

ANALISIS ASPHALT WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH KAIN POLYESTER AND RESIN POLYESTER PADA PERKERASAN JALAN

Putri Inna Wahidiyati^{1*}, Siti Nurhafidza Akhmad² & Juny Andry Sulisty³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang

*Corresponding author e-mail: hafizasiti749@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) is the top layer of flexible pavement that directly receives traffic loads and is exposed to extreme weather. The quality of AC-WC is greatly influenced by its mechanical properties and durability. This research aims to analyze the effect of adding polyester fabric waste and polyester resin on the characteristics of the AC-WC mixture. Polyester fabric waste was chosen because it has good tensile strength, wear resistance, and physical properties, while polyester resin is used to increase the adhesion and stability of the mixture. The research was conducted experimentally in a laboratory with variations in the percentage of polyester fabric and polyester resin added. Test specimens were made according to the 2018 General Specifications of Bina Marga and tested using the Marshall method. Parameters measured include stability, flow, Marshall Quotient (MQ), Void in Mix (VIM), and other supporting parameters. The test results show that the addition of polyester fabric waste and polyester resin at certain levels can increase stability and MQ values, and improve the mixture's resistance to plastic deformation and cracking. In conclusion, the utilization of polyester fabric waste combined with polyester resin has the potential to be an environmentally friendly additive alternative to improve the performance of AC-WC, while reducing the negative impact of textile waste on the environment.

Lapisan Permukaan Aspal Beton (AC-WC) adalah lapisan teratas perkerasan lentur yang langsung menerima beban lalu lintas dan terpapar cuaca ekstrem. Kualitas AC-WC sangat dipengaruhi oleh sifat mekanik dan daya tahannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan limbah kain poliester dan resin poliester terhadap karakteristik campuran AC-WC. Limbah kain poliester dipilih karena memiliki kekuatan tarik, ketahanan aus, dan sifat fisik yang baik, sedangkan resin poliester digunakan untuk meningkatkan daya rekat dan stabilitas campuran. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan variasi persentase penambahan limbah kain poliester dan resin poliester. Spesimen uji dibuat sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan diuji menggunakan metode Marshall. Parameter yang diukur meliputi stabilitas, aliran, Marshall Quotient (MQ), Void in Mix (VIM), dan parameter pendukung lainnya. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan limbah kain poliester dan resin poliester pada tingkat tertentu dapat meningkatkan stabilitas dan nilai MQ, serta meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi plastis dan retak. Kesimpulannya, pemanfaatan limbah kain poliester yang dikombinasikan dengan resin poliester berpotensi menjadi alternatif aditif ramah lingkungan untuk meningkatkan kinerja AC-WC, sekaligus mengurangi dampak negatif limbah tekstil terhadap lingkungan.

Keyword :

AC-WC, Marshall test, Polyester Fabric Waste, Polyester Resin, road pavement

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah kain *polyester* yang dipadukan dengan resin *polyester* dalam campuran AC-WC diharapkan mampu meningkatkan stabilitas, ketahanan aus, dan durabilitas perkerasan jalan, sekaligus memberikan solusi pengelolaan limbah yang ramah lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi perkerasan jalan berbasis material ramah lingkungan yang mendukung konsep pembangunan berkelanjutan. Limbah kain *polyester* merupakan salah satu bahan yang potensial dimanfaatkan. *Polyester* memiliki sifat fisik dan kimia yang kuat, tahan lama, serta sulit terurai secara alami, sehingga sering menjadi masalah lingkungan. Sementara itu, resin *polyester* memiliki daya rekat tinggi dan ketahanan yang baik terhadap cuaca, sehingga berpotensi meningkatkan ikatan antar partikel pada campuran aspal.

2. METODOLOGI

a. Tipe dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik UNISSULA. Bahan Material uji dan bahan pengikat menggunakan aspal penetrasi 60/70 dari PT Semarang Multicon Kendal.

b. Bahan dan Variasi Campuran

- *Asphalt* penetrasi 60/70
- Agregat kasar dan halus
- Semen sebagai *filler* dasar
- Limbah Kain *Polyester* (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 9%, 10%, 14% dan 15%)
- Resin *Polyester* (0%, 3%, 6%, 9%, 14% dan 15%)

c. Prosedur Pengujian

- Pengujian karakteristik *asphalt*: penetrasi, titik lembek, daktilitas, viskositas
- Pengujian agregat: abrasi, gradasi, berat jenis, kadar air
- Pembuatan benda uji dengan alat *Marshall*
- Pengujian *Marshall*: Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, VFA, MQ

d. Desain Campuran dan Kadar *Asphalt* Optimal

Kadar *asphalt* optimum ditentukan berdasarkan variasi 4–6% untuk mengetahui kinerja campuran terbaik. Campuran yang diuji mengikuti standar Bina Marga 2018

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Uji Karakteristik Bahan

- Aspal 60/70 menunjukkan nilai penetrasi 66 (0,1 mm), titik leleh 51°C, dan daktilitas >100 cm, memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.
- Agregat kasar dan halus memiliki gradasi dan berat jenis sesuai standar.

b. Analisis

- Dengan penambahan LKP dan RP, diperoleh peningkatan pada stabilitas dan Marshall Quotient.
- Terjadi penurunan pada VIM dan VMA, namun masih dalam rentang aman sehingga memperlihatkan tingkat kepadatan campuran yang lebih baik.
- Kenaikan VFB menunjukkan efektivitas aspal dalam mengisi rongga antar-agregat semakin tinggi.

c. Diskusi

Campuran AC-WC dengan limbah konstruksi menunjukkan potensi besar untuk perkerasan jalan berkinerja tinggi. TCW membantu meningkatkan kekakuan dan kepadatan campuran, sedangkan RBW memberikan kontribusi signifikan pada stabilitas dan daya tahan campuran terhadap deformasi.

d. Ketentuan Untuk Asphalt Keras Pen 60/70

Tabel 1 Ketentuan Untuk Asphalt Keras Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi Pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2.	Viskositas Kinematis 135 °C)	ASTM D2170-10	≥ 300
3.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
4.	Daktilitas Pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
7.	Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
8.	Indeks Penetrasi Pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54

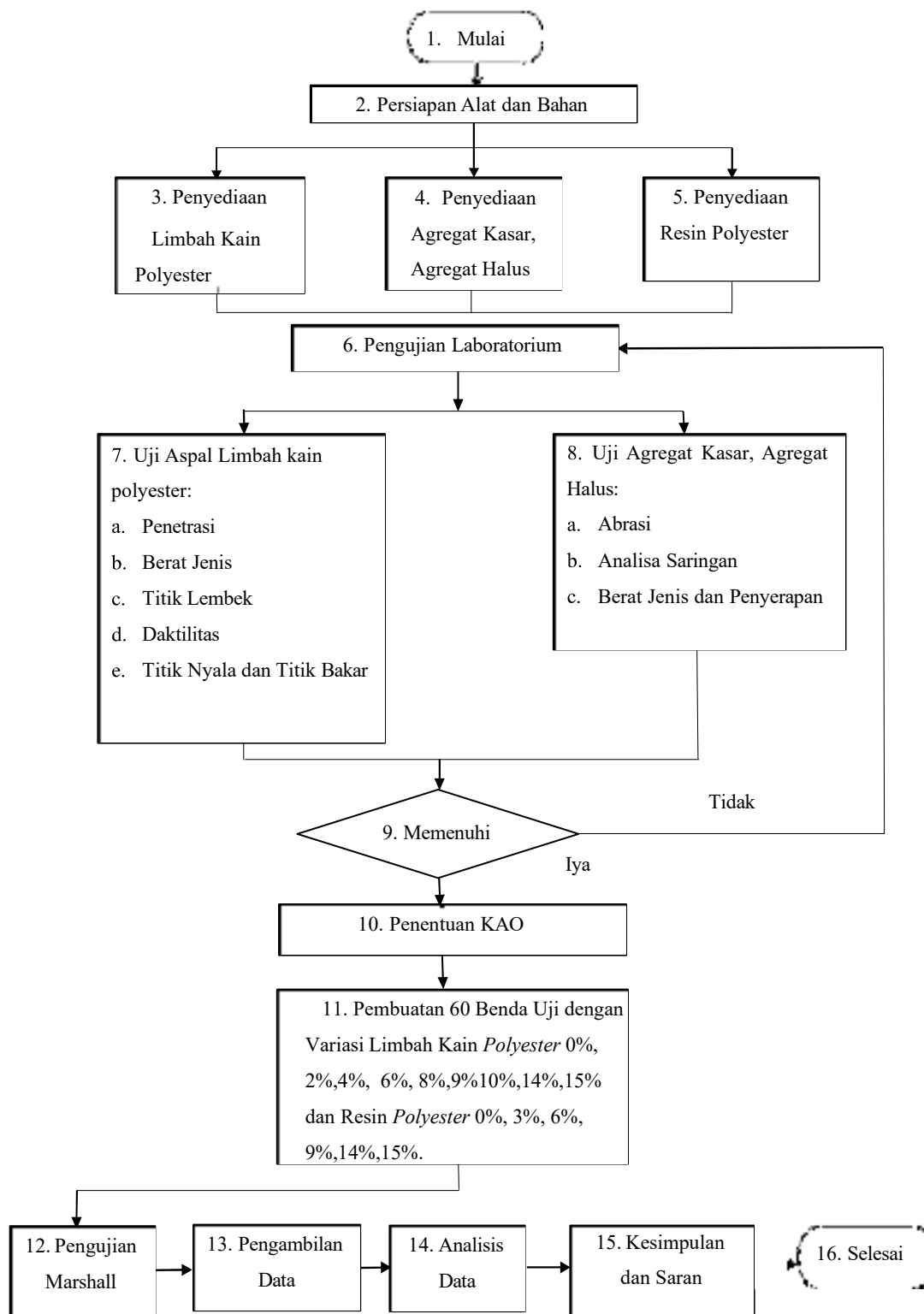
(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Asphalt 6.3.2.5)

e. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Tabel 2 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat – Sifat Campuran		Laston		
		Lapisan Aus	Lapisan Antara	Fondasi
Jumlah Tumbukan Per Bidang		75		112
Rasio Partikal Lolos Ayakan 0,075 mm Dengan Kadar Aspal Efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,6		
Rongga Dalam Campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga Dalam Agregat (VMA)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi <i>Asphalt</i> (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) Setelah Perendaman Selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga Dalam Campuran (%) Pada Kepadatan Membal (Refusal)	Min.	2		

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Asphalt Tabel 6.331c)

f. Bagan Alir**Gambar 1 Bagan Alir Penelitian**

g. Metode Tahapan Analisa

1. Mulai
2. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan
3. Penyediaan Limbah Kain *Polyester*
4. Penyediaan Agregat Kasar dan Agregat Halus
5. Penyediaan Resin *Polyester*
6. Pengujian Laboratorium
7. Uji Limbah Kain *Polyester*
8. Uji Agregat Kasar dan Agregat Halus
9. Uji Aspal Pen 60/70
10. Pengujian Benda Uji Menggunakan Marshall Test
11. Pengambilan Data & Analisis Data
12. Kesimpulan dan Saran
13. Selesai

h. Campuran Asphalt Normal

Tabel 3. Kombinasi Campuran Asphalt Normal

No	Kombinasi	%	Hasil
1.	Abu Batu	40%	480 g
2.	Medium Ageragt	25%	300 g
3.	<i>Coarse</i> Agregat	25%	300 g
4.	Pasir	3%	36 g
5.	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 g
6.	<i>Asphalt</i>	5,8%	69,6
	Jumlah	100%	1200 g
	Total Sampel	3	

i. Hasil Pengujian Asphalt Pen 60/70

Penelitian ini menggunakan material aspal jenis Pen 60/70 yang diuji berdasarkan lima parameter, yaitu penetrasi, titik lembek, titik nyala, massa jenis aspal, dan daktilitas. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menggambarkan karakteristik aspal polimer yang diaplikasikan sebagai bahan campuran pada perkerasan lentur (*flexible pavement*).

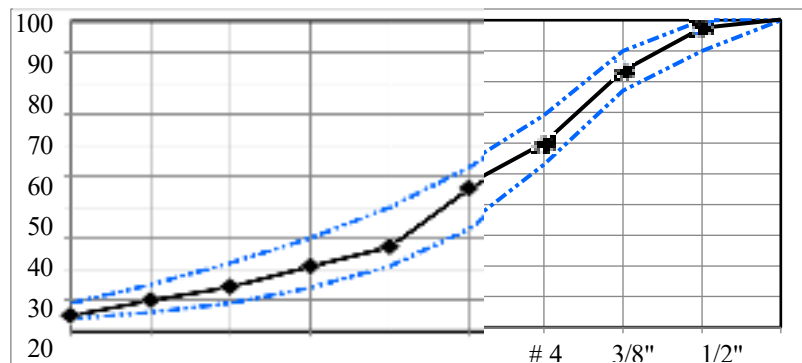
j. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian agregat kasar meliputi uji abrasi Los Angeles, kelekatan terhadap aspal, gradasi, berat jenis (nyata, semu, dan SSD), angularitas, penyerapan air, material lolos saringan No. 200, partikel pipih, serta sand equivalent.

k. Hasil Perhitungan Kombinasi Agregat

Agregat campuran diperoleh dari material yang melewati saringan No. $\frac{3}{4}$ dan tertahan pada saringan No. $\frac{1}{2}$ sampai No. 200, meliputi agregat $\frac{3}{4}$, agregat $\frac{1}{2}$, abu batu, pasir, serta filler semen.

l. Grafik 1. Detail Kombinasi Agregat



m. Pembuatan Benda Uji

Tabel 5. Pembuatan Benda Uji

No	Komposisi	Benda Uji
1	Limbah Kain <i>Polyester</i> 0%+ Resin <i>Polyester</i> 0%	2
2	Limbah Kain <i>Polyester</i> 0%+ Resin <i>Polyester</i> 0%	2
3	Limbah Kain <i>Polyester</i> 0%+ Resin <i>Polyester</i> 0%	2
4	Limbah Kain <i>Polyester</i> 2%+ Resin <i>Polyester</i> 0%	4
5	Limbah Kain <i>Polyester</i> 0%+ Resin <i>Polyester</i> 3%	4
6	Limbah Kain <i>Polyester</i> 4%+ Resin <i>Polyester</i> 0%	4
7	Limbah Kain <i>Polyester</i> 2%+ Resin <i>Polyester</i> 3%	4
8	Limbah Kain <i>Polyester</i> 0%+ Resin <i>Polyester</i> 6%	4
9	Limbah Kain <i>Polyester</i> 4%+ Resin <i>Polyester</i> 6%	4
10	Limbah Kain <i>Polyester</i> 6%+ Resin <i>Polyester</i> 6%	4
11	Limbah Kain <i>Polyester</i> 9%+ Resin <i>Polyester</i> 6%	4
12	Limbah Kain <i>Polyester</i> 8%+ Resin <i>Polyester</i> 9%	4
13	Limbah Kain <i>Polyester</i> 10%+ Resin <i>Polyester</i> 9%	4
14	Limbah Kain <i>Polyester</i> 14%+ Resin <i>Polyester</i> 15%	4
15	Limbah Kain <i>Polyester</i> 15%+ Resin <i>Polyester</i> 14%	4
Total Benda Uji		54

n. Pemeriksaan Berat Jenis Pada Campuran Asphalt Modifikasi GMM

**Tabel 6. Pengujian Berat Jenis Campuran Asphalt
GMM**

No.	modifikasi			Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)									
	Contoh No :			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Berat Botol + Contoh		Grm	1,508	1,508	1,558	1,558	1,638	1,638	1,608	1,608	1,538	1,538
2	Berat Botol		Grm	858	858	858	858	858	858	858	858	858	858
3	Berat Contoh		Grm	650	650	700	700	780	780	750	750	680	680
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kaliberasi		Grm	2299	2300	2450	2442	2472	2480	2380	2368	2425	2419
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)		Grm	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010
6	Berat air		Grm	289	290	440	432	462	470	370	358	415	409
7	Volume contoh		Grm	361	360	260	268	318	310	380	392	265	271
8	Max Specific Gravity (Gmm)		Grm / cc	1.801	1.807	2.694	2.610	2.454	2.518	1.975	1.914	2.568	2.507
9	Temperatur air T °C		Grm	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu		Grm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm)		Grm / cc	1.801	1.807	2.694	2.610	2.454	2.518	1.975	1.914	2.568	2.507
Rata - rata GMM				1.804		2.652		2.486		1.944		2.538	
Variasi Kadar MODIFIKASI %				KROP1		KROP2		KROP3		KROP4		KROP5	

No.	modifikasi			Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)									
	Contoh No :			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Berat Botol + Contoh		Grm	1,579	1,579	1,518	1,518	1,594	1,594	1,478	1,478	1,533	1,533
2	Berat Botol		Grm	858	858	858	858	858	858	858	858	858	858
3	Berat Contoh		Grm	721	721	660	660	735	735	620	620	675	675
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kaliberasi)		Grm	2440	2437	240	2337	2445	2450	2369	2372	2353	2351
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)		Grm	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010
6	Berat air		Grm	430	427	1,770	327	435	440	359	362	343	341
7	Volume contoh		Grm	290	293	2,430	333	300	295	261	258	332	334
8	Max Specific Gravity (Gmm)		Grm / cc	2.481	2.456	0.272	1.983	2.449	2.492	2.379	2.405	2.034	2.021
9	Temperatur air T °C		Grm	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu		Grm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm)		Grm / cc	2.481	2.456	0.272	1.983	2.449	2.492	2.379	2.405	2.034	2.021
Rata - rata GMM				2.469		1.127		2.471		2.392		2.028	
Variasi Kadar MODIFIKASI %				KROP6		KROP7		KROP8		KROP9		KROP10	

No.	modifikasi			Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)									
	Contoh No :			1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	Berat Botol + Contoh		Grm	1,586	1,586	1,546	1,546	1,573	1,573	1,458	1,458	1,553	1,553
2	Berat Botol		Grm	858	858	858	858	858	858	858	858	858	858
3	Berat Contoh		Grm	728	728	688	688	715	715	600	600	695	695
4	Berat Botol + Contoh + Air (batas kaliberasi)		Grm	2380	2365	2380	2374	2450	2446	2352	2348	2441	2445
5	Berat botol + Air (batas kaliberasi)		Grm	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010	2,010
6	Berat air		Grm	370	355	370	364	440	436	342	339	431	435
7	Volume contoh		Grm	358	373	318	324	275	279	258	261	264	260
8	Max Specific Gravity (Gmm)		Grm / cc	2.035	1.954	2.165	2.125	2.602	2.565	2.327	2.295	2.633	2.675
9	Temperatur air T °C		Grm	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
10	Koreksi suhu		Grm	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Max Specific Gravity (Gmm)		Grm / cc	2.035	1.954	2.165	2.125	2.602	2.565	2.327	2.295	2.633	2.675
Rata - rata GMM				1.994		2.145		2.583		2.311		2.654	
Variasi Kadar MODIFIKASI %				KROP11		KROP12		KROP13		KROP14		KROP15	

Pada Pemeriksaan berat jenis campuran asphalt modifikasi memiliki 15 variasi Limbah Kain *Polyester* dan Resin *Polyester* dengan hasil berat jenis rata-rata asphalt adalah 2,240 gr/cc

o. Rekap Semua Benda Uji Pada Marshall Test Semua Variasi Tambah Tabel

7. Rekap Benda Uji Sampel Marshall test Semua Variasi

VARIASI	STABILITAS	FLOW	VIM	VMA	VFB	MQ
Kain Polyester 0% Resin Polyester 0% 1	1879.10	6.20	20.58	10.59	-10.92	306.12
Kain Polyester 0% Resin Polyester 0% (2)	17677.84	15.97	15.97	20.11	20.65	240.75
Kain Polyester 0% Resin Polyester 0% (3)	1653.40	4.96	6.21	16.41	72.63	334.02
Kain Polyester 2% Resin Polyester 0%	1903.83	6.43	14.57	17.17	14.57	310.49
Kain Polyester 0% Resin Polyester 3%	1545.30	7.66	11.79	19.75	40.57	227.19

VARIASI	STABILITAS	FLOW	VIM	VMA	VFB	MQ
Kain Polyester 0% Resin Polyester 0% 1	1879.10	6.20	20.58	10.59	-10.92	306.12
Kain Polyester 0% Resin Polyester 0% (2)	17677.84	15.97	15.97	20.11	20.65	240.75
Kain Polyester 0% Resin Polyester 0% (3)	1653.40	4.96	6.21	16.41	72.63	334.02
Kain Polyester 2% Resin Polyester 0%	1903.83	6.43	14.57	17.17	14.57	310.49
Kain Polyester 0% Resin Polyester 3%	1545.30	7.66	11.79	19.75	40.57	227.19

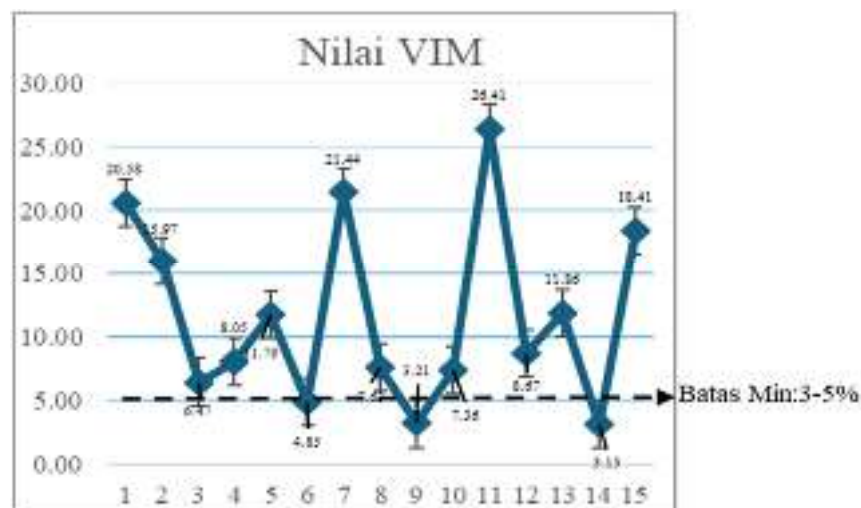
VARIASI	STABILITAS	FLOW	VIM	VMA	VFB	MQ
Kain Polyester 9% Resin Polyester 6%	1891.46	3.80	26.41	0.31	143.60	509.66
Kain Polyester 8% Resin Polyester 9%	1681.30	5.03	8.67	15.77	42.91	337.40
Kain Polyester 10% Resin Polyester 9%	2151.08	5.48	11.86	18.38	35.65	440.16
Kain Polyester 14% Resin Polyester 15%	2596.13	4.95	3.15	19.75	84.59	545.92
Kain Polyester 15% Resin Polyester 14%	1532.95	7.30	18.41	22.37	17.77	235.27

p. Jumlah Sampel Variasi Kain *Polyester* dan Resin *Polyester*

Tabel 8. Jumlah Sampel Variasi Kain *Polyester* dan Resin *Polyester*

NO	Agg Batu 3/4"		Agg Batu 1/2"		Abu Batu		Pasir		Edisi		Aspal		Kain Polyester		Resin Polyester		Total Agg		Jumlah Sampel
	gr	%	gr	%	Gc	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	Gc	%	
KROP 1	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	0	0	0	0	1200	100	2
KROP 2	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	0	0	0	0	1200	100	2
KROP 3	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	0	0	0	0	1200	100	2
KROP 4	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	1,392	2	0	0	1201,392	101	4
KROP 5	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	0	0	2,088	3	1202,088	102	4
KROP 6	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	2,784	4	0	0	1202,784	103	4
KROP 7	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	1,392	2	2,088	3	1203,48	103	4
KROP 8	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	0	0	4,176	6	1204,176	104	4
KROP 9	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	2,784	4	4,176	6	1206,924	106	4
KROP 10	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	4,176	6	4,176	6	1208,352	108	4
KROP 11	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	6,264	9	4,176	6	1210,438	110	4
KROP 12	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	5,568	8	6,264	9	1211,834	111	4
KROP 13	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	6,96	10	6,264	9	1213,224	113	4
KROP 14	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	9,744	14	10,44	15	1,220,184	120	4
KROP 15	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	10,44	15	9,744	14	1,220,184	120	4
Total Benda Uji Menggunakan Bahan Tambah																			54
Benda Uji KAO Variasi 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%																			
Total Benda Uji KAO																			15
TOTAL KESELURUHAN BENDA UJI																			69

q. Rekapitulasi Nilai VIM Semua Variasi Bahan Tambah

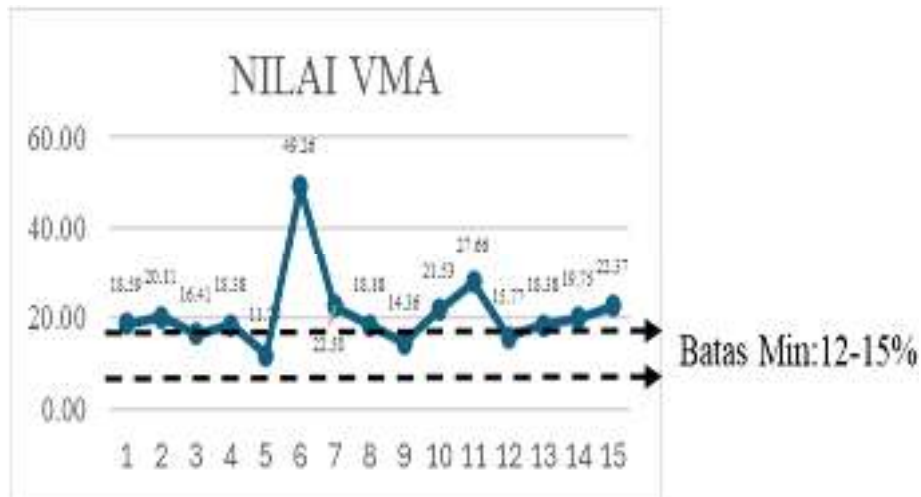


Grafik 2. Rekap Nilai VIM Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 2** Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 6 terkait dengan campuran aspal modifikasi, Nilai VIM harus berada di antara 3 – 5% sehingga hasil

perhitungan VIM yang tertera pada grafik di atas dianggap telah memenuhi syarat

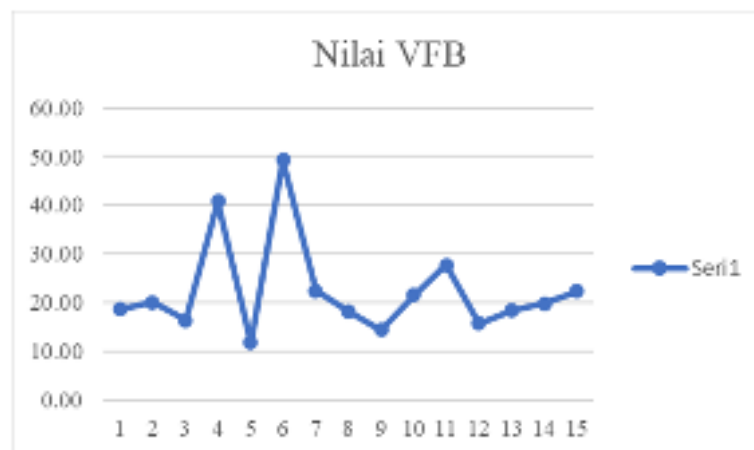
r. Rekapitulasi Nilai VMA Semua Variasi Bahan Tambah



Grafik 3 Rekapitulasi Nilai VMA Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 3** Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 6 terkait dengan campuran aspal modifikasi, Nilai VMA harus berada di antara 12,8%-15% sehingga hasil perhitungan VMA yang tertera pada grafik di atas dianggap telah memenuhi syarat tersebut dengan Nilai FVB tertinggi. Sedangkan Nilai VMA terendah.

s. Rekap Nilai VFB Semua Variasi Bahan Tambah



Grafik 4 Rekap Nilai VFB Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 4** Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 6 terkait dengan campuran aspal modifikasi, Nilai FVB harus berada di antara 65-75%. sehingga hasil perhitungan FVB yang tertera pada grafik di atas dianggap telah memenuhi syarat

tersebut dengan Nilai FVB tertinggi. Sedangkan Nilai FVB terendah.

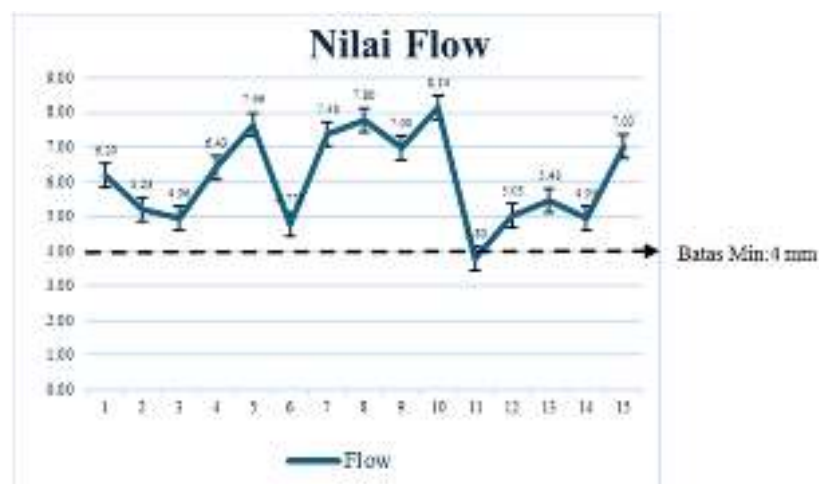
t. Rekap Nilai Stabilitas Semua Variasi Bahan Tambah



Grafik 5 Rekap Nilai Stabilitas Semua Variasi bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 5** diatas rekap nilai Stabilitas dari hasil uji *Marshall* dengan kode variasi AS0L6 tidak lolos dan untuk sampel sayng lain memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga dengan nilai minimum 800 kg.

u. Rekap Nilai Flow Semua Variasi Bahan Tambah

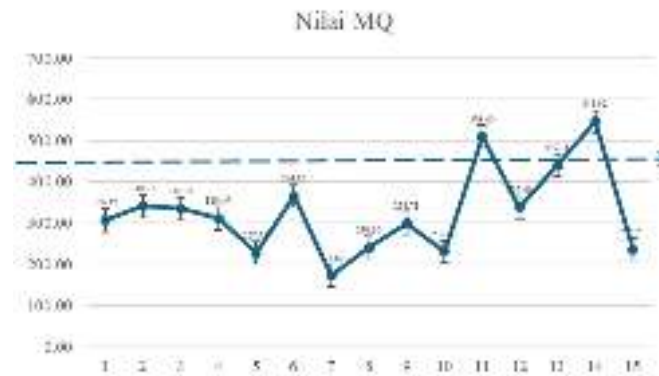


Grafik 6 Rekap Nilai Flow Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 6** Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 6 terkait dengan campuran aspal modifikasi, Nilai *Flow* harus berada di antara 2 - 4 mm

sehingga hasil perhitungan *Flow* yang tertera pada grafik di atas dianggap telah memenuhi syarat tersebut dengan Nilai *Flow* tertinggi. Sedangkan Nilai *Flow* terendah.

v. Rekap Nilai MQ Semua Variasi Bahan Tambah



Grafik 7 Rekap Nilai MQ Semua Variasi Bahan Tambah

Berdasarkan **Grafik 7** diatas rekap nilai MQ dari hasil uji *Marshall* semua variasi *asphalt* telah mencukupi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

hasil penelitian dan analisis data. Berdasarkan tujuan penelitian maka kesimpulan yang didapatkan antara lain:

1. Penelitian yang menggunakan *Job Mix Design* dengan Modifikasi komposisi nilai karakteristik yang memenuhi syarat untuk $VMA > 15\%$ pada semua *Kain Polyester* kadar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 9%, 10%, 14% dan 15% untuk *Resin Polyester* dengan kadar 0%, 3%, 6%, 9%, 14% dan 15%. $VFB > 65\%$ dan VIM 3,5% - 5,5%. Yang menunjukkan bahwa seluruh hasil penelitian tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan dalam Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi ke-2, sehingga formulasi tersebut layak untuk diterapkan pada konstruksi perkerasan jalan.
2. Berdasarkan pengujian *Marshall* yang telah dilakukan, didapati bahwa parameter seperti *Void in Mineral Aggregate* (VIM), *Void in the Mix* (VMA), dan stabilitas tertinggi masing-masing diperoleh pada kombinasi *Kain Polyester* 3,15% dan *Resin Polyester* 3,15%, dengan nilai berturut-turut sebesar 3,15%, 35,96%, dan 1151,9 kg. Sedangkan nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) dan *flow* tertinggi ditemukan pada variasi *Kain Polyester* 9% dan *Resin Polyester* 6%, yaitu masing-masing sebesar 86,70% dan 3,80mm.

Saran :

Setelah peneliti melakukan penelitian, adalah beberapa saran yang peneliti sampaikan untuk dipertimbangkan dalam penelitian selanjutnya:

1. Gunakan variasi persentase limbah kain polyester dan resin polyester yang lebih beragam dan sistematis untuk menemukan titik optimum karakteristik Marshall.
2. Buat prosedur standar pengolahan limbah kain polyester agar campuran aspal konsisten dan bermutu.
3. Sertakan analisis ekonomi untuk menilai biaya dan efisiensi campuran dengan limbah.
4. Evaluasi dampak lingkungan dan potensi penerapan teknologi dalam konsep pembangunan berkelanjutan.
5. Lakukan pengujian tambahan selain Marshall Test, seperti permeabilitas, ketahanan friksi, dan uji perendaman.
6. Lanjutkan uji coba ke skala lapangan untuk mengetahui kinerja nyata campuran AC-WC.
7. Pertahankan kondisi lokasi penelitian agar proses berjalan kondusif.
8. Pastikan penumbukan benda uji menggunakan mesin atau manual dilakukan dengan akurat agar kepadatan maksimal tercapai.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang atas kesempatan dan fasilitas yang telah disediakan untuk pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Dr. Ir. Juny Andry Suilstyo, S.T., M.T. atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian, serta atas masukan-masukan berharga pada setiap tahapnya. Selain itu, penulis berterima kasih kepada para dosen dan rekan-rekan yang selalu memberikan dukungan dan semangat, serta kepada kepala laboratorium yang telah menyediakan fasilitas dan peralatan yang sangat membantu dalam pelaksanaan eksperimen serta analisis data.

Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, sekaligus mendukung pembangunan infrastruktur di Indonesia.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, I., & Al-Hadidy, A. I. (2012). The effect of waste plastic on asphalt concrete mixture properties. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 12(10), 1–5.
- Anwar, A., & Mulyadi, M. (2019). Analisis pengaruh penambahan limbah plastik terhadap kinerja campuran aspal AC-WC. *Jurnal Teknik Sipil*, 26(3), 157–164.
- ASTM International. (2015). ASTM D6927-15: Standard test method for Marshall stability and flow of asphalt mixtures. ASTM International.
- Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan. Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Fakhri, M., & Hosseini, S. A. (2016). Laboratory evaluation of rutting performance of hot mix asphalt containing waste polyester fiber. *Construction and Building Materials*, 111, 796–803.
- Gawande, A., Zamre, G. S., Renge, V. C., & Tayde, S. (2012). Utilization of waste plastic in asphalt concrete mixture as modifier. *Scientific Reviews & Chemical Communications*, 2(2), 147–157.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). Perancangan perkerasan jalan dan penanganan kerusakan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haryanto, B., & Wahyudi, E. (2020). Pengaruh serat polyester terhadap sifat mekanik campuran AC-WC. *Jurnal Infrastruktur*, 6(2), 101–110.
- WEARING COURSE." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil TRANSUKMA* 5.2 (2023): 148- 155.
- Bakarbessy, Dominggus, and Yohanis Y. Pattireuw. "Pemanfaatan Abu Bata Merah Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Aspal Beton (Laston)." *Jurnal Portal Sipil* 8.1 (2019): 72-85.
- Aziz, Shidqul. *Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah Bata Merah Sebagai Filler Pada Beton Aspal AC–WC*. Diss. ITN MALANG, 2017.
- Haurissa, Prita, et al. "Pengaruh Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)." *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil (JIMATS)* 4.01 (2025): 044-051.
- Sumampouw, Gerry Kurniawan. *Penggunaan Limbah Bata Merah sebagai Subtitusi Filler pada Campuran Aspal AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)*. Diss. Universitas Fajar, 2023.

- Misbah, Misbah, et al. "Pengaruh Penambahan Limbah Batu Bata Merah Bukittinggi Sebagai Filler Pada Campuran Ac-Wc Dengan Pengujian Marshall." *Jurnal Teknologi Dan Vokasi* 1.2 (2023): 46-52.
- Samodera, Satria Arung Bangun, et al. "Penelitian Penambahan Serbuk Bata Merah Dan Pasir Brantas Pada Aspal Beton." *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 2.2 (2019): 256-266.
- Rosuli, Muhammad Fajar, Agustin Dita Lestari, and Akhmad Suryadi. "PENGARUH LIMBAH BATA MERAH SEBAGAI FILLER PADA LASTON AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN." *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)* 5.4 (2024): 175-184.
- Poerwodihardjo, F. Eddy, and Citra Pradipta Hudoyo. "Penggunaan Serbuk Batu Bata Merah Sebagai Filler Campuran Aspal AC-WC, Pengganti Semen dan Abu Batu dengan Marshall Test." *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual* 9.2 (2024): 479-487.
- Husada, Kalima. "Penggunaan Limbah Batu Bata Merah sebagai Bahan Tambah Filler pada Campuran Aspal terhadap Nilai Stabilitas Marshall." (2023).
- Wibowo, Agus, Yulis Widhiastuti, and Antonius Andi Tjandra. "Pemanfaatan Serbuk Bata Merah Untuk Campuran Aspal Beton Ac-Wc Terhadap."
- Aminuddin, Moch, and Agata Iwan Candra. "Job Mix Laston (AC-BC) Menggunakan Bubuk Gypsum Dan Abu Bata Merah." *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil* 1.2 (2018): 325-336.
- Archenita, Dwina. "Kinerja Marshall Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Serbuk Bata Merah Recycling Sebagai Substitusi Filler." *Andalas Civil Engineering (ACE) Conference*. Vol. 8. 2023.
- Azitama, Fadhan Dio. "Penggunaan Bata Ringan Pecah Sebagai Filler Agregat Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Terhadap Karakteristik Marshall." *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil* 8.1 (2025): 27-31.
- Adi, Ari Sasmoko, and Musrifah Tohir. "Stabilitas Campuran Aspal Beton (Laston) Dengan Bahan Tambah Abu Kayu Hasil Pembakaran Batu Bata." *Kurva S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil* 9.3 (2021): 166-172.
- Pongsinaran, Kurniawan Barana. *Pemanfaatan Abu Tongkol Jagung Sebagai Bahan Filler Pada Perkerasan AC-BC*. Diss. Universitas Fajar, 2022.

Siagian, Ilmil Munawwarah. *Analisis Uji Durabilitas Campuran Aspal AC-WC Dengan Variasi Waktu Perendaman dan Menggunakan Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit*. Diss. Universitas Medan Area, 2021.