



## UJI EKSPERIMENTAL PENANGANAN PENURUNAN SUHU PEMADATAN DENGAN PENAMBAHAN JUMLAH TUMBUKAN

Dita Amanda Salzabila<sup>1</sup>, Didik S.S Mabui<sup>2</sup>, Irianto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

<sup>2,3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Yapis Papua

[amandasalzabila028@gmail.com](mailto:amandasalzabila028@gmail.com), [didik.mabui90@gmail.com](mailto:didik.mabui90@gmail.com), [irian.anto@gmail.com](mailto:irian.anto@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penurunan suhu pemadatan terhadap karakteristik Marshall pada campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) dengan penambahan jumlah tumbukan. Metode yang digunakan adalah uji eksperimental di laboratorium dengan variasi suhu pemadatan 80°C, 90°C, dan 100°C, serta jumlah tumbukan masing-masing 125, 100, dan 75 tumbukan. Pengujian dilakukan terhadap parameter volumetrik seperti VIM, VMA, VFA, serta parameter Marshall seperti stabilitas, flow, dan Marshall Quotient. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan jumlah tumbukan mampu mengkompensasi penurunan suhu pemadatan, sehingga campuran tetap memenuhi spesifikasi teknis. Penelitian ini memberikan alternatif solusi teknis dalam penanganan suhu rendah pada proses pemadatan campuran aspal. Kata Kunci : suhu pemadatan, jumlah tumbukan, AC-WC, Marshall, volumetrik.

### ABSTRACT

*This study aims to determine the effect of reduced compaction temperature on the Marshall characteristics of Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) mixtures by increasing the number of blows. An experimental method was conducted in the laboratory using compaction temperatures of 80°C, 90°C, and 100°C with 125, 100, and 75 blows, respectively. The tests were carried out to evaluate volumetric parameters such as VIM, VMA, and VFA, as well as Marshall parameters including stability, flow, and Marshall Quotient. The results showed that increasing the number of blows could compensate for the decrease in compaction temperature, allowing the mixtures to meet technical specifications. This research provides an alternative technical solution for addressing low-temperature issues in asphalt compaction processes.*

*Keyword : compaction temperature, number of blows, AC-WC, marshall, volumetrik.*

### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah kendaraan yang terus berkembang di seluruh dunia menyebabkan permintaan akan infrastruktur jalan yang semakin tinggi. Salah satu material yang paling sering digunakan dalam pembangunan jalan adalah aspal. Aspal memiliki sifat elastis yang baik, sehingga banyak digunakan untuk permukaan jalan raya, terutama di daerah dengan lalu lintas padat. Namun, dalam proses pembangunan jalan aspal, terdapat berbagai tantangan teknis yang perlu diatasi untuk mendapatkan kualitas jalan yang optimal, salah satunya adalah pengaruh suhu terhadap pemadatan aspal (Subaidillah Fansuri et al. 2019). Pemadatan aspal merupakan proses penting dalam pembuatan jalan, karena dapat mempengaruhi daya tahan dan kualitas jalan tersebut. Pemadatan yang tidak sempurna dapat menyebabkan kerusakan jalan yang lebih cepat, seperti keretakan dan deformasi permukaan. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses pemadatan aspal adalah suhu aspal saat proses pemadatan dilakukan. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penurunan suhu yang cepat saat pemadatan dapat mempengaruhi efektivitas pemadatan, menyebabkan kerusakan pada struktur jalan yang dibangun. Oleh karena itu, penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan bagaimana pengaruh suhu terhadap pemadatan aspal dan cara untuk mengatasi masalah ini. Salah satu pendekatan



yang dapat digunakan untuk memperbaiki proses pemadatan adalah dengan menambahkan jumlah tumbukan pada aspal yang sedang dipadatkan. Tumbukan yang lebih banyak diharapkan dapat meningkatkan kepadatan aspal meskipun pada suhu yang lebih rendah, sehingga dapat menghasilkan pemadatan yang optimal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah mendapatkan pemadatan, yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas kemudian menyebarkan beban, baik kearah horizontal maupun *vertical* dan akhirnya meneruskan beban ke tanah dasar (*subgrade*) sehingga beban pada tanah dasar tidak melampaui daya dukung tanah yang diijinkan. Menurut Sukirman (2003), perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan.

### Bahan Campuran Aspal

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat halus, agregat kasar, *filler*, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas.

### Agregat

Agregat adalah sekumpulan batu-batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Dengan pemilihan agregat yang tepat dapat memenuhi syarat, akan sangat menentukan keberhasilan pembangunan jalan (Suhu and Terhadap, 2019). Salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca adalah sifat agregat. Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, sehingga diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik dari material. Dalam hal ini yang perlu untuk dilakukan pemeriksaan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal.

### Filler

Bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200, dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland*. Semen *portland* dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran dan sesudah itu didapat bahan material yang berupa bubuk.

### Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous. Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras. Aspal pada lapisan keras jalan berfungsi sebagai bahan pengikat antar agregat untuk membentuk suatu cairan yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan yang lebih besar dari pada kekuatan masing-masing agregat. Pada penelitian ini jenis aspal yang digunakan adalah aspal minyak pen 60/70.

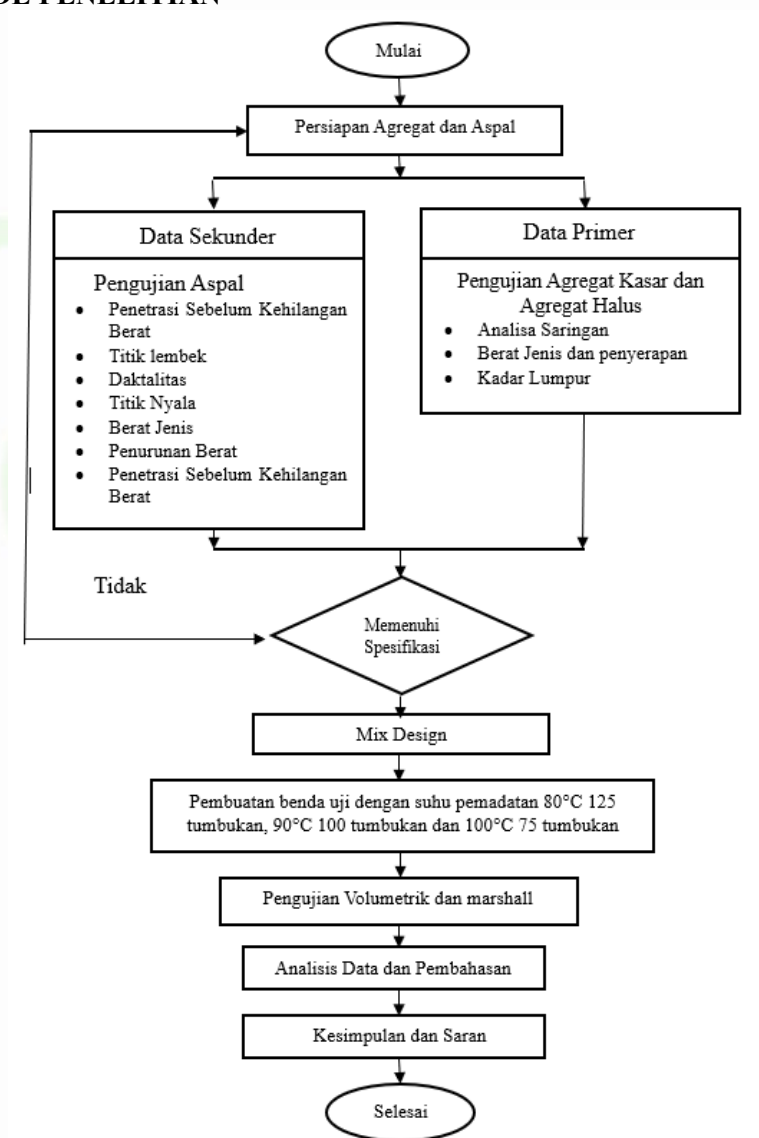
### Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh *Bruce Marshall*, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu



ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow meter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, AASHTO T 245-90 atau ASTM D 1559-76. Secara garis besar pengujian *Marshall* meliputi : persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji. Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain: Jumlah benda uji yang disiapkan □ Persiapan agregat yang akan digunakan □ Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan □ Persiapan campuran aspal □ Pemadatan benda uji □ Persiapan untuk pengujian Marshall.

### 3. METODE PENELITIAN



Gambar 1 Bagan alir penelitian

Sumber : Data Pribadi, 2025



## 4. PEMBAHASAN

### Hasil pengujian karakteristik agregat

Pemeriksaan karakteristik agregat dilakukan untuk menentukan kelayakan agregat digunakan. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil pengujian karakteristik agregat yang telah dilakukan :

Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

No	Agregat	Jenis Pengujian	Jenis Pengujian		Hasil	Keterangan
			Min	Max		
1	Agregat Kasar	Berat Jenis Bulk	2.5	-	2.76	Memenuhi
		Berat Jenis SSD	2.5	-	2.72	
		Berat Jenis Semu	2.5	-	2.82	
		Penyerapan	-	3	1.75	

No	Agregat	Jenis Pengujian	Jenis Pengujian		Hasil	Keterangan
			Min	Max		
2	Agregat Halus	Berat Jenis Bulk	2.5	-	2.72	Memenuhi
		Berat Jenis SSD	2.5	-	2.79	
		Berat Jenis Semu	2.5	-	2.93	
		Penyerapan	-	3	2.85	

Sumber: Hasil pengujian laboratorium 2025

Tabel 2 Hasil Pemeriksaan karakteristik *filler* (semen)

No	Pemeriksaan	Hasil Uji	Spesifikasi		Keterangan
			Min	Max	
1	Penyerapan Air	2.28	-	3.0	Memenuhi
2	Berat Jenis Bulk	2.59	2.5	-	
	Berat Jenis SSD	2.65	2.5	-	
	Berat Jenis Semu	2.76	2.5	-	

Sumber: Hasil pengujian laboratorium 2025

### Karakteristik Aspal Minyak Pen 60/70

Aspal sebagai bahan pengikat yang di gunakan pada penelitian ini adalah jenis aspal minyak pen 60/70. Pemeriksaan karakteristik aspal dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik aspal yang berkaitan dengan kinerja dari aspal itu sendiri. Tabel berikut ini akan menampilkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal minyak Pen 60/70

No	Pemeriksaan	Hasil Uji	Spesifikasi		Keterangan
			Min	Max	
1	Penetrasi sebelum kehilangan berat (mm)	66.6	60	79	Memenuhi
2	Titik lembek (°C)	51	48	58	
3	Daktalitas pada 25°C, 5 cm/menit (cm)	108.5	100	-	
4	Titik nyala (°C)	310	200	-	



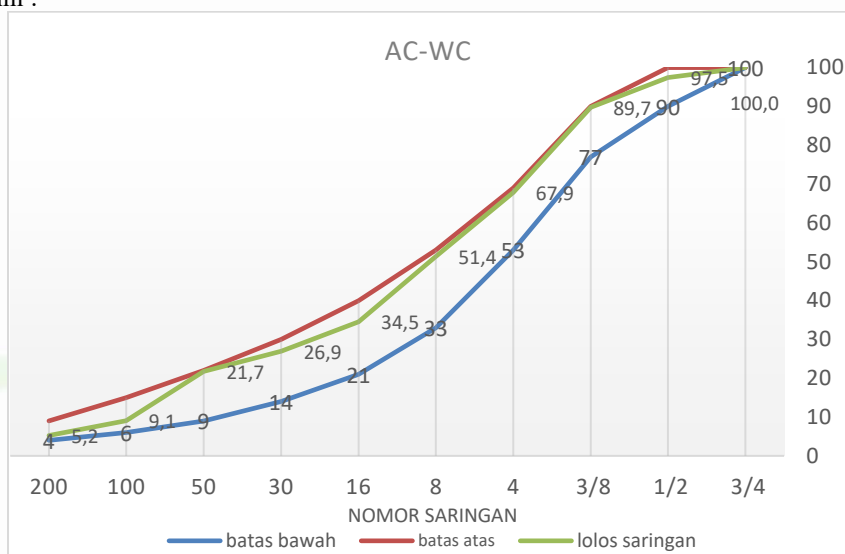


5	erat jenis	1.0	1	-
6	Penurunan berat (%)	0.3	-	0.8
7	Penetrasi setelah kehilangan berat (mm)	86	54	-

Sumber : Disertasi Irianto, 2021

### Penentuan Gradasi Campuran

Komposisi agregat gabungan untuk campuran aspal panas AC-WC yaitu menentukan masing-masing persentase dari masing-masing agregat kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian presentase dengan persen lolos dari agregat, selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan diplot ke dalam grafik, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Gradasi agregat gabungan campuran aspal  
Sumber : Hasil Perhitungan 2025

### Mix Design

Berdasarkan komposisi agregat yang diperoleh dibuat benda uji dengan variasi kandungan kadar aspal minyak pen 60/70, kadar aspal yang digunakan sebesar 6,25%, Tabel dibawah ini menunjukkan masing-masing komposisi material dalam berat dan dalam persen yang didapatkan dari proporsi agregat berdasarkan dari hasil analisa saringan.

Tabel 4. Komposisi material dalam berat untuk 1200 gram benda uji

Uraian					
Kadar Aspal Optimum				Satuan	6,25%
Berat Aspal				gr	75
Ukuran Saringan		Gradasi Gabungan		Berat Agregat	
BS	(mm)	% Lolos	% Tertahan		
37.5	1.1/2				
25	1				
19	3/4	100.00	0.0	gr	0.00
12.5	1/2	97.47	2.53	gr	28
9.5	3/8	89.75	7.73	gr	87
4.75	4	67.86	21.89	gr	246



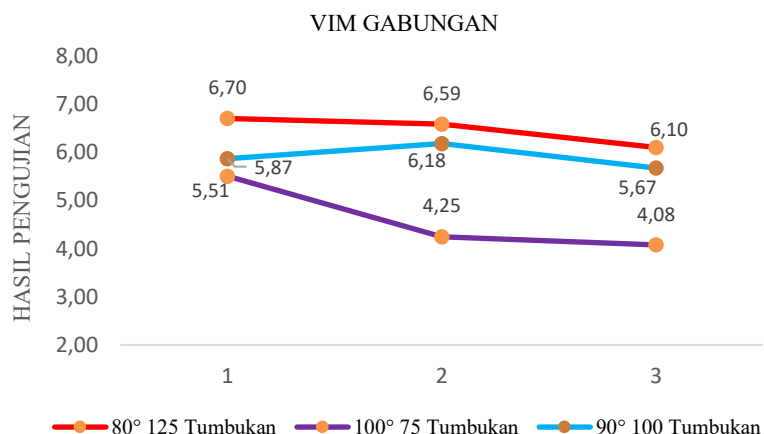
2.36	8	51.36	16.50	gr	186
1.18	16	34.53	16.83	gr	189
0.6	30	26.94	7.58	gr	85
0.3	50	21.75	5.20	gr	58
0.15	100	9.06	12.68	gr	143
0.15	200	5.25	3.81	gr	43
Filler			5.2	gr	59
Jumlah				gr	1125
Berat Benda Uji				gr	1200

Sumber: Hasil pengujian laboratorium, 2025

### Hasil Pengujian Volumetrik Campuran

Pada penelitian ini, pengujian dengan masing-masing benda uji campuran aspal menggunakan pemadat *Marshall* dengan suhu pemadatan 80°C 125 tumbukan, 90°C 100 tumbukan dan 100°C 75 tumbukan untuk masing-masing bidang. Parameter yang didapatkan yaitu VMA, VIM dan VFA yang menunjukkan nilai volumetrik dari campuran.

**VIM (*Voids In Mix*) Volume rongga udara dalam campuran**

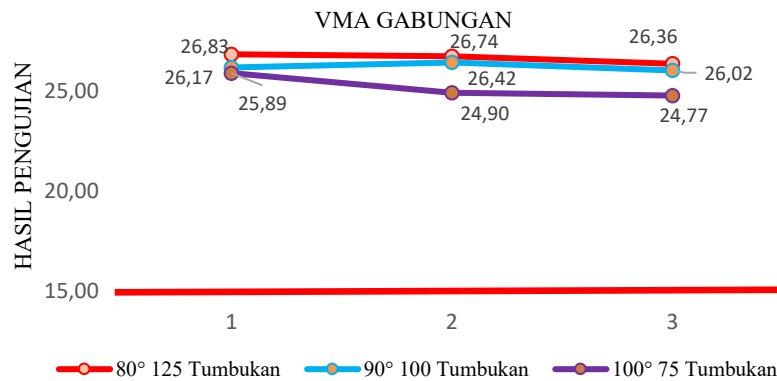


Gambar 2. Grafik Hubungan VIM

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Dari gambar diatas, grafik menunjukkan VIM atau volume rongga dalam campuran aspal pada pengujian dengan suhu pemadatan rendah cenderung menurun seiring meningkatnya suhu pemadatan. Spesifikasi umum Bina Marga 2010 untuk AC-WC memiliki syarat minimum 3% dan maksimum 5%, sehingga pada pengujian ini hanya pada suhu pemadatan 100°C dengan 75 tumbukan yang dapat memenuhi syarat. Suhu rendah pemadatan yang dilakukan pada suhu 80°C 125 tumbukan, 90°C 100 tumbukan dan 100°C 75 tumbukan menghasilkan data tidak semua pengujian suhu pemadatan yang memenuhi spesifikasi umum Bina marga 2010. Pada suhu 100°C saja yang memenuhi. Memenuhi atau tidaknya sampel dikarenakan nilai VIM yang berubah seiring dengan perubahan suhu pemadatan. Semakin tinggi suhu pemadatan maka nilai VIM akan semakin menurun atau kecil. Hal ini dikarenakan pada suhu pemadatan rendah aspal sulit menyelimuti agregat sehingga campuran aspal dan agregat tidak dapat homogen.

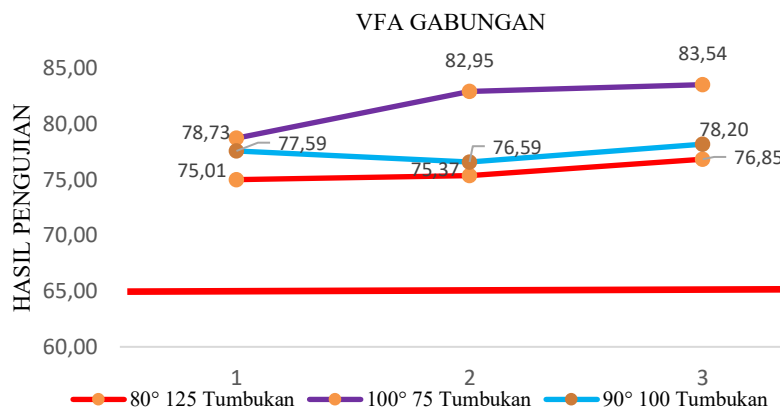
## VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) Rongga dalam campuran agregat



Gambar 3 Grafik hubungan VMA  
Sumber : Hasil perhitungan 2025

Dari grafik hubungan suhu pemadatan dengan penambahan jumlah tumbukan terhadap VMA pada pengujian aspal dengan suhu pemadatan rendah menghasilkan data seiring dengan peningkatan suhu pemadatan maka nilai VMA cenderung menurun. Semua nilai VMA pengujian variasi suhu pemadatan memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010 yaitu minimum 15% untuk AC-WC. Nilai VMA tertinggi pada suhu 80°C dengan 125 tumbukan sebesar 26,83% dan nilai terendah pada suhu 100°C dengan 75 tumbukan sebesar 24,77%. Nilai VMA yang tinggi pada suhu rendah dikarenakan aspal tidak mengalami pemadatan yang optimal. Pemadatan yang tidak optimal menyebabkan aspal tidak dapat mengisi rongga secara optimal. Akibatnya, kurangnya lekatan antar butir agregat yang menjadikan butiran agregat lepas dan campuran menjadi retak.

## VFA (*Voids Filled Asphalt*) Volume pori antara agregat yang terisi aspal

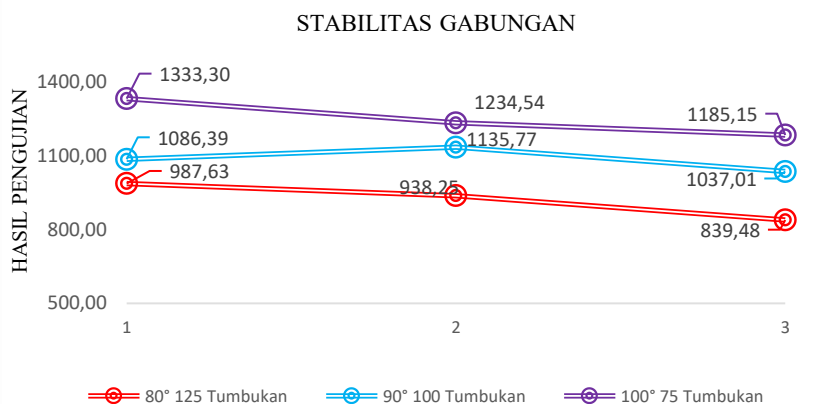


Gambar 4 Grafik hubungan antara VFA  
Sumber : Hasil perhitungan, 2025

Dari grafik hubungan suhu pemadatan terhadap VFA pada pengujian aspal dengan suhu pemadatan dengan penambahan jumlah tumbukan menunjukkan data seiring dengan peningkatan suhu pemadatan maka nilai VFA cenderung meningkat. Semua nilai VFA pengujian suhu pemadatan yang dilakukan memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010 yang mensyaratkan nilai VFA minimum 65% untuk AC-WC. Nilai VFA tertinggi pada suhu 100°C 75 tumbukan sebesar 83,54 % dan terendah pada suhu 80°C 125 tumbukan sebesar 75,01%.

## Nilai Marshall Test Stabilitas (*Stability*)

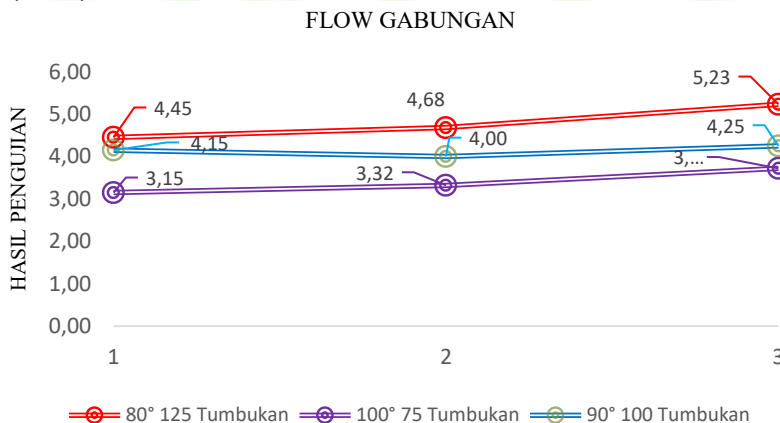
Sesuai hasil uji *Marshall*, didapat nilai stabilitas sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Nilai Stabilitas  
Sumber : Hasil perhitungan, 2025

Dari gambar diatas, grafik hubungan suhu pemadatan dengan penambahan jumlah tumbukan terhadap nilai stabilitas aspal cenderung mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan suhu pemadatan. Nilai stabilitas tertinggi didapat pada suhu pemadatan 100°C dengan 75 tumbukan dengan nilai stabilitas sebesar 1333,30 kg dan terendah pada suhu 80°C dengan nilai stabilitas sebesar 839,48 kg. Sesuai dengan aturan spesifikasi umum Bina Marga 2010 yang mensyaratkan AC-WC memiliki stabilitas minimal 800 kg, maka hasil dari pengujian ini yaitu semua suhu pemadatan dengan penambahan jumlah tumbukan memasuki syarat standar pengujian.

## Kelelahan (*Flow*)

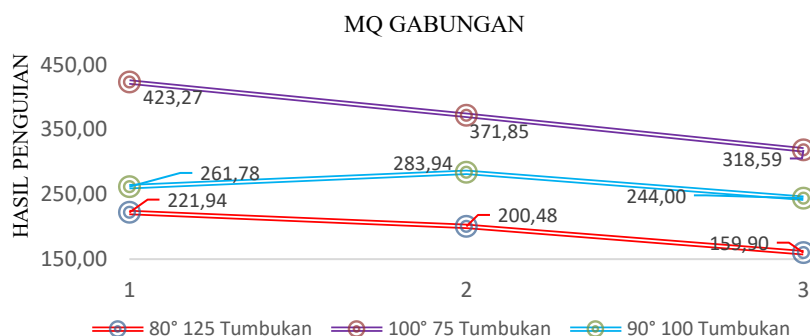


Gambar 6. Hubungan Kadar aspal Dengan Nilai *Flow*  
Sumber : Hasil perhitungan, 2025

Pada gambar diatas, grafik hubungan suhu pemadatan dengan penambahan jumlah tumbukan terhadap *flow* (kelelahan) pada pengujian aspal menunjukkan data seiring dengan peningkatan suhu pemadatan maka nilai *flow* (kelelahan) cenderung menurun. Spesifikasi umum Bina Marga 2010 untuk AC-WC mensyaratkan *flow* antara 2 mm – 4 mm, sehingga hanya satu suhu pemadatan yang memenuhi spesifikasi yaitu hasil pengujian pada suhu 100°C 75 tumbukan. *Flow* tertinggi pada suhu pemadatan 80°C sebesar 5,23 mm dan terendah pada suhu 100°C sebesar 3,15 mm. *Flow* memiliki batas atas dan bawah sehingga *flow* yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah tidak baik untuk aspal.



## Marshall Quetiont (MQ)



Gambar 7. Hubungan Kadar aspal dengan nilai *marshall questions*  
Sumber : Hasil perhitungan, 2025

Dari gambar diatas, grafik hubungan suhu pemadatan aspal dengan penambahan jumlah tumbukan terhadap nilai *Marshall Quotient* cenderung meningkat. Nilai *Marshall Quotient* yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010 yaitu pada suhu pemadatan 90°C dan 100°C dengan minimal 250 kg/mm untuk AC-WC. Nilai *Marshall Quotient* tertinggi terjadi pada suhu pemadatan 100°C sebesar 423,27 kg/mm dan nilai *Marshall Quotient* terendah pada suhu 80°C yaitu 159,90 kg/mm.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penurunan suhu pemadatan terhadap nilai Volumetrik campuran AC-WC dengan penambahan jumlah tumbukan menunjukkan bahwa nilai VFA semakin meningkat seiring dengan peningkatan suhu pemadatan, sedangkan nilai VIM dan VMA menurun seiring dengan meningkatnya suhu pemadatan. Hasil pengujian volumetrik diperoleh nilai VIM yang memenuhi spesifikasi standar pengujian minimal 3% - 5% yaitu pada suhu pemadatan 100°C 75 tumbukan dengan nilai tertinggi sebesar 4,25% dan nilai terendah sebesar 4,08%. Sedangkan untuk nilai VMA yang memenuhi spesifikasi standar pengujian minimal 15% yaitu pada semua suhu pemadatan dengan nilai tertinggi pada suhu 80°C dengan 125 tumbukan sebesar 26,83% dan nilai terendah pada suhu 100°C dengan 75 tumbukan sebesar 24,77% Dan nilai VFA yang memenuhi spesifikasi standar pengujian minimal 65% yaitu pada semua suhu pemadatan dengan nilai tertinggi pada suhu 100°C 75 tumbukan sebesar 83,54 % dan terendah pada suhu 80°C 125 tumbukan sebesar 75,01%.
2. Pengaruh penurunan suhu pemadatan terhadap nilai *Marshall* campuran AC-WC dengan penambahan jumlah tumbukan menunjukkan bahwa nilai Stabilitas dan MQ semakin meningkat seiring dengan peningkatan suhu pemadatan, sedangkan nilai *Flow* menurun seiring dengan meningkatnya suhu pemadatan. Hasil pengujian *Marshall Test* memperlihatkan nilai Stabilitas yang memenuhi spesifikasi standar pengujian minimal 800 kg yaitu pada semua suhu pemadatan dengan nilai tertinggi pada suhu pemadatan 100°C 75 tumbukan dengan nilai stabilitas sebesar 1333,30 kg dan terendah pada suhu 80°C nilai stabilitas sebesar 839,48 kg. Sedangkan untuk nilai *Flow* yang memenuhi spesifikasi standar pengujian minimal 2 mm – 4 mm yaitu pada suhu pemadatan 100°C 75 tumbukan dengan nilai tertinggi sebesar 3,72 mm dan nilai terendah sebesar 3,15 mm. Dan nilai MQ yang memenuhi spesifikasi standar pengujian minimal 250 kg/mm yaitu pada suhu 90°C 100 tumbukan dan suhu 100°C 75 tumbukan, nilai tertinggi berada pada suhu 100°C sebesar 423,27 kg/mm dan terendah pada suhu 90°C sebesar 244,00 kg/mm.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional Binamarga (2007) ‘Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas’, p. 51.
- Suhu, P. and Terhadap, P. (2019) ‘KARAKTERISTIK HASIL UJI MARSHALL UNTUK CAMPURAN LASTON LAPIS PONDASI ( AC-BASE ) DENGAN TIPE POLYETHYLENE TEREPHTHALATE ( PET ) KARAKTERISTIK HASIL UJI MARSHALL UNTUK CAMPURAN LASTON LAPIS PONDASI ( AC-BASE ) TIPE’.
- Wahyu Anindityo Albertus (2011) ‘Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses pemadatan Campuran Aspal Beton’, pp. 1–112.
- Halim, I.H. and Sepriyanna, I. (2022) ‘Pengaruh Serbuk Ban Bekas Sebagai Bahan Tambah Pada Cphma Dengan Variasi Suhu Pemadatan Terhadap Karateristik Marshall’, *Construction and Material Journal*, 4(2),
- Irianto, I., Mabui, I. D. S., & Rochmawati, I. R. (2020) Pemanfaatan BatuzKapur Jayapura Sebagai Agregat Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC).
- Ii, B.A.B. and Pustaka, T. (2002) ‘BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1’, 1993(1999), pp. 1–64.
- Spesifikasi Umum Bina marga Divisi 6. (2010). Perkerasan Aspal. Direktorat Jendral Bina marga.
- Spesifikasi Umum Bina marga Divisi 6. (2010). Perkerasan Aspal. Direktorat Jendral Bina marga.
- Standar Nasional Indonesia 06-2489-1991. (1991). Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. Indonesia : Standar Nasional Indonesia.
- Bina Marga. (2010). Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi VI Untuk Perkerasan Aspal. Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1968-1990, *Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan agregat kasar*
- SNI 03-1969-1990, *Metode pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air agregat kasar*
- SNI 03-1970-1990, *Metode pengujian Berat Jenis dan Penyerapan air agregat halus*
- SNI 03-6885-2002, *Metode pengujian noda aspal minyak*
- SNI 03 6893-2002, *Metode pengujian berat jenis maksimum campuran beraspal*
- SNI 03-6894-2002, *Metode pengujian kadar aspal dari campuran beraspal cara Sentrifus*
- SNI 06-2489-1991, (RSNI M 01-2003), *Metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall*
- SNI 03-4142-1996, *Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm)*
- SNI 03-4428-1997, *Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir*
- SNI 06-2489-1991, (RSNI M 01-2003), *Metode pengujian campuran aspal dengan alat Marshall*