

## Studi Pemanfaatan Zat Resin Epoxy Terhadap Campuran AC-BC

Jhon Wesley <sup>\*1a</sup>, Alpius <sup>\*2</sup>, Elizabeth <sup>\*3</sup>

Submit:  
12 Juni 2024

Review:  
19 Juni 2024

Revised:  
10 Juli 2024

Published :  
5 November  
2024

<sup>\*1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [Jhonwesley037@gmail.com](mailto:Jhonwesley037@gmail.com)

<sup>\*2</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [alpiusnini@gmail.com](mailto:alpiusnini@gmail.com)

<sup>\*3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, [elizabethbongga5173@gmail.com](mailto:elizabethbongga5173@gmail.com)

<sup>a</sup>Corresponding Author: [Jhonwesley037@gmail.com](mailto:Jhonwesley037@gmail.com)

### Abstrak

Jalan adalah sarana transportasi penting yang berkontribusi pada bidang ekonomi dan sosial. Semakin tinggi status sosial masyarakat, semakin banyak orang yang memiliki kendaraan. Campuran AC-BC terletak di salah satu lapisan permukaan perkerasan lentur jalan raya. Untuk meningkatkan kinerja perkerasan, campuran beraspal dapat diubah dengan menambahkan berbagai bahan tambahan. Ini termasuk bahan tambahan kimia, bahan alam, dan limbah sisa. Adapun bahan *additive* yang bisa diaplikasikan adalah *Resin Epoxy*. Maksud dari studi ini ialah agar diketahui pengaruh pemakaian Resin Epoxy terhadap campuran AC - BC menggunakan batu Sungai Cikke'e Kabupaten Soppeng. Metode penelitian ini menunjukkan pengaruh zat *resin epoxy* terhadap campuran AC-BC dengan menggunakan variasi campuran 0%, 5%, 7%, 9%, dan 11%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai Stabilitas dan VFB mengalami peningkatan, dan nilai *Flow*, VIM, dan VMA, mengalami penurunan dengan adanya penambahan *resin epoxy*.

**Kata kunci : Resin Epoxy, AC-BC, Marshall**

### Abstract

*One significant mode of transportation that benefits the social and economic spheres is the road. The higher the social status of society, the more people have vehicles. The AC-BC mixture is located in one of the surface layers of the flexible highway pavement. To improve pavement performance, the asphalt mixture can be changed by adding various additives. This includes chemical additives, natural materials, and residual waste. The additive material that can be applied is Epoxy Resin. This study's goal is to ascertain the impact of employing Epoxy Resin on the AC - BC mixture using Cikke'e River stone, Soppeng Regency. This research method shows the effect of epoxy resin on the AC-BC mixture using mixture variations of 0%, 5%, 7%, 9% and 11%. So it can be concluded that the Stability and VFB values have increased, and the Flow, VIM, and VMA values have decreased with the addition of epoxy resin.*

**Keywords : Epoxy Resin, AC-BC, Marshall**

## PENDAHULUAN

Salah satu sarana transportasi utama yang menghubungkan berbagai wilayah dan memainkan peran penting dalam bidang sosial dan ekonomi adalah sistem jalan raya.

Dibutuhkan lebih dari sekedar menggunakan campuran panas dan bahan-bahan berkualitas tinggi untuk meningkatkan kinerja perkerasan; campuran aspal juga dapat diubah dengan menambahkan bahan tambahan

lain, seperti bahan kimia, bahan alam, dan limbah. Adapun bahan *additive* yang bisa diaplikasikan adalah *Resin Epoxy*, *Resin epoxy* adalah zat yang telah banyak disesuaikan untuk melakukan banyak hal di luar komposit polimer. Ini biasanya diperkuat serat dan digunakan sebagai matriks resin untuk menahan serat. Resin epoxy berfungsi dengan serat penguat, seperti fiberglass, karbon, aramid, dan basal. Namun, dalam dunia industri, resin jenis ini digunakan untuk melekatkan bahan semen dengan mortar, foam yang kaku, dan lantai sampai permukaan berpasir dipadatkan selama proses pengeboran minyak. Sehingga hal inilah yang mendorong pemanfaatan Resin Epoxy sebagai bahan tambah.

Untuk penelitian ini, agregat yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya telah diperiksa karakteristiknya dari Sungai Cikke Kabupaten Soppeng dan didapatkan hasil dari karakteristik campuran, oleh karena itu agar diketahui pengaruh pemakaian *Resin Epoxy* sebagai bahan tambah pada campuran AC - BC, Pada studi ini dilakukan pengujian melalui *Marshall Konvensional* agar mengetahui karakteristik campuran AC – BC dengan penambahan *Resin Epoxy* untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Studi yang dilakukan oleh Darma Sapa', diperoleh jika campuran direndam pada waktu yang lama dengan suhu standar 60 °C, nilai durabilitasnya (keawetan/daya tahan) akan meningkat. Untuk proses merendam 12 sampai 48 jam, nilainya mengikuti spesifikasi, namun untuk proses merendam 60 jam, nilainya kurang dari 90%. Penyebabnya ialah jumlah rongga dan pori-pori yang mengandung udara. Akibatnya, campuran tidak kedap udara dan mudah rusak.[1]. Hasil pemeriksaan laboratorium, menggunakan uji Marshall Konvensional dan Marshall *Immersion*, menunjukkan komposisi campuran Laston AC-WC ideal dengan kadar aspal 5,50%, fraksi agregat kasar 37,2%, fraksi agregat halus 51,4%, dan fraksi pengisi semen 5, 4%. Nilai-nilai yang dijadikan patokan termasuk stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFB, MQ, dan IKS.[2]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa untuk hasil pengujian Marshall Konvensional, Campuran yang menggunakan batu Kali Cikee mempunyai nilai karakteristik *flow*, *stabilitas*, VIM, VMA, dan VFB yang mengikuti standar. Angka SMS saat uji Marshall Immersion adalah 93,7%, dengan KAO 6% memenuhi persyaratan Bina Marga.[3]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kadar aspal AC-BC maksimum yang dapat dicapai dengan mensubstitusi agregat kasar batu laterit adalah 50%, sedangkan nilai kadar aspal optimal adalah 5,48%. Karakteristik Marshall yang dihasilkan dengan metode ini antara lain stabilitas 1980 kg, *flow* 3,95%, VIM 4,96%, VMA 16,42%, VFA 72,07%, dan MQ 510,63 kg/mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-BC yang menggantikan agregat kasar dengan batu laterit memenuhi spesifikasi lapisan aspal AC-BC.[4]. Batu Kali Pappa yang ditemukan di Kecamatan Polong Bangkeng Utara Kabupaten Takalar mengikuti standar aturan yang dibutuhkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar perkerasan jalan. Konsentrasi aspal campuran AC-WC diperoleh sebesar 5,50%, 6,00%, 6,50%, 7,00%, dan 7,50% dengan uji Marshall. SMS sebanyak 94,36%, mengiktui aturan Bina Marga 2018 yakni 90%, dengan kadar aspal ideal 5,50%. [5]. Hasil pengujian laboratorium untuk sifat bahan agregat, aspal, dan semen menunjukkan bahwa komposisi campuran AC-BC mengandung 6,25% semen, 38,05% agregat kasar, dan 50,70% agregat halus. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa VIM, Stabilitas, VMA, VFB, *flow*, dan SMS semuanya sesuai dengan Spesifikasi Jalan.[6]. Dalam penelitian sebelumnya, nilai campuran AC-BC diperoleh pada suhu pencampuran 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150 °C, dan 160 °C, dengan stabilitas 1373,40, *flow* 2,40mm, VIM 3,46 % , VMA 15,27 % , dan FVB 77,33 % . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suhu campuran sangat mempengaruhi nilai parameter Marshall.[7]. Hasil pengujian menunjukkan angka dicampuran AC-BC pada tiap konsentrasi suhu yang dipakai, yakni 120 °C, 130 °C, 140 °C, 150 °C, dan 160 °C. Nilai stabilitasnya adalah 1677,06 hingga 1940,40 kg, *flow* 3,87 hingga 2,92mm, VIM adalah 4,76 hingga 3,35%, VMA adalah 16,41% hingga 15,17%, dan VFB adalah 70,01 % hingga 77,92%. Parameter Marshall adalah suhu campuran.[8]. Uji Marshall campuran AC-BC menemukan IP, IKS, dan Durabilitas. Nilai IP rata-rata untuk panjang serat 3 cm adalah 93,20%, panjang serat 4 cm adalah 93,35%, panjang serat 6 cm adalah 95,81%, dan panjang serat 7 cm adalah 98,92%. [9]. Hasil uji Marshall menunjukkan bahwa hasil dari percobaan ketiga tidak melebihi atau kurang dari spesifikasi, kecuali untuk nilai

VIM yang berubah 45% dan 50% pada kadar aspal optimum 6,5%, masing-masing 5,22% dan 5,35%, sedangkan spesifikasinya adalah 3% hingga 5%. [10]. Beberapa penelitian mengenai penggunaan zat resin epoxy telah dilakukan [11], [12], [13], [14], [15].

## METODOLOGI

### A. Lokasi Pengambilan Material

Lokasi material diambil dari Sungai Cikke'e terletak di Kabupaten Soppeng.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Agregat



Gambar 2. Resin Epoxy

Resin epoxy saat ini tersedia di banyak toko lokal, dengan berbagai pilihan, tetapi telah disesuaikan untuk berbagai tujuan di luar komposit polimer yang diperkuat serat. Epoxy terus dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan industri yang berkembang.

### B. Perancangan Komposisi Campuran AC-BC

Bahan dan material yang digunakan dalam pencampuran aspal yakni:

1. Pemakaian Agregat diperoleh dari Sungai Cikke'e.
2. Aspal Penetrasi 60/70 dipakai sebagai pengikat

3. *Filler* yaitu dari semen.
4. Bahan tambah yaitu Resin Epoxy

### C. Pembuatan Benda Uji Campuran AC-BC

Untuk benda uji, campuran AC-BC dibuat dengan mencampur agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan tambah berupa resin epoxy dalam proporsi tertentu. Campuran ini dilakukan pada suhu tinggi.

Tabel 1. Jumlah benda uji

Kadar Aspal (%)	Kadar Resin Epoxy (%)	AC-BC	
		Jumlah Benda Uji (buah)	
		Pengujian <i>Marshall Konvensional</i>	Pengujian <i>Marshall Immersion</i>
5	0	3	3
	1	3	
	2	3	
	3	3	
	4	3	
Jumlah		18	



Gambar 3. Benda Uji

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Karakteristik Material

Tabel 2. Karakteristik agregat

No	Pengujian	Metode	Spesifikasi Umum Bina Marga 2018		Hasil Penelitian	Keterangan
			Min	Max		
<b>Keausan Agregat</b>						
1	Fraksi A	<i>SNI 2417:2008</i>	-	-	3,82	Memenuhi
	Fraksi B		-	40	4,24	
	Fraksi C		-	-	4,66	
	Fraksi D		-	-	5,86	
<b>Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar</b>						
-						

	Bulk	<i>SNI</i>	2,5	-		2,66	Memenuhi
	SSD	<i>1969:2016</i>	2,5	-		2,68	
2	Apparent		2,5	3	%	2,72	
	Penyerapan		-			0,85	
<hr/>							
Berat Jenis dan							
Penyerapan							
<hr/>							
Agregat Halus							
<hr/>							
	Bulk		2,5	-		2,58	
	SSD	<i>SNI</i>	2,5	- 3	%	2,64	Memenuhi
	Apparent	<i>1970:2016</i>	-			1,32	
	Penyerapan						
<hr/>							
Analisa Saringan							
<hr/>							
	3/4"		90	100		81,84	
	1/2"		75	90		66,90	
	3/8"		66	82		59,61	
3	No.4	<i>SNI ASTM</i>	46	64		43,68	
	No.8	<i>C136:20</i>	30	49		30,71	Memenuhi
	No.16	<i>12</i>	18	38	%	19,81	
	No.30		12	28		12,63	
	No.50		7	20		8,85	
	No.100		5	13		6,06	
	No.200		4	8		4,32	
	PAN		0	0		0	
<hr/>							
4	Uji Agregat Lolos Ayakan No.200	<i>SNI ASTM C117:20 12</i>	-	10	%	1,8	Memenuhi
<hr/>							
Pemeriksaan Kadar Lumpur							
5	<i>Sand Equivalent</i>	<i>SNI 03-4428-1997</i>	50	-	%	95,53	Memenuhi
	Kadar Lumpur		-	5		4,47	
<hr/>							
Partikel Pipih							
	3/4"					4,30	
	1/2"	<i>ASTM D</i>	-	10	%	3,60	
	3/8"	<i>4791-10</i>				4,90	
6	Partikel Lonjong	<i>Perbandingan 1:5</i>					Memenuhi
	3/4"					5,10	
	1/2"		-	10	%	5,70	
	3/8"					5,30	
	1/4"						
<hr/>							
7	Kelekatatan Agregat Terhadap Aspal	<i>SNI 2439-2011</i>	95	-	%	97	Memenuhi



8	Pemeriksaan Berat Jenis Filler	SNI ASTM C136:2012	-	-	%	2,98	Memenuhi
---	--------------------------------	--------------------	---	---	---	------	----------

Tabel 3. Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode	Spesifikasi Bina Marga		Satuan	Hasil Pengujian	Keterangan
		Min	Maks			
Penetrasi pada 25 °c	SNI 2456-2011	60	79	(0,1) mm	65,7	Memenuhi
Daktilitas pada 25 °c	SNI 2432-2011	≥ 100		Cm	150	Memenuhi
Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48		°C	54	Memenuhi
Titik Nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥ 232		°C	290	Memenuhi
Berat Jenis Aspal	SNI 2441-2011	≥ 1,0			1.016	Memenuhi
Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8		%	0.184	Memenuhi
Penetrasi pada TFOT	SNI 2456-2011	≥ 54		% semula	84,47	Memenuhi

## B. Sifat Campuran

### 1. Analisa Terhadap Stabilitas

Kemampuan campuran sebagai penopang terhadap beban lalu lintas dengan tidak memberikan perubahan bentuk disebut stabilitas dan diukur dengan kg.

Tabel 4. Nilai stabilitas

Kadar Resin Epoxy (%)	0	5.0	7.0	9.0	11.0
Stabilitas	1545,93	1638,91	1627,29	1708,65	1801,64
	1569,17	1511,06	1685,41	1731,90	1790,02
	1534,30	1604,04	1720,28	1778,40	1848,14
Rata-Rata	1549,80	1584,67	1677,66	1739,65	1813,27
Persyaratan	Min 1000 (kg)				

Dengan menggunakan kadar aspal 5% untuk variasi Resin Epoxy 0% - 11%, nilai stabilitas sebanyak 1549.80 kg untuk kadar 0%, ketika kadar 5% naik ke 1584,67 kg, 7% juga meningkat sebanyak 1677,66 kg, saat kadar 9% terus meningkat menjadi 1739,65 kg, dan semakin naik ke 1813,27 kg ketika kadar yang dipakai 11%.

### 2. Analisis Untuk VIM (Void In Mixture)

VIM merupakan banyaknya pori-pori yang ditemukan pada beton aspal ketika sudah dipadatkan. Kombinasi tersebut menimbulkan banyak rongga karena angka VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah, sehingga tidak mampu menahan beban berulang. Selain mengurangi jumlah rongga,

penggunaan banyak aspal juga mengubah bentuk plastis campuran, sehingga mempengaruhi kekuatan dan kinerja campuran.

Tabel 5. Nilai VIM

Kadar Resin Epoxy (%)	0	5.0	7.0	9.0	11.0
VIM	4.59	3.85	3.53	3.34	3.18
	4.71	3.97	3.65	3.46	3.30
	4.63	3.89	3.57	3.52	3.22
Rata-Rata	4.65	3.90	3.58	3.44	3.23
Persyaratan	3 - 5 (%)				

Dengan pemakaian kadar aspal 5% untuk variasi Resin Epoxy 0% - 11% untuk campuran AC-BC dihasilkan angka VIM pada komposisi kadar 0% sebanyak 4.65%, saat kadar 5% terjadi penurunan sejumlah 3,90%, ketika 7% mengalami penurunan sebesar 3,58%, untuk variasi 9% memberikan penurunan sebanyak 3,44%, dan saat variasi kadar resin epoxy 11% juga mengalami penurunan sebesar 3,23%.

### 3. Analisis terhadap Flow

Tabel 6. Angka Flow

Kadar Resin Epoxy (%)	0	5.0	7.0	9.0	11.0
Flow	3,50	3,60	3,43	3,33	3,28
	3,75	3,55	3,50	3,35	3,20
	3,60	3,53	3,48	3,25	3,26
Rata-Rata	3,62	3,56	3,47	3,31	3,25
Persyaratan	2 - 4 (mm)				

Pemakaian kadar aspal 5% pada kadar Resin Epoxy 0% - 11% menciptakan nilai *flow* saat kadar 0% menghasilkan nilai sebanyak 3,62 mm, ketika kadar 5% terjadi penurunan sebanyak 3,56 mm, ketika 7% turun ke 3,47 mm, saat 9% menurun hingga 3,31 mm dan saat kadar 11% juga mengalami penurunan ke 3,25 mm.

### 4. Analisa Untuk VMA

Volume pori-pori beton aspal yang sudah mengalami pemadatan, atau VMA, diberikan dalam persentase setelah semua lapisan penutup yang dipadatkan telah hilang.

Tabel 7. Angka VMA

Kadar Resin Epoxy (%)	0	5.0	7.0	9.0	11.0
VMA	16,75	16,03	15,75	15,54	15,39
	16,85	16,14	15,85	15,65	15,50
	16,78	16,07	15,78	15,70	15,43
Rata-Rata	16,80	16,08	15,79	15,63	15,44
Persyaratan	Min 15 (%)				

Pemakaian kadar aspal 5% di variasi Resin Epoxy 0% - 11% menciptakan persentasi VMA ketika kadar 0% sebanyak 16,80%, ketika 5% turun menjadi 16,08%, saat kadar 7% turun ke 15,79%,

saat 9% mengalami penurunan ke 15,63%. Serta kadar 11% pun turun hingga 15,44%.

### 5. Analisis VFB (Void Filled With Bitumen)

Volume rongga yang timbul di agregat yang mengandung aspal efektif. Karena nilai pengisian aspal yang begitu tinggi maka semakin besar pula nilai VFB maka campuran semakin kedap terhadap udara dan air.

Tabel 8. Angka VFB

Kadar Resin Epoxy (%)	0	5.0	7.0	9.0	11.0
VFB	72,75	76,00	77,60	78,49	79,34
	72,03	75,41	76,98	77,86	78,69
	72,40	75,81	77,40	77,55	79,13
Rata-Rata	72,34	75,74	77,32	77,96	79,06
Persyaratan	Min 65 (%)				

Penggunaan kadar aspal 5% di variasi Resin Epoxy 0% - 11% didapatkan angka VFB ketika kadar 0% menghasilkan persentase yakni 72.34%, saat konsentrasi 5% naik ke 75,74%, saat 7% juga naik hingga 77,32%, ketika kadar 9% memperoleh nilai sebanyak 77.96% serta kadar 11% mengalami kenaikan sebanyak 79.06%.

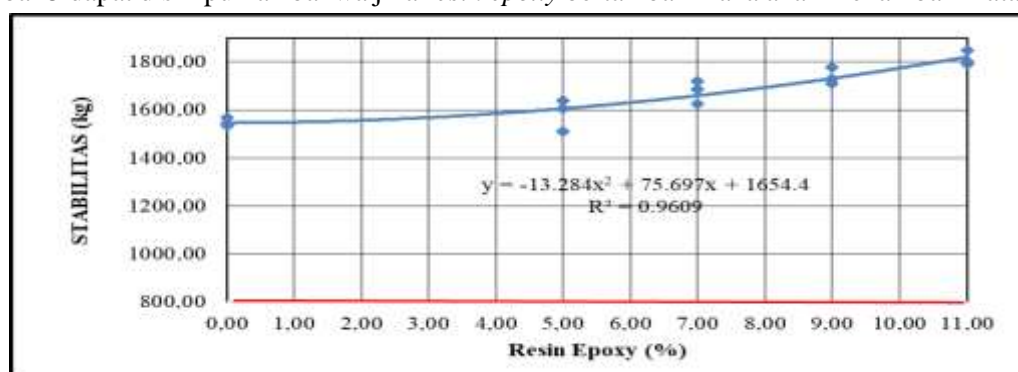
## PEMBAHASAN

### A. Pengaruh Penambahan Resin Epoxy Pada Campuran AC-BC

Menurut data uji menggunakan metode *Marshall Konvensional* dalam pencampuran AC-BC dengan memakai batu Sungai Cikke'e didapatkan:

#### 1. Stabilitas

Dari nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar *resin epoxy* 11% yaitu 1813,27 kg. Berdasarkan Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa jika *resin epoxy* bertambah maka akan menambah ikatan agregat.

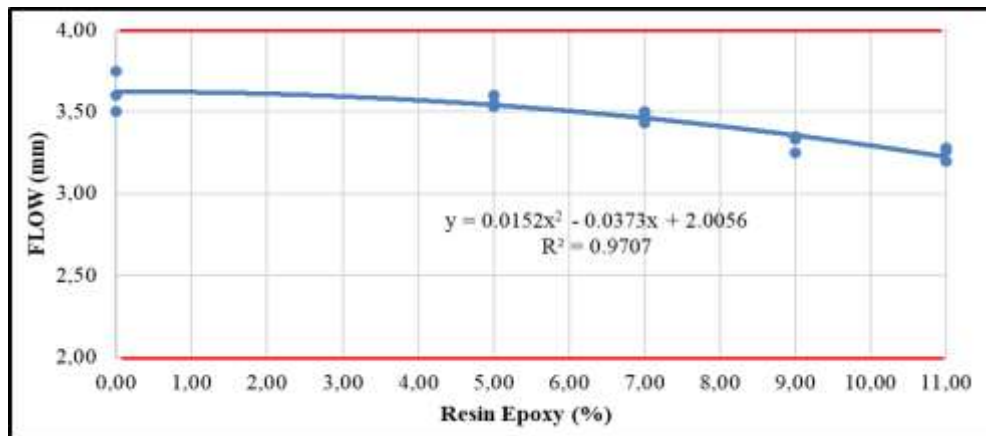


Gambar 5. Hubungan Antara Variasi Resin Epoxy dan Stabilitas Campuran AC-BC

#### 2. Flow

Hasilnya adalah bahwa semakin banyak resin epoxy yang ditambahkan ke campuran aspal, semakin rendah nilai *flow*. Jika nilai *flow* akan meningkat seiring bertambahnya variasi *resin epoxy* yang digunakan dalam campuran.

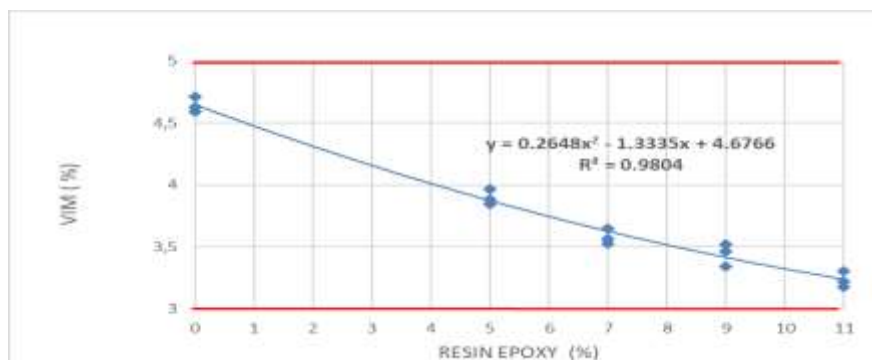




Gambar 6. Hubungan Antara Variasi Resin Epoxy dan Flow Campuran AC-BC

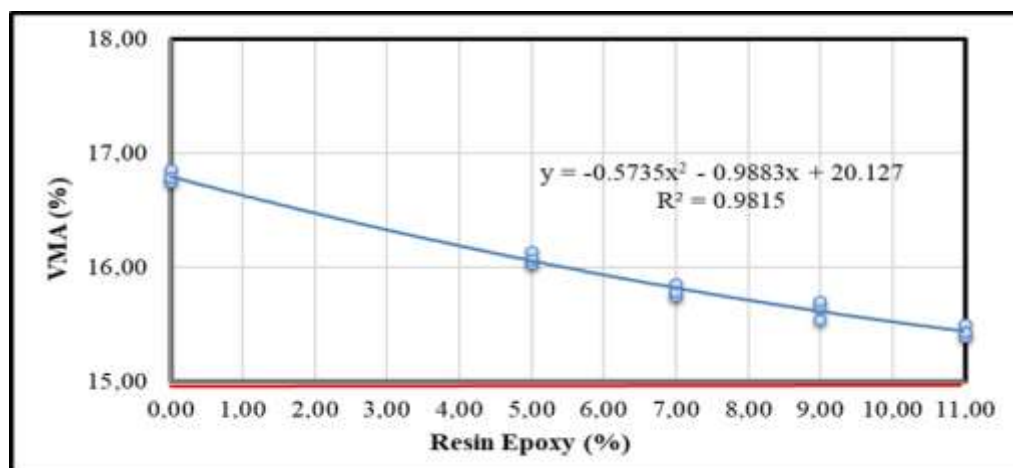
### 3. VIM (Void in Mix)

Semakin banyak resin epoxy yang ditambahkan pada campuran aspal, semakin rendah nilai VIM. Ini berarti semakin banyak bahan tambah yang ditambahkan pada campuran, semakin rendah nilai rongga (VIM), karena aspal itu sendiri akan mengisi rongga.



Gambar 7. Hubungan Antara Variasi Resin Epoxy dan VIM Campuran AC-BC

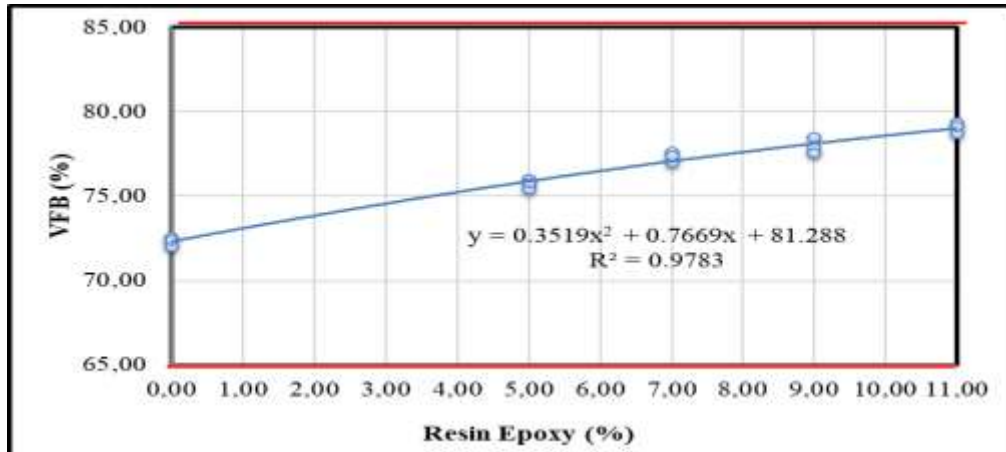
### 4. VMA (Void in Mineral Aggregate)



Gambar 8. Hubungan Antara Resin Epoxy dan VMA Campuran AC-BC

Nilai rongga di antara mineral agregat (VMA) menurun seiring dengan tingkat penambahan resin epoxy pada campuran aspal, yang menunjukkan bahwa nilai VMA menurun seiring dengan tingkat penambahan resin epoxy.

#### 5. VFB (Void Filled With Bitumen)



Gambar 9. Hubungan Antara Variasi Resin Epoxy dan VFB Campuran AC-BC

Nilai VFB meningkat seiring dengan jumlah resin epoxy yang ditambahkan ke campuran aspal. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak bahan tambahan yang digunakan, semakin banyak bahan tambahan yang masuk ke dalam rongga campuran dan menyelimuti campuran aspal.

## KESIMPULAN

Karakteristik agregat dari Sungai Cikke'e Kabupaten Soppeng, karakteristik aspal, dan Resin Epoxy sebagai bahan tambah untuk campuran AC-BC mengikuti aturan Bina Marga 2018 sesuai dengan SNI yang tertulis pada masing-masing pengujian pada tabel 2 dan 3. Semua karakteristik campuran AC-BC dipengaruhi oleh penambahan resin epoxy. Nilai stabilitas dan VFB meningkat, sementara *flow*, VIM, dan VMA menurun.

## REFERENSI

- [1] D. Sapa', Alpius, and C. Kamba, "Durabilitas Campuran AC-BC dengan Menggunakan Batu Gunung Bou Buya Kabupaten Poso," *pcej*, vol. 4, no. 3, pp. 505–513, Nov. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.528.
- [2] E. Faraknimela, M. Selintung, and Alpius, "Penggunaan Styrofoam Sebagai Bahan Tambah Campuran AC-BC Menggunakan Batu Sungai Pucak Kabupaten Maros," *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 687–697, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.557.
- [3] M. A. Lalembang, Alpius, and W. G. Boro, "Karakteristik Campuran Laston BC Menggunakan Batu Sungai Cikkee Kecamatan Lalabata Kabupaten Soppeng," *pcej*, vol. 4, no. 4, pp. 686–696, Dec. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.554.
- [4] A. Putrawirawan, I. Ibayasid, and R. Tristo, "Pemanfaatan Batu Laterit Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar pada campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)," *TEKNIKD*, vol. 10, no. 3, p. 166, Dec. 2022, doi: 10.31293/teknikd.v10i3.6848.

- [5] N. Ro'son, R. Rachman, and Alpius, "Pemanfaatan Batu Sungai Pappa Kecamatan Polong Bangkeng Utara, Kabupaten Takalar Dalam Campuran AC - WC," *pcej*, vol. 5, no. 1, pp. 40–49, Mar. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i1.589.
- [6] W. T. Payung, Alpius, and Elizabeth, "Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Agregat Dalam Campuran AC-BC," *pcej*, vol. 5, no. 3, pp. 467–472, Sep. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i3.710.
- [7] N. Pasambo, Alpius, and L. E. Radjawane, "Pengaruh Temperatur Pencampuran Terhadap Campuran AC-BC Dengan Menggunakan Batu Sungai Seriti," *pcej*, vol. 4, no. 3, pp. 461–471, Oct. 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.522.
- [8] I. Saroan, Alpius, and E. B. Fitriani, "Pengaruh Temperatur Pencampuran Terhadap Campuran Ac-Bc Yang Menggunakan Batu Gunung Kongkang Kesu'," *pcej*, vol. 5, no. 2, pp. 264–274, Jun. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i2.635.
- [9] A. Pareang, Alpius, and B. Tanan, "Pengaruh Variasi Panjang Serat Tebu Sebagai Bahan Tambah Terhadap Indeks Perendaman Campuran AC-BC," *pcej*, vol. 5, no. 1, pp. 185–193, Mar. 2023, doi: 10.52722/pcej.v5i1.612.
- [10] Muh. Imam Wahyudi Azis, H. Hamsyah, and K. Kasmaida, "Uji Experimental Variasi Agregat Halus Pada Campuran Asphalt Ac-Bc," *karajata*, vol. 2, no. 1, pp. 64–72, Jun. 2022, doi: 10.31850/karajata.v2i1.1600.
- [11] Y. Zie, et.al, "Development and optimization of ultimate performance self-levelling epoxy asphalt concrete (USEA) for prefabricated deck pavement," *Construction and Building Materials*, vol. 450, 2024.
- [12] Y. Zhang, et.al, "Research on the segregation and mechanical properties of epoxy asphalt concrete under the condition of train vibration in road-railway bridge," *Construction and Building Materials*, vol. 353, 2022.
- [13] Y. Zhang, et.al, "Impact of train vibration on physical and mechanical properties of epoxy asphalt concrete in the road-railway bridge," *Construction and Building Materials*, vol. 317, 2022.
- [14] Y. Liu, et.al, "Evaluation of epoxy asphalt-based concrete substructure for high-speed railway ballastless track," *Construction and Building Materials*, vol. 162, 2018.
- [15] S. Yang, et.al, "Review of the state-of-the-art techniques for enhancing the toughness of thermosetting epoxy asphalt," *Construction and Building Materials*, vol. 449, 2024.