

## **PENAMBAHAN ZAT ADDITIVE ANTI STRIPPING AGENT DAN FILLER SERBUK PVC PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC**

**Leni Sriharyani<sup>1</sup>, Dwi Septiadi<sup>2</sup>**

Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro<sup>1,2</sup>  
E-mail : lenisriharyani8@gmail.com<sup>1</sup>, dwiseptiadi1@gmail.com<sup>2</sup>

### **ABSTRAK**

Aspal merupakan bahan konstruksi utama dalam pembangunan jalan dengan tipe perkerasan lentur. Fenomena yang sering terjadi pada konstruksi jalan adalah pengelupasan lapisan antara agregat dan aspal yang biasa di kenal dengan sebutan stripping. Stripping merupakan salah satu kerusakan jalan yang sering terjadi pada perkerasan lapis aus (AC-WC) karena lapisan aus yang letaknya paling atas, sehingga lapisan tersebut langsung bersentuhan dengan roda kendaraan umum, panas matahari, dan air hujan. Untuk meningkatkan kualitas aspal yaitu dengan cara memodifikasi aspalnya, atau dengan menambahkan zat kimia daya ikat antara agregat dan aspal yaitu dengan cara menggunakan zat (additive) berupa anti pengelupasan (anti stripping agent). Menurut ASTM (1989) bahan pengisi (filler) harus terdiri dari material yang dapat dibagi secara halus seperti abu batu, terak, kapur, semen, abu terbang atau material mineral yang sesuai. Pada penelitian ini menggunakan serbuk PVC sebagai bahan tambah (filler) dalam campuran aspal PVC merupakan polimer termoplastik kedua yang paling banyak digunakan di seluruh dunia, setelah polietilen dan polipropilena. Penelitian ini menggunakan zat additive anti stripping agent 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan serbuk PVC 0%, 1%, 2%, 2,5%, 3% serta variasi

Aspal penetrasi shell 60/70 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Hasil penelitian pada additive anti stripping agent 0,2% dan serbuk PVC 2% didapat KAO 5,90% serta stabilitas sisa sebesar 90,91%. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, batas minimal nilai stabilitas sisa yaitu 90% yang artinya pada campuran variasi additive anti stripping agent 0,2% dan serbuk PVC 2% sudah memenuhi persyaratan

**Kata Kunci :** Anti Stripping Agent, Serbuk PVC, Lapisan AC – WC.

### **PENDAHULUAN**

Jalan raya mendukung pertumbuhan ekonomi dan sosial serta berperan penting dalam sistem transportasi suatu negara. Efek rembesan air pada lapisan perkerasan jalan merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan. Lapisan perkerasan jalan tidak dapat mengalirkan air ke lapisan di bawahnya atau sistem drainase, sehingga mengakibatkan kondisi ini. Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga data pada tahun 2023, keadaan atau kondisi jalan nasional di Indonesia dibagi menjadi

beberapa kategori, yaitu: kondisi baik 37,91%, kondisi sedang 54,33%, kondisi rusak ringan 5,99%, kondisi rusak berat 1,78%. Kondisi tersebut tentunya dapat berubah seiring berjalannya waktu.

Aspal merupakan bahan konstruksi utama dalam pembangunan jalan dengan tipe perkerasan lentur. Fenomena yang biasa terjadi pada konstruksi jalan adalah pengelupasan lapisan antara agregat dengan aspal yang biasa di kenal dengan sebutan *stripping*. *Stripping* merupakan satu dari banyak kerusakan jalan yang

sering terjadi pada perkerasan lapis aus (AC-WC) karena lapisan aus yang letaknya paling atas, sehingga lapisan tersebut langsung bersentuhan dengan roda kendaraan umum, panas matahari, dan air hujan. Terutama dalam kondisi lingkungan yang lembap atau di bawah lalu lintas kendaraan berat. *Stripping* ini dapat mengurangi daya tahan dan kinerja jalan secara keseluruhan.

Untuk mengatasi terkelupasnya aspal yang disebabkan oleh cuaca dan kendaraan, sangat penting untuk meningkatkan kualitas campuran aspal. Menurut SNI – 8139 – 2015 Stabilitas campuran aspal dan masa pakai perkerasan aspal dipengaruhi oleh daya rekat agregat terhadap aspal. Agregat yang terkelupas akibat ikatan yang lemah antara aspal dan agregat pada akhirnya dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih parah pada permukaan perkerasan aspal. Aspal yang terkelupas biasanya terjadi ketika terdapat ruang berisi udara di antara agregat, sehingga aspal tidak dapat melekat pada permukaan agregat. Zat *additive* anti *stripping agent* digunakan untuk meningkatkan kualitas aspal, khususnya mengubah aspal dengan menambahkan zat *additive* yang mengikat agregat dan aspal. Kegunaan zat *additive* yang dikenal sebagai anti *stripping* adalah untuk mengubah sifat agregat dan aspal, meningkatkan daya rekat agregat ke aspal, dan mengurangi kelembapan udara untuk memperku daya rekat permukaan. Diharapkan hal ini akan mengurangi kerusakan jalan akibat udara dan memperpanjang waktu pelapisan ulang campuran panas sekaligus menghemat biaya perawatan. Zat anti *stripping* yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu anti *stripping* jenis *Naptha Bond Wk802*. *Filler* adalah bahan tambahan yang dimaksudkan untuk digunakan sebagai bahan pengisi ruang yang ditinggalkan oleh agregat kasar dan halus; bahan ini juga harus lolos saringan no. 200 (0,075 mm) sebanyak 75%. Abu terbang, terak, kapur, semen, atau bahan mineral lain

yang telah dipecah halus harus digunakan sebagai bahan pengisi (ASTM, 1989). Pada penelitian ini menggunakan serbuk PVC sebagai bahan tambah (*filler*) dalam campuran aspal. PVC merupakan polimer termoplastik kedua banyak digunakan di seluruh dunia, setelah polietilen dan polipropilena. PVC lebih banyak menggunakan bahan baku berbasis minyak bumi dibandingkan jenis polimer lainnya (Cowd, 1991). Lebih dari 50% PVC yang diproduksi di seluruh dunia digunakan dalam konstruksi. PVC merupakan bahan bangunan yang murah, tahan lama, dan mudah dirakit (Wikipedia). Perbandingan kadar *filler* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0% (tanpa bahan tambah), 1%, 2%, 2,5%, 3%. Mengingat uraian sebelumnya, semakin pentingnya infrastruktur bagi kita semua memerlukan penggunaan bahan campuran aspal alternatif yang tersedia secara luas dan berkualitas tinggi. Dengan tujuan agar dapat menghemat bahan utama maka diperlukan banyak variasi campuran material dengan syarat dan ketentuan sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

Berdasarkan uji marshall, tujuan penelitian ini adalah membuat campuran AC - WC dengan zat *additive* untuk bahan anti *stripping* dan *filler* PVC sebagai pengganti pengisi semen. Diharapkan bahwa temuan penelitian ini akan memberikan solusi substansial yang membantu dalam produksi perkerasan

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Aspal

Aspal adalah material termoplastik yang berbentuk padat hingga agak padat tergantung pada suhu ruangan. Oleh karena itu, aspal akan menjadi cair pada suhu tertentu. Aspal akan membeku lagi jika suhunya rendah. Salah satu material yang digunakan untuk membuat perkerasan jalan adalah agregat yang dicampur dengan aspal. (Sukirman, 2003).

Beton aspal merupakan material

yang terbuat dari batuan (hasil bumi yang di bedakan menjadi agregat kasar dan agregat halus) dan pengikatnya yaitu aspal. Kedua material tersebut perlu dipanaskan agar dapat tercampur dengan baik. Beton aspal sering disebut sebagai *hotmix* karena dicampur dalam keadaan panas. Semua pekerjaan pencampuran *hotmix* yang dilakukan di lokasi pabrik pencampur disebut sebagai (AMP) atau *Asphalt Mixing Plant* (Silvia, 1999)

### **Agregat**

Ukuran agregat dari keempat lapisan yang juga dikenal sebagai Lapisan Dasar AC (AC-Base), Lapisan Pelapis AC (AC-WC), Lapisan Antara AC (AC-BC), dan Lapisan Antara AC (AC-WC) masing-masing adalah 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm. Berbagai jenis campuran AC yang menggunakan aspal yang dimodifikasi memiliki nama yang berbeda, seperti AC-WC yang dimodifikasi, AC-BC yang dimodifikasi, dan AC-Base yang dimodifikasi. Batu pecah, kerikil, pasir, dan unsur buatan manusia dan alam lainnya dapat dipadukan untuk menciptakan agregat, yang merupakan mineral padat. Selain itu, agregat merupakan bagian terbesar dari lapisan permukaan jalan, menurut Sukirman (2003). Agregat ini memiliki persentase volume 75–85% atau persentase berat 90–95%.

### **Bahan Pengisi (*filler*)**

Filler adalah zat yang 75% dari berat totalnya lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Bahan mineral polimerik lainnya seperti abu terbang, debu kapur, dan semen portland juga dapat digunakan sebagai pengisi. Tujuan penggunaan filler itu sendiri untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran. Akan tetapi jika penggunaan filler terlalu banyak maka campuran akan mudah retak, dan jika terlalu sedikit maka akan mudah lunak di suhu yang relatif tinggi (Sukirman, 2003). Penelitian ini menggunakan serbuk PVC sebagai pengganti *filler* semen. PVC atau

*polivinil klorida*, adalah polimer termoplastik ketiga yang paling banyak digunakan di dunia, setelah polipropilena dan polietilena. Lebih dari separuh dari semua PVC yang diproduksi di seluruh dunia digunakan dalam konstruksi. PVC cocok sebagai pengganti sebagian pengisi semen dalam campuran aspal karena ketahanan udaranya yang tinggi (Wikipedia)

### **Aspal**

Aspal adalah bahan pengikat yang memberikan kekuatan dan ketahanan terhadap air pada campuran aspal. Aspal juga memberikan fleksibilitas yang diperlukan untuk menanggapi perubahan suhu dan beban lalu lintas. Mutu penetrasi aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah 60/70. Dengan tersedianya aspal keras penetrasi 60/70 yang harus dievaluasi dan memenuhi baku mutu umum Bina Marga revisi 2 tahun 2018.

### **Anti Stripping Agent**

Salah satu bahan tambahan yang dapat mengubah sifat aspal dan agregat adalah bahan anti pengelupas (*anti stripping*). Sifat-sifat tersebut dapat diubah dengan cara mengurangi efek pengelupasan dan meningkatkan daya lekat dan daya ikat. Jika diperlukan agen anti-pengelupasan, agen tersebut harus ditambahkan ke dalam campuran hanya setelah Stabilitas Marshall telah berkurang hingga setidaknya 75% selama perendaman selama 24 jam pada suhu 60°C. Jumlah bahan tambahan anti pengelupas yang digunakan adalah antara 0,2 persen - 0,4 persen dari berat aspal. Semua jenis aspal mengharuskan penggunaan bahan anti pengelupas, namun aspal modifikasi yang menghasilkan positif tidak boleh digunakan (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2). Jenis *anti stripping agent* yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Naptha Bond WK802* yang merupakan afinitas kimia antara aspal

dan agregat ditingkatkan dengan penambahan sejumlah kecil bahan kimia yang mengubah sifat agregat atau aspal menjadi lebih memiliki afinitas terhadap yang lain. (Karya *Naptha Belide*)

### Sifat – Sifat Campuran

Tabel 1. Sifat – Sifat Campuran Laston

Sifat - Sifat Campuran	Laston		
	ACWC	AC BC	AC Base
Jumlah tumbukan per bidang	75		112 <sup>(3)</sup>
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6	
	Maks	1,6	
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0	
	Maks	5,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	13
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800	1800 <sup>(3)</sup>
Kelelahan Marshall (mm)	Min	2	3
	Maks	4	6 <sup>(3)</sup>
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60°C	Min	90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal ( <i>refusal</i> )	Min	2,0	

(Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2)

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PT. Tri Citra Perdana (TCP) yang berlokasi di Jl. Raya Tegineneng – Metro, Batang Hari Ogan, Kecamatan Tegineneng, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung.

### Benda Uji

Pembuatan benda uji trial menggunakan *additive* anti *stripping* dan *filler* semen.

Tabel 2. Komposisi Benda Uji Trial

No	Komposisi			Jumlah benda uji
	Filler Semen	Anti Stripping	Kadar Aspal	
1	2,0%	0,2%	5,0%	2
			5,5%	2
			6,0%	2
			6,5%	2
			7,0%	2
			KAO	2
Jumlah			12	

(Leni, 2024)

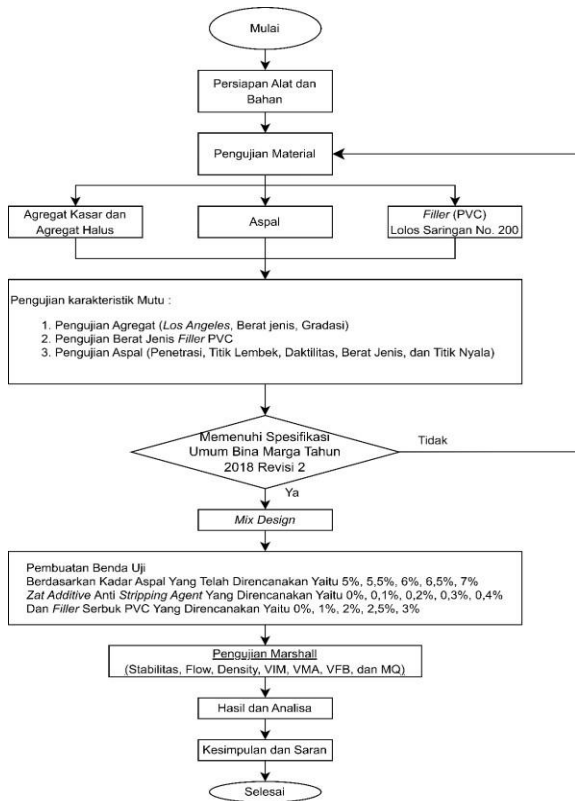
Pembuatan benda uji variasi menggunakan *additive* anti *stripping* dan *filler* serbuk PVC.

Tabel 3. Komposisi Benda Uji Variasi

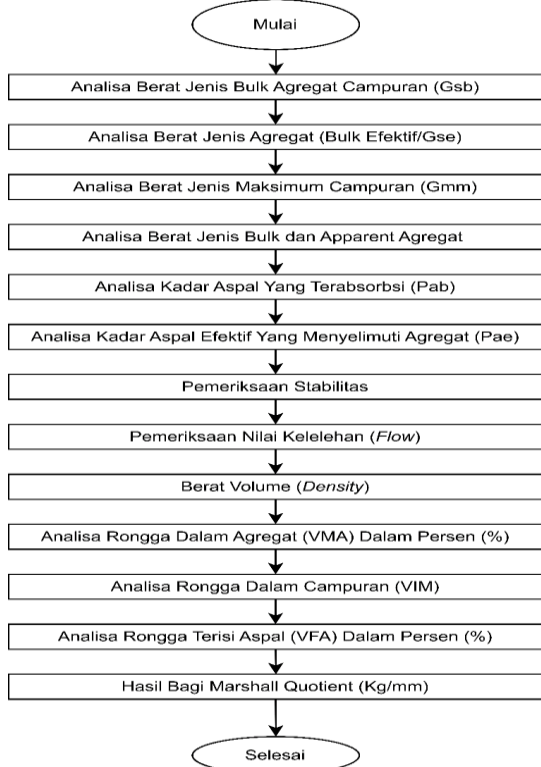
No	Komposisi			Jumlah benda uji
	Filler Serbuk PVC	Anti Stripping	Kadar Aspal	
1	0%	0%	5,0%	2
			5,5%	2
			6,0%	2
			6,5%	2
			7,0%	2
			KAO	2
2	1,0%	0,1%	5,0%	2
			5,5%	2
			6,0%	2
			6,5%	2
			7,0%	2
			KAO	2
3	2,0%	0,2%	5,0%	2
			5,5%	2
			6,0%	2
			6,5%	2
			7,0%	2
			KAO	2
4	2,5%	0,3%	5,0%	2
			5,5%	2
			6,0%	2
			6,5%	2
			7,0%	2
			KAO	2
5	3,0%	0,4%	5,0%	2
			5,5%	2
			6,0%	2
			6,5%	2
			7,0%	2
			KAO	2
Jumlah			60	

(Leni, 2024)

## Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (Sumber: Leni, 2024)



Gambar 2. Bagan Alir Perhitungan (Sumber: Leni, 2024)

## HASIL PENELITIAN

### Sifat Fisik Agregat

Karakteristik fisik agregat kasar  $\frac{3}{4}$ , agregat kasar  $\frac{1}{2}$ , dan abu batu agregat halus merupakan beberapa temuan dari studi agregat.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat

No	Karakteristik	Standar	Persyaratan	Hasil	Keterangan
<b>Pengujian</b>					
<b>A. Agregat Kasar</b>					
1.	Bulk	SNI 03 - 1969 - 1990	Min. 2,5 gr/cc	2,593 gr/cc	Memenuhi
2.	SSD	SNI 03 - 1969 - 1990	Min. 2,5 gr/cc	2,631 gr/cc	Memenuhi
3.	Apparent	SNI 03 - 1969 - 1990	Min. 2,5 gr/cc	2,697 gr/cc	Memenuhi
4.	Penyerapan Air	SNI 03 - 1969 - 1990	Maks. 3,0%	1,487%	Memenuhi
5.	Abrasi	SNI 03 - 2417 - 2008	Maks. 40%	14,22%	Memenuhi
<b>Pengujian</b>					
<b>B. Agregat Halus</b>					
1.	Bulk	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,500 gr/cc	Memenuhi
2.	SSD	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,558 gr/cc	Memenuhi
3.	Apparent	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5 gr/cc	2,655 gr/cc	Memenuhi
4.	Penyerapan Air	SNI 03-1970-1990	Maks. 3,0%	2,333%	Memenuhi

(Leni, 2024)

### Sifat Fisik Aspal

Hasil penelitian sifat aspal yang menggunakan aspal *SHELL* Pertamina Penetrasi 60/70.

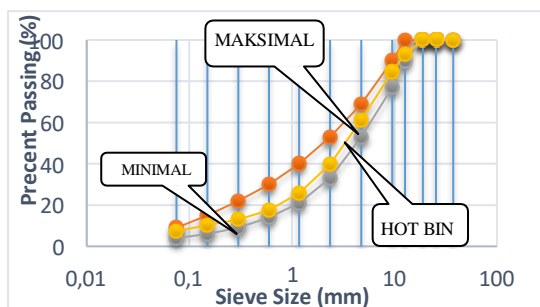
Tabel 5. Sifat Fisik Aspal

No	Karakteristik	Standar	Persyaratan	Hasil
<b>Pengujian</b>				
1.	Penetrasi 25°C 100 gr 5 detik 0,1 mm	SNI 06-2456-2011	60 - 79	61,3°C
2.	Titik Lembek °C	SNI 06-2434-2011	48 - 58	49°C
3.	Titik Nyala °C	SNI 06-2433-2011	Min. 200	290°C
4.	Berat Jenis	SNI 06-2441-2011	Min 1,0 gr/cc	1,026 gr/cc

(Leni, 2024)

### Gradasi Agregat

Untuk menentukan gradasi pada campuran lapisan aspal beton AC – WC digunakan saringan no  $\frac{3}{4}$ "",  $\frac{1}{2}$ "",  $\frac{3}{8}$ "", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200.



Gambar 3. Grafik Gradasi Agregat (Sumber: Leni, 2024)

### Kadar Aspal Rencana (Pb)

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 \\
 &(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \\
 &= 0,035 (60,17\%) + 0,045 (32,51\%) + \\
 &0,18(7,31\%) + 1 \\
 &= 2,106 + 1,463 + 1,316 + 1 = 5,89\%
 \end{aligned}$$

### Berat Jenis Bulk (Gsb)

Tabel 6. Nilai Berat Jenis Bulk (Gsb)

Variasi Campuran Filler PVC	Berat Jenis Bulk (Gsb)
0%	2,524 gr/cm <sup>3</sup>
1,0%	2,527 gr/cm <sup>3</sup>
2,0%	2,531 gr/cm <sup>3</sup>
2,5%	2,533 gr/cm <sup>3</sup>
3,0%	2,534 gr/cm <sup>3</sup>

(Leni, 2024)

### Berat Jenis Efektif (Gse)

Tabel 7. Nilai Berat Jenis (Gse)

Variasi Campuran Filler PVC	Berat Jenis Bulk (Gse)
0%	2,552 gr/cm <sup>3</sup>
1,0%	2,539 gr/cm <sup>3</sup>
2,0%	2,560 gr/cm <sup>3</sup>
2,5%	2,571 gr/cm <sup>3</sup>
3,0%	2,555 gr/cm <sup>3</sup>

(Leni, 2024)

### Berat Jenis Maksimum (Gmm)

Tabel 8. Nilai Berat Maksimum (Gmm)

Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	2,376	2,359	2,343	2,327	2,312
1,0%	0,1%	2,36	2,349	2,333	2,317	2,301
2,0%	0,2%	2,382	2,366	2,349	2,333	2,318

(Leni, 2024)

### Berat Jenis Bulk dan Apparent (Gmb)

Tabel 9. Nilai Berat Jenis (Gmb)

Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	2,235	2,240	2,236	2,231	2,242
1,0%	0,1%	2,235	2,234	2,223	2,227	2,214
2,0%	0,2%	2,264	2,259	2,255	2,249	2,235
2,5%	0,3%	2,280	2,271	2,268	2,267	2,259
3,0%	0,4%	2,281	2,284	2,273	2,263	2,261

(Leni, 2024)

### Kadar Aspal Yang Terabsorpsi (Pab)

Tabel 10. Nilai Kadar Aspal Terabsorpsi

Variasi Campuran Filler PVC	Kadar Aspal Yang Terabsorpsi (Pab)
0%	0,453%
1,0%	0,185%
2,0%	0,462%
2,5%	0,599%
3,0%	0,329%

(Leni, 2024)

### Kadar Aspal Efektif Yang Menyelimuti Agregat (Pbe)

Tabel 11. Nilai Kadar Aspal Pbe

Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	4,57	5,07	5,57	6,08	6,58
1,0%	0,1%	4,82	5,33	5,83	6,33	6,83
2,0%	0,2%	4,56	5,06	5,57	6,07	6,57
2,5%	0,3%	4,43	4,93	5,44	5,94	6,44
3,0%	0,4%	4,69	5,19	5,69	6,19	6,69

(Leni, 2024)

### Void In The Mix (VIM)

Tabel 12. Nilai VIM

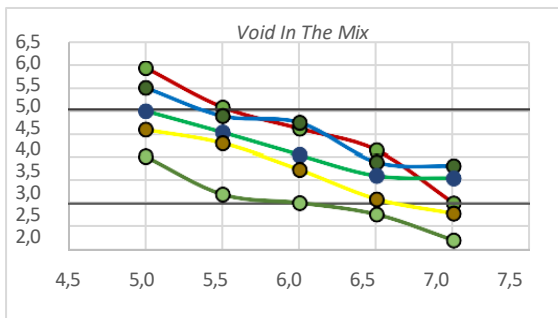
Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	5,90	5,05	4,59	4,13	3,00
1,0%	0,1%	5,47	4,86	4,72	3,88	3,80
2,0%	0,2%	4,97	4,51	4,03	3,59	3,54
2,5%	0,3%	4,65	4,36	3,80	3,17	2,85
3,0%	0,4%	4,00	3,29	3,11	2,85	2,29

(Leni, 2024)

Tabel 13. Nilai VIM *Refusal*

Void In The Mix Refusal Rata - Rata (PRD 2 x 400)%						
Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,5%	6,0%	6,5%		
0%	0%	4,10	3,46	1,90		
1,0%	0,1%	3,49	2,46	1,75		
2,0%	0,2%	3,41	2,56	1,63		
2,5%	0,3%	2,89	2,33	1,37		
3,0%	0,4%	2,35	1,96	1,14		

(Leni, 2024)



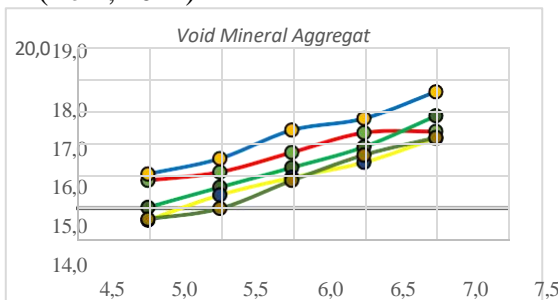
Gambar 4. Grafik Gabungan VIM (Sumber: Leni, 2024)

### Void Mineral Aggregate (VMA)

Tabel 14. Nilai VMA

Void Mineral Aggregate Rata - Rata (VMA) %						
Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	15,86	16,12	16,73	17,34	17,38
1,0%	0,1%	15,98	16,46	17,34	17,62	18,53
2,0%	0,2%	15,03	15,65	16,26	16,90	17,86
2,5%	0,3%	14,50	15,28	15,82	16,29	17,04
3,0%	0,4%	14,51	14,84	15,71	16,51	17,04

(Leni, 2024)

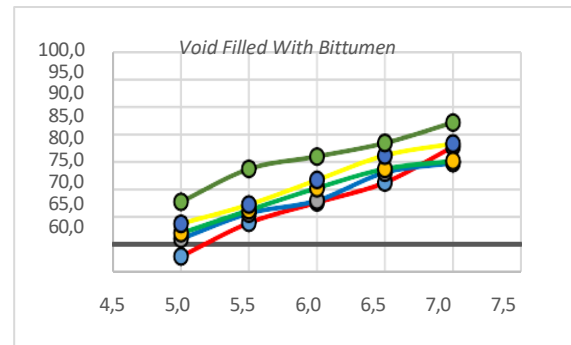


Gambar 5. Grafik Gabungan VMA (Sumber: Leni, 2024)

### Void Filled With Bitumen (VFB)

Void Filled with Bitumen Rata - Rata (VFB) %						
Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	62,79	68,89	72,60	76,25	82,75
1,0%	0,1%	65,79	70,47	72,82	77,96	79,70
2,0%	0,2%	67,01	71,22	75,24	78,74	80,18
2,5%	0,3%	67,93	71,49	76,04	80,58	83,27
3,0%	0,4%	71,81	77,89	80,25	82,75	86,55

(Leni, 2024)



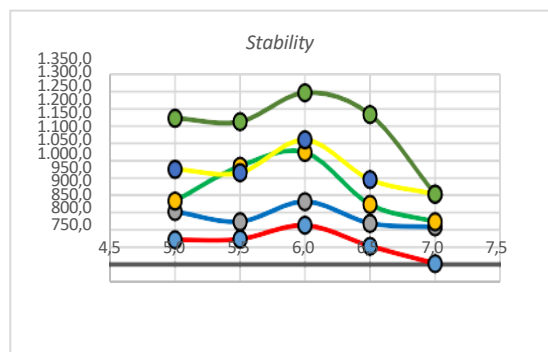
Gambar 6. Grafik Gabungan VFB (Sumber: Leni, 2024)

### Stability

Tabel 15. Nilai *Stability*

Corection Stability (kg)						
Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	871,2	873,3	913,4	853,2	803,0
1,0%	0,1%	952,9	923,8	982,1	919,0	908,4
2,0%	0,2%	983,7	1084,0	1124,2	973,6	923,4
2,5%	0,3%	1075,7	1065,2	1160,6	1045,6	1003,7
3,0%	0,4%	1223,3	1212,8	1296,5	1233,8	1003,7

(Leni, 2024)



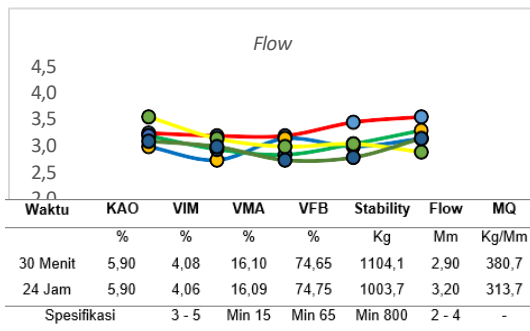
Gambar 7. Grafik Gabungan *Stability* (Sumber: Leni, 2024)

**Flow**

Gambar 8. Nilai Flow

		Flow Rata - Rata (mm)				
Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	3,25	3,20	3,20	3,45	3,55
1,0%	0,1%	3,00	2,75	3,15	3,00	3,15
2,0%	0,2%	3,20	2,95	2,85	3,05	3,30
2,5%	0,3%	3,55	3,15	3,00	3,05	2,90
3,0%	0,4%	3,10	3,00	2,75	2,80	3,15

(Leni, 2024)



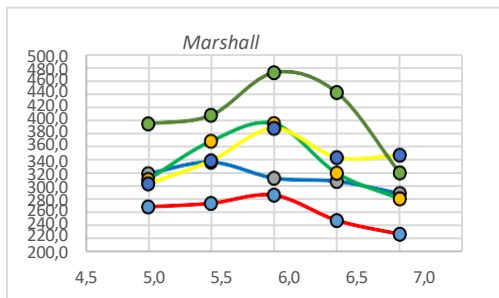
Flow (Sumber: Leni, 2024)

**Marshall Quotient (MQ)**

Tabel 16. Nilai Marshall Quotient (MQ)

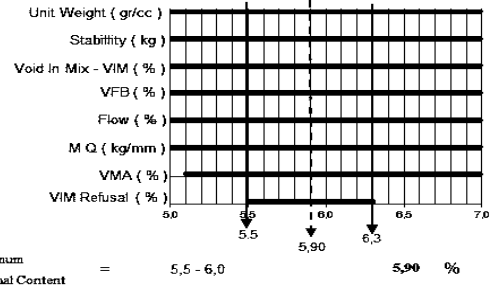
		Marshall Quotient (kg/mm)				
Variasi Campuran		Kadar Aspal				
Filler PVC	Anti Stripping	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
0%	0%	268,0	273,5	285,8	247,4	226,3
1,0%	0,1%	318,6	336,1	311,8	307,0	288,3
2,0%	0,2%	309,8	368,1	394,7	319,3	280,3
2,5%	0,3%	303,0	338,3	387,6	343,1	346,8
3,0%	0,4%	394,3	407,5	472,4	442,0	319,7

(Leni, 2024)



Gambar 10. Grafik Gabungan MQ (Sumber: Leni, 2024)

**Kadar Aspal Optimum (KAO)**



Gambar 11. Grafik Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum (KAO) dari variasi zat additive anti stripping agent 0,2% dan filler serbuk PVC 2% adalah sebesar 5,90% dengan nilai karakteristik marshall sebagai berikut.

Tabel 17. Nilai KAO Variasi 2% Serbuk PVC dan 0,2% Zat Additive Anti Stripping Agent

Waktu	KAO	VIM	VMA	VFB	Stability	Flow	MQ
	%	%	%	%	Kg	Mm	Kg/Mm
30 Menit	5,90	4,08	16,10	74,65	1104,1	2,90	380,7
24 Jam	5,90	4,06	16,09	74,75	1003,7	3,20	313,7
Spesifikasi	3 - 5	Min 15	Min 65	Min 800	2 - 4	-	-

**Stabilitas Marshal Sisa**

Setelah Kadar Aspal Optimum (KAO) ditemukan dari grafik dengan angka sebesar 5,90% (Variasi 2% filler dan 0,2% anti stripping agent) maka selanjutnya membuat sampel agar dapat menentukan nilai stabilitas sisa. Stabilitas sisa adalah hasil setelah perendaman di waterbath selama 24 jam dibagi dengan hasil perendaman selama 30 menit lalu di persenkan.

Pembacaan Arloji Stabilitas KAO 30 Menit

$$\text{Stabilitas} = 55 \times 20,9112 \times 0,96 = 1104,1 \text{ kg}$$

Pembacaan Arloji Stabilitas KAO 24 Jam

$$\text{Stabilitas} = 40 \times 20,9112 \times 0,96 = 1003,7 \text{ kg}$$

$$\text{Stabilitas Sisa} = \frac{1003,7}{1104,1} \times 100 = 90,91\%$$

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 untuk stabilitas sisa 24 jam dengan suhu 60°C harus minimal 90% yang mana sudah memenuhi spesifikasi dengan melihat berdasarkan hasil dari perhitungan stabilitas marshall sisa 24 jam yang mencapai angka 90,91%.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian penggunaan zat additive anti stripping agent dan filler serbuk PVC maka Kesimpulan yang di dapat adalah :

1. Hasil dari perhitungan variasi additive 0,2% dan filler 2% didapat Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,90% dengan nilai VIM 4,08%, VMA 16,10%, VFB 74,65%, Stabilitas 1104,1 Kg, Flow 2,90 mm, dan MQ 380,7 Kg/mm.
2. Hasil dari karakteristik marshall menggunakan zat additive anti stripping agent 0,2% dan filler serbuk PVC 2% dengan hasil KAO sebesar 5,90% untuk nilai stabilitas sisa yang di dapat adalah 90,91%. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 syarat minimal stabilitas sisa yaitu 90% yang artinya pada KAO 5,90% dengan campuran zat additive anti stripping agent 0,2% dan filler serbuk PVC 2% sudah memenuhi persyaratan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminsyah, M. (2014). *Studi Eksperimental Penambahan Zat Aditif Anti Stripping Pada Kinerja Campuran Aspal Beton (AC-WC)*. ASTM:1559 Marshall. (n.d.). *Astm 1559. Standard Test Method For Resitance To Plastic Flow Of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*. ASTM D2170. (2010). ASTM D2170. Standard Test Method for
- Kinematic Viscosity of Asphalts ( Bitumens ). *Astm*, *I*(89), 1–10. <https://doi.org/10.1520/D2170-10>. Copyright
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Maghfiroh, R., & Ahyudanari, E. (2023). Peningkatan Performasi Aspal Penetrasi 60/ 70 dengan Penambahan Serbuk Limbah UPVC. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, *21* (1), 107. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v21i1.15994>
- Mira Wisman, Febrina, R., Kustiani, I., & Despa, D. (2022). Pengaruh Penambahan Poli Vinil Chlorida Pada Campuran Beton Aspal Sebagai Filler. *Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, *2* (2).<https://doi.org/10.23960/snip.v2i2.236>
- Prasetyo, E., Kurniawan, S., & Hadijah, I. (2021). Analisis Perbandingan Pasir Laut Dan Pasir Sungai Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas (Ac - Bc) Dengan Pengujian Marshall. *JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, *2*(2), 178–189.<https://doi.org/10.24127/jumatisi.v2i2.3706>
- Rasul, R. F., & Sari, Y. A. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk PVC Pada Campuran Laston Lapis Aus. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, *19* (2), 127-135.<https://doi.org/10.30630/jirs.v19i2.822>
- Simanjuntak, R. A., & Radam, I. F. (2021). Pengaruh Penambahan Bahan Aditive Anti Stripping Terhadap Kinerja Campuran Aspal. *Jurnal Rivet*, *1*(02), 99–108. <https://doi.org/10.47233/rivet.v1i02.351>

- SNI 03-4141-1996. (1996). Metode pengujian gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat. *Pusjatan-Balitbang PU*, 1–6.
- SNI 03-4428-1997. (1997). Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 1–10.
- SNI 03-6877-2002. (2002). *Metode Pengujian Kadar Rongga Agregat Halus Yang Tidak Didapatkan*. 1–9.
- SNI 06-2456-1991. (1991). *Metode Pengujian Penetrasi Bahan - Bahan Bitumen*. 6–9.
- SNI 06-2489-1991. (1991). Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. *Badan Standardisasi Nasional*, 1, 7.
- SNI 2417:2008. (2008). *Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*. *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*. 1–20
- SNI 2432:2011. (2011). Carauji Daktilitas Aspal. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–15. <https://dokumen.tips/documents/sni-2432oioiojiojioj-2011-cara-uji-daktilitas.html>
- SNI 2433:2011. (2011). Cara Uji Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal Dengan Alat Cleveland Open Up. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–18. [www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)
- SNI 2434:2011. (2011). Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball). *Badan Standardisasi Nasional*, 1–17. <http://sni.litbang.pu.go.id/image/sni/isi/sni-24342011.pdf>
- SNI 2439:2011. (2011). Cara uji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat-aspal. *Badan Standardisasi Nasional*, 1-11
- SNI 2441:2011. (2011). Cara uji berat jenis aspal keras,. *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 2456:2011. (2011). Cara Uji Penetrasi Aspal. *Badan Standardisasi Nasional*, 9–17.
- SNI 3407:2008. (n.d.). *Cara Uji Sifat Kekakuan Agregat Dengan Cara Perendaman Menggunakan Larutan Natrium Sulfat Dan Magnesium Sulfat*.
- SNI 7619:2012. (2012). Metode Uji Penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar. *Badan Standardisasi Nasional*.
- SNI 8287:2016. (2016). Metode uji kuantitas butiran pipih, lonjong, atau pipih dan lonjong dalam agregat kasar. *Badan Standar Nasional*. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/10931-sni82872016>
- SNI ASTM C117:2012. (2012). Metode uji bahan yang lebih halus dari saringan 75 micron-meter (No . 200) dalam agregat mineral dengan pencucian. *Society*, 79(200), 11598–11606.
- Subagja, A. (2013). Optimalisasi Penambahan Anti Stripping Agent Wetfix-BE Pada Campuran Beraspal Panas (AC-WC). *Jurnal Politeknik Negeri Bandung*, 15(2), 111–126.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta Granit.
- Vianda, M. O., Sriharyani, L., & Kurniawan, S. (2021). Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) Dengan Bahan Pengisi (Filler) Abu Batu Kapur (Limestone). *JUMATISI: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 2(1), 138–143. <https://doi.org/10.24127/jumatisi.v2i1.3685>