

PENGARUH SUBSTITUSI PLASTIK PET PADA PASIR TERHADAP CAMPURAN AC-BC MENGGUNAKAN UJI MARSHALL

Imam Taufiq Hidayat^{1,*}, Qomariah², Sugeng Riyanto³

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: imamtaufiqhidayat23@gmail.com¹, qomariah@polinema.ac.id², sugeng.riyanto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Peningkatan Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang berlebih dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan, pemanfaatan PET sebagai substitusi sebagian pasir memiliki peluang untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan khususnya lapis laston AC-BC. Lapis AC-BC merupakan lapisan yang berada diantara lapis pondasi dan lapis aus. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui nilai kadar PET optimum sebagai substitusi pasir terhadap karakteristik Marshall campuran AC-BC dengan metode eksperimen laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Aspal dan Jalan Politeknik Negeri Malang dengan jumlah benda uji sebanyak 27, dimana 15 benda uji dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% untuk menentukan KAO dan 12 benda uji variasi substitusi PET sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% terhadap pasir tertahan saringan 2,36 mm menggunakan teknik pencampuran kering (*dry mix*). Dari hasil pengujian didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,25%. Variasi PET optimum diperoleh pada kadar 2%, dengan nilai stabilitas sebesar 1414,08 kg, VIM 3,71%, VMA 16,06%, VFA 77,58%, MQ 751 kg/mm, dan *flow* 2,05 mm yang seluruhnya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Estimasi biaya campuran AC-BC dengan substitusi PET 2% sebesar Rp2.557.832 per ton.

Kata kunci : AC-BC; PET; uji marshall

ABSTRACT

Excessive use of polyethylene terephthalate (PET) plastic can lead to environmental problems, however, using PET as a partial substitute for sand offers the potential to improve the quality of road pavements, particularly the AC-BC base course. The AC-BC course is the layer located between the subbase and the wearing course. The objective of this study is to determine the optimal PET content as a sand substitute for the Marshall characteristics of AC-BC mixtures using a laboratory experimental method conducted at the Asphalt and Road Laboratory of the Malang State Polytechnic with a total of 27 test specimens, where 15 test specimens with asphalt content variations of 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, and 7% to determine the Optimum Asphalt Content (OAC), and 12 test specimens with PET substitution variations of 0%, 2%, 4%, and 6% for the 2.36 mm sieve-retained sand using the dry mix technique. The test results yielded an Optimum Asphalt Content (OAC) of 6.25%. The optimum PET content was found to be 2%, with stability of 1414.08 kg, VIM of 3.71%, VMA of 16.06%, VFA of 77.58%, MQ of 751 kg/mm, and flow of 2.05 mm, all of which meet the 2018 General Specifications of the Ministry of Public Works and Public Housing. The estimated cost of the AC-BC mixture with 2% PET substitution is Rp2,557,832 per ton.

Keywords : AC-BC; PET; marshall test

1. PENDAHULUAN

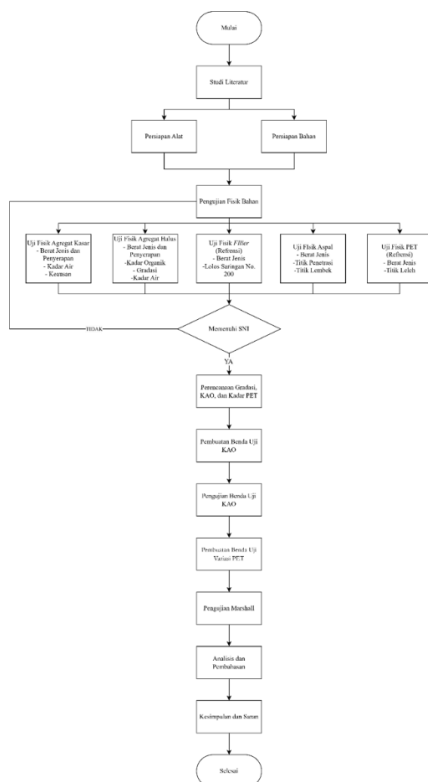
Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktivitas manusia, permasalahan sampah merupakan isu yang serius karena berpotensi mencemari lingkungan. Salah satu plastik yang banyak ditemui adalah *Polyethylene Terephthalate* (PET), yang digunakan sebagai kemasan minuman mineral. Oleh karena itu, perlu adanya

inovasi dalam pemanfaatan plastik PET. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan adalah pemanfaatan plastik PET sebagai bahan substitusi pada campuran aspal modifikasi yang dapat meningkatkan kualitas aspal. Menurut Mouwlaka, Sa'adillah & Pandulu (2024), plastik PET umum digunakan sebagai bahan membuat galon dan kemasan air mineral. Pemanfaatan campuran plastik PET pada lapisan

AC-BC dapat meningkatkan stabilitas dari aspal konvensional serta upaya pengurangan masalah lingkungan [1]. Menurut Dinatha et al., (2023), biji plastik merupakan bahan baku plastik yang berasal dari residu pengolahan minyak bumi yang dicampur bahan kimia. Berdasarkan data, Indonesia menghasilkan sampah plastik per tahun sekitar 7,2 juta ton [2]. Seiring perkembangan zaman pertumbuhan penduduk akan meningkat sangat pesat. Oleh sebab itu akses transportasi akan mengalami lonjakan yang signifikan. Sehingga harus dilakukannya peningkatan dari segi keamanan, kekuatan, dan kenyamanan. Dengan meningkatnya kualitas jalan maka mobilisasi masyarakat akan berjalan sebagai mana mestinya. Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji potensi PET sebagai bahan tambah atau substitusi dalam campuran aspal, dengan temuan bahwa PET dapat meningkatkan stabilitas, kekakuan, dan ketahanan campuran terhadap air. Penelitian Ortiz-Viñán & Verdesoto (2025), menunjukkan bahwa substitusi agregat halus dapat mempengaruhi karakteristik marshall [3].

2. METODE PELAKSANAAN

Metode penelitian dilakukan dengan pengujian laboratorium yang berlokasi di Laboratorium Mekanika Tanah dan Jalan Politeknik Negeri Malang. Adapun beberapa tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini disajikan pada diagram alir berikut ini:



Gambar 1. Diagram Alir

Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Pengujian sifat fisik agregat kasar dilakukan untuk mengetahui apakah sifat fisik dari agregat halus memenuhi spesifikasi untuk digunakan pada penelitian

1. Berat jenis dan penyerapan dilakukan untuk mengetahui nilai dari berat jenis dan penyerapan dari agregat kasar yang akan digunakan.
2. Kadar air dilakukan untuk mengetahui berat air yang terkandung dalam agregat kasar.
3. Keausan dilakukan dengan tujuan untuk menentukan kekuatan dari agregat kasar dengan menggunakan mesin Los Angeles.
4. Gradasi dilakukan agar dapat mengetahui pembagian ukuran agregat pada setiap saringan atau ayakan.

Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Pengujian sifat fisik agregat halus dilakukan untuk mengetahui apakah sifat fisik dari agregat halus memenuhi spesifikasi untuk digunakan pada penelitian.

1. Berat jenis dan penyerapan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui berat jenis dan penyerapan dari agregat halus yang akan digunakan.
2. Kadar air bertujuan untuk mengetahui berat air yang terkandung dalam agregat halus.
3. Kadar organik pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bahan organik yang terkandung didalam agregat halus.
4. Gradasi pengujian yang memiliki tujuan untuk mengetahui ukuran agregat pada setiap ayakan.

Pengujian Sifat Fisik Aspal

Pengujian sifat fisik aspal dilakukan untuk mengetahui apakah aspal memenuhi spesifikasi untuk digunakan dalam penelitian.

1. Berat jenis dilakukan untuk mengetahui berat jenis dari aspal yang akan digunakan.
2. Penetrasi dilakukan dengan tujuan mengetahui penetrasi dari aspal dengan menggunakan jarum penetrasi.
3. Titik lembek pengujian yang memiliki tujuan untuk mengetahui titik lembek dengan bola baja diatas cincin yang terisi aspal.

Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran dilakukan untuk menentukan agregat kasar (%), agregat halus (%), *filler* (%) dan aspal yang akan digunakan dalam campuran.

Tabel 1. Amplop Gradasi

Saringan (mm)	Saringan (No.)	Batas Bawah	Batas Atas
A	B	C	
25	1"	100	- 100
19	3/4"	90	- 100
12.5	1/2"	75	- 90
9.5	3/8"	66	- 82
4.75	No. 4	46	- 64
2.36	No. 8	30	- 49
1.18	No. 16	18	- 38
0.6	No. 30	12	- 28
0.3	No. 50	7	- 20
0.15	No. 100	5	- 13
0.075	No. 200	4	- 8

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018

Perencanaan Kadar Aspal

Setelah didapatkan komposisi campuran dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*, dilanjutkan dengan perhitungan kadar aspal rencana.

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + k \quad (1)$$

Keterangan:

P_b = Kadar Aspal Rencana (%)

CA = Agregat Kasar (%)

FA = Agregat Halus (%)

FF = *Filler* (%)

K = konstanta (0,5-1,0)

Setelah perhitungan P_b didapatkan yang kemudian digunakan sebagai kadar tengah untuk dihitung dengan angka konstanta.

Pembuatan Benda Uji

Setelah didapatkan kebutuhan bahan dan kebutuhan aspal, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji.

1. Pemanasan agregat
2. Pemanasan aspal
3. Pencampuran
4. Pemadatan
5. Pemadatan sebanyak 75 kali

Perhitungan Volumetrik

Setelah pembuatan benda uji selesai dilanjutkan perhitungan volumetrik untuk mengetahui tebal, diameter, berat kering, berat terendam dan berat SSD dari benda uji.

1. Pengukuran tebal benda uji
2. Pengukuran diameter benda uji
3. Penimbangan berat benda uji kering

4. Penimbangan berat benda uji terendam

5. Penimbangan berat benda uji SSD

Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik marshall dari campuran benda uji yang telah dibuat dan dihitung volumetrik.

Estimasi Biaya

Setelah dilakukannya perencanaan benda uji, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji, selanjutnya dilakukan perhitungan estimasi biaya yang mengacu pada ASHP lapisan aspal beton apabila diterapkannya campuran Laston AC-BC.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan membahas tentang hasil pengujian yang meliputi analisa sifat fisik agregat kasar, sifat fisik agregat halus, sifat fisik aspal, pengujian marshall KAO dan pengujian marshall variasi.

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Pengujian sifat fisik agregat kasar meliputi berat jenis, penyerapan, kadar air dan keausan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Pengujian	Hasil	Persyaratan	Metode Pengujian
Berat Jenis			
-Bulk	2,678	Min 2,5	
-Apparent	2,818	Min 2,5	SNI 1969-2016
-JPK/SSD	2,728	Min 2,5	
Penyerapan	1.84	Max 3%	
Kadar Air	1,5	1% - 5%	SNI 1971:2011
Keausan	20,4	Max 40%	SNI 2417-2008

Sumber: Pengujian Penelitian

Menurut **Tabel 2.** Mutu material agregat kasar yang diuji memenuhi syarat untuk digunakan pada perkerasan Laston AC-BC.

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Pengujian sifat fisik agregat kasar meliputi berat jenis, penyerapan, kadar air dan kadar organik.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Pengujian	Hasil	Persyaratan	Metode Pengujian
Berat Jenis			
-Bulk	2,641	Min 2,5	
-Apparent	2,687	Min 2,5	SNI 1970-2016
-JPK/SSD	2,658	Min 2,5	
Penyerapan	0.645	Max 3%	

Kadar Air	6,74	2% - 8%	SNI 1971:2011
Keausan	1	1 - 3	SNI 03-2816-2014

Sumber: Pengujian Peneliti

Menurut **Tabel 3**. Mutu material agregat halus yang diuji memenuhi syarat untuk digunakan pada perkerasan Laston AC-BC.

Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Pengujian sifat fisik aspal meliputi berat jenis, penetrasi dan titik lembek.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Pengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan	Metode Pengujian
Penetrasi, 25°C	62,143	60 - 70	SNI 2456-2011
Titik Lembek, °C	49	48°C - 58°C	SNI 2434:2011
Berat Jenis	1,035	1,0	SNI 2441:2011

Sumber: Pengujian Peneliti

Menurut **Tabel 4**. Mutu material aspal yang diuji memenuhi syarat untuk digunakan pada perkerasan Laston AC-BC.

Perhitungan Perencanaan Campuran KAO

Setelah dilakukannya pengujian sifat fisik agregat dan aspal, dilanjutkan dengan perhitungan kebutuhan bahan dan kebutuhan aspal.

Tabel 5. Perencanaan Campuran

Material	Variasi Kadar Aspal				
	5%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
Aggregat Kasar (gr)	456	453,6	451,2	448,8	446,4
Aggregat Halus (gr)	615,6	612,36	609,12	605,88	602,64
Filler (gr)	68,4	68,04	67,68	67,32	66,96
Total Agregat (gr)	1140	1134	1128	1122	1116
Aspal (gr)	60,0	6,0	72,0	78,0	84,0
Berat Benda Uji (gr)	1200	1200	1200	1200	1200
Benda Uji - Aspal (gr)	1140,0	1134,0	1128,0	1122,0	1116,0
Benda Uji + Aspal (gr)	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

Sumber: Perhitungan Peneliti

Setelah didapatkan komposisi campuran pada **Tabel 5**, selanjutnya dilakukan pencampuran benda uji yang kemudian dilakukan pengujian marshall untuk memperoleh nilai karakteristik marshall.

Hasil Pengujian KAO

Dilanjutkan dengan pengujian benda uji KAO untuk mendapatkan kadar aspal optimum yang akan digunakan sebagai kadar non substitusi dan variasi.

Tabel 6. Hasil Pengujian Parameter Marshall KAO

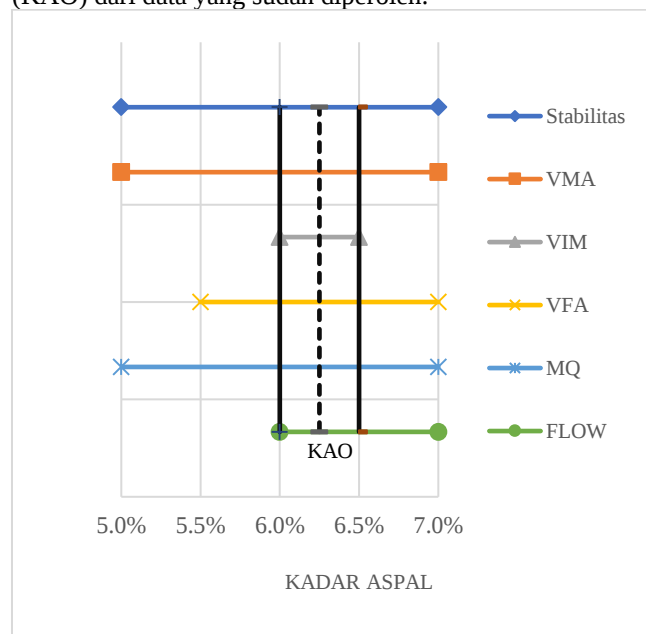
Karakteristik	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)				
		5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
Stabilitas (kg)	Min. 800	1514,57	1340,89	1294,62	1338,69	1436,53
VIM (%)	3,0 - 5,0	9,01	6,15	3,73	3,57	2,20
VMA (%)	Min. 14	18,37	16,77	15,60	16,40	15,43
VFA (%)	Min. 65	51,35	64,98	76,54	79,44	86,32
Flow (mm)	2,0 - 4,0	2,03	1,62	2,34	2,00	2,20
MQ (kg/mm)	Min. 250	751,22	827,89	568,08	688,49	654,65

Sumber: Pengujian Peneliti

Berdasarkan **Tabel 6** didapatkan hasil dari pengujian benda uji KAO yang selanjutnya akan ditentukan kadar aspal terpilih.

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Menurut **Tabel 6** dapat diketahui nilai karakteristik Marshall. Selanjutnya menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari data yang sudah diperoleh.



Gambar 2. Grafik Kadar Aspal Terpilih

Setelah didapatkan grafik sesuai **Gambar 2** dapat ditentukan kadar aspal terpilih yaitu 6,25%.

Perencanaan Campuran Substitusi PET

Setelah didapatkan kadar aspal terpilih sebesar 6,25% digunakan sebagai kadar campuran normal, langkah selanjutnya membuat benda uji substitusi variasi plastik PET dengan kadar rencana 0%, 2%, 4% dan 6%

Tabel 7. Perencanaan Campuran Variasi PET

Material	Kadar PET			
	0%	2%	4%	6%
Aggregat Kasar (gr)	450	450	450	450
Aggregat Halus (gr)	607.5	601.88	596.25	590.63
Filler (gr)	67.5	67.5	67.5	67.5
Total Agregat (gr)	1125	1119.4	1113.8	1108.1
Aspal (gr)	75	75.0	75.0	75.0
PET (gr)	0	5.6	11.3	16.9
Berat Benda Uji (gr)	1200	1200.0	1200.0	1200.0
Berat Benda Uji - PET (gr)	1200.0	1194.4	1188.8	1183.1

Berat Benda Uji + PET (gr)	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0
----------------------------	--------	--------	--------	--------

Sumber: Perhitungan Peneliti

Hasil Pengujian Variasi PET

Pengujian variasi substitusi PET dilakukan dengan 4 variasi kadar yaitu 0%, 2%, 4% dan 6% sebagai substitusi sebagian pasir yang tertahan di saringan 2,36mm

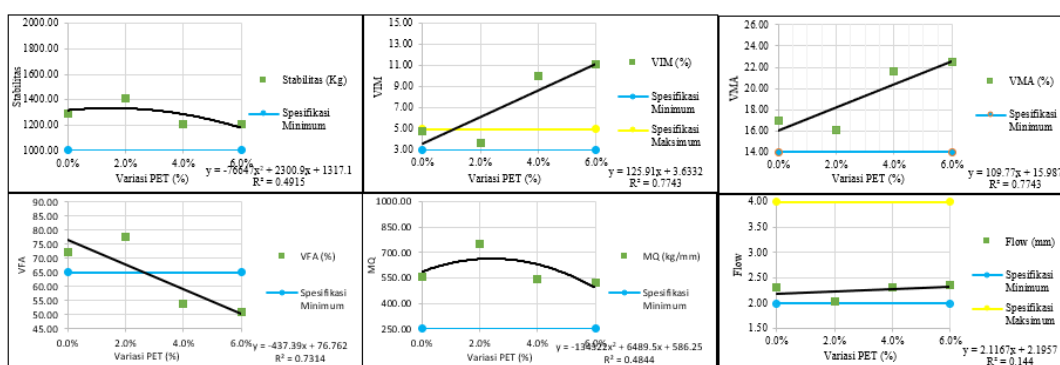
Tabel 8. Hasil Pengujian Parameter Marshall Variasi PET

Karakteristik	Spesifikasi	Kadar Aspal (%)			
		0%	2%	4%	6%
Stabilitas (kg)	Min. 1000	1289.85	1414.08	1204.81	1206.41
VIM (%)	3,0 - 5,0	4.80	3.71	10.06	11.07
VMA (%)	Min. 14	17.00	16.06	21.59	22.47
VFA (%)	Min. 65	72.14	77.58	54.01	50.83
Flow (mm)	2,0 - 4,0	2.31	2.05	2.31	2.37
MQ (kg/mm)	Min. 250	556.64	751.14	542.08	521.67

Sumber: Pengujian Peneliti

Grafik Hubungan Karakteristik Marshall

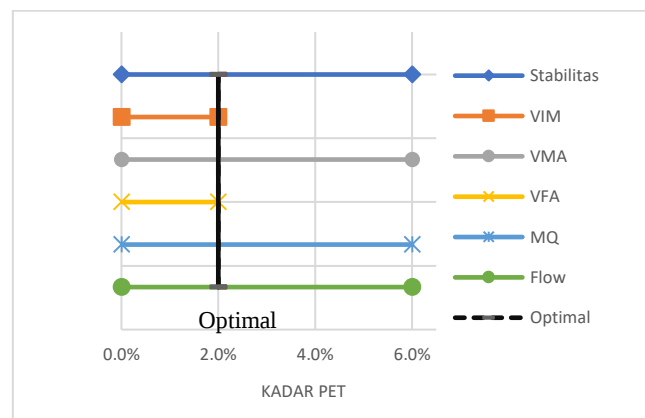
Berikut adalah grafik hubungan antara kadar variasi PET 0%, 2%, 4% dan 6%.



Gambar 3. Grafik Hubungan Karakteristik Marshall

Kadar Optimal Variasi PET

Setelah mendapatkan data dari pengujian marshall pada variasi PET, dapat ditarik grafik untuk menentukan kadar substitusi PET paling optimal.



Gambar 4. Kadar Optimal variasi PET

Berdasarkan **Gambar 3** dapat ditentukan kadar PET yang paling optimal yaitu berada di variasi substitusi PET 2%.

Perhitungan Estimasi Biaya

Perhitungan estimasi biaya mengacu pada AHSP sebagai rencana anggaran biaya apabila diterapkan pada pembuatan Laston AC-BC

Berdasarkan **Gambar 4** perhitungan estimasi biaya kadar PET optimal 2% diperoleh biaya Rp 2.557.832 per Ton.

PROYEK	:	Skripsi Bahan dan Jalan
NAMA PAKET	:	Analisa Biaya Variasi PET 2%
PROP/KAB/KODYA	:	Kota Malang
JENIS PEKERJAAN	:	Laston Lapis Antara (AC-BC)
SATUAN PEMBAYARAN	:	Ton
PERKIRAAN VOL. PEK.	:	1,00
TOTAL HARGA (Rp)	:	Rp 2,557,832
% THD. BIAYA PROYEK	:	0,01

NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A. TENAGA					
1	Pekerja	Jam	0.2008	Rp21,263	Rp4,270
2	Mandor	Jam	0.0201	Rp29,154	Rp585
Jumlah					Rp4,855
B. BAHAN					
1	Agregat Kasar	m3	0.3113	Rp355,276	Rp110,590
2	Agregat Halus	m3	0.3992	Rp368,692	Rp147,178
3	Abu Batu	Kg	57.63	Rp1,667	Rp96,069
4	Aspal	Kg	59.976	Rp16,374	Rp982,047
5	PET	Kg	26.2	Rp23,000	Rp602,600
Jumlah					Rp1,938,484
C. PERALATAN					
1	Wheel Loader	Jam	0.0128	Rp626,316	Rp8,029
2	AMP	Jam	0.0201	Rp13,748,400	Rp276,072
3	Genset	Jam	0.0201	Rp763,800	Rp15,337
4	Dump Truck	Jam	0.0652	Rp947,112	Rp61,790
5	Asp. Finisher	Jam	0.0083	Rp1,323,920	Rp11,008
6	Tandem Roller	Jam	0.0067	Rp611,040	Rp4,092
7	P. Tyre Roller	Jam	0.0092	Rp611,040	Rp5,634
Jumlah					Rp381,963
D. JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN, DAN PERALATAN (A + B + C)					Rp2,325,302
E. OVERHEAD & PROFIT (10,0 % × D)					Rp232,530
F. HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					Rp2,557,832

Gambar 5. Estimasi Biaya Kadar PET Optimal

4. KESIMPULAN

1. Didapatkan nilai KAO sebesar 6,25%. Nilai *Marshall* Stabilitas pada kadar 6,25% memenuhi dengan nilai stabilitas minimum 1000 kg. Nilai VIM pada kadar 6,25% memenuhi nilai spesifikasi VIM 3%-5%. Nilai VMA pada kadar 6,25% memenuhi nilai VMA minimum 14%. Nilai VFA pada kadar 6,25% memenuhi dengan nilai VFA minimum 65%. Nilai *Flow* pada kadar 6,25% memenuhi dengan nilai spesifikasi *Flow* 2 mm - 4 mm. Nilai MQ pada kadar 6,25% nilai MQ memenuhi dengan nilai MQ minimum 250 kg/mm.
2. Pengujian *Marshall* substitusi plastik PET dengan variasi 0%, 2%, 4% dan 6%, didapatkan kadar variasi optimal yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 adalah 2% yang memperoleh nilai stabilitas 1414,08 kg atau naik 29,28% dari nilai

minimum 1000 kg, nilai VIM 3,71% atau turun 34,70% dari nilai maksimum 5%, nilai VMA 16,06% atau naik 12,81% dari nilai minimum 14%, nilai VFA 77,58% atau naik 16,21% dari nilai minimum 65%, nilai MQ 751 kg/mm atau naik 66,72% dari nilai minimum 250 kg/mm dan nilai *Flow* 2,05 mm atau turun 95,44% dari nilai maksimum 4%.

3. Analisis biaya pada variasi PET 0% didapatkan biaya sebesar Rp 1.898.276. Pada variasi PET 2% didapatkan biaya sebesar Rp 2.557.832. Pada variasi PET 4% didapatkan biaya sebesar Rp 3.217.388. dan variasi PET 6% didapatkan biaya sebesar Rp 3.876.944. Sehingga dapat disimpulkan selisih biaya antara variasi PET 0% dan variasi PET 2% sebesar Rp 659.556.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Ortiz-Viñán and J. Verdesoto, "Hot Mix Asphalt Behavior with Recycled PET and Crumb Rubber as Aggregate Substitutions," in Proceedings of the World Congress on New Technologies, Avestia Publishing, 2025. doi: 10.11159/icceia25.171.
- 2) Mouwlaka, sa'adillah, and Pandulu, "PENGARUH PENGISIAN RONGGA CAMPURAN ASPAL PORUS MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK PET (POLYETHYLENE TEREHPHTHALATE)," vol. 8, no. 1, pp. 30–39, 2024.
- 3) N. M. Dinatha et al., "PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK MELALUI KREATIVITAS PRODUK ECOBRICK," Jurnal Abdimas Ilmiah Citra Bakti, vol. 4, no. 4, pp. 875–883, Dec. 2023, doi: 10.38048/jailcb.v4i4.2251.
- 4) Spesifikasi Umum Bina Marga. (2018).
- 5) SPESIFIKASI UMUM 2018. KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDRAL BINA MARGA.
- 6) SNI 2417-2008. (2008). SNI 2417-2008 Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. www.bsn.go.id
- 7) SNI 1971:2011. (2011). SNI 1971:2011 Cara uji kadar air total agregat dengan pengeringan. www.bsn.go.id
- 8) SNI 2456-2011. (2011). SNI 2456-2011 Cara uji penetrasi aspal. www.bsn.go.id
- 9) SNI 2434:2011. (2011). SNI 2434:2011 Cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (ring and ball). www.bsn.go.id
- 10) SNI 2441:2011. (2011). SNI 2441:2011 Cara uji berat jenis aspal keras. www.bsn.go.id

- 11) SNI 03-2816-2014. (2014). SNI 03-2816-2014 Metode uji bahan organik dalam agregat halus untuk beton. www.bsn.go.id
- 12) SNI 1969-2016. (2016). SNI 1969-2016 Metode uji berat jenis dan penyerapan agregat kasar. www.bsn.go.id
- 13) SNI 1970-2016. (2016). SNI 1970-2016 Metode uji berat jenis dan penyerapan agregat halus. www.bsn.go.id