

KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN HRS-WC DENGAN PENAMBAHAN ARANG KAYU TUMBUK SEBAGAI BAHAN PENGISI(FILLER)

Heny Putri Laras

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, e-mail : henyputrilaras@gmail.com

Murniati

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, e-mail : murniati-upr@eng.upr.ac.id

Desriantomy

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya, e-mail : desriantomy@gmail.com

Abstrack : *Road pavement is a mixture of aggregate and binder used to serve traffic loads. One type of flexible pavement mixture is Thin Layer Asphalt Concrete (Lataston) or more commonly known as the Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC) which consists of coarse aggregate, fine aggregate and filler. In its implementation in the field, implementers are often faced with that filler in crushed stone and stone ash still produces quantities that are less than the specifications used. Therefore, the use of crushed wood charcoal waste material as a filler added to the road pavement mixture can be an alternative solution in reducing the use of cement or stone ash which is quite expensive. Based on the results of the study, it was obtained that the KAO was 7.10% with a filler of 4.35% of the total weight of the mixture in the first test. Furthermore, in the second test, the addition of variations in the content of mashed wood charcoal filler was 6%, 8% and 10% of the total weight of the aggregate. The maximum addition of crushed wood charcoal that meets the specifications is at a level of 8%. From the readings on the Marshall Test, the stability value increased >600 kg/mm, the flow value increased to 0.03 mm, the voids in the mixture (VIM) decreased by 1.47%, the inter-aggregate voids (VMA) decreased by 0.92 %, asphalt filled voids (VFB) increased by 6.1% and Marshall's quotient increased by 12.31 kg/mm.*

Keyword : HRS-WC, Filler, Crushed Wood Charcoal.

Abstrak : Perkerasan jalan merupakan campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Salah satu jenis campuran perkerasan lentur yaitu Lapis Tipis Aspal Beton (*Lataston*) atau lebih sering dikenal dengan sebutan *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Pada pelaksanaannya di lapangan, pelaksana sering dihadapkan bahwa *filler* pada batu pecah dan abu batu masih menghasilkan jumlah yang kurang dari spesifikasi yang digunakan. Oleh karena itu, pemanfaatan material limbah arang kayu tumbuk sebagai bahan tambah *filler* pada campuran perkerasan jalan dapat menjadi solusi alternatif dalam mengurangi penggunaan semen atau abu batu yang tergolong cukup mahal. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh KAO sebesar 7,10% dengan *filler* 4,35% dari berat total campuran pada pengujian pertama. Selanjutnya pada pengujian kedua digunakan penambahan variasi kadar *filler* arang kayu tumbuk 6%, 8% dan 10% dari berat total agregat. Kadar penambahan arang kayu tumbuk maksimum yang memenuhi persyaratan spesifikasi yaitu pada kadar 8%. Dari hasil pembacaan pada alat Test Marshall diperoleh nilai stabilitas mengalami kenaikan >600 kg/mm, nilai *flow* naik menjadi 0,03 mm, rongga dalam campuran (VIM) turun sebesar 1,47%, rongga antar agregat (VMA) turun 0,92%, rongga terisi aspal (VFB) naik sebesar 6,1% dan hasil bagi Marshall naik sebesar 12,31 kg/mm.

Kata Kunci : *HRS-WC, Filler, Arang Kayu Tumbuk.*

PENDAHULUAN

Latar belakang

Sukirman (1991), Jalan raya merupakan jalan utama yang menghubungkan satu kawasan dengan kawasan lainnya. Jalan raya dengan perkerasan aspal merupakan sebagian besar prasarana transportasi yang ada di Indonesia. Himawan (2012), *Lataston HRS-WC* merupakan salah satu jenis perkerasan lentur dengan campuran aspal panas bergradasi senjang dengan kadar aspal yang relatif tinggi terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Campuran ini disebut juga campuran aspal panas (*Hot Mix Asphalt*) karena dicampur dalam keadaan panas.

Hardiyatmo (2015), Material pengisi (*filler*) yang sering digunakan untuk membuat beton aspal adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Bahan pengisi yang sering digunakan ialah abu batu, abu batu kapur, *Portland Cement* (PC), atau bahan non plastis lainnya.

Hamzah dkk (2016), Dalam pelaksanaannya, *filler* yang digunakan dilapangan tergolong cukup mahal. Maka oleh karena itu diperlukan alternatif lain guna mengurangi pemakaian semen maupun abu batu dengan pemanfaatan limbah.

Pada penelitian ini digunakan limbah kayu yang dihasilkan dari pembakaran sebagai material pengisi pada campuran *HRS-WC* dengan menggunakan metode Uji Marshall. Diharapkan dengan bahan ini sebagai *filler* mampu memenuhi kualitas campuran aspal dan juga sekaligus salah satu langkah penanganan pengurangan limbah organik atau yang berpotensi merusak lingkungan dengan peningkatan nilai gunanya.

Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah material yang digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* dengan bahan tambah jenis arang kayu tumbuk memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga?
2. Bagaimana proporsi komposisi terbaik *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* yang dihasilkan tanpa penambahan arang kayu tumbuk?

3. Berapa nilai kadar aspal optimum (KAO) dan nilai Karakteristik Marshall pada KAO yang dihasilkan di campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* tanpa penambahan arang kayu tumbuk?
4. Bagaimana nilai Karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan masing-masing variasi penambahan arang kayu tumbuk sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* ?
5. Berapa kadar arang kayu tumbuk maksimal sebagai bahan tambah *filler* pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* ?

Tujuan Penelitian

1. Menguji sifat-sifat fisik material yang digunakan dalam campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*.
2. Menentukan proporsi komposisi terbaik dari campuran yang digunakan *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*.
3. Menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO) dan nilai Karakteristik Marshall pada KAO yang dihasilkan dari campuran yang diteliti.
4. Menganalisis nilai Karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan masing-masing variasi penambahan arang kayu tumbuk sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*.
5. Menghitung kadar maksimal arang kayu tumbuk sebagai bahan tambah pengisi (*filler*) pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*.

Batasan masalah

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Arang kayu tumbuk yang digunakan adalah jenis arang kayu kelas II seperti kayu galam, meranti, akasia atau bengkirai yang sudah menjadi limbah dengan variasi *filler* terhadap berat agregat yang diperoleh dari Kadar Aspal Optimum (KAO).
3. Sumber kayu pada penelitian ini didapatkan dari bekas pemotongan pohon pada pembukaan lahan di Jalan Tahai Jaya,

Kawasan *Food Estate* Belanti Kabupaten Pisau, Kalimantan Tengah. Dengan pembakaran yang dilakukan di lokasi pembuatan arang pada Jalan Tingang Menteng Rey II, Kabupaten Pulang Pisau.

4. Penelitian tidak membahas reaksi arang kayu tumbuk terhadap campuran aspal.
5. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70.
6. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian Marshall.
7. Analisa harga tidak diperhitungkan.
8. Spesifikasi campuran menggunakan Spesifikasi Umum Devisi 6 Departemen Pekerjaan Umum 2018 (Revisi 2).

Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kualitas agregat dari Palu serta agregat halus dari Tangkiling sebagai campuran agregat dalam campuran HRS-WC ditinjau terhadap sifat Marshall. Dan apakah dengan menggunakan arang kayu tumbuk sebagai bahan tambah pengisi (*filler*) mampu meningkatkan kualitas konstruksi lapis perkerasan. Sehingga diharapkan dapat direkomendasikan dalam peningkatan mutu perkerasan lentur jalan raya, dan juga sekaligus salah satu langkah penanganan untuk mengurangi sampah yang sulit terurai dengan peningkatan nilai fungsinya.

LANDASAN TEORI

Sukirman (2003), Perkerasan jalan termasuk bagian dari struktural jalan yang terletak pada penampang melintang jalan. Perkerasan jalan memiliki kedudukan yang paling utama pada badan jalan dikarenakan perkerasan jalan bersentuhan langsung dengan kendaraan. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan.

Sukirman (2003), Lapis tipis aspal beton (*lataston*) adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, bahan tambah (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas (dalam suhu

tertentu, minimum 124°C), dengan ketebalan padat 2,5 cm atau 3 cm.

Berdasarkan Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), 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. HRS bersifat lentur dan mempunyai durabilitas yang tinggi, hal ini disebabkan campuran HRS dengan gradasi senjang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar, sehingga mampu menyerap jumlah aspal dalam jumlah banyak (7-8%) tanpa terjadi kelebihan aspal (*bleeding*). Selain itu, HRS juga mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan mempunyai kedekatan terhadap air dan udara tinggi.

Widodo (2000), Bahan pengisi atau *Filler* adalah pengisi rongga-rongga dari campuran aspal. Selain itu, *filler* juga memiliki fungsi yaitu sebagai media untuk pelumasan aspal. Batuan dari agregat halus yang lolos pada saringan No.200 (0,075 mm) minimum 75%, bersifat non plastis yang diperlukan untuk mendapatkan suatu gradasi rapat. Pemakaian bahan *filler* dengan berat jenis yang lebih kecil dibandingkan dengan berat jenis agregat kasar dan agregat halus dapat menyebabkan campuran menjadi kurang aspal, dengan ditandai nilai rongga pada campuran VIM lebih besar dari batas spesifikasi atas dan nilai rongga terisi aspal VFA lebih kecil dari batas spesifikasi bawah.

Menurut modul Pemeliharaan Perkerasan Aspal (2007), jenis kerusakan jalan pada perkerasan dapat dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu:

- 1) Kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang dapat menyebabkan terganggunya fungsi jalan tersebut. Pada kerusakan fungsional, perkerasan jalan masih mampu menahan beban yang bekerja namun tidak memberikan tingkat kenyamanan dan keamanan seperti yang diinginkan.
- 2) Kerusakan Struktural Kerusakan struktural adalah kerusakan pada struktur jalan, sebagian atau seluruhnya yang menyebabkan perkerasan jalan tidak lagi mampu menahan beban yang bekerja di atasnya.

Menurut Ristianingsih dkk (2015), arang adalah suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi.

Zainal Abidin (2011), didapatkan bahwa temperatur suhu pada pemanasan berpengaruh terhadap pori-pori arang. Semakin tinggi temperatur karbonisasi maka pori-pori yang terbentuk dan jumlah karbon yang dihasilkan juga semakin baik, dimana banyaknya pori-pori dalam karbon tersebut memiliki kemampuan dalam menyerap.

Krik dan Othmer (1964), Permukaan arang yang semakin luas berdampak pada semakin tingginya daya serap terhadap bahan gas atau cairan.

Metode Bina Marga Spesifikasi Umum Devisi 6 Departemen Pekerjaan Umum (2018) Revisi 2, agregat yang digunakan harus memenuhi gradasi agregat dalam campuran (*HRS-WC*).

Tabel 1. Spesifikasi gradasi agregat *HRS-WC*

Ukuran Saringan(mm)	Berat yang Lolos(%)
3/4"	<100
1/2"	90-100
3/8"	75-85
No.8	50-72
No.30	35-60
No.200	6-10

Sumber:Spesifikasi Umum Divisi 6 (2018)

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018, pengujian Marshall dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (*stabilitas*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahansuatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inci. Nilai stabilitas dan nilai flow minimal sebesar 800 kg. Untuk aspal modifikasi nilai stabilitas dan nilai flow minimal sebesar 1000 kg. Sifat-sifat campuranbeton aspal dapat dilihat dari parameter- parameter pengujian karakteristik Marshall antara lain:

- 1) Stabilitas Marshall, merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang diterima campuran beraspal.
- 2) Kelelahan (*Flow*), yaitu besarnya penurunan vertical benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima.
- 3) Kepadatan (*Density*), yaitu tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan.
- 4) Berat Jenis Maksimum Campuran Teoritis, diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal.
- 5) Berat Jenis Bulk Aspal Beton Padat (*Gmb*).
- 6) Rongga Udara Dalam Campuran (*Voids in Mix, VIM*), adalah rongga yang masih tersisa setelah campuran aspal beton dipadatkan.
- 7) Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*), merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap nilai kekakuan.
- 8) Rongga Antar Agregat (*Void in the Minerl Agregat, VMA*), adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).
- 9) Rongga Terisi Aspal (*Void Filled With Bitumen, VFB*), merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan.

METODE PENELITIAN

Umum

Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium, yaitu untuk menganalisis penggunaan arang kayu tumbuk sebagai bahan tambah *filler* pada campuran (*HRS-WC*). Dalam penelitian ini diadakan pengamatan dan pemeriksaan terhadap proporsi perencanaan campuran yang memenuhi spesifikasi. Data yang dihasilkan digunakan untuk perencanaan campuran, yang selanjutnya dibuat benda uji untuk dilakukan uji Marshall sehingga didapat karakteristik campuran perkerasan yang diteliti.

Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan dengan membuat benda uji (briket) sebanyak 15 buah pada percobaan pertama yang terdiri dari 1 macam komposisi terbaik yang mendekati spesifikasi dengan 5 variasi kadar aspal. Tiap variasi kadar aspal dibuat 3 buah benda uji yang kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk kemudian didapatkan nilai (KAO). Lalu dilakukan percobaan kedua, dimana (KAO) yang didapat pada percobaan pertama digunakan sebagai kadar aspal untuk memuat 9 buah benda uji, yang terdiri dari 3 variasi persentase *filler* arang kayu tumbuk terhadap berat total agregat, yaitu 6%, 8% dan 10%. Tiap variasi persentase arang kayu tumbuk dibuat 3 buah benda uji.

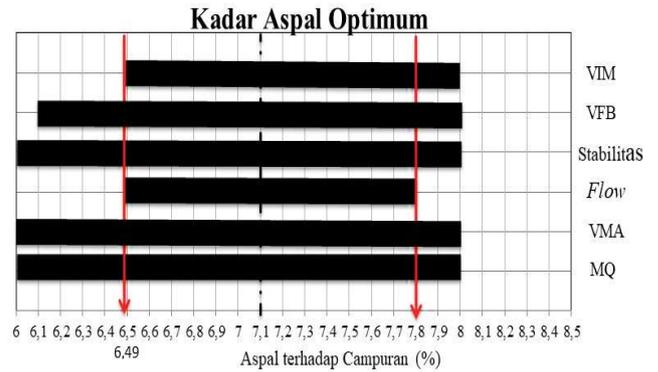
Tahapan Penelitian terdapat di gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir Penelitian

Hasil dan pembahasan

Pembuatan benda uji mengikuti prosedur pada SNI 06-2489-1991. Sifat karakteristik Marshall terhadap kadar aspal seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Nilai Parameter Marshall terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO)

Hasil evaluasi sifat Karakteristik Marshall menunjukkan bahwa rentang kadar aspal 6,49% sampai 7,8% campuran memenuhi semua persyaratan yang ditentukan. Berdasarkan rentang tersebut diambil nilai tengah yaitu 7,1% sebagai nilai KAO. Dari hasil pengujian maka didapat hasil nilai parameter Marshall KAO 7,1% dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Parameter Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum Tanpa Penambahan Arang Kayu Tumbuk Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*)

No.	Karakteristik Marshall	Nilai	Persyaratan	Satuan
1	Stabilitas	947,65	> 600	kg
2	VMA	20,10	> 17	%
3	Flow	3,20	> 3	mm
4	VIM	4,50	3-5	%
5	VFB	78,10	> 68	%
6	Hasil Bagi Marshall	295,50	≥ 250	kg/mm

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

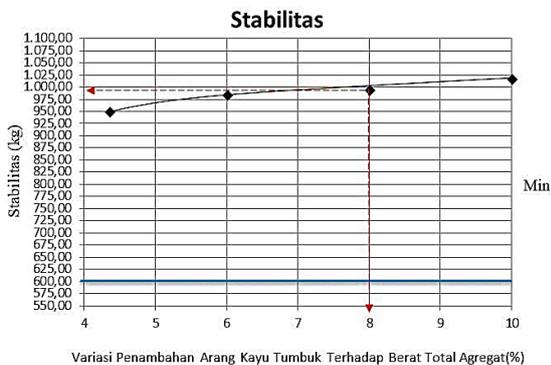
Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa nilai parameter karakteristik Marshall dari Kadar Aspal Optimum (KAO) memiliki stabilitas sebesar 947,65 kg, Rongga Antar Agregat (VMA) sebesar 20,10%, *flow* sebesar 3,20 mm, Rongga Dalam Campuran (VIM) sebesar 4,50%, Rongga Terisi Aspal (VFB) sebesar 78,10% dan hasil bagi Marshall (MQ) sebesar 295,50 kg/mm. Hasil dari bahan pengujian parameter karakteristik Marshall pada percobaan Marshall II pada campuran dengan variasi persentase bahan tambah arang kayu tumbuk dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter Karakteristik Marshall dengan Penambahan Arang Kayu Tumbuk Sebagai Bahan Pengisi (Filler)

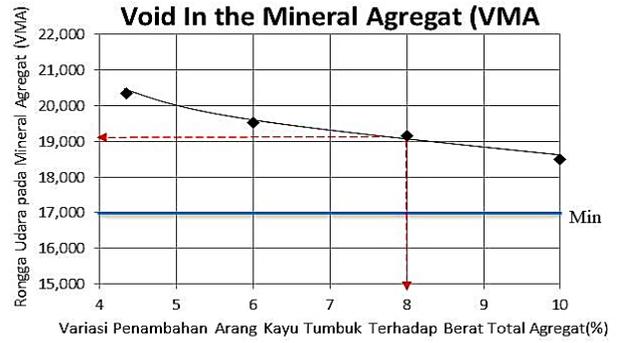
Parameter Karakteristik Marshall			
Penambahan Filler Arang Kayu Tumbuk terhadap Berat Total Agregat (%)	6	8	10
Stabilitas (kg)	982,65	993,85	1014,99
VMA (%)	19,55	19,18	18,53
VIM (%)	3,48	3,03	2,25
VFB (%)	82,20	84,21	87,85
Flow (mm)	3,37	3,23	2,67
MQ (kg/mm)	292,68	307,81	381,91
Keterangan	Memenuhi	Memenuhi	VIM dan Flow Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

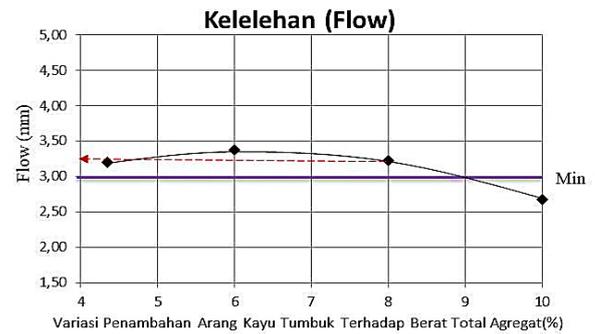
Dari hasil pengujian Marshall II ini menunjukkan bahwa pada penambahan arang kayu tumbuk ke dalam campuran pada persentase 6% dan 8%, campuran aspal tersebut sudah memenuhi Spesifikasi Bina Marga (2018). Sedangkan pada persentase arang kayu tumbuk 10% campuran tersebut tidak memenuhi Spesifikasi. Berdasarkan rentang tersebut diambil nilai kadar penambahan arang kayu tumbuk maksimum yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi yang telah ditentukan dan dilihat dari nilai VIM tertinggi, yaitu pada kadar penambahan arang kayu tumbuk sebesar 8%. Perbandingan parameter karakteristik Marshall antara campuran aspal tanpa penambahan filler arang kayu tumbuk dan yang menggunakan bahan tambah arang kayu tumbuk dapat dilihat pada grafik hasil hubungan pada gambar 3 hingga gambar 9 yang telah didapatkannya kadar penambahan filler arang kayu tumbuk sebesar 8% dari berat aspal KAO.



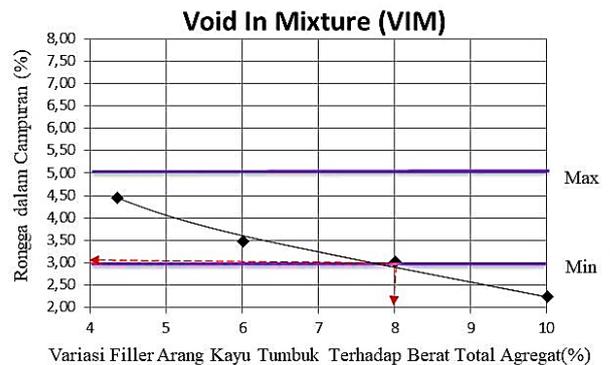
Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas terhadap Variasi Filler Penambahan Arang Kayu Tumbuk



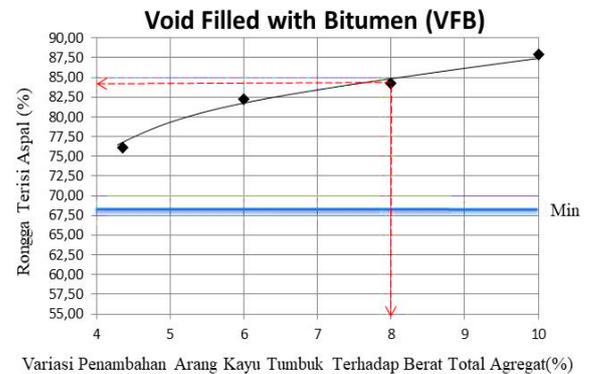
Gambar 4. Grafik Hubungan VMA terhadap Variasi Filler Penambahan Arang Kayu Tumbuk



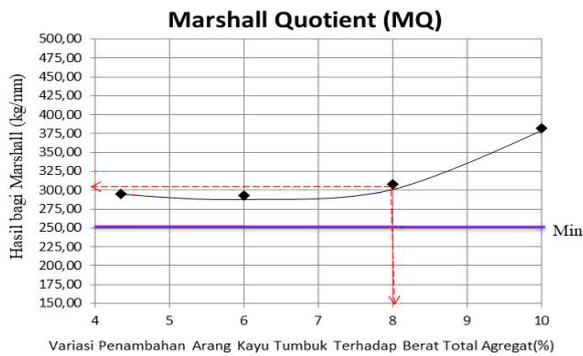
Gambar 5. Grafik Hubungan Flow terhadap Variasi Filler Penambahan Arang Kayu Tumbuk



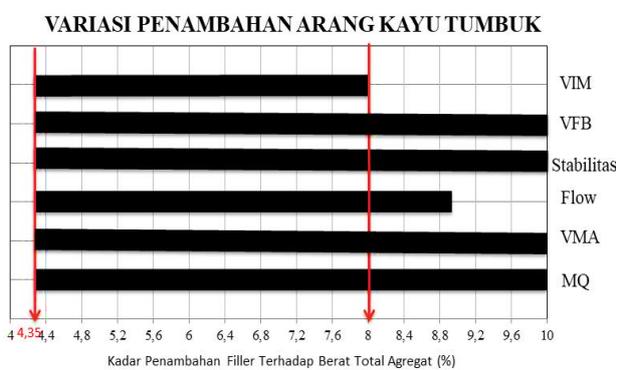
Gambar 6. Grafik Hubungan VIM terhadap Variasi Filler Penambahan Arang Kayu Tumbuk



Gambar 7. Grafik Hubungan VFB terhadap Variasi Filler Penambahan Arang Kayu Tumbuk



Gambar 8. Grafik Hubungan Nilai Hasil Bagi Marshall terhadap Variasi *Filler* Penambahan Arang Kayu Tumbuk



Gambar 9. Grafik Nilai Parameter Marshall terhadap Penambahan *Filler* Arang Kayu Tumbuk Sebagai Bahan Pengisi

Dari hasil grafik hubungan pengujian Marshall maka didapat perbandingan nilai parameter Marshall yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Parameter Marshall Campuran Tanpa Penambahan Arang Kayu Tumbuk dan Dengan Penambahan Arang Kayu Tumbuk Sebagai Bahan Pengisi (*Filler*)

Komposisi Campuran	Parameter Karakteristik Marshall	
	Campuran tanpa Penambahan <i>Filler</i>	Campuran dengan Penambahan <i>Filler</i> Menggunakan Arang Kayu Tumbuk sebesar 8%
Stabilitas (kg)	947,65	993,85
Flow (mm)	3,20	3,23
VMA (%)	20,10	19,18
VIM (%)	4,50	3,03
VFB (%)	78,10	84,21
MQ (kg/mm)	295,50	307,81

Sumber: Hasil Perhitungan (2022)

Dari tabel 4 dapat disimpulkan bahwa penambahan arang kayu tumbuk maksimal sebesar 8% dari berat aspal KAO, diperoleh nilai

stabilitas lebih besar dari batas spesifikasi >600 kg/mm. Hal ini menunjukkan nilai stabilitas semakin tinggi yang akan menghasilkan perkerasan terlalu kaku sehingga keawetannya berkurang. Sementara nilai flow aspal dengan penambahan arang kayu tumbuk 8% menjadi sebesar 3,23% dan jika arang kayu tumbuk >8% hasilnya tidak memenuhi batas spesifikasi >3 mm, hal ini disebabkan karena kadar filler yang digunakan terlalu tinggi yang berakibat hasil nilai flow menjadi kecil, sehingga campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung mengalami retak. Hal ini juga menyebabkan *Marshall Quotient* pada percobaan kedua mengalami kenaikan menjadi 307,81 kg/mm. Nilai VIM pada percobaan kedua menunjukkan hasil menjadi kecil dengan penambahan arang kayu tumbuk >8%. Dimana semakin bertambahnya arang kayu tumbuk maka nilai VIM juga semakin menurun sehingga tidak memenuhi spesifikasi dengan rentang nilai 3- 5%. Semakin berkurang nilai VIM maka rongga udara dalam campuran dapat menimbulkan bleeding. Hasil pemeriksaan menunjukkan pengaruh penambahan filler arang kayu tumbuk mengakibatkan nilai VMA mengalami penurunan sehingga menjadi 19,18%, sedangkan hasil nilai VFB untuk kadar arang maksimal 8% (84,21) mengalami kenaikan dibandingkan nilai VFB tanpa penambahan arang kayu tumbuk sebesar 78,10%.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Material penyusun dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* dari hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat berupa pemeriksaan gradasi (analisa saringan), berat jenis, penyerapan dan keausan agregat kasar semuanya memenuhi persyaratan spesifikasi, sedangkan Arang Kayu Tumbuk yang digunakan sebagai bahan tambah *filler* telah memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga (2018) revisi2 yaitu lolos saringan No.200.
- 2) Komposisi terbaik yang dihasilkan dalam perencanaan campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* terdiri dari 31% agregat kasar, 31% abu batu dan 38% pasir.

Pada perencanaan komposisi campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)* yang diperoleh terdapat agregat yang lolos saringan No.200 atau bahan pengisi masih belum memenuhi spesifikasi Bina Marga (2018) revisi 2 yaitu minimal 6% dan maksimal 10% dari total berat agregat, hal ini menjadi alasan di lakukannya penambahan bahan pengisi (*filler*) yang dalam penelitian ini menggunakan arang kayu tumbuk.

3) Hasil penelitian terhadap parameter karakteristik Marshall tanpa penambahan bahan pengisi (*filler*) menggunakan komposisi campuran terbaik dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) senilai 7,1% diperoleh nilai karakteristik parameter Marshall sebagai berikut:

- a. Nilai stabilitas pada Kadar Aspal Optimum tanpa penambahan bahan pengisi (*filler*) diperoleh nilai stabilitas sebesar 947,65 kg.
- b. Nilai kelelahan (*flow*) pada Kadar Aspal Optimum tanpa penambahan bahan pengisi (*filler*) diperoleh nilai kelelahan sebesar 3,20 mm.
- c. Nilai rongga antar agregat (VMA) pada Kadar Aspal Optimum tanpa penambahan bahan pengisi (*Filler*) diperoleh nilai VMA sebesar 20,10%.
- d. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) pada Kadar Aspal Optimum tanpa penambahan bahan pengisi (*filler*) diperoleh nilai VIM sebesar 4,50%.
- e. Nilai rongga terisi aspal (VFB) pada Kadar Aspal Optimum tanpa penambahan bahan pengisi (*filler*) diperoleh nilai VFB sebesar 78,10%.
- f. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) pada Kadar Aspal Optimum tanpa penambahan bahan pengisi (*filler*) diperoleh nilai sebesar 295,50kg/mm.

4. Hasil penelitian terhadap parameter karakteristik Marshall menggunakan komposisi campuran yang sama dan Kadar Aspal Optimum senilai 7,1% dengan penambahan bahan pengisi menggunakan arang kayu tumbuk dengan variasi penambahan *filler* 6%,8% dan 10% dihasilkan

nilai karakteristik parameter Marshall sebagai berikut:

- a. Nilai stabilitas untuk semua variasi kadar penambahan arang kayu tumbuk memenuhi nilai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada 10% penambahan arang kayu tumbuk yaitu sebesar 1014,99 kg. Nilai stabilitas yang dihasilkan meningkat seiring dengan semakin besarnya penambahan *filler* arang kayu tumbuk.
- b. Nilai kelelahan (*Flow*) untuk semua variasi kadar penambahan arang kayu tumbuk tidak semua memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai kelelahan (*flow*) tertinggi terdapat pada penambahan arang kayu tumbuk 6% yaitu sebesar 3,37 mm dan mengalami penurunan nilai *flow* pada penambahan arang kayu tumbuk sebesar 8% dan 10%. Pada kadar penambahan arang kayu tumbuk sebesar 10% nilai *flow* tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu hanya 2,67 mm.
- c. Nilai rongga antar agregat (VMA) untuk semua variasi penambahan arang kayu tumbuk memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai VMA tertinggi terdapat pada penambahan arang kayu tumbuk 6% yaitu sebesar 19,55%. Nilai rongga antar agregat mengalami penurunan seiring bertambahnya arang kayu tumbuk yang digunakan.
- d. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) untuk variasi penambahan arang kayu tumbuk 6% dan 8% memenuhi spesifikasi yang di ijinakan yaitu 3-5%. Sedangkan pada variasi penambahan arang kayu tumbuk 10% nilai (VIM) hanya 2,25% dan tidak memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) yang dihasilkan cenderung menurun seiring dengan semakin besarnya penambahan arang kayu tumbuk yang digunakan.
- e. Nilai rongga udara terisi aspal (VFB) untuk semua variasi penambahan arang kayu tumbuk memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai rongga terisi aspal (VFB) tertinggi terdapat pada penambahan arang kayu tumbuk 10% yaitu sebesar 87,85%. Nilai rongga terisi aspal

mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya arang kayu tumbuk yang digunakan.

- f. Nilai hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) untuk semua variasi penambahan arang kayu tumbuk memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai hasil bagi Marshall tertinggi terdapat pada penambahan arang kayu tumbuk 10% yaitu sebesar 381,91 kg/mm dan nilai terendah yaitu pada penambahan arang kayu tumbuk 6% dengan nilai hasil bagi Marshall sebesar 292,68 kg/mm.
5. Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan terhadap parameter karakteristik Marshall dengan variasi penambahan arang kayu tumbuk dengan menggunakan grafik hubungan antara parameter campuran aspal dengan persentase penambahan arang kayu tumbuk yang digunakan untuk menentukan kadar arang kayu tumbuk maksimum, didapatkan penambahan arang kayu tumbuk maksimum yaitu sebesar 8%.

SARAN

Sesuai hasil penelitian disarankan:

1. Dari hasil penelitian ini dapat direkomendasikan bahwa arang kayutumbuk bisa digunakan sebagai bahan tambah pada *filler*.
2. Pada penelitian selanjutnya bisa menggunakan limbah-limbah arang kayu yang sudah dibakar ditempat terbuka, untuk mengetahui perbandingan karakteristik marshall dengan limbah kayu yang dibakar secara tertutup.
3. Penelitian ini bisa dikembangkan kembali dengan menggunakan agregat dari lokasi yang berbeda khususnya di Kalimantan Tengah untuk meningkatkan potensi sumber daya alam yang ada.
4. Penelitian ini masih bisa diadakan untuk penelitian kembali dengan variasi kadar aspal yang berbeda dengan penambahan *filler* arang kayu tumbuk yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pekerjaan Umum. (2018). *Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Devisi 6. Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia Tentang Perkerasan Aspal.*

Hamzah R.A, Kaseke, O.H, ManoppoMecky M. (2016). Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton-Lapis Aus Gradasi Senjang. *Jurnal Sipil Statik*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.Vol.4. No.7. 2016.

Hardiyatmo. (2015). *Pengertian Filler.*

Himawan, F.W. (2012). *Pemanfaatan Limbah Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal Beton Jenis HRS-WC.*

Krik., dan Othmer. (1964). *Pengertian Arang.*

Modul. (2007). *Pemeliharaan Perkerasan Aspal.*

Ristianingsih, Y. (2015). *Mendefinisikan Arang Kayu.* Jurusan Teknik Kimia Universitas Lambung Mangkurat.

Sukirman, S. (1991). *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Nova: Bandung.

Sukirman, S. (2003). *Perkerasan Lentur Jalan Raya.* Nova: Bandung.

Widodo. (2000). *Pengertian Filler.*

Zainal, A. (2011). Pengaruh Temperatur Terhadap Pembentukan Pori Arang Cangkang Sawit Sebagai Adsorbansi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri Balai Riset dan Standardisasi Industri Medan.*Vol.22. No. 1. 2011.