Available online https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno

T E K N O

Volume 24, No. 97, Tahun 2026 p-ISSN: 0215-9617

Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Draindown Pada Campuran *Stone Matrix Asphalt* (SMA)

Bintang D. T. Pantow[#a], Mecky R. E. Manoppo[#b], Lucia G. J. Lalamentik[#c]

[#]*Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia*
[a]damaipantow30@gmail.com, [b]meckymanoppo@yahoo.com, [c]lucia.lalamentik@unsrat.ac.id

Abstrak

Stone Matrix Asphalt (SMA) merupakan campuran beraspal dengan gradasi senjang yang memiliki potensi mengalami draindown akibat ketidakstabilan distribusi aspal pada temperatur tinggi. Salah satu faktor yang mempengaruhi fenomena tersebut adalah variasi gradasi agregat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik variasi gradasi agregat dan nilai draindown pada campuran SMA. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi dengan menggunakan agregat dari Kema dan aspal penetrasi 60/70. Penelitian menggunakan lima variasi gradasi berdasarkan kurva Fuller, yaitu batas atas, antara batas atas dan tengah, batas tengah, antara batas tengah dan bawah, serta batas bawah. Pengujian dilakukan menggunakan metode Marshall dan pengujian draindown. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas tertinggi sebesar 1.462,20 kg diperoleh pada Variasi 3, sedangkan draindown tertinggi sebesar 0,308% diperoleh pada Variasi 5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan gradasi agregat mempengaruhi karakteristik campuran dan kestabilan aspal. Penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan gradasi agregat untuk menghasilkan campuran SMA yang stabil dan meminimalkan potensi draindown. Dengan demikian, pemilihan gradasi agregat yang tepat berperan penting dalam meningkatkan kualitas campuran SMA.

Kata kunci: Stone Matrix Asphalt, gradasi agregat, draindown, kurva Fuller, Marshall

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Stone Matrix Asphalt (SMA) merupakan campuran beraspal dengan gradasi senjang yang didominasi agregat kasar sehingga membentuk struktur saling mengunci (*stone-on-stone contact*). Struktur ini diharapkan menghasilkan stabilitas yang baik terhadap beban lalu lintas. Namun, penggunaan kadar aspal yang relatif tinggi pada campuran SMA berpotensi menimbulkan *draindown*, yaitu terpisahnya aspal dari campuran akibat pengaruh gravitasi pada temperatur tinggi. Kondisi tersebut dapat menyebabkan distribusi aspal tidak merata dan menurunkan kualitas campuran.

Salah satu faktor yang mempengaruhi potensi *draindown* adalah gradasi agregat. Perbedaan distribusi ukuran agregat dapat mempengaruhi rongga antaragregat, struktur saling mengunci, serta kestabilan mortar aspal. Gradasi yang terlalu terbuka berpotensi mempermudah aliran aspal, sedangkan perubahan gradasi juga dapat mempengaruhi karakteristik volumetrik campuran. Oleh karena itu, variasi gradasi agregat perlu dikaji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik campuran dan nilai *draindown*.

Penelitian terdahulu mengenai *draindown* pada campuran SMA, salah satunya oleh Abdillah, Pradani, dan Batti (2018), lebih menekankan penggunaan bahan tambah untuk mengurangi *draindown*. Sementara itu, pengaruh variasi gradasi agregat terhadap nilai *draindown* masih perlu dikaji lebih lanjut. Hal ini menjadi dasar penelitian untuk mengetahui hubungan antara variasi gradasi agregat dan kestabilan aspal dalam campuran SMA.

Penelitian ini menggunakan SMA Kasar berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Variasi gradasi dirancang menggunakan kurva Fuller yang terdiri atas lima variasi, yaitu

batas atas, antara batas atas dan tengah, batas tengah, antara batas tengah dan bawah, serta batas bawah. Pengujian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi menggunakan agregat dari Kema, Minahasa Utara. Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran, sedangkan pengujian *draindown* digunakan untuk mengetahui persentase aspal yang terpisah dari campuran.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh variasi gradasi agregat terhadap karakteristik dan nilai *draindown* campuran SMA. Hasilnya juga diharapkan menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan gradasi agregat untuk menghasilkan campuran yang stabil dan meminimalkan potensi *draindown*.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana karakteristik campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) dan nilai *draindown* yang dihasilkan berdasarkan variasi gradasi agregat.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) serta nilai *draindown* yang dihasilkan berdasarkan variasi gradasi agregat.

1.4. Manfaat Penelitian

Melalui penilitian ini, diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh variasi gradasi agregat terhadap karakteristik campuran SMA.
2. Memberikan informasi mengenai hubungan variasi gradasi agregat dengan nilai draindown.
3. Menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan gradasi agregat yang sesuai untuk campuran SMA.
4. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya terkait campuran Stone Matrix Asphalt (SMA).

1.5. Batasan Masalah

Penelitian in terbatas pada:

1. Campuran perkerasan jalan yang akan diteliti yaitu, Stone Matrix Asphalt (SMA) Kasar.
2. Standar spesifikasi yang digunakan untuk campuran material Stone Matrix Asphalt (SMA) berdasarkan pada Bina Marga 2018 Revisi 2.
3. Metode yang digunakan yaitu Uji Marshall sesuai dengan standar SNI 06-2489-1991 atau standar lain yang relevan dan diakui Bina Marga 2018 rev 2.
4. Variabel bebas yang diteliti terbatas pada variasi gradasi agregat (sesuai rentang spesifikasi SMA yang berlaku).
5. Lokasi pengambilan agregat terletak di Kema, Minahasa Utara, Prov. Sulawesi Utara.
6. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

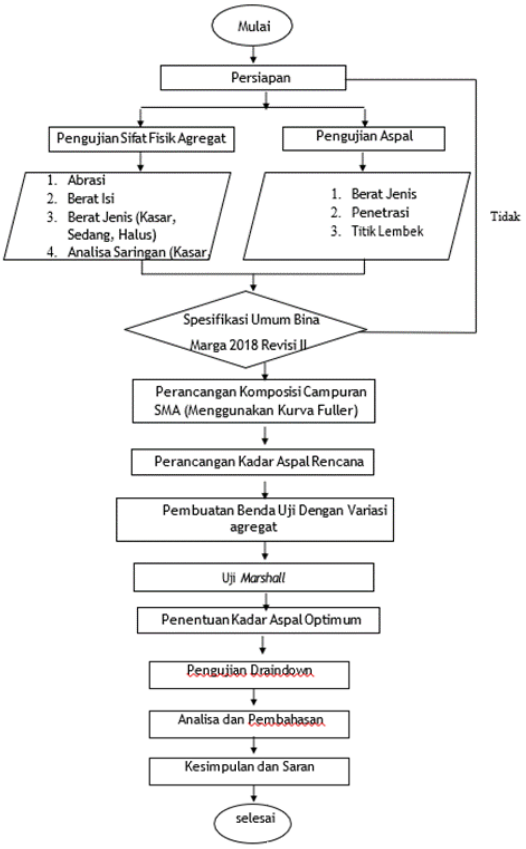
2. Metode Penelitian

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian akan dilakukan di Laboraturium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Sedangkan waktu pelaksanaan penelitian yang direncanakan akan berjalan kurang lebih tiga bulan terhitung sejak bulan Maret 2026 sampai dengan bulan Juni 2026.

2.2 Alur Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemeriksaan Material

Pemeriksaan hasil dari analisa seluruh agregat yakni agregat kasar, agregat sedang dan agregat halus agar dapat digunakan dalam pembuatabn benda uji. Agregat yang dipakai berasal dari AMP Sea dilakukan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2).

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

No.	Jenis Pengujian		Standard	Syarat	Hasil
1	Pemeriksaan Keausan (Abrasi)		SNI 03 – 2417 – 2008	Maks.30%	21,20
2	Berat Jenis Kasar	Bulk	SNI 03-1969-2016		2,618 (gr/cc)
		SSD			2,647 (gr/cc)
		Semu			2,697 (gr/cc)
		Penyerapan		Maks.2%	1,129 %
	Berat Jenis Sedang	Bulk			2,632 (gr/cc)
		SSD			2,691 (gr/cc)
		Semu			2,797 (gr/cc)
		Penyerapan		Maks.2%	1,848 %
	Berat Jenis Halus	Bulk	SNI 03-1970-2016		2,264 (gr/cc)
		SSD			2,309 (gr/cc)
		Semu			2,370 (gr/cc)
		Penyerapan		Maks.2%	1.928 %

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan

Saringan		% Lolos Saringan		
ASTM (Inch)	Metrik (mm)	Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus
1"	25,40	100.00	100.00	100.00
3/4"	19,10	100.00	100.00	100.00
1/2"	12,70	36.92	99.58	100.00
3/8"	9,52	10.63	99.20	100.00
#4	4,75	0.70	39.98	100.00
#8	2,36	0.62	11.61	73.12
#16	1,18	0.59	7.11	54.10
#30	0,60	0.58	6.16	40.22
#50	0,30	0.56	5.18	28.21
#100	0,15	0.55	1.51	15.07
#200	0,075	0.50	1.14	7.99
Pan		0.49	1.07	6.25

Hasil pemeriksaan aspal pertamina pen 60/70 yang tersedia di laboratorium Perkerasan Jalan Universitas Sam Ratulangi Manado dilakukan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2).

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Aspal Pen 60/70

Jenis Pengujian	**Metode Pengujian**	**Tipe Aspal Pen.60/70**	**Hasil Pengujian**
Berat Jenis	SNI 2441-2011	>1,0	1,04
Penetrasi Pada Suhu 25^{o}C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	60-70	67,28 mm
Titik Lembek	SNI 243-2011	>48	48,5^{o}C

3.2. Hasil Pengujian Marshall

a. Hasil Pengujian Campuran Aspal

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai kriteria *Marshall* untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal 3,5%, 4,5%, 5,5%, 6,5% dan & 7,5%.

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Variasi 1

Karakteristik Marshall	**Spesifikasi**	**Kadar Aspal (%)**				
		4,07	**5,07**	**6,07**	**7,07**	**8,07**
Stabilitas (kg)	Min. 600	315,75	591,15	874,30	1159,90	1129,67
Flow (mm)	2 - 4,5	2,28	2,62	3,10	3,46	4,022
VMA (%)	Min. 17	21,444	22,770	22,057	20,219	19,846
VIM (%)	4,0 - 5,0	14,664	14,664	11,088	6,750	4,014
VFB (%)	-	31,653	38,560	49,750	66,625	79,834
Rasio VCAmix/VCAdrc	Maks. 1,0	0,455	0,448	0,450	0,439	0,434
Draindown (%)	Maks. 0,3	0,213	0,049	0,043	0,049	0,005
Kepadatan (gr/cc)	-	2,073	2,059	2,101	2,173	2,207

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall Variasi 2

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4,04	**5,04**	**6,04**	**7,04**	**8,04**
Stabilitas (kg)	Min. 600	282,66	610,10	720,34	1234,04	1339,829
Flow (mm)	2 - 4,5	2,238	2,065	2,726	3,666	2,446
VMA (%)	Min. 17	23,227	23,635	23,443	21,138	19,438
VIM (%)	4,0 - 5,0	16,662	15,050	12,723	7,892	3,596
VFB (%)	-	28,609	36,544	45,709	62,665	82,575
Rasio VCAmix/VCAdrc	Maks. 1,0	0,481	0,452	0,460	0,447	0,431
Draindown (%)	Maks. 0,3	0,064	0,110	0,167	0,145	0,161
Kepadatan (gr/cc)	-	2,133	2,177	2,166	2,210	2,263

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall Variasi 3

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		4	**5**	**6**	**7**	**8**
Stabilitas (kg)	Min. 600	746,234	1039,308	1166,361	1352,122	1462,201
Flow (mm)	2 - 4,5	4,130	3,672	4,074	3,581	4,242
VMA (%)	Min. 17	29,381	22,274	20,954	19,789	18,578
VIM (%)	4,0 - 5,0	23,417	13,621	9,983	6,407	4,273
VFB (%)	-	20,388	38,900	52,357	75,238	77,341
Rasio VCAmix/VCAdrc	Maks. 1,0	0,519	0,461	0,446	0,444	0,436
Draindown (%)	Maks. 0,3	0,259	0,252	0,278	0,279	0,088
Kepadatan (gr/cc)	-	1,862	2,071	2,129	2,183	2,240

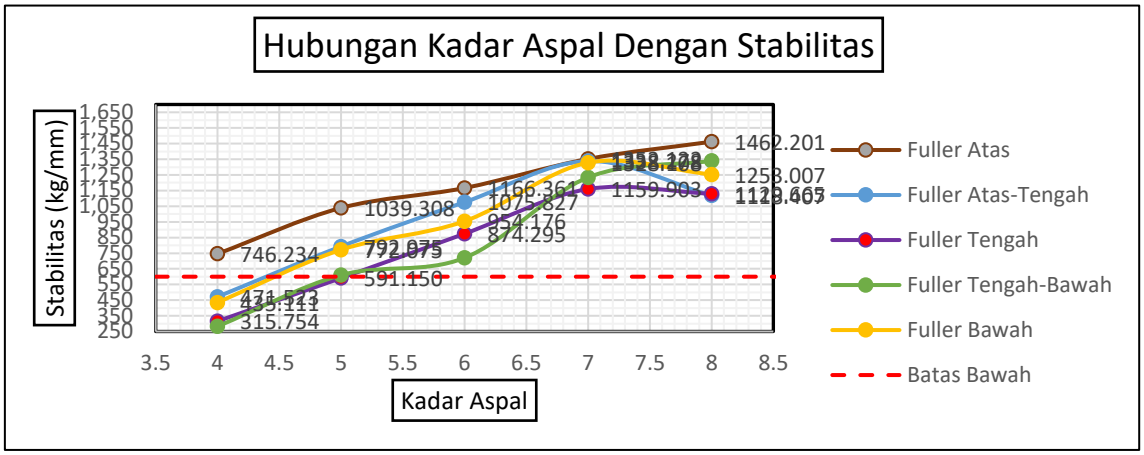
Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall Variasi 4

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		3,95	**4,95**	**5,95**	**6,95**	**7,95**
Stabilitas (kg)	Min. 600	471,523	792,975	1075,827	1338,278	1118,407
Flow (mm)	2 - 4,5	3,412	4,445	4,100	4,044	3,837
VMA (%)	Min. 17	19,014	20,322	20,233	19,383	19,904
VIM (%)	4,0 - 5,0	12,202	11,458	9,150	5,899	4,191
VFB (%)	-	36,384	43,634	54,782	69,566	78,963
Rasio VCAmix/VCAdrc	Maks. 1,0	0,386	0,412	0,413	0,408	0,409
Draindown (%)	Maks. 0,3	0,108	0,197	0,179	0,231	0,229
Kepadatan (gr/cc)	-	2,156	2,143	2,169	2,215	2,225

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Variasi 5

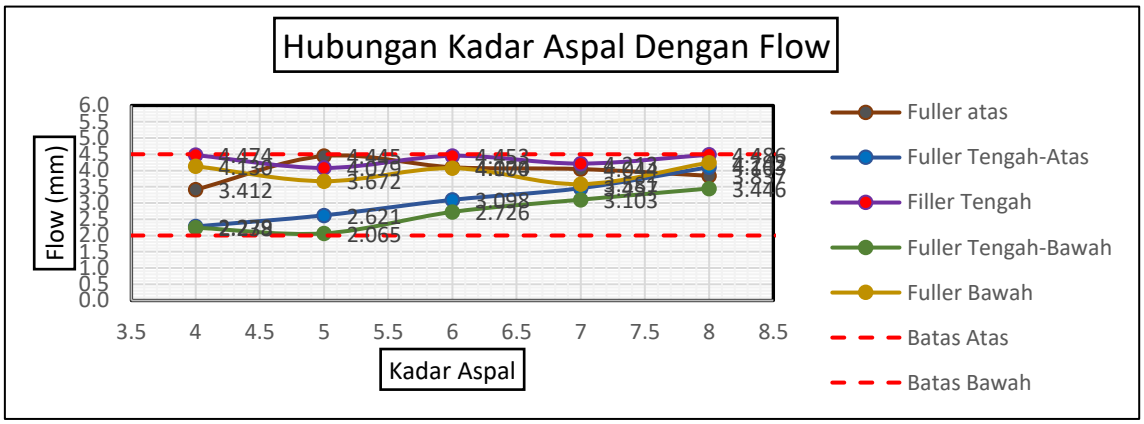
Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		3,9	**4,9**	**5,9**	**6,9**	**7,9**
Stabilitas (kg)	Min. 600	435,111	772,075	954,176	1328,108	1253,007
Flow (mm)	2 - 4,5	4,474	4,079	4,453	4,213	4,486
VMA (%)	Min. 17	20,660	19,857	21,083	20,350	19,322
VIM (%)	4,0 - 5,0	14,012	10,948	10,104	6,995	3,439
VFB (%)	-	32,319	44,867	52,077	65,728	82,205

Rasio VCAmix/VCAdrc	Maks. 1,0	0,378	0,383	0,394	0,394	0,378
Draindown (%)	Maks. 0,3	0,139	0,202	0,266	0,260	0,308
Kepadatan (gr/cc)	-	2,133	2,177	2,166	2,210	2,263



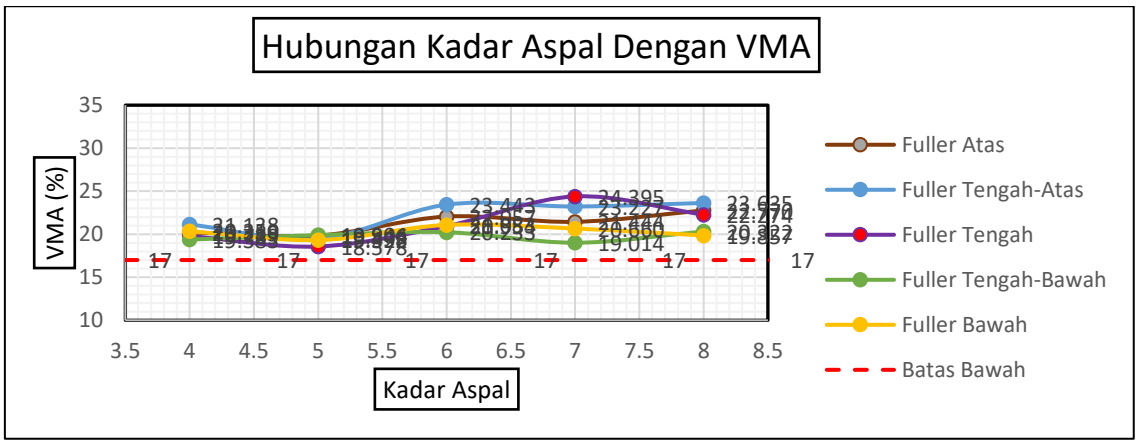
Gambar 2. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian nilai stabilitas tertinggi terdapat pada Fuller Atas, yaitu sebesar 1.462,201 kg/mm pada kadar aspal 8%, sedangkan nilai stabilitas terendah terdapat pada Fuller Tengah-Bawah, yaitu sebesar 315,754 kg/mm pada kadar aspal 4%. Secara keseluruhan, nilai stabilitas pada seluruh variasi Fuller cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar aspal.



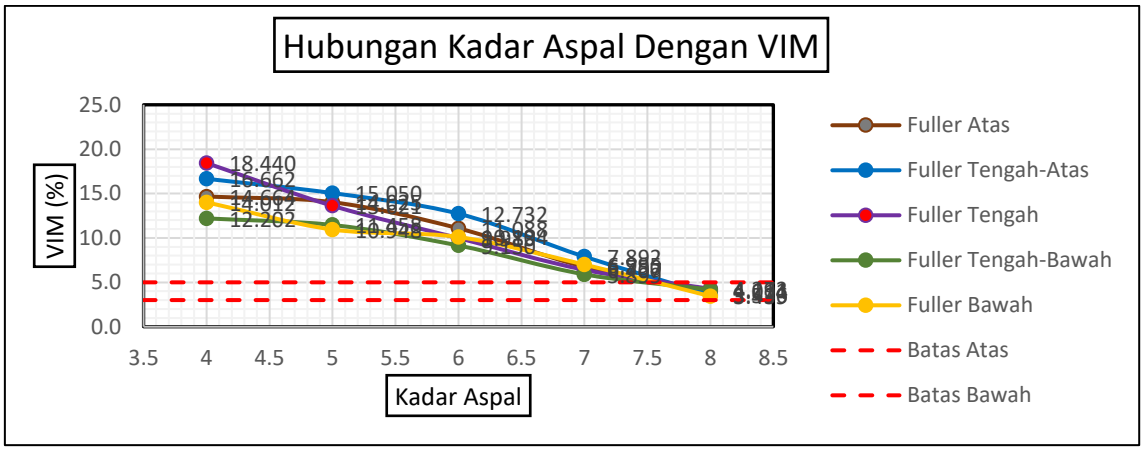
Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow*

Berdasarkan hasil pengujian nilai flow tertinggi terdapat pada Fuller Tengah, yaitu sebesar 4,474 mm, sedangkan nilai flow terendah terdapat pada Fuller Tengah-Bawah, yaitu sebesar 2,065 mm. Secara keseluruhan, nilai flow pada Fuller Tengah cenderung lebih tinggi dibandingkan variasi Fuller lainnya, sedangkan Fuller Tengah-Bawah menunjukkan nilai flow yang paling rendah.



Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

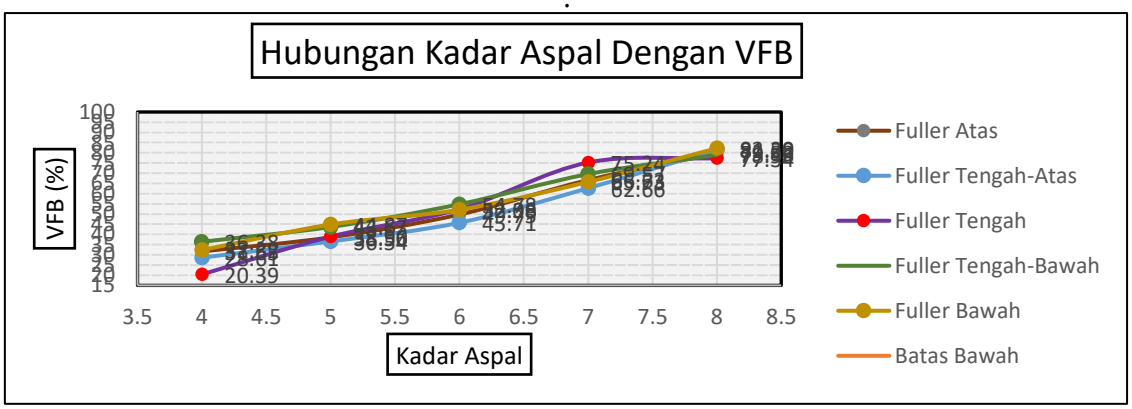
Berdasarkan Hasil pengujian nilai VMA tertinggi terdapat pada Fuller Tengah, yaitu sebesar 24,295%, sedangkan nilai VMA terendah terdapat pada Fuller Tengah-Bawah, yaitu sekitar 19,014%. Hal ini menunjukkan bahwa Fuller Tengah menghasilkan nilai VMA paling tinggi, sedangkan Fuller Tengah-Bawah menghasilkan nilai VMA paling rendah.



Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

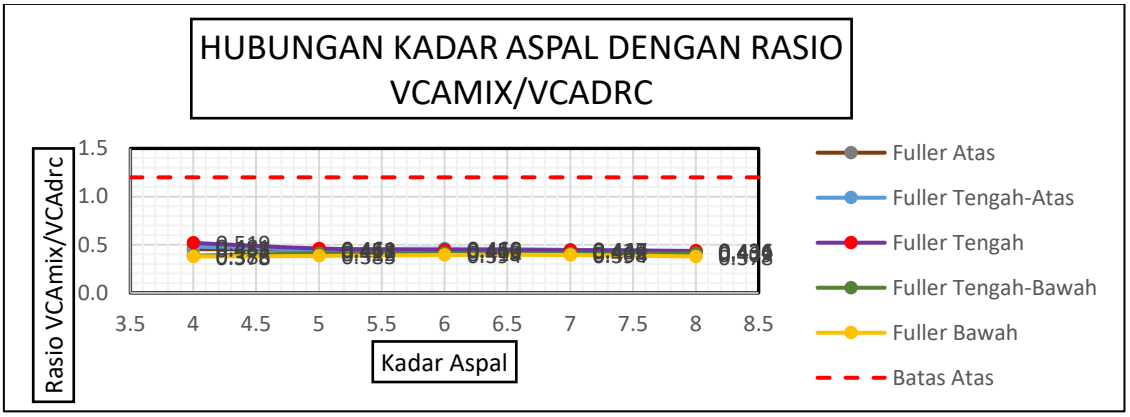
Berdasarkan Hasil pengujian nilai VIM tertinggi terdapat pada Fuller Tengah, yaitu sebesar 18,440%, sedangkan nilai VIM terendah terdapat pada Fuller Tengah-Bawah, yaitu sebesar 12,202%. Secara keseluruhan, nilai VIM pada seluruh variasi Fuller menunjukkan penurunan seiring bertambahnya kadar aspal.

.



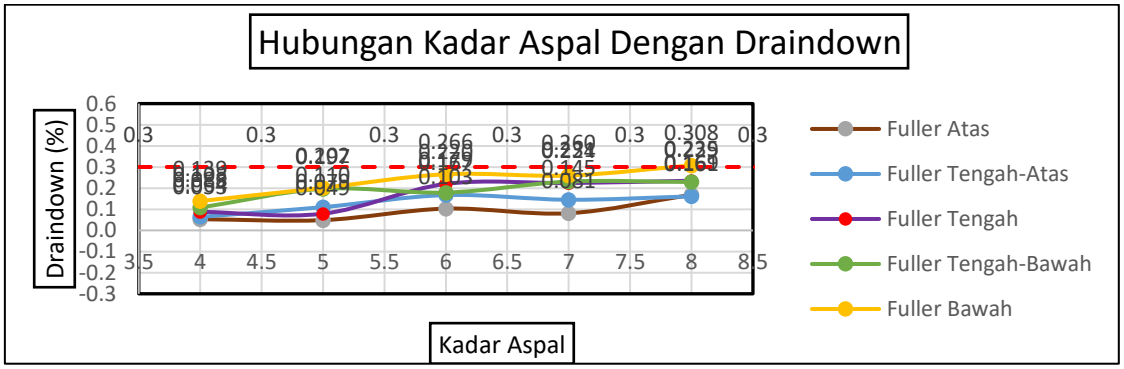
Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dengan VFB

Berdasarkan Hasil pengujian nilai VFB tertinggi terdapat pada Fuller Bawah pada kadar aspal 8%, yaitu sekitar 88%, sedangkan nilai VFB terendah terdapat pada Fuller Tengah pada kadar aspal 4%, yaitu sebesar 20,39%. Secara keseluruhan, nilai VFB pada seluruh variasi Fuller menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal.



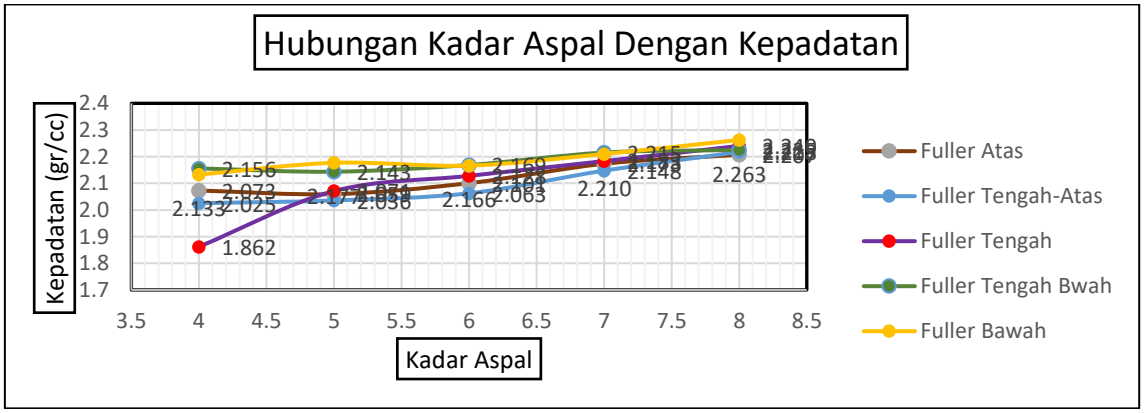
Gambar 7. Hubungan Kadar Aspal dengan Rasio VCAMIX/VCADRC

Berdasarkan Hasil pengujian nilai rasio tertinggi terdapat pada Fuller Tengah, yaitu sebesar 0,510, sedangkan nilai rasio terendah terdapat pada Fuller Bawah, yaitu sebesar 0,388. Secara keseluruhan, nilai rasio pada seluruh variasi Fuller cenderung stabil dan berada di bawah batas atas yang telah ditentukan.



Gambar 8. Hubungan Kadar Aspal dengan Draindown

Berdasarkan Hasil pengujian nilai Draindown tertinggi terdapat pada Fuller Bawah, yaitu sekitar 0,308% pada kadar aspal 8%, sedangkan nilai Draindown terendah terdapat pada Fuller Atas, yaitu sekitar 0,05% pada kadar aspal 5%. Secara keseluruhan, seluruh variasi Fuller menunjukkan nilai Draindown yang masih berada di sekitar atau di bawah batas maksimum 0,3%.

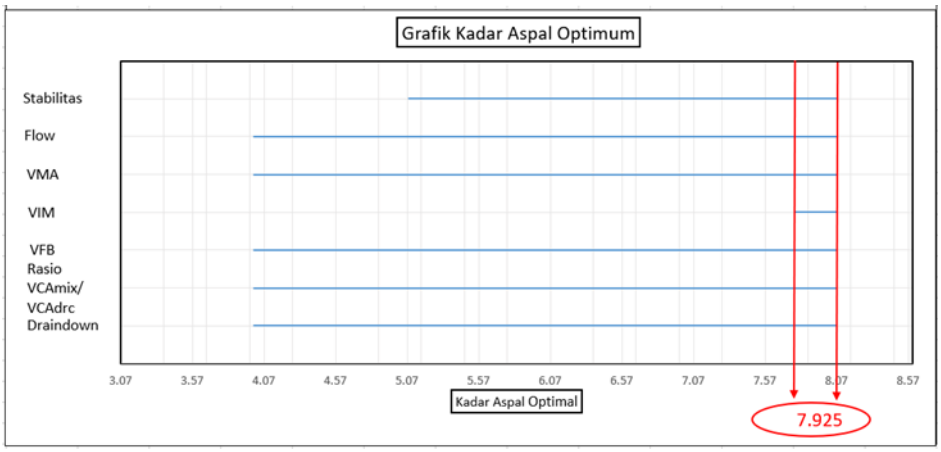


Gambar 9. Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan

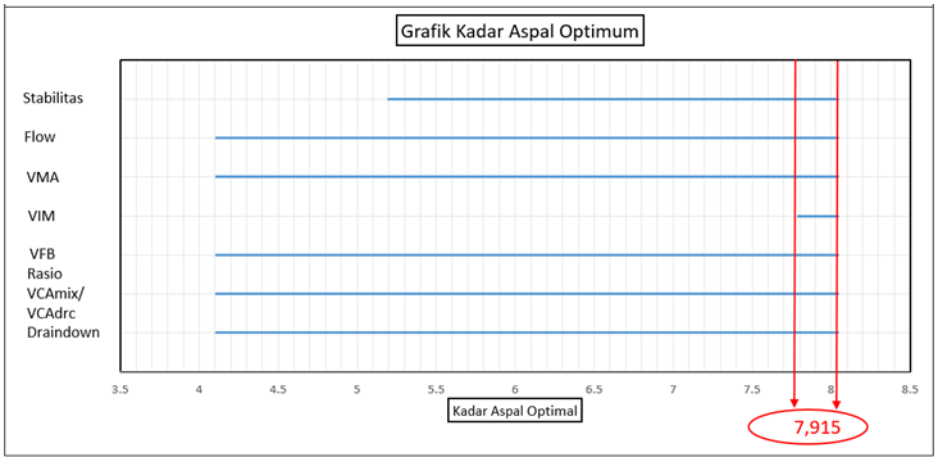
Berdasarkan Hasil pengujian nilai kepadatan tertinggi terdapat pada Fuller Bawah, yaitu sebesar 2,263 gr/cc pada kadar aspal 8%, sedangkan nilai kepadatan terendah terdapat pada Fuller Tengah, yaitu sebesar 1,862 gr/cc pada kadar aspal 4%. Secara keseluruhan, nilai kepadatan pada seluruh variasi Fuller cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar aspal.

b. Kadar Aspal Optimum

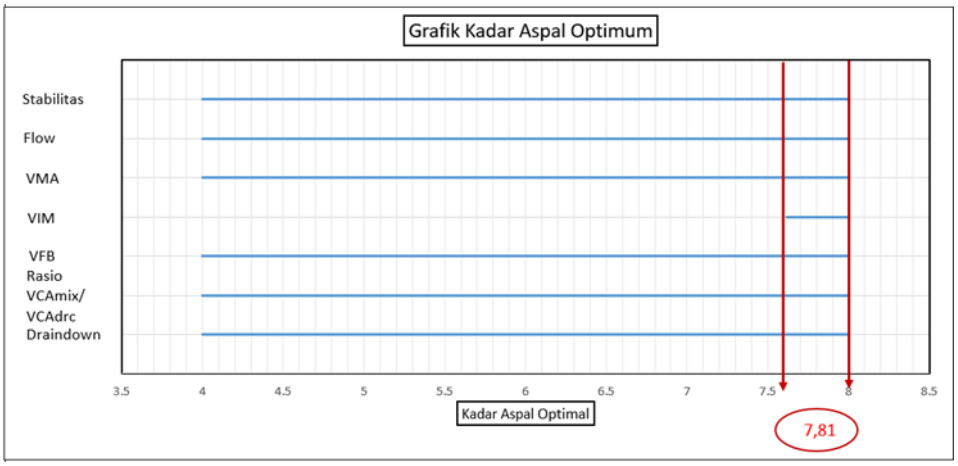
Berdasarkan hasil pengujian *Marshal* dari 5 variasi didapatkan kadar aspal optimum (KAO) adalah 7,925%, 7,915%, 7,81%, 7,7%, dan 7,695% berdasarkan karakteristik *Marshal* yang memenuhi spesifikasi campuran SMA.



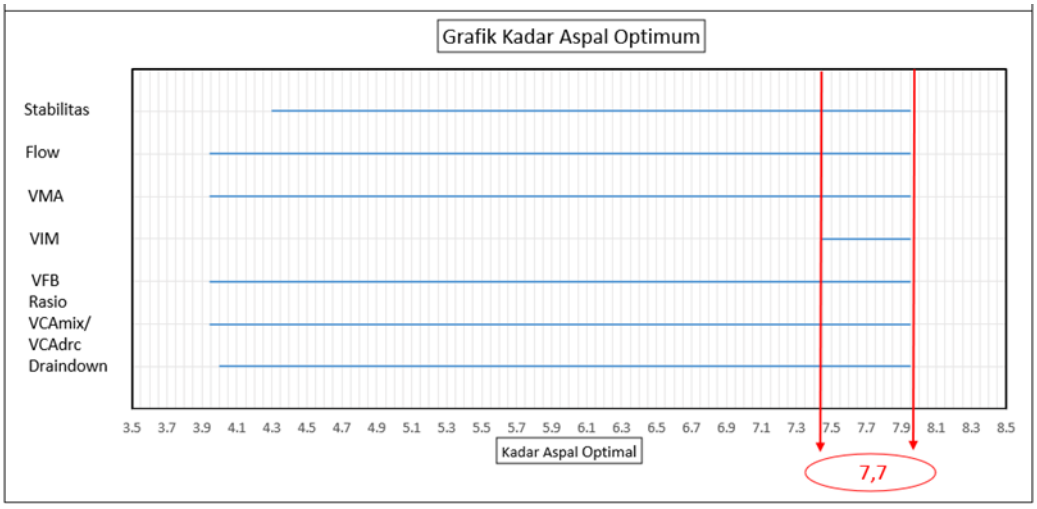
Gambar 10. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 1



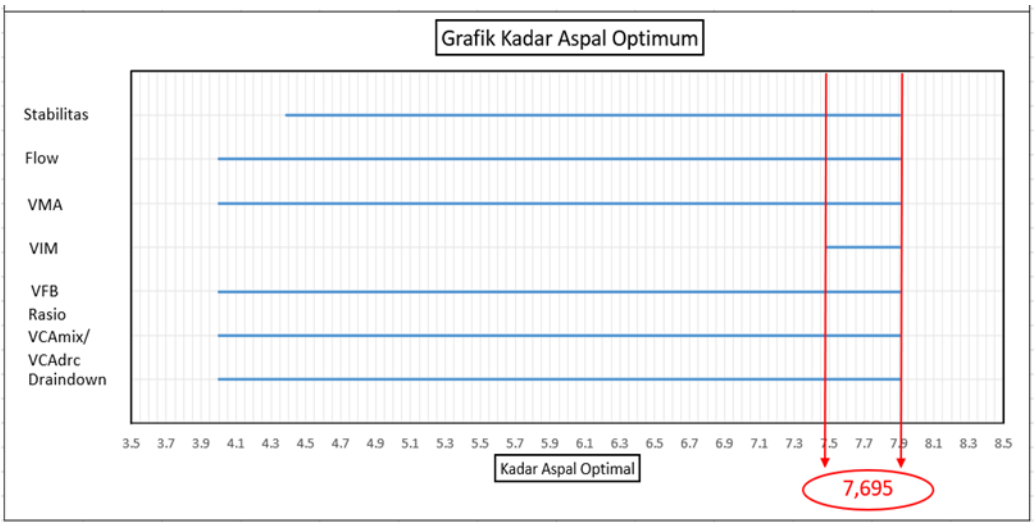
Gambar 11. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 2



Gambar 12. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 3



Gambar 13. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 4



Gambar 14. Grafik Kadar Aspal Optimum Variasi 5

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, variasi gradasi agregat pada campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) menghasilkan karakteristik Marshall dan nilai *draindown* yang berbeda. Stabilitas tertinggi diperoleh pada Variasi 3 (batas tengah Fuller) sebesar 1.462,20 kg, sedangkan nilai *flow* tertinggi terdapat pada Variasi 5 (batas bawah Fuller) sebesar 4,49 mm. Nilai *draindown* tertinggi juga diperoleh pada Variasi 5 sebesar 0,308% pada kadar aspal 7,9%, melebihi batas maksimum 0,3%. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi gradasi agregat berpengaruh terhadap karakteristik campuran dan potensi terjadinya *draindown* pada SMA.

Referensi

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2025). Spesifikasi Umum 2025 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Jakarta: Kementerian PUPR.
Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang. (2014). Pedoman Perkerasan Lentur Jalan Raya. Jakarta: Kementerian PUPR.
Hariyadi, A., & Hadiastari, R. (2022). Evaluasi penggunaan Stone Matrix Asphalt (SMA) untuk perkerasan jalan. Jurnal Infrastruktur Sipil, 10(2), 55–63.
SNI 8129:2015. (2015). Spesifikasi Campuran Beraspal Panas – Stone Matrix Asphalt (SMA). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
Sukirman, S. (1992). Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.
Sukirman, S. (1993). Beton Aspal Campuran Panas. Bandung: Nova.
Sukirman, S. (2007). Beton Aspal Campuran Panas. Bandung: Nova

Khanna, R., & Mathur, D. 2024. A Study on Stone Matrix Asphalt. International Journal of Recent Research and Review, 17(2)
Putrawirawan, A., & Widiawati, D. D. (2025). Rekayasa perkerasan lentur jalan (Flexible pavement). Inovasi Publishing Indonesia.
Maharani, A., & Wasono, S. B. (2018). Perbandingan perkerasan kaku dan perkerasan lentur (studi kasus ruas Jalan Raya Pantai Prigi – Popoh Kab. Tulungagung). Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil, 1(2).
Devulapalli, S., Sarang, G., & Kothandaraman, S. (2022). Characteristics of aggregate gradation, drain down and stabilizing agents in stone matrix asphalt mixtures: A state of art review. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 9(2), 167–179.
Alpius, Irmawaty, R., Tjaronge, M. W., & Aly, S. H. Pemanfaatan Serat Ijuk sebagai Bahan Stabilisasi (Stabilizing Agent) pada Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar Agregat Slag Bantaeng.
Wiranata, Adam, M., Hadi, A. K., Badaron, S. F., & Salim. (2025). Analisis Variasi Gradasi Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Terhadap Parameter Marshall dan Permeabilitas. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil, 7(2).
Sarang, G., Lekha, B. M., Geethu, J. S., et al. (2015). Laboratory performance of stone matrix asphalt mixtures with two aggregate gradations. Journal of Modern Transportation, 23, 130–136.
Hafeez, I., Kamal, M. A., & Mirza, M. W. (2015). An experimental study to select aggregate gradation for stone mastic asphalt. Journal of the Chinese Institute of Engineers, 38(1), 1–8.
Qiu, Y. F., & Lum, K. M. (2006). Design and Performance of Stone Mastic Asphalt. Journal of Transportation Engineering, 132(12), 956–963.