



SELULOSA FIBER MESH BAHAN TAMBAH CAMPURAN *STONE MASTIC ASPHALT*

Bulgis Bulgis*, Salim Salim

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Makassar

*Corresponding author; email address: bulgis.bulgis@umi.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article History:</i> Received 15 March 2023 Accepted 11 September 2023 Online 30 September 2023 <i>Keywords:</i> Aditive Fiber mesh Gradation Tensile strength Stone mastic asphalt	Mixture of Stone Mastic Asphalt, graded gaps that use high asphalt content so that it requires the addition of stabilizers and reinforcement (additives). Fiber is an additional material that can be used. Synthetic fibers in large quantities can be made at low cost, one of which is Fiber mesh. This study aims to analyze the cellulose Fiber mesh as an added material on the Tensile Strength value. The research method was a mixture of Stone Mastic Asphalt, by varying Fiber mesh as an additive (fiber). The fiber mesh used in this study is fiber mesh with varying grades and lengths starting from 0%; 0.1%; 0.2%; 0.3% and 0.4%, while the fiber mesh length starts from 0.36 cm; 1.08 cm and 1.80 cm. Then the mixture is tested, to obtain the Tensile Strength value. The results of the study obtained that the maximum tensile strength was found at a length variation of 0.36 cm with a content of 0.3%. ©2023 Magister Teknik Sipil Unsyiah. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Salah satu penyebab kerusakan perkerasan jalan adalah beban kendaraan yang besar dan suhu yang tinggi, sehingga menyebabkan terjadinya alur pada perkerasan (Affandi, 2010). Beban lalu lintas yang diterima konstruksi perkerasan jalan melalui roda kendaraan dan sejumlah repetisi beban kendaraan, konstruksi perkerasan jalan dapat direncanakan (Firdaus dkk., 2018). *Stone Mastic Asphalt* (SMA) memiliki gradasi celah yang menyebarkan beban dan terutama terdiri dari agregat kasar. Campuran *Stone Mastic Asphalt* juga mengandung aspal dalam jumlah yang signifikan, sehingga meningkatkan daya tahan. Campuran Aspal *Split Mastic* membutuhkan tambahan yang dapat menstabilkan dan memberikan penguatan karena komponen aspal yang tinggi. Serat (Fiber) merupakan bahan tambahan, digunakan pada campuran aspal (Aminin, 2020). Fiber suatu jenis bahan berupa potongan-potongan membentuk jaringan memanjang yang dapat menstabilkan dan memberi perkuatan.

Tujuan penelitian adalah mendapatkan bahan alternatif dalam pemanfaatan serat pada campuran *Stone Mastic Asphalt* (SMA). Mengetahui pengaruh penambahan Fiber mesh pada campuran *Stone Mastic Asphalt* terhadap nilai kuat tarik (*tensile strength*).

2. KAJIAN PUSTAKA

Serat sejenis bahan terdiri dari bagian-bagian terpisah yang bersatu untuk membentuk seluruh jaringan yang diperluas. Serat alami dan serat sintesis adalah dua kategori serat. Fiber mesh merupakan salah satu jenis serat sintesis yang dapat dibuat dalam jumlah banyak dengan biaya yang murah.

Kebisingan yang dihasilkan dari kendaraan bermotor (kebisingan lalu lintas) yang melebihi baku mutu yang ditetapkan, akan mengganggu aktivitas warga seperti: perkantoran, rumah sakit, sekolah, pertokoan dan pemukiman warga (Kurnia dkk., 2018). Salah satu kelebihan perkerasan SMA adalah

mengurangi kebisingan, sebagaimana diuraikan (Błazejowski, 2016): kelebihan dan kekurangan SMA: umur perkerasan lebih lama, struktur agregat yang kuat dan tahan terhadap deformasi, konsentrasi aspal yang tinggi terdapat ketahanan yang baik terhadap retak lelah, tekstur makro yang baik meminimalkan percikan air yang disebabkan oleh kendaraan yang bergerak di permukaan yang basah, dan kebisingan lebih kurang. Salah satu kelemahan SMA adalah: Harganya sekitar 10–20% lebih mahal daripada campuran aspal standar karena penggunaan konsentrasi aspal yang tinggi dan penambahan zat penstabil, Kemungkinan kesalahan atau variasi produksi atau pelaksanaan akan menyebabkan tambalan aspal berkembang di permukaan.

Salah satu alternatif yang digunakan untuk meningkatkan kinerja campuran aspal yaitu dengan menggunakan bahan tambah pada campuran. Penelitian yang dilakukan (Arianto dkk., 2019) dengan menggunakan styrofoam sebagai bahan tambah yang disubstitusi pada aspal dengan menggunakan material RAP menunjukkan peningkatan nilai stabilitas pada campuran. Penelitian fiber mesh yang digunakan pada beton diperoleh kuat tekan beton optimal terjadi pada fiber kadar 0,60 kg/m³ di umur 28 hari adalah 29,17 MPa, meningkat 3,62% dari beton normal, dan kuat tarik beton ideal pada fiber kadar 0,65 kg/m³ di umur 28 hari adalah 3,842 MPa, meningkat 20,44% dari beton normal, menurut hasil penelitian sebelumnya (Hasanr dkk., 2013). Menurut temuan penelitian, fiber mesh memberikan kontribusi positif terhadap sifat mekanik beton, yaitu nilai kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur pada umur 28 hari mengalami peningkatan. Penelitian dengan menggunakan Viatop66 diperoleh kadar 0,3% sampai 0,4% dari total berat campuran (Abdillah dkk., 2018), persyaratan yang ditentukan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 8129, 2015), yaitu bahan tambahan berupa serat selulosa sebesar 0,3% dari berat total campuran. Penelitian penambahan Roadcel-50, setelah melewati angka optimal 7,65% pada saat test ITS dengan konsentrasi aspal yang bervariasi, nilai ITS turun (Sunarjono & Samantha, 2012). Jika dibandingkan dengan tanpa serat selulosa, campuran SMA dengan serat selulosa dapat memberikan ketahanan dan keawetan yang unggul (Alifuddin & Arifin, 2020).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Pemeriksaan Material

Sebelum material digunakan, sampel diperiksa di laboratorium untuk memperoleh material yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

3.2 Perencanaan Campuran

Tahap penelitian selanjutnya adalah untuk memastikan komposisi campuran, tahapan ini akan menggabungkan agregat berdasarkan gradasi kasar campuran SMA. Variabel yang menentukan kapasitas perkerasan jalan untuk mendukung beban kendaraan dan cuaca adalah mutu agregat, gradasi agregat, kebersihan, kekerasan, ketahanan, berat jenis, kekasaran, bentuk butiran, porositas, penyerapan, daya lekat aspal, dan muatan permukaan ketika bersentuhan dengan air merupakan penentu adhesi aspal dan kerentanan kelembaban (Sukirman, 2016).

Selanjutnya penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk jenis perkerasan SMA yang memiliki gradasi senjang mempunyai kadar aspal kisaran 6% s/d 7%, syarat yang ditentukan (AASHTO, 2012), maka untuk 5 variasi diperoleh Kadar Aspal Rencana (KAR) dengan interval 0,25% adalah 6%; 6,25%; 6,5%; 6,75% dan 7%. Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dengan melakukan pemadatan 2 kali 50 tumbukan.

3.3 Pengetesan Benda Uji

Pengetesan campuran menggunakan Marshall test, untuk memperoleh karakteristik campuran yaitu nilai VIM, VMA, VFB, Stabilitas dan Kelelahan (flow) (Rubintardjo, 2013), (Kamba & Rachman, 2018). Selanjutnya berdasarkan karakteristik campuran diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO).

KAO ini yang digunakan sebagai kadar aspal, lalu divariasikan kadar Fiber mesh sebagai bahan tambah pada campuran SMA. Fiber mesh yang digunakan pada penelitian ini yaitu Fiber mesh dengan kadar mulai dari 0%; 0,1%; 0,2%; 0,3% dan 0,4%, dengan ukuran panjang 0,36 cm; 1,08 cm dan 1,80 cm, campuran SMA dengan Fiber mesh ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Campuran Stone Mastic Asphalt dengan Fiber mesh

Tahap berikutnya dilakukan pengetesan Kuat Tarik dengan alat Kuat Tarik Tidak Langsung (ITS) pada Gambar 2.



Gambar 2. Uji Kuat Tarik Tidak Langsung (ITS)

Sifat kuat tarik dapat digunakan untuk mengetahui retak yang terjadi pada lapisan perkerasan, maka dirancang uji Kuat tarik tidak langsung (ITS) (Tayfur dkk., 2007). Uji kuat tarik campuran beraspal digunakan untuk menggambarkan perilaku retak campuran. Bentuk lingkaran atau setengah lingkaran dapat digunakan sebagai benda uji untuk kekuatan tarik tidak langsung (Birgisson dkk., 2008). Persamaan menampilkan nilai ITS untuk lingkaran:

$$ITS = \frac{2P_{max}}{\pi dt} \quad (1)$$

dengan

ITS : tegangan tarik dipusat spesimen (kN)

P_{max} : beban maksimum (kN)

t : tebal spesimen (mm)

d : diameter spesimen (mm)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar

Berdasarkan sifat-sifat agregat kasar yang terdiri dari Agregat 2-3, 1-2, dan 0,5-1, menunjukkan bahwa hasil pemeriksaan memenuhi kriteria spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 yang ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Pemeriksaan sifat fisik agregat kasar

Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil pengujian		
	maks	min	agregat 2-3	agregat 1-2	agregat 0,5-1
Specific gravity bulk	2,9	2,4	2,62	2,61	2,49
Specific gravity SSD	2,9	2,4	2,67	2,67	2,56
Specific gravity apparent	2,9	2,4	2,73	2,73	2,68
Water absorption	3%	-	2,13	2,2	2,88
Berat isi gembur (gr/cm ³)	1,9	1,4	1,47	1,43	1,42
Berat isi padat (gr/cm ²)	1,9	1,4	1,56	1,53	1,51
Soundness test #3/8" (%)	12	-	0,66	0,66	0,66
Kelekatan agregat terhadap aspal	-	95%	96%	96%	96%

4.2 Hasil Pemeriksaan Abu Batu

Berdasarkan hasil pemeriksaan, Tabel 2 menunjukkan bahwa karakteristik agregat halus (abu batu) yang digunakan telah memenuhi kriteria Bina Marga 2018.

Tabel 2. Pemeriksaan karakteristik abu batu

Pemeriksaan	Spesifikasi		Pemeriksaan abu batu
	Maks	Min	
Specific gravity bulk	2.9	2.4	2.58
Specific gravity SSD	2.9	2.4	2.73
Specific gravity apparent	2.9	2.4	2.49
Water absorption	3%	-	2.89
Berat isi gembur (gr/cm ³)	1.9	1.4	1.52
Berat isi padat (gr/cm ²)	1.9	1.4	1.68
Soundness test #3/8" (%)	10	-	
Sand equivalen (%)	-	60	79.74

4.3 Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Tabel 3 menunjukkan hasil temuan dari sifat-sifat Aspal Pertamina 60/70, telah dilakukan pemeriksaan menyeluruh.

Tabel 3. Pemeriksaan aspal pen 60/70

Jenis pemeriksaan	Pemeriksaan	Spesifikasi
Penetrasi 25 °C (0,1 mm)	65,2	59 - 70
Titik lembek (°C)	51	48 - 56
Daktilitas 25° C (cm)	137	> 100
Titik nyala (°C)	265	> 200
Titik bakar (°C)	275	> 200
Berat jenis	1,025	1,0 – 1,16

4.4 Penentuan Komposisi Agregat

Hasil komposisi agregat ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi agregat

Nomor	Lolos BP 2-3 (%)	Lolos BP 1-2 (%)	Lolos BP 0,5-1 (%)	Lolos abu batu (%)	BP 2-3 31%	BP 1-2 26%	BP 0,5-1 23%	Abu batu 20%	Total agregat	Spesifikasi			Spesifikasi ideal
25 (1")	100	100	100	100	31	26	23	20	100	100	-	100	100
19,1 (3/4")	83.9	100	100	100	26	26	23	20	95	90	-	100	95
12,7 (1/2")	27.5	67.4	100	100	8.5	17.5	23	20	69	50	-	88	69
9,52 (3/8")	0.3	36.3	56.3	100	0.1	9.4	13	20	42.5	25	-	60	42.5
No. 4	0	0.3	17.1	100	0	0.1	3.9	20	24	20	-	28	24
No. 8	0	0	0.3	99.6	0	0	0.1	19.9	20	16	-	24	20
No. 200	0	0	0	40.1	0	0	0	8	8	8	-	11	9.5

4.5 Karakteristik Campuran SMA

Campuran dari lima variasi Kadar Aspal Rencana (KAR) yaitu 6%; 6,25%; 6,5%; 6,75% dan 7%, ditentukan dari hasil pengujian alat Marshall pada benda uji berupa karakteristik campuran meliputi stabilitas, kelelahan, rongga udara (VIM), rongga antara agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), density, dan Marshall Quotient (MQ). Berdasarkan karakteristik, diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sesuai spesifikasi ditunjukkan Tabel 5.

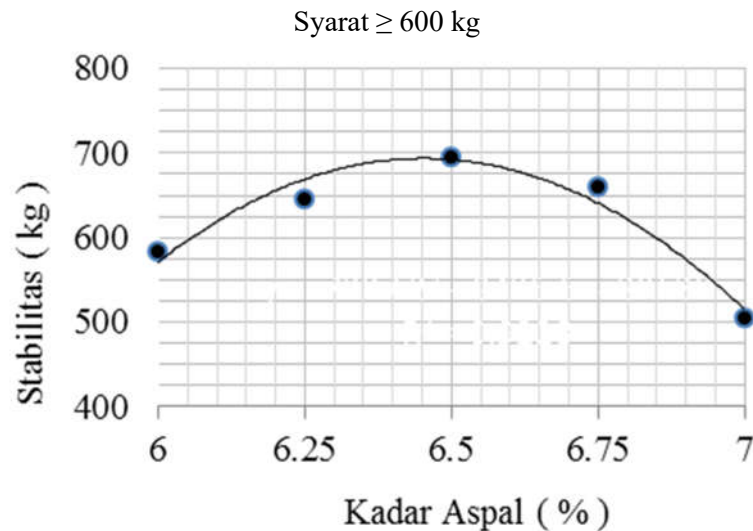
Tabel 5. Uji Marshall campuran SMA

Karakteristik campuran SMA	Hasil pengujian kadar aspal					Spesifikasi
Kadar aspal (%)	6	6,25	6,5	6,75	7	
Density (kg/m ³)	2,293	2,281	2,278	2,271	2,274	≥2.2kg/m ³
VIM (%)	5,149	4,974	4,384	4,019	3,213	4-5%
VMA (%)	16,337	17,004	17,304	17,794	17,905	≥ 17%
VFA (%)	68,484	70,769	74,710	77,429	82,073	≥ 63%
Stabilitas (kg)	582,57	645,80	695,19	660,24	504,89	≥ 600 kg
Kelelahan (mm)	3,30	3,33	3,40	3,67	5,30	2-4,5 mm
MQ (kg/mm)	177,000	193,850	204,869	180,105	98,520	-

Selanjutnya digambarkan pengaruh kadar aspal dengan karakteristik campuran SMA.

4.5.1 Hubungan antara Kadar Aspal dan Stabilitas

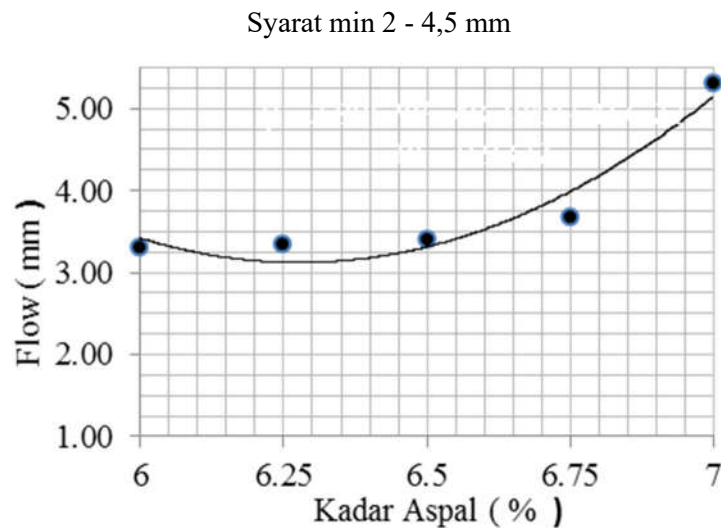
Gambar 3 memperlihatkan, kalau kadar aspal 6% tidak sesuai spesifikasi, kadar aspal 6,25% sampai 6,5% mengalami peningkatan, kadar aspal 6,75% sampai 7% terjadi penurunan. Semakin tinggi kandungan aspal pada titik tertentu, stabilitas campuran akan meningkat. Namun begitu kriteria kadar ideal terpenuhi, nilai kestabilan campuran mulai menurun.



Gambar 3. Hubungan antara Kadar Aspal dan Stabilitas

4.5.2 Hubungan antara Kadar Aspal dan Kelelahan

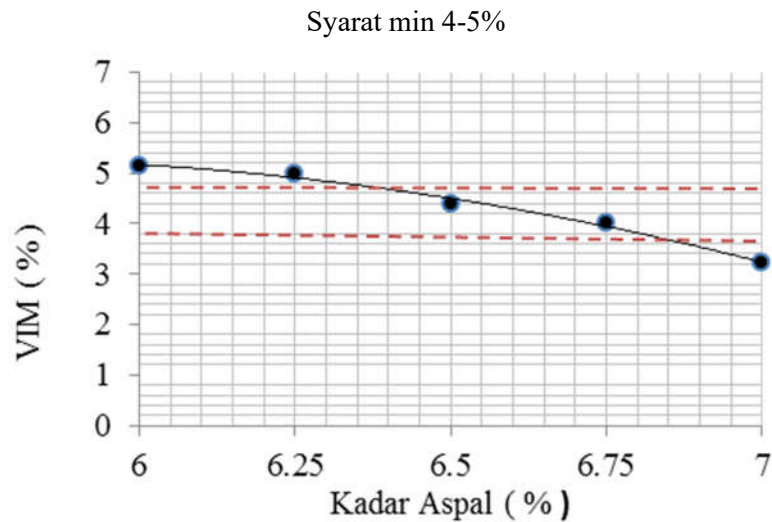
Gambar 4 memperlihatkan kelelahan yang terjadi antara kadar aspal 6% dan 6,75% sesuai dengan standar Bina Marga 2018, tetapi nilai kelelahan pada 7% tidak memenuhi. Ketika konsentrasi aspal meningkat, nilai kelelahan juga meningkat. Hal ini dikarenakan nilai kelelahan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi aspal hingga 6,75 yaitu lendutan terjadi tanpa adanya retakan dan alur jalan.



Gambar 4. Hubungan antara Kadar Aspal dan Kelelahan

4.5.3 Hubungan antara Kadar Aspal dan VIM

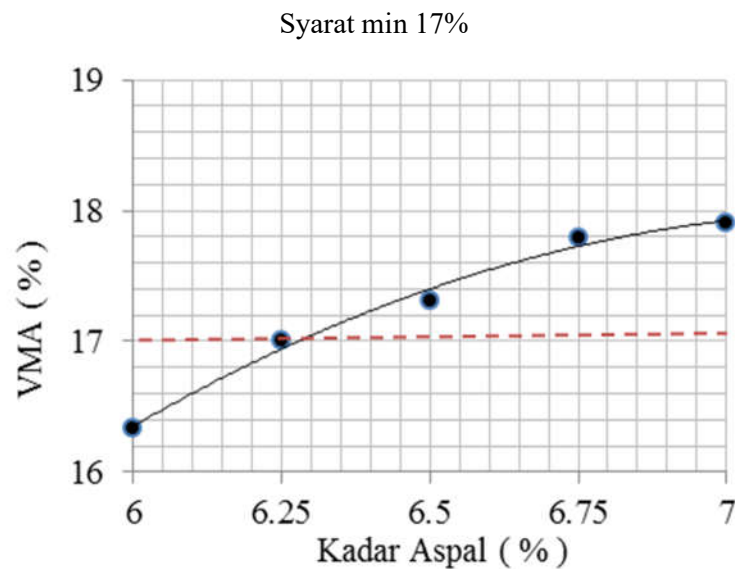
Gambar 5 menunjukkan pada kadar aspal 6% tidak sesuai spesifikasi Bina Marga 2018 karena VIM melewati nilai syarat minimal yaitu 5%. Seiring bertambahnya kadar aspal VIM semakin menurun hingga kadar aspal 7% nilai sudah melewati batas minimum spesifikasi yaitu 4%. Kadar aspal yang memenuhi spesifikasi untuk nilai VIM adalah 6,25%, 6,5% dan 6,75%.



Gambar 5. Hubungan antara Kadar Aspal dan VIM

4.5.4 Hubungan antara Kadar Aspal dan VMA

Gambar 6 menunjukkan bahwa, nilai VMA kadar aspal 6%, tidak sesuai spesifikasi karena persentase VMA dibawah 17%, seiring penambahan kadar aspal dari 6,25% hingga 7% nilai VMA meningkat dan memenuhi spesifikasi maka dapat dinyatakan volume rongga udara diantara agregat yang mengisi campuran SMA akan terus meningkat seiring bertambahnya kadar aspal.

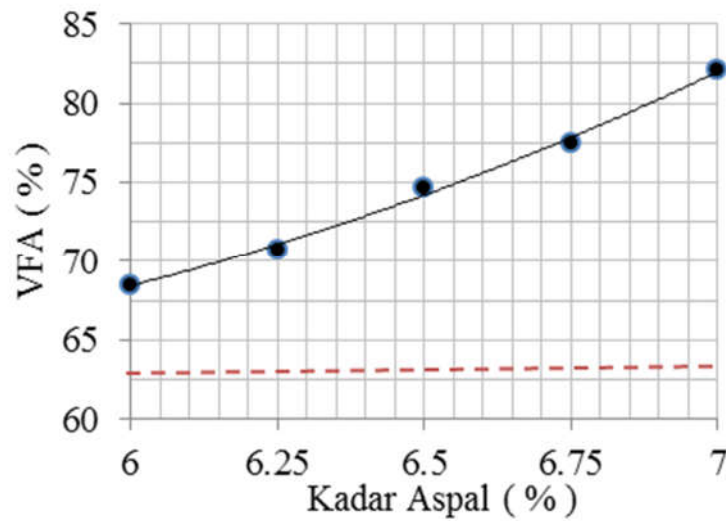


Gambar 6. Hubungan antara Kadar Aspal dan VMA

4.5.5 Hubungan antara Kadar Aspal dan VFA

Gambar 7 menunjukkan, bertambahnya kadar aspal VFA akan meningkat disebabkan semakin banyak aspal yang mengisi rongga.

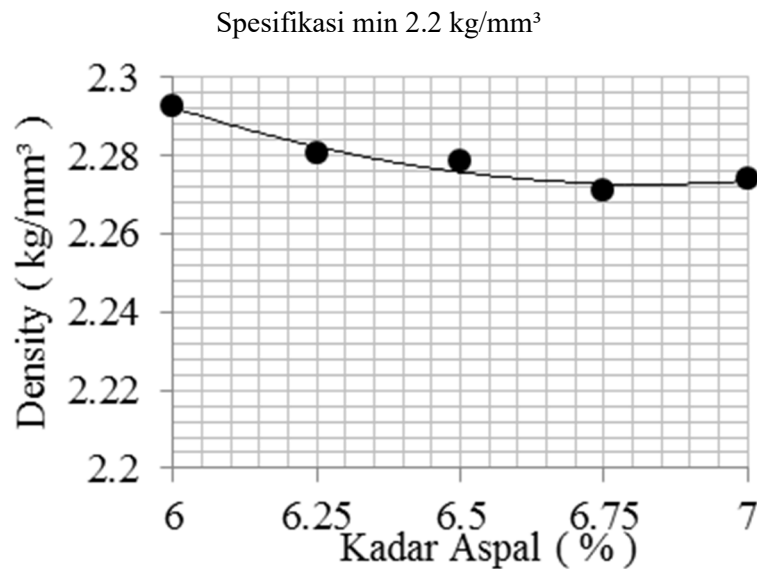
Syarat min 63%



Gambar 7. Hubungan antara Kadar Aspal dan VFA

4.5.6 Hubungan antara Kadar Aspal dan Density

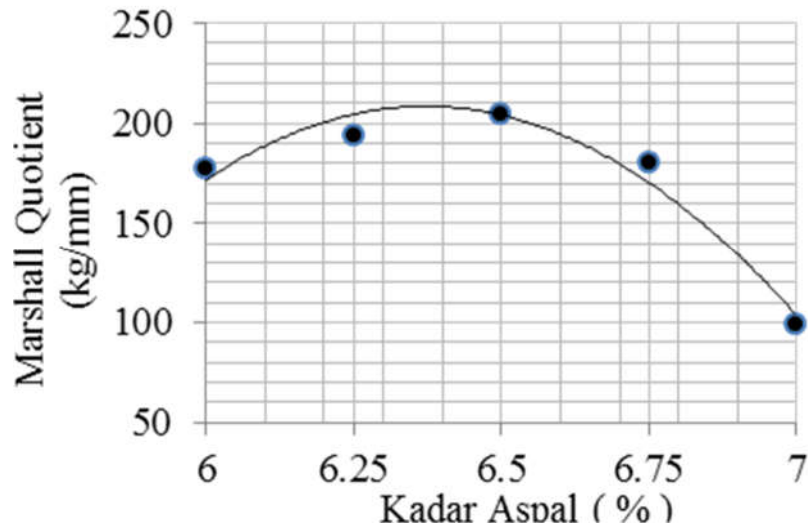
Gambar 8 menjelaskan bahwa density atau kepadatan pada kadar aspal 6,25% menurun sampai kadar aspal 7% namun masih sesuai ketentuan yang disyaratkan.



Gambar 8. Hubungan antara Kadar Aspal dan Density

4.5.7 Hubungan antara Kadar Aspal dan MQ

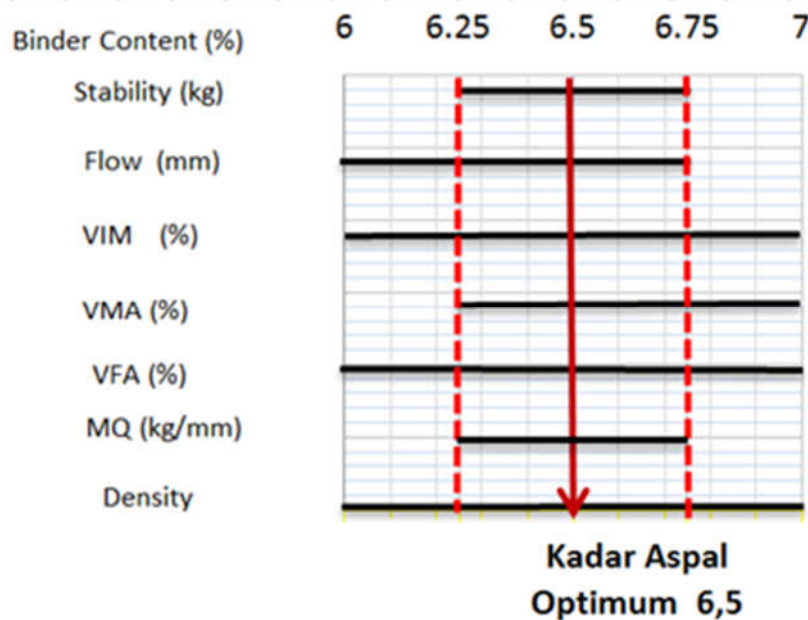
Gambar 9 menjelaskan bahwa bertambahnya kadar aspal dari kadar 6% sampai 6,5%, MQ mengalami peningkatan, tetapi turun kembali di kadar aspal 6,75%.



Gambar 9. Hubungan antara Kadar Aspal dan MQ

4.5.8 Hubungan antara Kadar Aspal dan Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA)

Hubungan antara kadar aspal dengan sifat campuran digunakan pada Gambar 10 mengenai penentuan nilai KAO dengan menggunakan pendekatan Barchart sebagai nilai median pada grafik yang memenuhi persyaratan Marshall Test. Nilai terkecil yang dapat diperoleh adalah 6%, dan nilai tertinggi yang dapat diperoleh adalah 7%. Karakteristik yang memenuhi persyaratan 6,25%; 6,5%, dan 6,75%, memungkinkan 6,5% untuk dipilih sebagai ambang batas penentuan KAO. Saat merencanakan campuran SMA, nilai KAO yang akan digunakan pada perencanaan campuran SMA dengan variasi bahan tambah Fiber Mesh yaitu kadar 0%; 0,1%; 0,2%; 0,3% dan 0,4% dan variasi ukuran panjang 0,36 cm; 1,08 cm dan 1,80 cm.



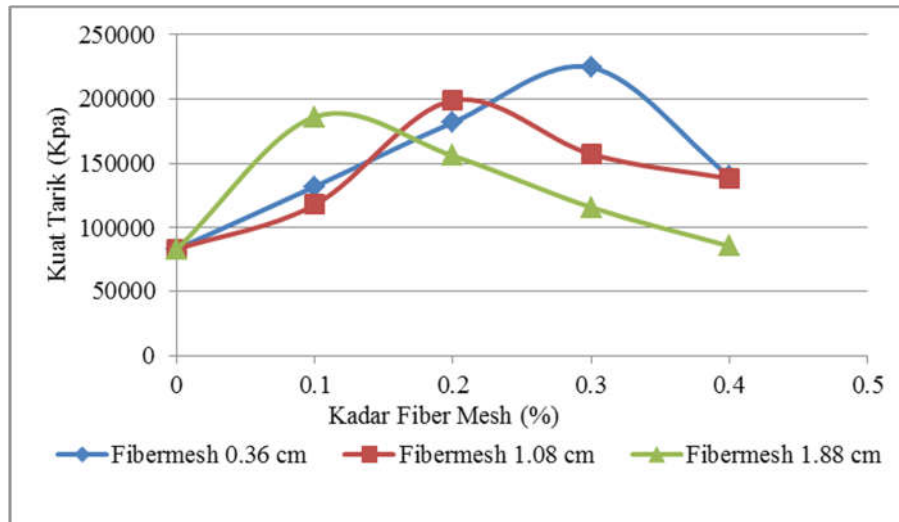
Gambar 10. Penentuan Nilai KAO

4.6 Hubungan Kuat Tarik terhadap Variasi Bahan Tambah Fiber Mesh pada Campuran SMA

Pengaruh penambahan Fiber mesh dengan variasi kadar dan panjang untuk nilai kuat tarik ditunjukkan Tabel 6 dan Gambar 11.

Tabel 6. Perhitungan nilai kuat tarik dengan bahan tambah fiber mesh

Kadar fiber mesh (%)	Kuat tarik (Kpa) panjang 0,36 cm	Kuat tarik (Kpa) panjang 1,08 cm	Kuat tarik (Kpa) panjang 1,80 cm
0	83439,2760	83439,2758	83439,2758
0,1	132122,3520	117956,7334	186257,6031
0,2	181927,8840	198993,9466	155884,5936
0,3	224553,9150	157263,2179	115880,3240
0,4	139917,0110	138172,0135	85805,1052



Gambar 11. Hubungan antara Kuat Tarik dan Variasi Bahan Tambah Fiber Mesh

Hasil pengujian campuran SMA dengan bahan tambah Fiber Mesh berdasarkan Kadar Aspal Optimum 6,5% menunjukkan bahwa nilai kuat tarik pada penambahan kadar Fiber Mesh mengalami peningkatan. Pengaruh variasi panjang menunjukkan semakin panjang Fiber Mesh maka kadar Fiber Mesh semakin berkurang untuk nilai Kuat Tarik maksimum. Berdasarkan variasi panjang Fiber Mesh yaitu 0,36 cm; 1,08 cm dan 1,80 cm dengan kadar Fiber Mesh 0,1%; 0,2%; 0,3% dan 0,4%, diperoleh variasi panjang dengan kadar Fiber Mesh untuk Kuat Tarik maksimum adalah terdapat pada variasi panjang 0,36 cm dengan kadar 0,3%. Hal ini disebabkan pengaruh Fiber Mesh sebagai bahan selulosa yaitu semakin kecil ukuran yaitu 0,36 cm (standard Bina Marga) mampu untuk bercampur dan menyatu dengan filler dan aspal yang memiliki ukuran yang juga kecil dan apabila kadar Fiber Mesh yang berlebihan maka kadar aspal optimum yang digunakan tidak dapat menyelimuti Fiber Mesh dan permukaan agregat secara keseluruhan sehingga nilai kuat tarik mengalami penurunan.

5. KESIMPULAN

Campuran SMA dengan bahan tambah Fiber Mesh berdasarkan Kadar Aspal Optimum 6,5% diperoleh kesimpulan variasi panjang dan kadar Fiber Mesh untuk Kuat Tarik maksimum adalah terdapat pada variasi panjang 0,36 cm dengan kadar 0,3%.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2012. *AASHTO M325-08. 2012. Standard Specification for Stone Matrix Asphalt (SMA)*.
 Abdillah, A. F., Pradani, N., & Batti, J. F. 2018. Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah VIATOP66 pada Campuarn Stone Matrix Asphalt Terhadap Titik Lembek Aspal dan Sifat Drain Down Campuran. *Jurnal HPJI*. 4(1), 49–58.

- Affandi, F. 2010. Pengaruh Asbuton Semi Ekstraksi pada Campuran Stone Mastic Asphalt. *Jurnal Jalan-Jembatan*. 27(1), 1–13.
- Alifuddin, A., & Arifin, W. 2020. Analisis Durabilitas Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Terhadap Penggunaan Serat Selulosa (Serat Asbes). *Jurnal Teknik Sipil MACCA*. 5(2), 67–78.
- Aminin, R. 2020. Karakteristik Marshall Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Dengan Penambahan Selulosa Serat Kapuk. *Repository Universitas Jember*. September 2020, 72–82.
- Arianto, H., M. Saleh, S., & Anggraini, R. 2019. Karakteristik Campuran Ac-Wc Menggunakan Material Reclaimed Asphalt Pavement Dengan Tambahan Aspal Pen. 60/70 Yang Disubstitusi Styrofoam. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*. 2(2), 149–157. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v2i2.13451>
- Birgisson, B., Montepara, A., Romeo, E., Roncella, R., Napier, J. A. L., & Tebaldi, G. 2008. Determination and prediction of crack patterns in hot mix asphalt (HMA) mixtures. *Engineering Fracture Mechanics*. 75(3–4), 664–673. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2007.02.003>
- Błazejowski, K. 2016. *Stone Matrix Asphalt: Theory and Practice*. CRC Press.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. In *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*.
- Firdaus, D., Isya, M., & Saleh, S. M. 2018. Pengaruh Beban Kendaraan Terhadap Umur Desain Perkerasan (Studi Kasus Jalan Nasional Lambaro – Batas Pidie Provinsi Aceh). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*. 1(3), 10–18. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i3.11758>
- Hasanr, H., Tatong, B., & Tole, J. 2013. Pengaruh Penambahan Polypropylene Fiber Mesh Terhadap Sifat Mekanis Beton. *Majalah Ilmiah Mektek*. 1, 12–19. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/Mektek/article/viewFile/1483/1000>
- Kamba, C., & Rachman, R. 2018. Marshall Characteristics Test On Hot Rolled Sheet Base Combine Using Nickel Slag For Half Gap Graded. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 5(3), 14–19.
- Kurnia, M., Isya, M., & Zaki, M. 2018. Tingkat Kebisingan Yang Dihasilkan Dari Aktivitas Transportasi (Studi Kasus Pada Sebagian Ruas Jalan: Manek Roo, Sisingamangaraja Dan Gajah Mada Meulaboh). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*. 1(2), 1–9. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i2.10936>
- Rubintardjo, G. 2013. Aspal Bahan Perkerasan Jalan.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 8129. 2015. *Spesifikasi Stone Matrix Asphalt (SMA)*.
- Sukirman, S. 2016. Beton Aspal Campuran Panas. *Journal of Chemical Information and Modeling*. 53(9).
- Sunarjono, S., & Samantha, R. 2012. Analisis Kekuatan Tarik Material Campuran SMA (Split Mastic Asphalt) Grading 0/11 Menggunakan Sistem Pengujian Indirect Tensile Strength. In *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*. 57–64.
- Tayfur, S., Ozen, H., & Aksoy, A. 2007. Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers. *Construction and Building Materials*. 21(2), 328–337. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.08.014>