



Karakteristik Marshall Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dengan Penambahan Selulosa Serat Kapuk¹

Marshall Characteristic of Split Mastic Asphalt with Cellulose Kapuk Fiber Addition

Riza Millatul Aminin^{a,2}, Akhmad Hasanuddin^b, Dewi Junita Koesoemawati^b

^a Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRAK

Campuran *Split Mastic Asphalt* merupakan campuran yang banyak digunakan pada jalan berlalulintas berat. Campuran SMA memiliki persentase agregat kasar tinggi sehingga lebih mampu menahan deformasi akibat kendaraan berat dan kadar aspal tinggi, sehingga campuran akan lebih tahan lama. Tingginya kadar aspal pada campuran SMA membutuhkan suatu aditif berupa serat, polimer, filler, dan PET yang berfungsi untuk menstabilkan dan meningkatkan kekuatan campuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja campuran *Split Mastic Asphalt* dengan penambahan serat kapuk sebagai aditif. Metode yang digunakan adalah perbandingan kuantitatif hasil pengujian *marshall* campuran SMA tanpa penambahan aditif dan campuran SMA dengan penambahan serat kapuk sebagai aditif. Variasi kadar serat kapuk yang digunakan pada campuran adalah 0,01%, 0,025%, 0,05%, 0,075% dan 0,1% terhadap berat campuran. Berdasarkan hasil penelitian penambahan serat kapuk terhadap campuran dapat meningkatkan kinerja *marshall* yang ditinjau dari kekuatan, kepadatan, dan keawetan campuran. Kekuatan campuran dengan penambahan serat kapuk akan semakin meningkat hingga pada batas optimum, yaitu 0,075% serat kapuk. Kepadatan campuran (*density*) dengan penambahan serat kapuk akan semakin meningkat hingga pada bata optimum penambahan 0,05 serat kapuk. Keawetan berdasarkan nilai flow dan MQ menurun, namun meningkat kembali pada kadar serat kapuk tinggi, yaitu 0,1%.

Kata kunci: Split Mastic Asphalt (SMA), selulosa serat kapuk, kinerja marshall

ABSTRACT

Split Mastic Asphalt (SMA) mixture is mostly used on heavy traffic roads. SMA mixture has high percentage of coarse aggregate, it is better able to withstand deformation due to heavy vehicles, and consist of high levels of asphalt, that makes the mixture more durable. High levels of asphalt in SMA require an additive as fiber, polymer, filler, and PET which functions to stabilize and increase the strength of the mixture. This study to determine the performance of the Split Mastic Asphalt mixture by adding kapuk fiber as an additive. The method used is a quantitative comparison of the marshall SMA test results without the addition of additives and the SMA mixture with the addition of cotton fiber as an additive. The variation of cotton fiber content used in the mixture is 0.01%, 0.025%, 0.05%, 0.075% and 0.1% of weight mixture. Based on the results of the study the addition of cotton fiber to the mixture can improve Marshall performance in terms of strength, density, and durability of the mixture. The strength of the mixture with the addition of cotton fiber will increase to the optimum limit, which is 0.075% cotton fiber. The density of the mixture (*density*) with the addition of cotton fiber will increase. Durability based on flow and MQ values decreased, but increased again at high cotton fiber levels, which is 0.1%

Keywords: Split Mastic Asphalt, Marshall Property, Kapuk Fiber

¹ Info Artikel: Received: 23 Januari 2020, Accepted: 26 September 2020

² Corresponding Author: rizamillatul29@gmail.com (R.M. Aminin)

PENDAHULUAN

Lapisan perkerasan jalan merupakan bagian utama dari struktur konstruksi jalan. Banyak jalan yang mengalami kerusakan sebelum mencapai umur layan, kerusakan tersebut meliputi retak, distorsi, berlubang, dan pengelupasan pada permukaan. Penelitian serta inovasi terus dikembangkan untuk meningkatkan kualitas pada perkerasan dan mengantisipasi kerusakan sebelum waktunya. Salah satu campuran beton aspal yang banyak dikembangkan dan digunakan adalah Split Mastic Asphalt (SMA)

Split Mastic Asphalt (SMA) merupakan campuran gradasi timpang dengan persentase agregat kasar tinggi. Campuran SMA lebih tahan terhadap deformasi, mempunyai kekuatan dan keawetan yang tinggi karena kadar agregat kasar dan aspalnya tinggi serta distabilisasi dengan aditif berupa serat selulosa sehingga dapat digunakan untuk perencanaan lapisan beton aspal yang optimum dan dapat melayani sesuai dengan umur layan perkerasan jalan (Abdillah, Pradani, & Batti, n.d.). Persentase kadar aspal yang tinggi pada SMA membutuhkan aditif yang menstabilkan dan memperkuat campuran. Menurut (Tahir, 2011) serat selulosa dapat digunakan sebagai bahan aditif pada SMA.

Serat kapuk merupakan serat selulosa alami dengan nama ilmiah *Ceiba Pentandra* merupakan tanaman tropis yang banyak digunakan sebagai bahan dasar matras dan bantal.. Serat kapuk memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, berkisar antara 35% - 64% dari berat kapuk (Rizkiansyah et al., 2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik kinerja campuran SMA dengan penambahan serat kapuk sebagai aditif. Metode penelitian menggunakan perbandingan kuantitatif hasil pengujian marshall pada campuran tanpa penambahan serat kapuk dan campuran dengan variasi kadar penambahan serat kapuk.

Campuran *Split Mastic Asphalt* pernah diteliti dengan menambahkan beberapa jenis serat selulosa alami untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik. Penelitian yang dilakukan Tahir (2011) terhadap Kinerja campuran Split Mastic Asphalt dengan penambahan serat selulosa alami dedak padi dikatakan bahwa penambahan selulosa dapat meningkatkan kinerja campuran, dari stabilitas, durabilitas, dan fleksibilitas. Campuran SMA dengan penambahan serat kapuk sebagai selulosa alami pernah diteliti oleh Meryati dan Rezky (2004), dengan menggunakan spesifikasi Bina Marga 2002. Kadar kapuk yang digunakan sangat kecil yaitu 0,005%, 0,0075%, dan 0,01% dari berat campuran. Pada penelitian ini serat kapuk sebagai aditif digunakan 0,01%, 0,025%, 0,05%, 0,075%, 0,1% dari berat campuran untuk mendapatkan kinerja campuran beton aspal yang lebih baik dan menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2018

TINJAUAN PUSTAKA

Split Mastic Asphalt (SMA)

Split Mastic Asphalt (SMA) merupakan campuran perkerasan dengan kadar agregat kasar tinggi. Kandungan agregat kasar yang tinggi dapat meningkatkan kontak antar butiran batu dengan batu pada campuran, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyaluran beban roda kendaraan. Menurut (Razali, 2013) Split Mastic Asphalt dikembangkan untuk mendapatkan suatu lapisan aspal yang memiliki ketahanan maksimum terhadap deformasi

Karakteristik Split Mastic Asphalt

Terdapat beberapa kerekteritik campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)*. Berikut ini karakteristik campuran SMA berdasarkan spesifikasi (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018) yang dapat dihasilkan dari pengujian volumetrik dan pengujian *marshall* pada benda uji:

Tabel 1. Spesifikasi campuran SMA

Sifat Sifat Campuran	SMA	
		Tipis, Halus dan Kasar
Jumlah Tumbukan per bidang		50
Rongga dalam campuran (%)	Min	4,0
	Maks	5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	17
Stabilitas Marshall (kg)	Min	600
Pelelehan (mm)	Min	2
	Maks	4,5

Material Penyusun SMA

Campuran Split Mastic Asphalt tersusun dari agregat kasar, aspal, filler, serat, dan atau polimer dalam suatu ketebalan aspal, sehingga terbentuk suatu campuran aspal yang mempunyai efisiensi tinggi untuk menyalurkan beban roda kendaraan

Agregat

Agregat merupakan komponen utama pada struktur perkerasan jalan, persentase berat agregat pada campuran berkisar antara 90-95%. Berdasarkan ukuran agregat terdapat dua jenis agregat yaitu agregat kasar yang berfungsi sebagai penguat utama pada campuran, da agregat halus yang berfungsi sebagai pengisi antar agregat kasar.

Aspal

Pada campuran SMA aspal berfungsi sebagai pengikat antar agregat satu dan yang lain. Aspal juga berfungsi sebagai pengikat rongga antara butir-butir agregat dan pori yang ada pada agregat, sehingga saling mengunci dan saling terikat

Bahan Aditif

Bahan Aditif merupakan bahan tambahan yang bersifat menstabilkan campuran aspal sehingga kekuatan yang dihasilkan campuran akan semakin tinggi. Jenis aditif yang sering digunakan berbagai macam, diantaranya (*filler*), polimer, karet, dan serat

Selulosa Serat Kapuk

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman, menurut (Anindyawati, 2010) kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi berkisar 35-50% dari berat kering. Menurut (Rizkiansyah et al., 2016) Serat kapuk memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, berkisar antara 35-64%. Menurut (Tahir, 2011) serat selulosa sebagai aditif pada perkerasan dapat memperbaiki sifat aspal yaitu,

mengurangi retak, mencegah terjadi pemisahan atau meingkatkan density, dan mencegah bleeding.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan jenis aspal 60/70 dan menggunakan metode perbandingan kuantitatif kiner campuran tanpa penambahan serat kapuk dan campuran dengan variasi penambahan serat kapuk.

Pengujian Material

Pengujian material dilakukan untuk mengetahui spesifikasi dan mutu material yang akan digunakan sudah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pengujian material yang dilakukan meliputi pengujian agregat halus, agregat kasar, aspal, dan serat selulosa berupa serat kapuk. Pengujian material dilakukan berdasarkan SNI dan spesifikasi yang ditentukan.

Perancangan Campuran

Perencanaan Gradasi Agregat

Perencanaan gradasi agregat dengan menggunakan *trial and error*, perencanaan gradasi diawali dengan menggunakan hasil pengujian analisa saringan, kemudian dilakukan *trial error* terhadap prosentase jenis agregat (agregat kasar, agregat medium, agregat halus) hingga nilai yang dihasilkan memenuhi spesifikasi minimal dan maksimal campuran SMA.

Tabel 2. Ketentuan Gradasi Agregat Gabungan untuk SMA

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat		
		Stone Matrix Asphalt (SMA)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar
1½"	37,5			
1"	25			100
¾"	19		100	90-100
½"	12,5	100	90-100	50-88
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60
No. 4	4,75	30-50	20-35	20-28
No. 8	2,36	20-30	16-24	16-24
No. 16	1,18	14-21		
No. 30	0,600	12-18		
No. 50	0,300	10-15		
No. 100	0,150			
No. 200	0,075	8-12	8-11	8-11

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018

Perkiraan Kadar Aspal

Perhitungan kadar aspal optimum didapatkan dari gradasi agregat gabungan dan persentase jenis agregat yang digunakan. Perencanaan kadar aspal optimum menggunakan rumus Depkimpraswil 2002,

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K \quad (1)$$

Setelah diketahui nilai perkiran kadar aspal, nilai P ditambahkan dengan interval 0,5 dua kali dan dikurangi interval 0,5 dua kali, sehingga didapat lima kadar yang akan digunakan untuk pembuatan sampel benda uji

Pembuatan Benda Uji dan Pengujian Marshall untuk Kadar Aspal Optimum

Satu sampel benda uji membutuhkan 1200 gram agregat yang ukuran dan jumlahnya sudah sesuai dengan spesifikasi. Pembuatan campuran diawali dengan memansakan agregat sampai suhu 60-100°C, kemudian dilakukan penambahan aspal yang sesuai kadar, diaduk secara rata hingga seluruh agregat teselimuti aspal. Campuran dimasukkan kedalam pencetak dan dilakukan pemadatan sebanyak 50 kali tumbukan, setelah dingin benda uji dikeluarkan dan dilakukan perendaman selama kurang lebih 24 jam. Benda uji dilakukan pengujian volumetrik dan uji marshall.

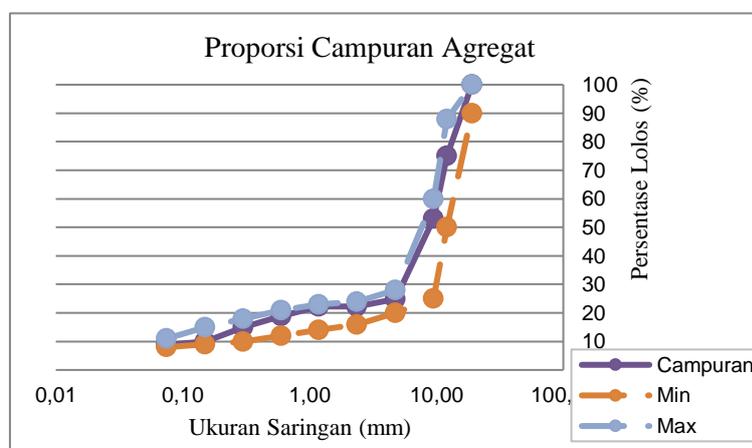
Pembuatan Benda Uji dan Pengujian Marshall dengan Penambahan Serat Kapuk

Pembuatan benda uji dengan penambahan serat kapuk menggunakan satu kadar aspal optimum yang telah didapatkan dengan lima variasi kadar serat kapuk 0,01%, 0,025%, 0,05%, 0,075%, dan 0,1% dari berat benda uji. setiap variasi kadar serat kapuk dibuat tiga sampel benda uji. Pencampuran kapuk dilakukan saat penimbangan agregat, kapuk dicampur dengan agregat halus dimasukkan dalam pan dan digoyangkan dengan menggunakan mesin sieve shaker supaya agregat dan kapuk tercampur merata. Setelah itu dilakukan pencampuran dengan aspal, pemadatan, pengujian volumetrik dan pengujian marshall.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Gradasi Agregat Pada Campuran

Perencanaan gradasi agregat campuran dengan menggunakan metode *trial and error* mengacu pada ketentuan gradasi campuran SMA spesifikasi umum 2018 telah memenuhi nilai maksimum dan minimum yang disyaratkan.



Gambar 1. Grafik Gradasi Perencanaan Agregat Gabungan

Tabel 3. Perhitungan berat satu sampel campuran

Saringan		% Kumulatif Lolos	% Tertahan		Kebutuhan 1 sampel (gram)
Nomor	Ukuran		Kumulatif	Individu	
1"	25,4	100,0	0,00	0,00	0,00
3/4 "	19,05	96,3	3,68	3,68	44,21
1/2 "	12,07	75,1	24,92	21,23	254,78
3/8 "	9,525	52,9	47,06	22,14	265,68
No. 4	4,75	24,9	75,12	28,06	336,76
No. 8	2,36	22,3	77,70	2,58	30,97
No. 16	1,18	22,3	77,70	0,00	0,00
No. 30	0,6	18,9	81,08	3,38	40,53
No. 50	0,3	15,0	85,04	3,96	47,54
No. 100	0,15	9,9	90,10	5,06	60,76
No. 200	0,075	8,9	91,13	1,03	12,37
PAN	0,000	0,0	100,00	8,87	106,39
Kebutuhan Satu Sampel					1200

Perkiraan Kadar Aspal Optimum

Dengan menggunakan rumus Depkimpraswil 2002 akan didapatkan satu nilai perkiraan kadar aspal. Dari nilai tersebut ditambahkan dua kali dengan interval 0,5, dan dikurangi dua kali dengan interval 0,5. Sehingga didapat 5 variasi kadar aspal yang digunakan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan kadar aspal optimum pada campuran didapat dari kelima variasi kadar aspal yang semua karakteristiknya memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.

Tabel 4. Karakteristik Marshall berdasarkan perbandingan kadar aspal yang diberikan

No	Karakteristik	Syarat (Bina Marga 2018)	% Kadar Aspal terhadap Berat Agregat					
			4,91	5,41	5,91	6,41	6,91	
1.	VMA (%)	Min	17	16,84	16,74	17,12	18,01	18,53
2.	VIM (%)	Min	4	6,36	5,19	4,55	4,53	4,09
		Maks.	5					
3.	VFB (%)	Min		62,24	69,06	73,40	76,25	77,94
4.	Stabilitas (kg)	Min	600	1057,5	1134,3	1240,2	1297,1	1228,4
5.	Flow (mm)	Min	2	2,5	2,6	3,0	3,5	3,6
		Maks	4,5					
6.	Density(gr/cc)	Min		2,259	2,273	2,273	2,267	2,256
7.	MQ (kg/mm)	Min		418,7	432,2	414,5	373,4	343,3

Dari kelima variasi kadar aspal, tiga variasi memiliki karakteristik yang memenuhi spesifikasi, yaitu pada kadar 5,91%, 6,41%, 6,91%. Diambil nilai tengah dari ketiga nilai kadar tersebut sehingga kadar aspal optimum yang digunakan adalah 6,41%.

Hasil pengujian *Marshall* campuran dengan penambahan serat kapuk

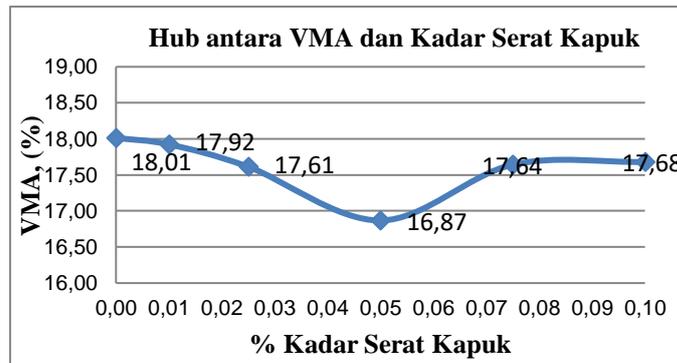
Berikut ini hasil pengujian volumetrik dan *marshall* campuran dengan penambahan serat kapuk:

Tabel 5. Hasil Marshall dengan penambahan serat kapuk sebagai aditif

No	Karakteristik	Syarat (Bina Marga 2018)	% Kadar Serat Kapuk terhadap Berat Agregat						
			0,0%	0,01%	0,025%	0,05%	0,075%	0,1%	
1.	VMA (%)	Min	17	18,01	17,92	17,61	16,87	17,64	17,68
2.	VIM (%)	Min	4	4,53	4,43	4,03	3,20	4,10	4,14
		Maks.	5						
3.	VFB (%)	Min		74,87	75,33	76,95	81,06	76,77	76,57
4.	Stabilitas (kg)	Min	600	1297,1	1303,4	1318,1	1500,1	1539,2	1256,9
5.	Flow (mm)	Min	2	3,62	3,60	3,37	2,91	3,49	3,85
		Maks	4,5						
6.	Density(gr/cc)			2,259	2,262	2,270	2,291	2,270	2,269
7.	MQ (kg/mm)	Min	600	361,75	382,30	400,66	528,71	453,83	327,62

Pengaruh Penambahan Serat Kapuk terhadap VMA (Rongga antar butir agregat)

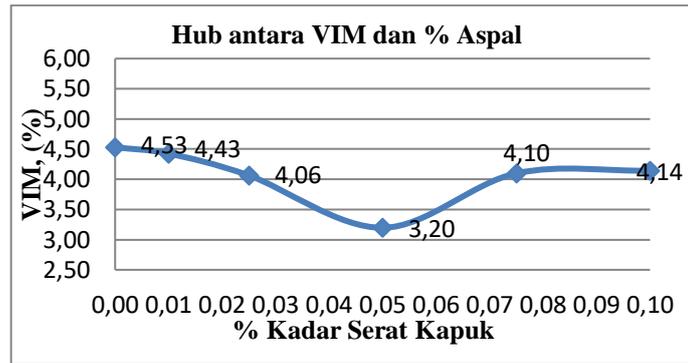
Menurunnya nilai VMA pada campuran SMA dengan penambahan serat kapuk disebabkan karena serat kapuk dapat mengisi ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara dalam campuran, sehingga rongga antar butir agregat semakin sedikit



Gambar 2. Hubungan antara VMA dengan penambahan serat kapuk

Pengaruh Penambahan Serat Kapuk terhadap VIM (Rongga udara pada campuran)

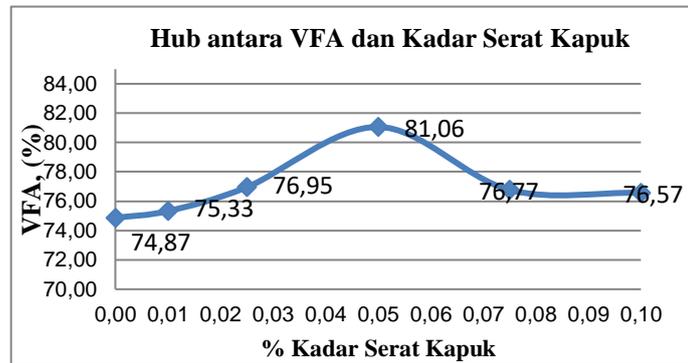
Penambahan kadar serat kapuk pada campuran cenderung menyebabkan nilai VIM menurun. Menurunnya nilai VIM disebabkan karena penambahan serat kapuk pada campuran SMA akan mengisi rongga antar partikel agregat, sehingga rongga antar agregat (VIM) semakin sedikit



Gambar 3. Hubungan antara VIM dengan penambahan serat kapuk

Pengaruh Penambahan Serat Kapuk terhadap VFA (Rongga terisi aspal)

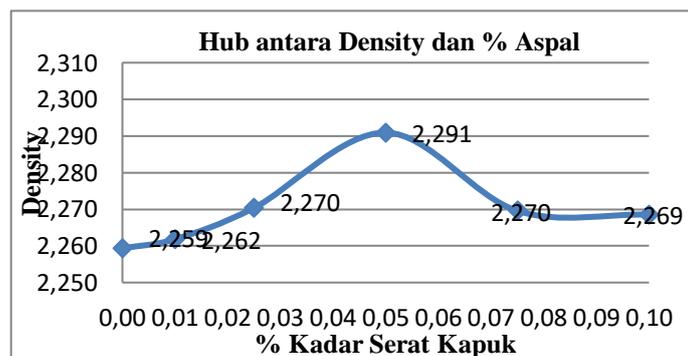
Semakin meningkatnya nilai VFA disebabkan karena serat kapuk yang ditambahkan pada campuran mengisi rongga antar agregat (VIM) dapat mengikat dan menyerap cairan aspal, sehingga besar rongga terisi aspal pada campuran (VFA) semakin tinggi.



Gambar 4. Hubungan antara VMA dengan penambahan serat kapuk

Pengaruh Penambahan Serat Kapuk terhadap Kepadatan (Density)

Kepadatan merupakan berat campuran dalam satuan volume. Kepadatan (Density) dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya gradasi campuran, kadar aspal yang digunakan, penambahan filler dan aditif dan jumlah tumbukan yang diberikan.

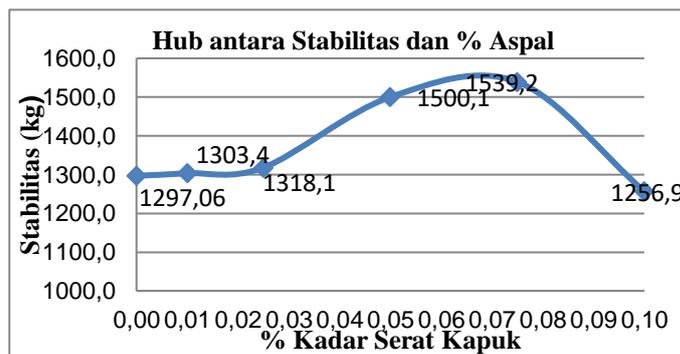


Gambar 5. Hubungan Nilai Density dengan penambahan Serat Kapuk

Berdasarkan hasil pengujian nilai density dengan penambahan serat kapuk mengalami peningkatan berturut turut hingga mencapai nilai optimum dimana serat kapuk bercampur dengan campuran aspal dan dapat mengisi rongga rongga campuran hingga kepadatan meningkat, kemudian pada kadar 0,075% dan 0,1% penambahan serat kapuk mengalami penurunan

Pengaruh Penambahan Serat Kapuk terhadap Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas sebelum mengalami perubahan bentuk yang tetap (deformasi). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal yang digunakan, sifat saling mengunci antar agregat dan aspal dan jenis agregat yang digunakan.

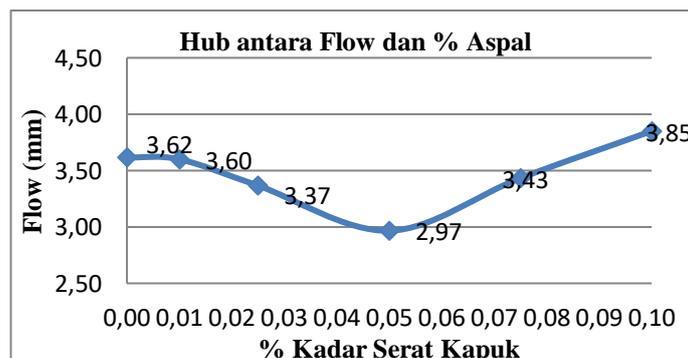


Gambar 6. Hubungan Stabilitas dengan penambahan Serat Kapuk

Penambahan kadar serat kapuk terhadap campuran dapat meningkatkan stabilitas yang dihasilkan. Peningkatan stabilitas disebabkan karena serat kapuk dapat meningkatkan *interlocking* atau sifat saling mengunci antar agregat dan aspal. Sehingga kekuatan pada campuran akan semakin besar

Pengaruh Penambahan Serat Kapuk terhadap Keawetan

Keawetan campuran dipengaruhi oleh nilai flow yang dihasilkan. Nilai flow menunjukkan besarnya deformasi vertikal dari campuran akibat menerima beban. Semakin tinggi nilai flow yang dihasilkan maka elastisitas aspal semakin bagus, dan akan lebih tahan lama untuk menerima beban akibat deformasi.

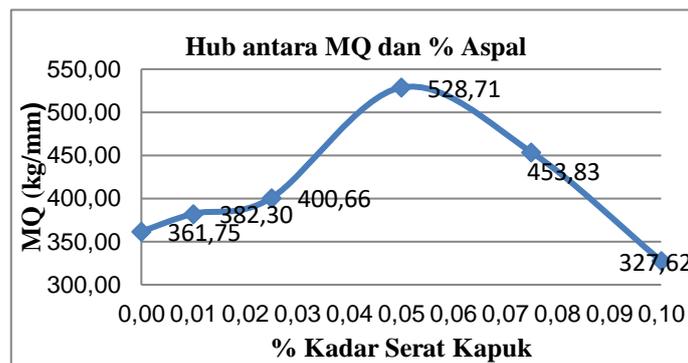


Gambar 7. Hubungan Flow dengan penambahan Serat Kapuk

Keawetan campuran berdasarkan nilai flow mengalami penurunan dikarena penambahan serat kapuk dapat meningkatkan sifat interlocking antar agregat dan aspal sehingga campuran menjadi lebih kaku dan elatisitas campuran akan semakin menurun. Pada kadar 0,075% dan 0,1% serat kapuk mengalami kenaikan kembali. Campuran dengan penambahan kadar serat kapuk yang tinggi kan meningkatkan fleksibilitas.

Pengaruh Penambahan Serat Kapuk terhadap Fleksibilitas

Fleksibilitas campuran ditunjukkan berdasarkan *Marshall Quotient*. MQ didapat dari perbandingan stabilitas dan flow yang dihasilkan. Tingginya menunjukkan kekakuan pada campuran, apabila campuran terlalu kaku maka akan mudah mengalami retak. Namun apabila nilai MQ terlalu kecil maka stabilitas akan semakin kecil dan mudah terjadi deformasi.



Gambar 8 Hubungan Nilai Density dengan penambahan Serat Kapuk

Berdasarkan hasil penelitian penambahan serat kapuk dapat meningkatkan nilai MQ pada campuran, namun setelah mencapai batas optimum penambahan serat kapuk, nilai MQ menurun kembali. Meningkatnya nilai MQ menunjukkan kekakuan pada campuran, namun pada kadar serat kapuk yang terlalu tinggi nilai MQ murun karena mempengaruhi kekuatan campuran, dan campuran menjadi tidak stabil.

KESIMPULAN

Kinerja campuran Split Mastic Asphalt dengan penambahan serat kapuk akan semakin meningkat dibandingkan tanpa serat kapuk. Kepadatan campuran terus mengalami peningkatan hingga pada batas optimum penambahn serat, pada 0,075% dan 0,1% mengalami penurunan. Kekuatan (stabilitas) campuran dengan penambahan kadar serat kapuk semakin meningkat secara signifikan, namun pada kadar tertinggi kekuatan berkurang, karena serat kapuk dengan kadar tinggi justru membuat campuran menjadi licin selain itu kepadatan campuran berkurang, sehingga kekuatan semakin menurun. Berdasarkan keawetan, dari nilai flow penambahan serat kapuk dapat membuat nilai flow semakin menurun, namun dengan kadar serat yang tinggi nilai flow dapat meningkat. Berdasarkan fleksibilitas, bertambahnya kadar serat kapuk dapat meningkatkan nilai MQ hingga pada batas optimum, hal ini menunjukkan kekakuan yang dimiliki semakin meningkat, namun dengan kadar serat kapuk yang tinggi pada kadar 0,0755 dan 0,1% fleksibilitas semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, A. F., Pradani, N., & Batti, J. F. (n.d.). *Pada Campuran Stone Matrix Asphalt*. 4(1), 49–58.
- Anindyawati, T. (2010). Potensi Selulase Dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian Untuk Pupuk Organik. *Berita Selulosa*, 45(2), 70–77.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Spesifikasi Umum 2018*. (September).
- Razali, M. R. (2013). Penggunaan Batu Kapur Super Lolos #325 Sebagai Filler Pengganti Pada Campuran Split Mastic Asphalt Grading 0/11. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rizkiansyah, R. R., Basuki, A., Suratman, R., Kapuk, S., Bahan, S., Pembuatan, B., & Selulosa, M. (2016). SERAT KAPUK SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN MIKROKRISTALIN SELULOSA Metode Chesson-Datta. *Jusami*, 17(4), 172–177.
- Tahir, A. (2011). Kinerja campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yang menggunakan serat selulosa alami dedak padi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Transportasi*, 1(1).