal dengan tambahan 0,1% serbuk serat pelepah batang pisang sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal. Dari hasil pemeriksaan volumetrik dan pemeriksaan mekanis dengan 5 variasi kadar aspal yaitu sebesar 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% dibuat rekapitulasi dalam bentuk chartbar. Selanjutnya nilai-nilai yang memenuhi persyaratan untuk masing-masing parameter akan digunakan dalam menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Rancangan persentase kadar aspal yang paling optimum merupakan rancangan yang dipilih dalam membuat campuran beraspal.

Tabel 5. Penentuan kadar aspal optimum (KAO)

Parameter	Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
VMA	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
VIM	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
VFB	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
Stabilitas	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
Flow	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi
MQ	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

(Sumber : Hasil perhitungan)

Keterangan :

Memenuhi	Memenuhi Persyaratan
Tidak	Tidak Memenuhi

KAO = 5,5%

Berdasarkan rekapitulasi dari **Tabel 5** berdasarkan hasil pemeriksaan volumetrik dan mekanis, kadar aspal yang dapat memenuhi semua spesifikasi adalah kadar aspal 5,5%. Kadar aspal 5,5% ini merupakan kadar aspal optimum (KAO) yang digunakan dalam membuat campuran beraspal. Hal ini menunjukkan bahwa untuk membuat campuran laston AC-WC, prosentase kadar aspal modifikasi

dengan penambahan serbuk serat batang pisang pada aspal murni sebanyak 0,1% dari total aspal murni adalah sebesar 5,5%, karena menghasilkan parameter yang memenuhi semua persyaratan yaitu VMA, VIM, VFB, Stabilitas, Flow dan Marshall Quetions.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penambahan 0,1% serbuk serat batang pisang pada aspal murni yang digunakan sebagai bahan ikat campuran beraspal AC-WC menghasilkan nilai VMA dan VIM dimana akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya kadar aspal modifikasi yang digunakan. Persentase kadar aspal yang memenuhi persyaratan VMA adalah 5% dan 5,5% dan yang memenuhi persyaratan VIM adalah 5,5%. Penambahan 0,1% serbuk serat batang pisang pada aspal murni menghasilkan nilai VFB dimana akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal modifikasi yang digunakan. Persentase kadar aspal yang memenuhi persyaratan VFB adalah 5,5% sampai 7%. Penambahan 0,1% serbuk serat batang pisang pada aspal murni menghasilkan nilai stabilitas yang memenuhi syarat untuk semua variasi kadar aspal. Penambahan 0,1% serbuk serat batang pisang pada aspal murni menghasilkan nilai flow dimana akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya kadar aspal modifikasi yang digunakan. Persentase kadar aspal yang memenuhi persyaratan Flow adalah 5% dan 5,5%. Dari pemeriksaan volumetrik dan mekanis didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5,5%.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut jika aspal modifikasi dengan tambahan serbuk serat batang pisang untuk campuran Laston AC-BC.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2008, SNI 1969-2008 : Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, 2008, SNI 1970-2008: Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, 2015, SNI 8198-2015 : *Spesifikasi Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus (Laston)*, Badan Standarisasi Nasional.
- Darunifah., N., 2007, *Pengaruh Bahan Tambahan Karet Padat Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS - WC)*, Thesis, Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- Habibah, DU, 2013, *Konversi Selulosa dari Biomassa Batang Pisang menjadi Asam Levulinat melalui Reaksi Katalik dengan Katalis Kromium*, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Kementerian Pertanian, 2014, Outlook Komoditi Pisang, Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Jakarta.
- Mashuri, Jurair Patunrangi, 2011, *Perubahan Karakteristik Mekanis Aspal Yang Ditambahkan Sulfur Sebagai Bahan Tambah*, Jurnal Mektek Universitas Tadulako Edisi Mei 2011, Palu
- Metha, R.P., 2012, Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu terhadap Nilai Karakteristik Split Mastic Asphalt (SMA), Jurnal Civitas Akademik Universitas Brawijaya Edisi Februari 2012, Malang
- Sudjana, 1996, *Metode Statistika* Edisi ke 6, Tarsito, Bandung.
- Sukirman., S., 2016, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Syaiful., A., 2015, *Pemanfaatan Serat Batang Pohon Pisang dalam sintesis Material Hibrida Berbasis Geopolimer Abu Layang Batubara*, Indonesian Journal of Chemical Science Vol 5 No 1 2016, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Widiandy., D., 2018, *Pengaruh Penambahan Serbuk Serat Pelepeh Batang Pisang Terhadap Karakteristik Sifat Fisik Aspal*, Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan Volume 2 No.1 Januari 2018, Universitas Jember, Jember.