

# Analisis Penambahan Limbah *Molasses* dan *Resina Colophonium* sebagai Bahan Tambah *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* untuk Perkerasan Jalan

Oktavida Maulia Sofa<sup>1</sup>, Juny Andry Sulisty<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang  
Email: [oktavidams@gmail.com](mailto:oktavidams@gmail.com)

## Article Info

### Article history:

Received April 15, 2026  
Revised April 23, 2026  
Accepted Mei 04, 2026

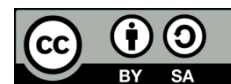
### Keywords:

*AC-WC*, Marshall, *Molasses*,  
*Resina Colophoniu*

## ABSTRACT

Indonesia's significant population growth has increased the need for resilient transportation infrastructure, particularly highways as the primary drivers of the economy. Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) offers resistance to water and heavy loads, but lacks elasticity and is prone to cracking. This study innovates asphalt mixtures by incorporating molasses waste and colophony resin to enhance durability, reduce environmental impact, and support sustainable economic growth. This study employed a mixed-methods approach, drawing on previous research and laboratory experiments to evaluate the effects of varying molasses content (0%, 1%, 3%, 5%) and colophony resin content (0%, 3%, 6%, 9%). The tests conducted included assessments of the physical properties of the asphalt and aggregates, as well as Marshall tests. The results of the study show that all variations of the Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixture meet the specified Marshall specifications. The addition of colophony resin was found to significantly improve the mixture's stability compared to the addition of high molasses content. The most optimal composition was achieved in the mixture with 1% molasses and 3% colophony resin, yielding a stability value of 954.44 kg and a Marshall Quotient (MQ) of 278.26 kg/mm. These results indicate that this combination is capable of producing a rigid pavement capable of withstanding traffic loads, while still maintaining good flexibility to prevent cracking.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



## Article Info

### Article history:

Received April 15, 2026  
Revised April 23, 2026  
Accepted Mei 04, 2026

### Kata Kunci:

*AC-WC*, Marshall, *Molasses*,  
*Resina Colophoniu*

## ABSTRAK

Pertumbuhan populasi Indonesia yang signifikan meningkatkan kebutuhan infrastruktur transportasi tangguh, terutama jalan raya sebagai penggerak utama roda perekonomian. *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* menawarkan ketahanan terhadap air dan beban, namun lemah dalam elastisitas dan rentan retak. Penelitian ini menginovasi campuran aspal dengan limbah *molasses* dan resin *colophonium* untuk meningkatkan daya tahan, mengurangi dampak lingkungan, dan mendukung pertumbuhan ekonomi berkelanjutan. Penelitian ini menerapkan *mixed methods* dengan berdasarkan penelitian sebelumnya dan eksperimen laboratorium untuk mengevaluasi penambahan kadar *molasses* (0%, 1%, 3%, 5%) dan kadar *resina colophonium* (0%, 3%, 6%, 9%). Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik aspal dan agregat, serta uji *Marshall*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh variasi campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* memenuhi spesifikasi Marshall yang ditetapkan. Penambahan resin *colophonium* terbukti meningkatkan stabilitas campuran secara signifikan dibandingkan penambahan *molasses* yang tinggi. Komposisi paling



optimal diperoleh pada campuran dengan kadar *molasses* 1% dan *resina colophonium* 3%, yang menghasilkan nilai stabilitas sebesar 954,44 kg dan *Marshall Quotient* (MQ) sebesar 278,26 kg/mm. Hasil ini mengindikasikan bahwa kombinasi tersebut mampu menghasilkan perkerasan yang kaku untuk menahan beban lalu lintas, namun tetap memiliki fleksibilitas yang baik untuk mencegah terjadinya retak.

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*



---

**Corresponding Author:**

Oktavida Maulia Sofa  
Universitas Islam Sultan Agung Semarang  
Email: [oktavidams@gmail.com](mailto:oktavidams@gmail.com)

---

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk yang besar di seluruh dunia termasuk Indonesia, telah menjadi salah satu alasan utama yang mendorong kebutuhan akan sistem transportasi yang efektif, tangguh, dan berkelanjutan. Berdasarkan data (Badan Pusat Statistik, 2025), populasi penduduk Indonesia mencapai 284 juta jiwa pada pertengahan dekade ketiga abad ke-21 dan menunjukkan peningkatan tren secara signifikan setiap tahun. Pertumbuhan ini tidak hanya berdampak pada mobilitas masyarakat, tetapi juga meningkatkan intensitas penggunaan sarana transportasi, terutama jalan raya sebagai infrastruktur utama.

Pengembangan infrastruktur menjadi elemen krusial dalam mempercepat pertumbuhan ekonomi di suatu negara. Adanya infrastruktur terutama jalan, memungkinkan pihak-pihak yang terlibat untuk mengoptimalkan penggunaan sebagai sarana yang efisien guna mendukung dan memperlancar berbagai aktivitas ekonomi. Aktivitas ini mencakup pengangkutan barang dan jasa, distribusi produk pertanian, serta transportasi hasil pertanian dan kegiatan lainnya (Kurniawan Wahyu & Maani Karjuni Dt., 2019).

*Asphalt Concrete-Wearing Coarse* (AC-WC) merupakan bagian dari struktur permukaan jalan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Komponen ini dirancang agar kedap air, tahan terhadap kondisi yang ekstrem, serta memiliki ketahanan selip yang optimal. Selain itu, AC-WC harus mampu menahan beban kerja yang diterima. Secara umum, karakteristik AC-WC meliputi kedap air, stabilitas tinggi, dan daya tahan yang lama. Namun, lapisan ini juga memiliki kelemahan dalam hal elastisitas, daya tahan terhadap deformasi, serta risiko terjadi retak akibat tekanan berulang (Syahputra et al., 2020).

Limbah *molasses* di Indonesia mencapai 1,3 juta ton per tahun dan diperkirakan akan meningkat menjadi 1,8 juta ton per tahun. Berdasarkan data ini, *molasses* merupakan bahan yang cocok untuk digunakan sebagai pengganti aspal, mengingat ketersediaannya yang melimpah (Nuningtyas et al., 2019 dalam Fadilah LW et al., 2024). Gondorukem merupakan salah satu alternatif untuk menjaga kualitas aspal dengan optimal, karena gondorukem berfungsi sebagai perekat yang meningkatkan daya rekat dan viskositas. Dengan demikian, penambahan gondorukem ke dalam campuran aspal dapat meningkatkan kemampuan campuran tersebut untuk menahan beban lalu lintas, termasuk berat kendaraan dan gesekan terhadap permukaan jalan (Puja, 2015 dalam Azka Cut Nawalul et al., 2018).



Berdasarkan permasalahan yang ada, penelitian ini diperlukan untuk mengatasi tantangan infrastruktur transportasi yang kompleks akibat pertumbuhan populasi Indonesia. Meskipun *Asphalt Concrete-Wearing Coarse (AC-WC)* dirancang untuk tahan air, cuaca ekstrem, dan memiliki ketahanan selip optimal lapisan ini memiliki kelemahan dalam elastisitas rendah, daya tahan deformasi terbatas, dan risiko retak akibat tekanan berulang, sehingga memerlukan inovasi untuk meningkatkan ketahanan terhadap beban lalu lintas. Dengan memanfaatkan limbah molase dan gondorukem, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan campuran aspal yang lebih tangguh dan berkelanjutan guna mengurangi dampak lingkungan dari limbah serta memperkuat infrastruktur jalan nasional yang mendukung pertumbuhan ekonomi jangka panjang.

## METODE PENELITIAN

Riset penelitian ini menggunakan metodologi eksperimental dengan pembuatan benda uji di laboratorium. Metodologi eksperimental merupakan penelitian yang terstruktur dan teratur, di mana peneliti sengaja mengubah variabel independen (bebas) untuk mendapatkan hasil pada variabel dependen (terikat) dengan tujuan mengetahui hipotesis kausalitas pada percobaan yang dilakukan (Salsabil Zahra Ridhatillah & Daniya Vieka Halwa, 2025). Percobaan yang dilakukan di laboratorium pada penelitian ini yaitu penambahan bahan tambah pada campuran AC-WC berupa molasses dan resina colophonium yang diharapkan dapat meningkatkan nilai stabilitas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Rekapitulasi Pengujian Aspal

Pada Tabel 1 berikut ini memaparkan hasil rekapitulasi dari semua pengujian aspal yang telah dilakukan, serta dicantumkan spesifikasi standar yang memenuhi syarat:

**Tabel 1.** Rekapitulasi pengujian Aspal

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Ketentuan Aspal Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Keterangan
			Min	Max			
1	Penetrasi	0,1 mm	60	70	66,9	SNI 2456:2011	Memenuhi
2	Titik Lembek	°C	48	58	53	SNI 2434:2011	Memenuhi
3	Berat Jenis	gr/cm <sup>3</sup>	Min. 1,0	-	1,034	SNI 2441:2011	Memenuhi

## 2. Rekapitulasi Pengujian Material

Setelah dilakukan berbagai pengujian material, berikut rekapitulasi data beserta perbandingan dengan syarat ketentuan hasil pengujian:

**Tabel 2.** Rekapitulasi Pengujian Material

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
<b>A</b>	<b>Agregat Kasar</b>				
1	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI-03- 2417-2008	Maks. 40%	6,88%	Memenuhi
2	Material lolos saringan no. 200	ASTM C117:2012	Maks. 1%	0,235%	Memenuhi
3	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat kasar 3/4 b. Agregat kasar 1/2	SNI 1969:2016	Maks. 3%	0,837% 0,929%	Memenuhi
4	Berat Jenis Curah ( <i>Bulk</i> ) a. Agregat Kasar 3/4 b. Agregat Kasar 1/2	SNI 1969:2016	Min. 2,4 Maks. 2,8	2,458 2,441	Memenuhi
<b>B</b>	<b>Agregat Halus</b>				
1	Material lolos saringan no. 200	ASTM C117:2012	Maks. 15%	2,92%	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat Halus (Abu Batu) b. Agregat Halus (Pasir)	SNI 1970:2016	Maks. 3%	0,990% 1,937%	Memenuhi
3	Berat Jenis Curah ( <i>Bulk</i> ) a. Agregat Halus (Abu Batu) b. Agregat Halus (Pasir)	SNI 1970:2016	Min. 2,4 Maks. 2,8	2,586 2,527	Memenuhi

## 3. Berat Jenis Maksimum Campuran Normal

Uji berat jenis maksimum campuran (GMM) dilakukan pada 5 variasi kadar aspal (4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%), dengan masing-masing kadar diuji pada 3 benda uji. Berikut dirincikan pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3. Berat Jenis Maksimum Campuran Normal**

No.	Kadar Aspal Normal		Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)														
	Contoh No :		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Berat Botol + Contoh	Grm	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	1.461	
2	Berat Botol	Grm	861	861	861	861	861	861	861	861	861	861	861	861	861	861	
3	Berat Contoh	(1 - 2) Grm	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kaliberasi)	Grm	2329,8	2327,4	2331	2328,8	2329,6	2327,2	2330,2	2326,8	2327,2	2326,4	2328,4	2326,2	2325,4	2326,8	
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)	Grm	1.980	1.979	1.981	1.980	1.982	1.980	1.981	1.980	1.980	1.981	1.979	1.979	1.980	1.981	1.979
6	Berat air	(4 - 5) Grm	350	348	350	349	348	347	349	347	347	345	349	347	345	346	348
7	Volume contoh	(3 - 6) Grm	250	252	250	251	252	253	251	253	253	255	251	253	255	254	252
8	Max Specific Gravity (Gmm)	(3 : 7) Grm/cc	2,398	2,385	2,400	2,389	2,377	2,373	2,392	2,370	2,373	2,357	2,394	2,373	2,357	2,360	2,379
9	Temperatur air T °C	Grm	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu	Grm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm)	(8 x 10) Grm/cc	2,398	2,385	2,400	2,389	2,377	2,373	2,392	2,370	2,373	2,357	2,394	2,373	2,357	2,360	2,379
Rata - rata GMM Variasi Kadar Aspal %			2,394			2,380			2,378			2,375			2,365		
			4,00%			4,50%			5,00%			5,50%			6,00%		

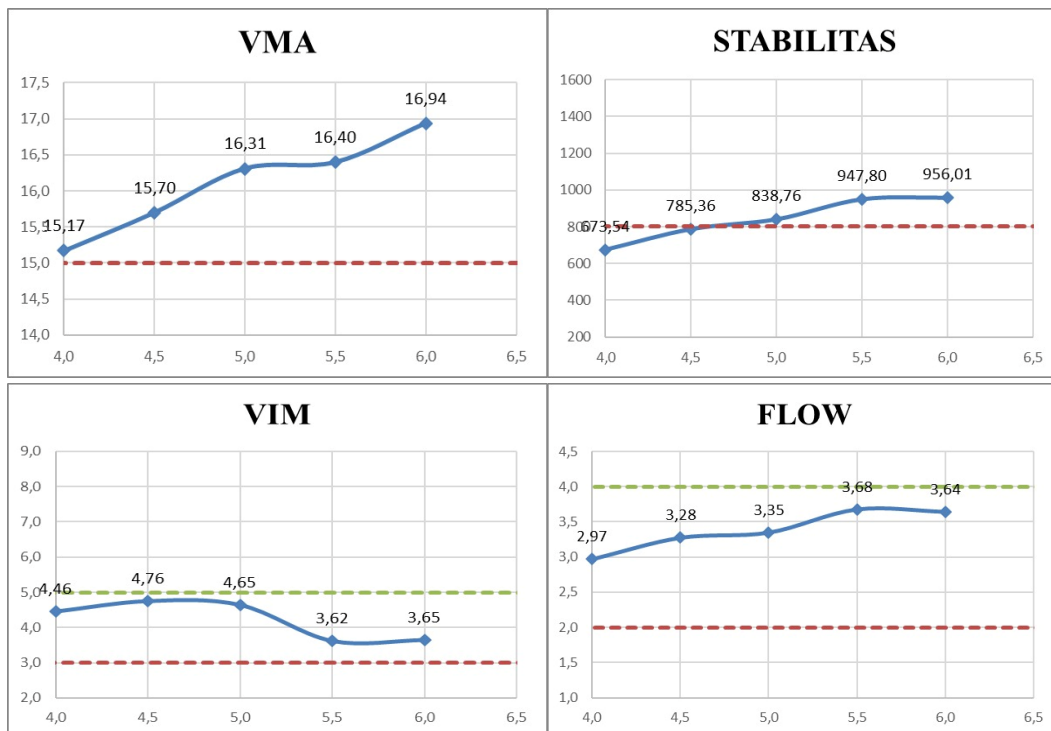
Hasil pengujian menunjukkan rata-rata nilai GMM mengalami penurunan konsisten seiring bertambahnya kadar aspal, yakni: 2,394 (4,00%), 2,380 (4,50%), 2,378 (5,00%), 2,375 (5,50%), dan 2,365 (6,00%). Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan aspal yang memiliki berat jenis lebih rendah dibandingkan agregat secara keseluruhan menurunkan densitas maksimum campuran.

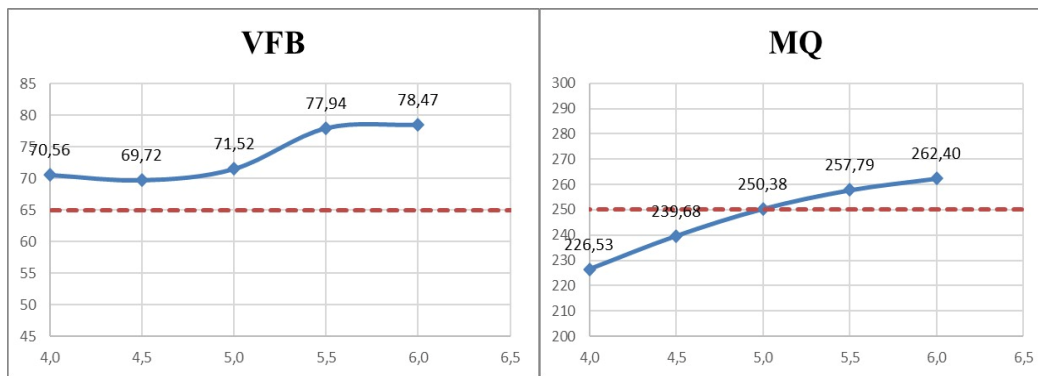
#### 4. Hasil Pengujian Marshall Campuran Normal

Uji Marshall dilakukan pada 5 variasi kadar aspal (4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%). Nilai parameter benda uji diperoleh dari pengujian *Marshall* mencakup VMA, VIM, VFB, stabilitas, *flow*, dan MQ. Detail parameter tersaji pada tabel 4.18 di bawah ini:

**Tabel 4. Pengujian Marshall Campuran Normal**

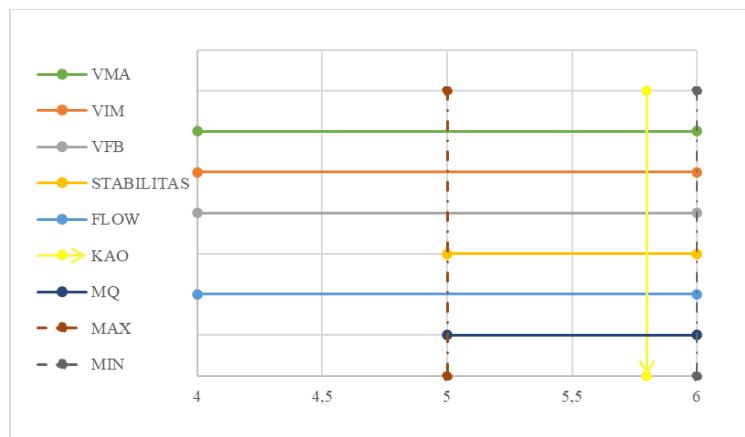
Pengujian ( Komposisi Normal )																	
BJ Aspal ( T ) :		1,034				BJ Efektif Total Agg (Gse) : 2,478				BJ Total Agg (Gsb) : 2,509				Kalibrasi Proving Ring :		9,817 Kg	
no benda uji	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara agg (vma)	% rongga dalam camp (vim)	% rongga terisi aspal (vfb)	stabilitas			kelebihan plastis ( flow )	hasil bagi marshall ( mq )		
	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p		
	% berat total campuran (%)	data timbang ( gr )	data timbang ( gr )	data timbang ( gr )	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb (%)	100 - (100*g) h (%)	100(i-j) i (%)	dibaca arloji ( strip )	angka korelasi	di sesuaikan kalibrasi proving ring ( kg )		n / o		
Benda Uji 1	4,00	1178,4	652,3	1184,2	531,0	2,219	2,335	15,09	4,96	67,13	78,00	0,89	681,50	3,00	227,17		
Benda Uji 2	4,00	1175,5	650,8	1182,6	531,8	2,210	2,29	15,42	3,48	77,47	69,00	0,93	629,96	2,82	223,39		
Benda Uji 3	4,00	1179,2	656,4	1187,2	530,8	2,222	2,337	15,00	4,94	67,06	84,00	0,86	709,18	3,10	228,77		
<b>Rata-rata</b>	<b>4,00</b>					<b>2,217</b>	<b>2,321</b>	<b>15,17</b>	<b>4,46</b>	<b>70,56</b>	<b>77,00</b>	<b>0,89</b>	<b>673,54</b>	<b>2,97</b>	<b>226,53</b>		
Benda Uji 1	4,50	1177,3	652,3	1184,2	531,9	2,213	2,325	15,75	4,80	69,52	89,00	0,93	812,55	3,25	250,02		
Benda Uji 2	4,50	1179,2	655,5	1186,4	530,9	2,221	2,328	15,46	4,59	70,30	91,00	0,83	741,48	3,25	228,15		
Benda Uji 3	4,50	1177,8	652,9	1185,9	533,0	2,210	2,323	15,89	4,87	69,32	95,00	0,86	802,05	3,33	240,86		
<b>Rata-rata</b>	<b>4,50</b>					<b>2,215</b>	<b>2,325</b>	<b>15,70</b>	<b>4,76</b>	<b>69,72</b>	<b>91,67</b>	<b>0,87</b>	<b>785,36</b>	<b>3,28</b>	<b>239,68</b>		
Benda Uji 1	5,00	1178,4	652,8	1185,2	532,4	2,213	2,317	16,19	4,47	72,38	94,00	0,89	821,29	3,34	245,90		
Benda Uji 2	5,00	1179,7	654,2	1187,3	533,1	2,213	2,319	16,21	4,58	71,78	98,00	0,89	856,24	3,36	254,83		
Benda Uji 3	5,00	1175,3	649,7	1182,8	533,1	2,205	2,318	16,52	4,89	70,41	96,00	0,89	838,76	3,35	250,38		
<b>Rata-rata</b>	<b>5,00</b>					<b>2,210</b>	<b>2,318</b>	<b>16,31</b>	<b>4,65</b>	<b>71,52</b>	<b>96,00</b>	<b>0,89</b>	<b>838,76</b>	<b>3,35</b>	<b>250,38</b>		
Benda Uji 1	5,50	1179,8	655,6	1186,3	530,7	2,223	2,301	16,27	3,39	79,19	108,00	0,93	986,02	3,65	270,14		
Benda Uji 2	5,50	1179,2	654,6	1185,9	531,3	2,219	2,303	16,41	3,63	77,89	111,00	0,86	937,13	3,70	253,28		
Benda Uji 3	5,50	1174,5	651,3	1181,2	529,9	2,216	2,305	16,52	3,84	76,74	109,00	0,86	920,25	3,68	250,07		
<b>Rata-rata</b>	<b>5,50</b>					<b>2,220</b>	<b>2,303</b>	<b>16,40</b>	<b>3,62</b>	<b>77,94</b>	<b>109,33</b>	<b>0,88</b>	<b>947,80</b>	<b>3,68</b>	<b>257,79</b>		
Benda Uji 1	6,00	1173,2	650,7	1180,8	530,1	2,213	2,298	17,08	3,69	78,39	101,00	0,99	981,60	3,71	264,58		
Benda Uji 2	6,00	1169,6	649,5	1176,2	526,7	2,221	2,302	16,80	3,54	78,96	100,00	1,00	981,70	3,63	270,44		
Benda Uji 3	6,00	1178,4	653,4	1184,8	531,4	2,218	2,303	16,92	3,71	78,07	96,00	0,96	904,73	3,59	252,02		
<b>Rata-rata</b>	<b>6,00</b>					<b>2,217</b>	<b>2,301</b>	<b>16,94</b>	<b>3,65</b>	<b>78,47</b>	<b>99,00</b>	<b>0,98</b>	<b>956,01</b>	<b>3,64</b>	<b>262,40</b>		





Grafik 1. Parameter Marshall Campuran Normal

Seluruh parameter *Marshall* yang telah dianalisis pada Grafik 1 kemudian diintegrasikan untuk menentukan rentang kadar aspal yang memenuhi semua kriteria teknis. Proses penentuan nilai tengah dari rentang tersebut digambarkan pada Grafik 2 guna mendapatkan komposisi campuran yang memiliki durabilitas dan stabilitas terbaik.



Grafik 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan analisis Tabel 4.18 serta Grafik 4.2 dan 4.3, dapat disimpulkan bahwa didapatkan kadar aspal 5,8% memenuhi seluruh spesifikasi Bina Marga 2025, dengan rincian parameter yang masuk dalam rentang teknis yaitu: Stabilitas  $\geq 800$  kg, *Flow* 2–4 mm, VMA  $\geq 15\%$ , VIM 3–5%, VFB  $\geq 65\%$ , dan *Marshall Quotient*  $\geq 250$  kg/mm. Hasil ini menunjukkan bahwa pada kadar tersebut, campuran memiliki komposisi yang optimal dalam menjaga keseimbangan antara stabilitas dan durabilitas perkerasan.

## 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian AC-WC

Setelah proporsi persentase untuk masing-masing fraksi agregat dan aspal ditetapkan, tahap berikutnya adalah mengalkulasi bobot material dalam campuran berdasarkan kapasitas cetakan yang digunakan. Adapun rincian komposisi materialnya adalah sebagai berikut:

- Kadar Aspal = 5,8%
- Kapasitas Cetakan = 1200 gr
- Berat Aspal = 5,8% x 1200 = 69,6 gr



d. Berat Keseluruhan Agregat	= (100 – 5,8)% x 1200	= 1130,4 gr
– Abu Batu	= 40% x 1200	= 480 gr
– <i>Coarse Aggregate</i> (3/4)	= 25% x 1200	= 300 gr
– <i>Medium Aggregate</i> (1/2)	= 25% x 1200	= 300 gr
– Pasir	= 3% x 1200	= 36 gr
– <i>Filler</i>	= 1,2% x 1200	= 14,4 gr

Berdasarkan hasil rekapitulasi perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi kapasitas cetakan sebesar 1200 gram dengan kadar aspal 5,8%, diperlukan komposisi material yang presisi guna menjamin kualitas campuran AC-WC. Komposisi tersebut terdiri dari 69,6 gram aspal dan 1130,4 gram total agregat, yang terbagi ke dalam lima fraksi utama, yakni abu batu (480 gr), *coarse aggregate* (300 gr), *medium aggregate* (300 gr), pasir (36 gr), serta *filler* (14,4 gr).

## 6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Campuran dengan Bahan Tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium*

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap berbagai variasi campuran modifikasi, berikut ini disajikan rekapitulasi data hasil pengujian *Marshall* secara menyeluruh. Penyajian data ini ditujukan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai pengaruh penggunaan variasi kadar *Molasses* dan *Resina Colophonium* terhadap karakteristik campuran aspal.

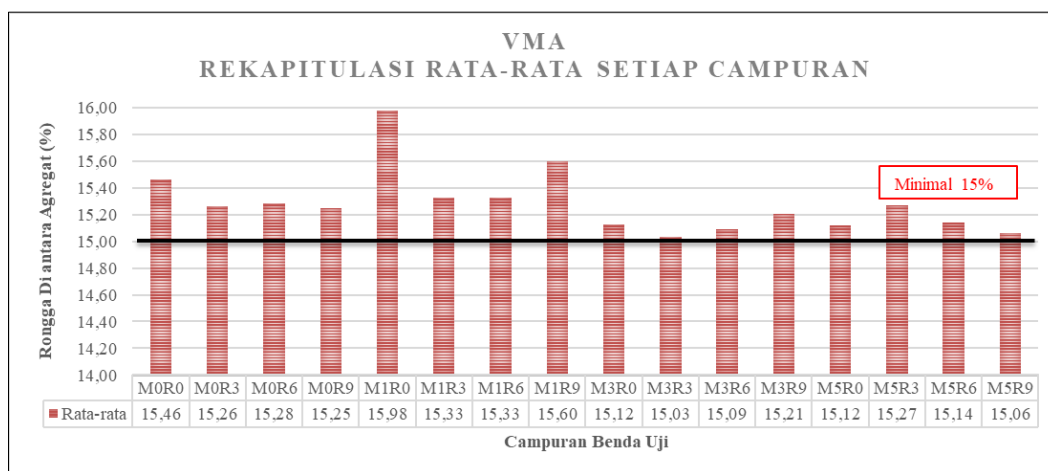
Data hasil pengujian direkap dalam Tabel 5 yang kemudian didukung dengan sajian Grafik 3-8 untuk masing-masing parameter *Marshall* guna memudahkan analisis perbandingan tren dan pemenuhan spesifikasi yang telah ditetapkan.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Pengujian *Marshall* Campuran dengan Bahan Tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium*

Rekapitulasi Rata-Rata Dari 3 Benda Uji Setiap Pengujian Campuran						
Campuran Benda Uji	Rongga antara Agg. (VMA)	Rongga dalam Camp (VIM)	Rongga terisi Aspal (VFB)	Stabilitas	Kelelahan Plastis (Flow)	Hasil Bagi Marshall (MQ)
Spesifikasi :	Min 15 %	3,0 - 5,0 %	Min 65 %	Min 800 kg	2 - 4 mm	250 kg/mm
MODIFIKASI						
M0R0	15,46	4,57	70,41	852,12	3,36	253,86
M0R3	15,26	4,75	68,86	896,82	3,39	264,29
M0R6	15,28	4,57	70,09	921,23	3,55	259,50
M0R9	15,25	4,43	70,96	982,35	3,54	277,24
M1R0	15,98	4,48	71,92	863,14	3,43	251,40
M1R3	15,33	4,32	75,03	954,44	3,43	278,26

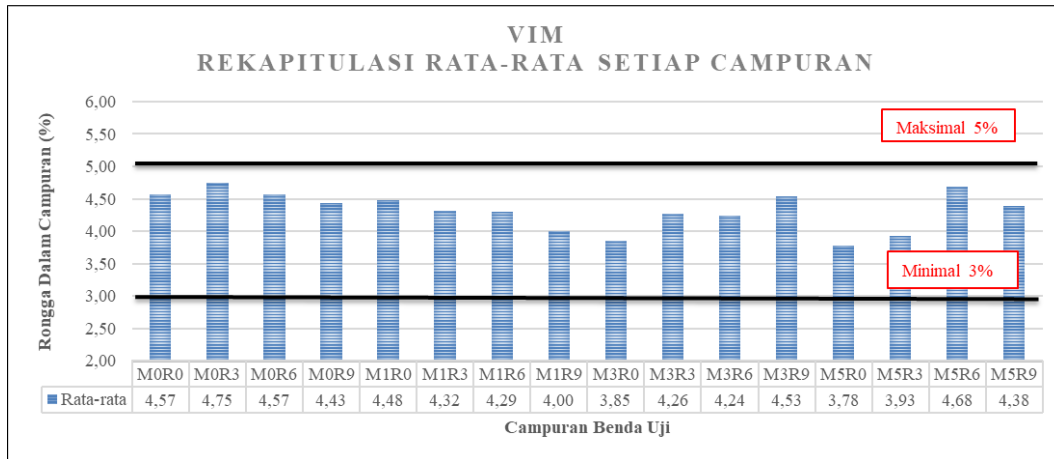
Rekapitulasi Rata-Rata Dari 3 Benda Uji Setiap Pengujian Campuran						
Campuran Benda Uji	Rongga antara Agg. (VMA)	Rongga dalam Camp (VIM)	Rongga terisi Aspal (VFB)	Stabilitas	Kelelahan Plastis (Flow)	Hasil Bagi Marshall (MQ)
Spesifikasi :	Min 15 %	3,0 - 5,0 %	Min 65 %	Min 800 kg	2 - 4 mm	250 kg/mm
MODIFIKASI						
M1R6	15,33	4,29	68,50	848,12	3,35	253,17
M1R9	15,60	4,00	72,02	848,75	3,36	252,35
M3R0	15,12	3,85	74,54	835,72	3,19	261,71
M3R3	15,03	4,26	71,64	842,33	3,24	259,71
M3R6	15,09	4,24	71,88	935,04	3,33	280,51
M3R9	15,21	4,53	70,18	856,21	3,30	259,46
M5R0	15,12	3,78	74,99	864,49	3,37	256,27
M5R3	15,27	3,93	74,26	871,46	3,28	265,42
M5R6	15,14	4,68	69,05	849,60	3,33	255,39
M5R9	15,06	4,38	70,89	952,77	3,50	271,96

Visualisasi tren data hasil pengujian *Marshall* pada Tabel 5 secara terperinci dapat dilihat pada grafik-grafik berikut ini:



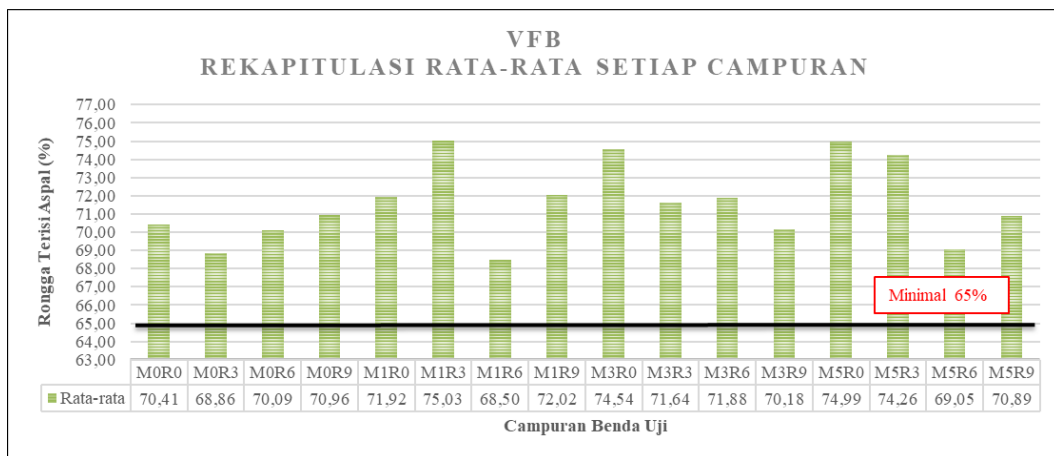
**Grafik 3.** Rekapitulasi VMA Campuran dengan Bahan Tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium*

Berdasarkan Grafik 3, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran bahan tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium* telah memenuhi Spesifikasi Standar Bina Marga 2025, di mana nilai VMA tertinggi dicapai oleh variasi M1R0 (15,98%) dan nilai VMA terendah pada variasi M3R3 (15,03%). Seluruh hasil pengujian tersebut berada di atas batas minimal 15% yang disyaratkan oleh Bina Marga, sehingga campuran tersebut dinyatakan layak.



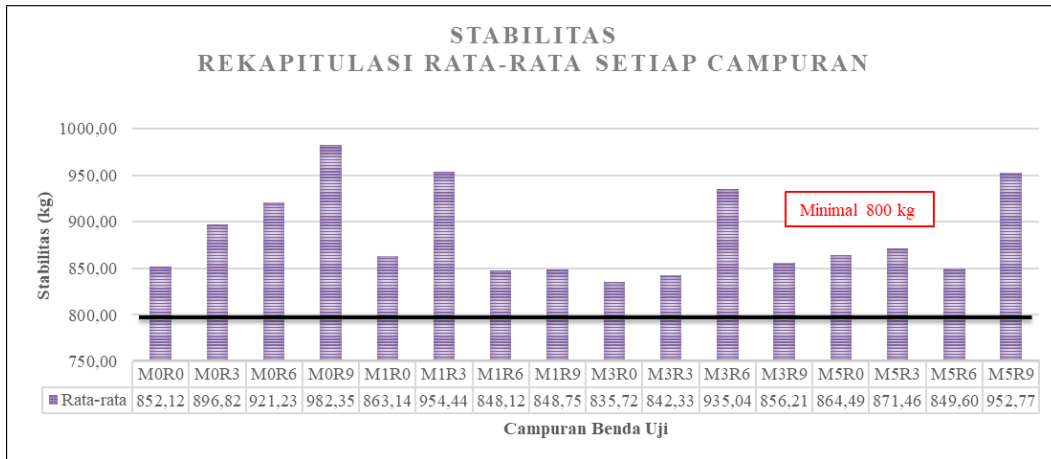
**Grafik 4.** Rekapitulasi VIM Campuran dengan Bahan Tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium*

Berdasarkan Grafik 4, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran bahan tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium* telah memenuhi Spesifikasi Standar Bina Marga 2025, di mana nilai VIM tertinggi dicapai oleh variasi M0R3 (4,75%) dan nilai VIM terendah pada variasi M5R0 (3,78%). Seluruh hasil pengujian tersebut berada di dalam rentang batas minimal 3% dan batas maksimal 5% yang disyaratkan oleh Bina Marga, sehingga campuran tersebut dinyatakan layak.



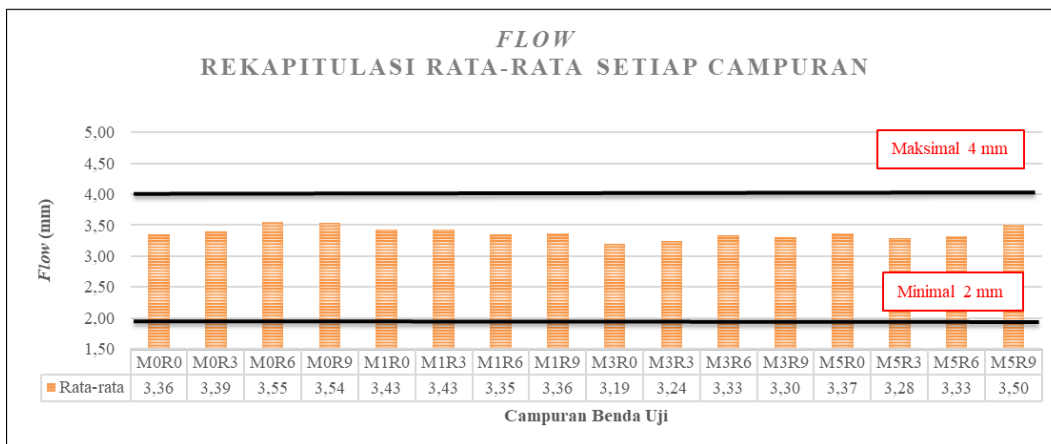
**Grafik 5.** Rekapitulasi VFB Campuran dengan Bahan Tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium*

Berdasarkan Grafik 5, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran bahan tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium* telah memenuhi Spesifikasi Standar Bina Marga 2025, di mana nilai VFB tertinggi dicapai oleh variasi M1R3 (75,03%) dan nilai VFB terendah pada variasi M1R6 (68,50%). Seluruh hasil pengujian tersebut berada di atas batas minimal 65% yang disyaratkan oleh Bina Marga, sehingga campuran tersebut dinyatakan layak.



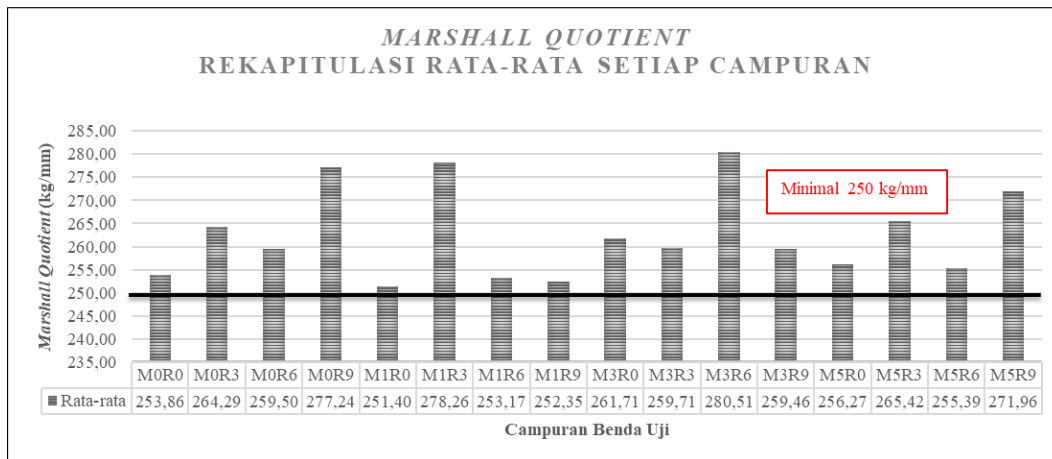
**Grafik 6.** Rekapitulasi Stabilitas Campuran dengan Bahan Tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium*

Berdasarkan Grafik 6, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran bahan tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium* telah memenuhi Spesifikasi Standar Bina Marga 2025, di mana nilai stabilitas tertinggi dicapai oleh variasi M0R9 (982,35 kg) dan nilai stabilitas terendah pada variasi M3R0 (835,72 kg). Seluruh hasil pengujian tersebut berada di atas batas minimal 800 kg yang disyaratkan oleh Bina Marga, sehingga campuran tersebut dinyatakan layak.



**Grafik 7.** Rekapitulasi *Flow* Campuran dengan Bahan Tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium*

Berdasarkan Grafik 7, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran bahan tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium* telah memenuhi Spesifikasi Standar Bina Marga 2024, di mana nilai *flow* tertinggi dicapai oleh variasi M0R6 (3,55 mm) dan nilai *flow* terendah pada variasi M3R0 (3,19 mm). Seluruh hasil pengujian tersebut berada dalam rentang batasan minimal 2 mm dan maksimal 4 mm yang disyaratkan oleh Bina Marga, sehingga campuran tersebut dinyatakan layak.



**Grafik 8.** Rekapitulasi MQ Campuran dengan Bahan Tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium*

Berdasarkan Grafik 8, dapat disimpulkan bahwa seluruh variasi campuran bahan tambah *Molasses* dan *Resina Colophonium* telah memenuhi Spesifikasi Standar Bina Marga 2025, di mana nilai MQ tertinggi dicapai oleh variasi M3R6 (280,51 kg/mm) dan nilai MQ terendah pada variasi M1R9 (252,35 kg/mm). Seluruh hasil pengujian tersebut berada di atas batas minimal 250 kg/mm yang disyaratkan oleh Bina Marga, sehingga campuran tersebut dinyatakan layak.

### 7. Pengujian Ekstraksi

Pengujian ekstraksi dilakukan untuk mengetahui kadar aspal yang terkandung dalam campuran benda uji setelah melalui proses pencampuran. Tahapan ini krusial untuk memastikan bahwa persentase aspal yang menyelimuti agregat sesuai dengan rencana campuran. Data rinci mengenai hasil ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini:

**Tabel 6.** Pengujian Ekstraksi

No	Pengujian Material	Rumus	Berat		Satuan
			I	II	
A	Berat Cawan		54,6	44,6	gr
B	Berat Aspal+Cawan Sebelum		354,6	344,6	gr
C	Berat Aspal+Cawan Sesudah		339,7	331,8	gr
D	Berat Sebelum Ekstraksi	(B-A)	300	300	gr
E	Berat Sesudah Ekstraksi	(C-A)	285,1	287,2	gr
F	Berat Kertas		3,6	3,4	gr
G	Berat Total Mineral	(C-A-F)	281,5	283,8	gr
H	Berat Aspal dalam Campuran	(D-G)	18,5	16,2	gr

No	Pengujian Material	Rumus	Berat		Satuan
			I	II	
I	Persen Aspal dalam Campuran	$(H/D \times 100)$	6,2	5,4	%
Rata - Rata			5,8		%

Berdasarkan hasil pengujian ekstraksi yang telah dilakukan pada kedua sampel, diperoleh selisih berat rata-rata material sebelum dan sesudah proses ekstraksi yang menunjukkan jumlah aspal yang terpisah dari agregat. Dari hasil perhitungan tersebut, didapatkan nilai kadar aspal rata-rata sebesar 5,8%. Hasil ini menunjukkan bahwa proporsi aspal dalam campuran telah memenuhi spesifikasi yang direncanakan dan memberikan gambaran mengenai efektivitas ikatan antara aspal dengan agregat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penambahan *Molasses* dan *Resina Colophonium* pada campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Campuran (AC-WC) dengan bahan tambah *Molasses* 1% dan *Resina Colophonium* 3% ditetapkan sebagai komposisi terbaik dan paling optimal. Yang ditunjukkan oleh performa efisien dan seimbang dengan stabilitas sebesar 954,44 kg (di atas standar 800 kg) dan nilai *Marshall Quotient* (MQ) sebesar 278,26 kg/mm. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi sedikit *Molasses* dengan *Resina Colophonium* mampu menghasilkan perkerasan yang kaku namun tetap memiliki fleksibilitas yang baik untuk menahan retak.
2. Penambahan *Resina Colophonium* terbukti meningkatkan stabilitas campuran (AC-WC) secara signifikan dibandingkan penambahan *Molasses* yang tinggi. Campuran (AC-WC) ini tetap terjaga kualitasnya dengan nilai VIM dan VMA yang ideal untuk fleksibilitas, serta nilai *flow* (kelelahan plastis) yang stabil sehingga tidak menjadi getas maupun lembek. Selain itu, peningkatan nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada variasi tertentu menunjukkan mampu meningkatkan kekakuan campuran dalam menahan beban lalu lintas tanpa mengurangi elastisitasnya secara berlebihan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amandari Ringka Ninis, Efendy Anwar, & Fariyadin Adiman. (2025). Pengaruh Limbah Bata Ringan sebagai Pengganti Filler Terhadap Karakteristik Uji Marshall Pada Campuran Aspal AC-BC. *Journal Of Social Science Research*, 5(4), 7178–7193. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- Arifin Samsul, Susilowati, Anggitasari Inge, & Dewi Monica. (2025). KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC – WC DENGAN UJI MARSHALL DI KOTA KUALA KAPUAS. *Jurnal Visi Konstruksi Dan Analisis Sipil Aktual*, 1(3), 242–252.

- Arlia Leni, Saleh Sofyan M., & Anggraini Renni. (2018). KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN SUBSTITUSI GONDORUKEM PADA ASPAL PENETRASI 60/70. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Volume 1*(Special Issue), 657–666.
- Azka Cut Nawalul, Saleh Sofyan M., & Sugiarto Sugiarto. (2018). PENGARUH SUBSTITUSI GONDORUKEM PADA ASPAL PENETRASI 60/70 DENGAN MENGGUNAKAN AGREGAT HALUS SABANG TERHADAP STABILITAS MARSHALL. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan I*, (4), 50–60. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v1i1.12455>
- Badan Pusat Statistik. (2025, June 30). *Jumlah Penduduk Pertengahan Tahun (Ribu Jiwa), 2025*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk3NSMy/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun--ribu-jiwa-.html>
- Budianto, M. D. I., & Lubis, Z. (2020). Alternatif Penggunaan Agregat Halus Batu Kapur Mantup Dalam Campuran Aspal Panas Ac-Wc. *Deny Irawan Budianto / Ukarst*, 4(1), 54–68. <https://doi.org/10.30737/ukarst.v4i1>
- Fadilah LW, Khairunnisa Madhu, Sihombing Atmy Verani Rouly, Maulinda Derina, Syahputra Muhammad Rangga, & Situmorang Jhonassen Morientes. (2024). PENGGUNAAN LIMBAH MOLASE SEBAGAI SUBSTITUSI ASPAL PADA BETON ASPAL AC-BC. *Jurnal HJPI (Himpunan Pengembangan Jalan)Indonesia*, 10(2), 97–108.
- Hidayat, T., Widyaningrum, S., Idrus, Y., & Massara, A. (2022). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Bahan Tambah Gondorukem. *JURNAL ILMIAH MAHASISWA TEKNIK SIPIL*, 4, 106–112. <https://mail.jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/JILMATEKS>
- Ilyas, A., & Oktaviani. (2025). *ANALISIS KELAYAKAN PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL AGREGAT KASAR DAN HALUS DARI QUARRY AIR DINGIN SEBAGAI BAHAN PENYUSUN CAMPURAN ASPAL*. 6(4).
- Kementerian PU Ditjen Bina Marga. (2025). *SPESIFIKASI UMUM 2025 UNTUK PEKERJAAN KONSTRUKSI JALAN DAN JEMBATAN*.
- Kurniawan, N. A., Winarto, S., Ridwan, A., Kunci, K., Beton, A., Tebu, T., Quotient, M., & Jalan, K. (2019). PENELITIAN PENAMBAHAN BAHAN LIMBAH TETES TEBU DARI PABRIK GULA MERITJAN PADA CAMPURAN ASPAL BETON. In *JURMATEKS* (Vol. 2, Number 1).
- Kurniawan Wahyu, & Maani Karjuni Dt. (2019). IMPLEMENTASI KEBIJAKAN PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR JALAN DI KECAMATAN TABIR SELATAN KABUPATEN MERANGIN DENGAN MENGGUNAKAN MODEL

- DONALD VAN METTER DAN CARL VAN HORN. *Jurnal Mahasiwa Ilmu Administrasi Publik (JMIAP)*, 1(4), 67–78. <http://jmiap.ppj.unp.ac.id>
- Mahmuda, Tilik Lina Flaviana, Harijadi Soegeng, Ahdi Muhammad Aufa, Qalbi Radean Dharma, & Septian Rizki. (2022). Studi Karakteristik Marshall Pada Aspal Dengan Perbandingan Lateks Pada Lapisan Wearing Course. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 3(2), 26–32. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v3i2.407>
- Purnamasari Eka, Adawiyah Robiatul, Gazali Akhmad, & Bororing Maurin Annisa. (2023). *KOMPARASI ANTARA SIFAT ASPAL KARET DENGAN ASPAL MURNI PADA LAPIS PERKERASAN AC-WC MENGGUNAKAN AGREGAT KALIMANTAN SELATAN*. 738–747.
- Riski, M., Azwansyah, H., & Mukti, E. T. (2025). EFFECT OF NUMBER OF IMPACTS ON THE VOIDS OF AC-WC MIXTURE WITH CEMENT ADDITIVE AS FILLER. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(1), 1859–1870. <https://doi.org/10.26418/jts.v25i1.88874>
- Risman. (2017). ANALISIS PERBANDINGAN BIAYA KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU DAN PERKERASAN LENTUR PADA JALAN KAWASAN INDUSTRI DI BANDUNG. *Jurnal Konstruksia*, 9(1), 77–88.
- Salsabil Zahra Ridhatillah, & Daniya Vieka Halwa. (2025). *ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE (AC- WC) MODIFIKASI RESIN EPOXY DAN SERAT BAJA DRAMIX PADA ASPAL KARET ALAM PADAT PG-70 UNTUK PERKERASAN JALAN* [Skripsi]. UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG.
- SNI 7636:2020. (2020). *GONDORUKEM*.
- Sukarno, E. W. (2022). STUDI KASUS PERBANDINGAN EFISIENSI BIAYA ANTARA PEKERJAAN JALAN PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT) DENGAN PERKERASAN LENTUR (FLEXIBLE PAVEMENT) DI KABUPATEN NGAWI. *Jurnal Impresi Indonesia (JII)*, 1(10). <https://doi.org/10.36418/jii.v1i10.525>
- Syahputra, D., Subagio, B. S., & Hariyadi, E. S. (2020). Laboratory Evaluation of Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) with Crumb Rubber Mixture. *Jurnal Teknik Sipil*, 26(3), 223–230. <https://doi.org/10.5614/jts.2019.26.3.5>
- Ul Azizah, N., Ricardo, C. R. R., Mudiyo, R., & Sulisty, J. A. (2023). *Analisa Asphalt Concrete Wearing Course Modifikasi Dengan Penambahan Resin Epoxy*.