



Terbit online pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

SAINSTEK

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Pengaruh Penggunaan Limbah *Polyethylene Terephthalate* (PET) Terhadap Karakteristik Marshall pada Campuran AC-BC

Puspa Ningrum^a, Doni Rinaldi Basri^{b*}, Jeni Oki^c

^{a,b,c}Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurrah, Jl. Riau Ujung No.73, Pekanbaru 28292, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 30 Mei 2024

Revisi Akhir: 28 Juni 2024

Diterbitkan Online: 29 Juni 2024

KATA KUNCI

Polyethylene Terephthalate

Waste

Marshall

AC-BC

KORESPONDENSI

Telepon: +62 852-7809-9280

E-mail: doni.rinaldi@univrab.ac.id

ABSTRACT

Nowadays, the presence of plastic waste is increasing. This is because the use of plastic as a material for packaging food and drinks has not yet been replaced. This is why researchers are concerned about the accumulation of polyethylene terephthalate (PET) plastic waste at the location of road construction projects which originates from workers' daily consumption of food and drinks. So it is felt necessary to use PET plastic waste as an additional or substitute material for asphalt mixtures that is environmentally friendly and economical, because PET plastic contains polymers that are elastomers. In this research, various levels of PET plastic waste were used: 0%, 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%. The research results concluded that the use of 4.5% PET plastic waste in the AC-BC mixture had Marshall characteristic values that requirements. The optimum asphalt content value is 5.7% with Marshall properties including a stability value of 1,235.1 Kg, a flow value of 3.03 mm, 409.41 Kg/mm of Marshall Qoutient (MQ) value, 15, 62% of VMA, 72.19% of VFA, dan 4.34% of VIM.

1. PENDAHULUAN

Berawal dari latar belakang munculnya keresahan peneliti terhadap penumpukan sampah limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) dilokasi kegiatan proyek pembangunan jalan yang berasal dari konsumsi makanan dan minuman sehari-hari para pekerja di proyek, sehingga menimbulkan rasa tidak nyaman dan tentunya membuat lingkungan sekitar kegiatan proyek menjadi tercemar. Realitanya, saat ini keberadaan limbah plastik semakin meningkat. Hal ini dikarenakan penggunaan plastik sebagai bahan untuk kemasan makanan dan minuman hingga saat ini belum tergantikan. Berdasarkan hasil penelitian *World Bank* disebutkan bahwa Indonesia menempati urutan terbesar kedua setelah Cina sebagai negara penghasil sampah plastik [1]. Diperkirakan butuh waktu sekitar 450 tahun untuk dapat menguraikan plastik

jenis PET, dimana jenis plastik ini hanya dapat digunakan sekali saja dan tidak dipakai berulang kali [2].

Selanjutnya, berdasarkan data Badan Pusat Statistik 2018 yang dikutip [3], Indonesia diperkirakan menghasilkan 64 juta ton sampah setiap tahunnya, dimana dari 1,29 juta ton yang berakhir di laut, hanya 7% yang dikelola, sedangkan 69% tetap berada di TPS. Ironisnya, 24% sisanya terbengkalai dan itu termasuk limbah plastik PET. Oleh karena itu diperlukan pemanfaatan limbah plastik di sektor lain, misalnya sebagai bahan tambah atau bahan pengganti pada campuran aspal yang dapat menjadi alternatif dari pengolahan limbah plastik PET.

Dewasa ini, para peneliti telah banyak melakukan penelitian tentang penggunaan limbah plastik pada campuran beton karena lebih mudah untuk didesain, daripada untuk campuran aspal yang memerlukan beberapa pengukuran parameter. Penggunaan limbah

plastik sebagai bahan pengganti agregat halus dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan dan lentur [4]. Sedangkan untuk penambahan limbah plastik dalam campuran aspal memberikan pengaruh pada peningkatan nilai stabilitas dan kekakuannya [5].

Berdasarkan uraian diatas, dirasa perlu untuk melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah plastik PET sebagai bahan tambah pada campuran aspal yang ramah lingkungan serta dianggap ekonomis. Plastik PET mengdandung polimer yang bersifat *plastomer* dan tentunya sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan tambah perkerasan jalan [6].

Berbagai penelitian telah dilakukan dengan menggunakan plastik PET sebagai bahan tambah pada campuran beraspal untuk meningkatkan mutu perkerasan jalan. Diantaranya yaitu [7] melakukan penelitian dengan menggunakan serat *Polyethylene Terephthalate* sebanyak 0,4% pada campuran aspal AC-BC yang menghasilkan nilai stabilitas *marshall* yang mencapai nilai maksimum pada kadar aspal 5,5%. Selanjutnya [8] melakukan studi eksperimental menggunakan limbah plastik dari tiga jenis yang berbeda yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE), dan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dengan masing-masing kadarnya 4% memperoleh kesimpulan bahwa penggunaan limbah plastik PET pada nilai KAO 5,7% memiliki hasil yang cenderung memenuhi persyaratan spesifikasi umum Bina Marga untuk dijadikan bahan tambah dalam campuran aspal. Selain itu, penelitian menggunakan limbah plastik PET pada campuran laston AC-WC juga telah dilakukan [9] dimana menghasilkan peningkatan pada nilai stabilitas dan *flow*, sedangkan untuk nilai VIM dan VMA mengalami penurunan pada penambahan PET sebesar 5% dengan nilai KAO 6,5%.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini digunakan kadar variasi limbah plastik PET : 0%, 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% sesuai dengan rujukan para peneliti terdahulu, namun dengan menggunakan bahan material berbeda. Diharapkan nantinya hasil penelitian ini menjadi alternatif bahan material perkerasan jalan yang berkualitas dan ramah lingkungan namun tetap ekonomis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Laston Lapis Antara (AC-BC)

Laston Lapis antara (*Asphalt Concrete - Binder Course* atau AC-BC) adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapis aus (*wearing course*) dan di atas lapis pondasi (*base course*). Lapisan ini berfungsi untuk mengikat lapis pondasi dan lapis aus, serta menahan beban lalu lintas yang cukup berat. Tebal nominal minimum untuk lapisan AC-BC adalah 6 cm [10].

2.2. Plastik Polyethylene Terephthalate

Plastik adalah jenis makro molekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (*monomer*) melalui proses kimia menjadi molekul besar (polimer atau makro molekul) [11]. Secara umum dikenal beberapa jenis plastik yang sering digunakan, yaitu:

1. HDPE (*High Density Polyethylene*) umumnya digunakan untuk kemasan botol susu cair, botol obat, dan botol kosmetik.
2. LDPE (*Low Density Polyethylene*) digunakan untuk tutup plastik, pembungkus daging, dan berbagai jenis plastik tipis.
3. HAL (*Polypropylene*) digunakan untuk pembuatan mainan anak-anak dan wadah plastik.
4. PS (*Polystyrene*) digunakan untuk pembuatan sendok dan garpu plastik, tempat makan plastik transparan.
5. Vinyl (*Polyvinyl Chloride*)
6. PET (*Polyethylene Terephthalate*) digunakan untuk pembuatan botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, dan botol kosmetik sekali pakai.

PET merupakan polimer yang jernih dan kuat bersifat sebagai penahan gas dan kelembaban. PET adalah film yang lunak, transparan, dan *fleksibel* mempunyai kekuatan bentur dan sobek yang baik, sehingga sangat mudah untuk didaur ulang. Untuk proses pemanasan pada suhu 110°C plastik jenis ini akan menjadi lunak atau cair. Berdasarkan sifat permeabilitas yang rendah dan sifat mekanik yang baik plastik ini mempunyai ketebalan 0,001 sampai dengan 0,01 inci. Plastik PET mempunyai berat jenis 1,38 g/cm³ (20°C), titik leleh 160°C-260°C, modulus elastisitas 2800-3100 Mpa, kuat tarik 55-75 Mpa dan batas elastisitas 50-15%. Berdasarkan karakteristik yang dimiliki oleh plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) pengolahan yang paling tepat adalah dengan teknik pemanasan karena tipe plastik ini dapat dibentuk kembali dengan mudah dan diproses menjadi bentuk lain [12]. Plastik dengan bahan PET dapat digunakan untuk semua jenis botol minuman. Plastik PET mempunyai ciri-ciri berwarna jernih atau transparan.

2.3. Metode Marshall

Metode *Marshall* adalah metode yang digunakan untuk menguji stabilitas dan kelelahan (*flow*) dari campuran aspal. Metode ini juga menganalisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Ditemukan oleh Bruce Marshall, metode ini telah terstandarisasi oleh ASTM dan AASHTO melalui beberapa modifikasi, termasuk ASTM D 1559-76 dan AASHTO T-245-901.

Pengujian *Marshall* sangat penting dalam industri jalan raya karena memastikan campuran aspal memiliki kualitas yang baik dan dapat bertahan lama. Metode ini membantu menentukan komposisi yang tepat untuk mencapai kualitas yang diinginkan. Alat yang digunakan dalam pengujian *Marshall* termasuk alat tekan dengan *proving ring* berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 yang dimaksud dengan karakteristik volumetrik campuran beraspal adalah dilihat dari nilai VIM, VMA dan VFB. Sedangkan untuk karakteristik *Marshall* adalah nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ).

3. METODOLOGI

Penelitian ini bersifat eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil Universitas Abdurrah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik *marshall* pada campuran lapisan AC-BC dengan menggunakan limbah plastik PET sebagai bahan pengganti sebagian aspal. Langkah awal dimulai dengan studi literatur peneliti terdahulu sebagai rujukan dalam melakukan penelitian.

Adapun bahan material dalam penelitian ini yaitu agregat kasar, agregat halus, aspal penetrasi 60/70, dan limbah plastik PET. Untuk limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) diperoleh dari penumpukan sampah dilokasi kegiatan proyek pembangunan perkerasan jalan yang dihasilkan dari konsumsi makanan dan minuman sehari-hari para pekerja saat bekerja. Selanjutnya untuk agregat kasar dan agregat halus yang digunakan berasal dari PT. Bina Pembangunan Adi Jaya yang berlokasi di Rokan Hulu, Riau. Sementara untuk bahan pengikat menggunakan aspal Pen 60/70 yang diperoleh dari produksi PT. Rabana aspalindo, Perawang, Siak, Riau. Variasi limbah plastik PET yang digunakan yaitu sebesar 0%, 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dari total berat aspal dengan kadar aspal optimum (KAO).



Gambar 1. Limbah plastik PET yang telah dicacah

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian properties agregat yang dilakukan adalah uji keausan agregat kasar (SNI 2417-2008), uji berat jenis dan penyerapan (SNI 1969:2016 dan SNI 03-1970-1990), uji analisa saringan agregat kasar dan halus (SNI ASTM C136:2012), pengujian kadar lumpur agregat halus (SNI 1960-2016), serta pengujian *marshall*. Perencanaan campuran Laston Lapis Antara menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

Sebelum melakukan pencampuran, dilakukan pengujian bahan yang akan digunakan apakah memenuhi spesifikasi atau tidak. Setelah itu dilanjutkan dengan membuat benda uji untuk setiap campuran. Berikut adalah komposisi variasi plastik PET dan perkiraan jumlah benda uji.

Tabel 1. Komposisi variasi campuran

% Kombinasi PET	KAO Pen.60/70	Jumlah benda uji
0%	100%	3
4%	96%	3
4,5%	95,5%	3
5%	95%	3
5,5%	94,5%	3
6%	94%	3
Total benda uji		18



Gambar 2. Sampel penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Propertis Agregat

Hasil Pengujian Propertis agregat dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Ringkasan Pengujian Propertis agregat

Hasil Ringkasan Pengujian Propertis Aggregate	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
Abrasi (SNI 2417- 2008)	27,15	40	%
Pengujian kadar lumpur (SNI 1960:2016)	2,00	3	%

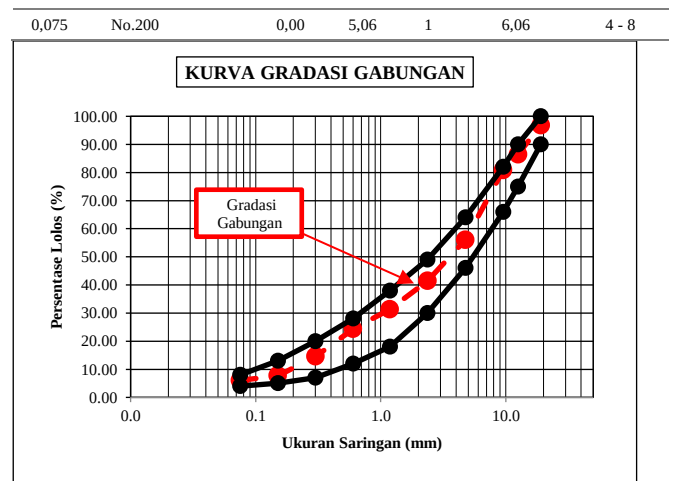
Jenis Material	Berat Jenis Kering (Gr/cc)	Berat Jenis Ssd (Gr/cc)	Berat Jenis Semu (Gr/cc)	Penyerapan (%)
Batu Pecah 19 mm (Coarse Aggregate)	2,569	2,576	2,586	0,250
Batu Pecah 12 mm (Medium Aggregate)	2,534	2,550	2,575	0,627
Abu Batu (Fine Agg.)	2,542	2,564	2,599	0,860

4.2. Hasil Perencanaan Gradasi Agregat Campuran

Dalam memperoleh gradasi gabungan argegat yang sesuai dengan spesifikasi gradasi, maka kombinasi untuk masing-masing agregat campuran ditentukan terdiri dari tiga fraksi agregat .Sedangkan pada proses gradingnya terdiri dari empat fraksi agregat, yaitu batu pecah 3/4", batu pecah 3/8" , abu batu, dan *filler*. Untuk menentukan proporsi agregat fraksi kasar, sedang, halus, dan bahan pengisi (*filler*) dilakukan dengan *trial* dan *error*. Metode yang dimaksud adalah dengan mencoba berbagai macam variasi persentase agregat untuk masing-masing fraksi hingga mendapatkan persentase agregat yang memenuhi batasan gradasi (amplop gradasi) yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II. Berikut hasil proporsi agregat berdasarkan gradasi agregat gabungan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil gradasi gabungan agregat

Ukuran Saringan		Komposisi Material (%)				Gradasi Gabungan (%)	Sesifikasi (%)
(mm)	(Inchi)	20	26	53	1		
25,000	1.0 "	20	26	53	1	100	100
19,000	3/4 "	16,76	26	53	1	96,76	90 - 100
12,700	1/ 2 "	6,47	26	53	1	86,47	75 - 90
9,500	3/8 "	2,46	24,41	53	1	80,87	66 - 82
4,750	No. 4	0,98	10,95	43,12	1	56,05	46 - 64
2,360	No. 8		5,93	34,49	1	41,42	30 - 49
1,180	No. 16		3,47	26,89	1	31,35	18 - 38
0,600	No. 30		1,48	21,84	1	24,32	12 - 28
0,300	No. 50		0,36	13,16	1	14,52	7 - 20
0,150	No. 100		0,00	6,70	1	7,70	5 - 13



Gambar 3. Kurva Gradasi Gabungan

Dapat dilihat pada Gambar 3 kurva hasil gradasi gabungan agregat, menjelaskan mengenai hasil gradasi gabungan yang ada pada tabel 3 pada kolom gradasi gabungan (%) yang mana hasil tersebut didapat dari percobaan dengan menggunakan metode *trial* dan *error*.

4.3. Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Berdasarkan perhitungan Pb, didapatkan kadar aspal rencana sebesar 6 %. Kemudian ditentukan nilai variasi kadar aspal untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO), maka dibuat benda uji dengan rentang 4 kadar aspal atas kadar aspal rencana (Pb) dengan ketentuan Pb+0,5,Pb,Pb-0,5 dan Pb-0,5. Oleh karena itu, untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO), dibutuhkan 4 (empat) variasi kadar aspal yaitu 5,0%,5,5%,6,0%, dan 6,5%

Tabel 4. Jumlah benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO)

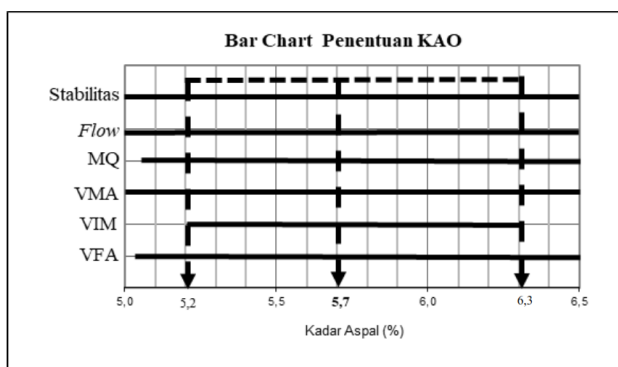
Kadar Aspal (%)		Jumlah Sampel (buah)
(Pb-0,5)	5%	3
(Pb-0,5)	5,5%	3
Pb	6%	3
(Pb+0,5)	6,5%	3
Total		12

4.4. Hasil Pengujian Marshall Penentuan KAO

Berdasarkan pengujian dengan alat *Marshall*, dapat diperoleh data pembacaan arloji stabilitas dan arloji kelelahan. Data pembacaan arloji stabilitas tersebut kemudian masih harus dikali dengan angka kalibrasi alat dan korelasi tinggi benda uji. Untuk data nilai rongga dalam campuran (VIM) maupun rongga dalam agregat (VMA) diperoleh dari data tinggi benda uji, berat kering, berat jenuh, dan berat benda uji dalam air. Setelah data-data diperoleh kemudian data-data tersebut diolah sehingga hasilnya seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Rata-rata nilai VMA, VIM, VFA, stabilitas, flow, dan Marshall Quotient (MQ)

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)
	Min.800	2-4	Min.250	Min.15	3-5	Min.65
5,0	973,5	3,98	244,40	15,36	5,70	62,87
5,5	1196,3	3,28	364,36	15,40	4,57	70,31
6,0	1118,8	3,62	309,35	15,70	3,73	76,25
6,5	1075,2	3,72	289,30	15,91	2,77	82,59



Gambar 4. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Dari grafik diatas didapat kadar aspal optimum yaitu 5,7% dimana memenuhi seluruh kriteria parameter marshall dan spesifikasi AC-BC.



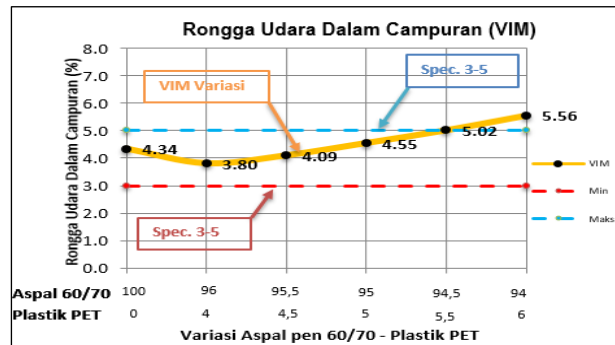
Gambar 5. Sampel marshall

4.5. Pembuatan Benda Uji dengan Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan penentuan kadar aspal optimum (KAO) sebelumnya, yaitu 5,7% maka perlu dilakukan kembali perancangan benda uji dengan kadar aspal optimum. Perhitungan berat aspal dan agregat untuk variasi kombinasi plastik PET dan aspal pen 60/70 dengan kadar aspal optimum seperti terlihat pada Tabel 1 diatas.

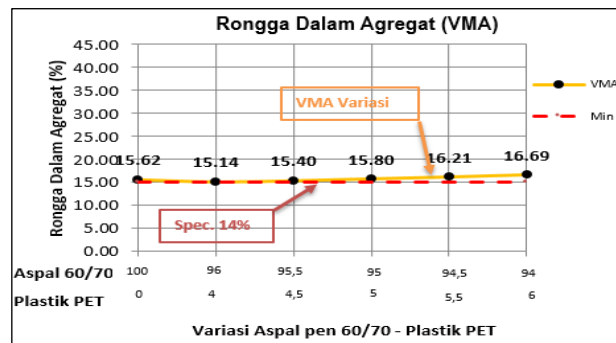
4.6. Analisis Uji Marshall

Berdasarkan hasil pengujian marshall masing-masing variasi benda uji maka diperoleh bentuk grafik berikut. Berikut adalah gambar grafik VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelahan, dan MQ berdasarkan variasi plastik PET yang digunakan.



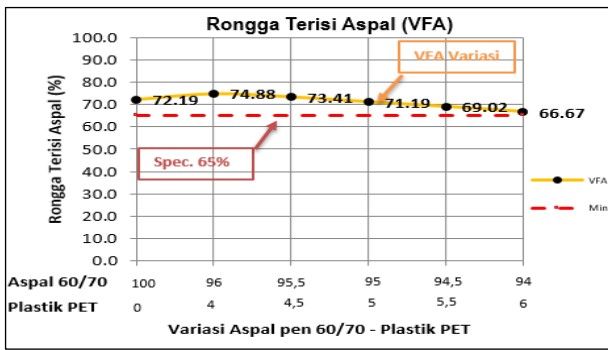
Gambar 6. Grafik Rongga Udara Dalam Campuran (VIM)

Berdasarkan grafik VIM diatas, diperoleh persentase rongga udara dalam campuran masing-masing variasi Plastik PET dengan batas minimum 3% dan batas maksimum 5%. Dapat dilihat bahwa pada variasi Plastik PET 5,5% Aspal Pen 60/70 94,5% dan Plastik PET 6% Aspal Pen 60/70 94% tidak memenuhi nilai VIM karena tidak memasuki batas minimum yaitu 5,02%, dan 5,56% sementara untuk variasi lainnya memenuhi nilai VIM sesuai spesifikasi yang disyaratkan.



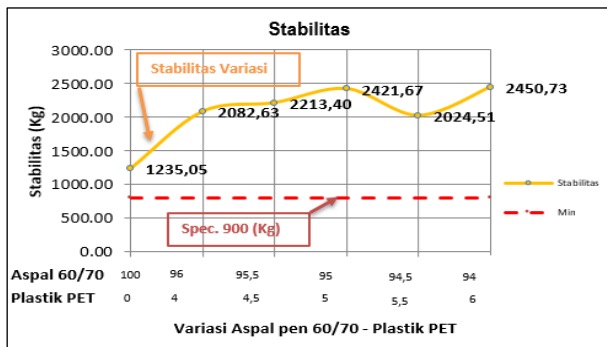
Gambar 7. Grafik Rongga Mineral Agregat (VMA)

Berdasarkan grafik VMA diatas, diperoleh persentase rongga mineral agregat masing-masing variasi Plastik PET dengan batas minimum 14%. Dapat dilihat bahwa masing-masing variasi Plastik PET semua memenuhi nilai VMA yang telah ditentukan dalam spesifikasi.



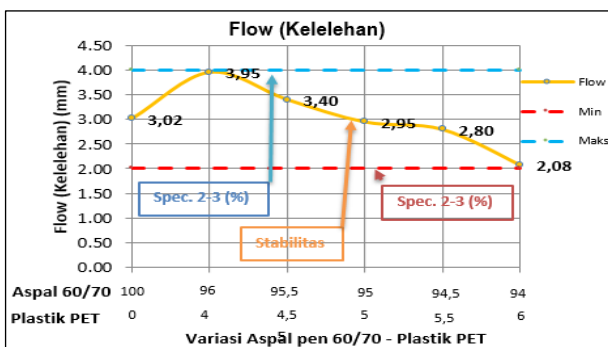
Gambar 8. Grafik Rongga Terisi Aspal (VFA)

Berdasarkan grafik VFA diatas,diperoleh persentase rongga terisi aspal masing-masing variasi Plastik PET dengan batas minimum 65%. Dapat dilihat bahwa pada masing-masing variasi PET semua memenuhi nilai VFA sesuai spesifikasi yang ditentukan.



Gambar 9. Grafik Stabilitas Marshall

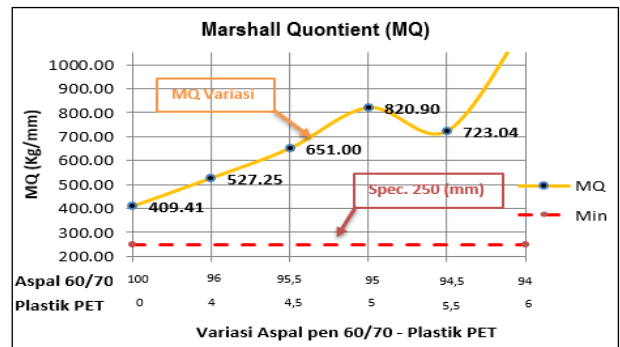
Berdasarkan grafik stabilitas diatas,diperoleh stabilitas aspal masing-masing variasi plastik PET dengan batas minimum 900 Kg. Dapat dilihat bahwa pada seluruh variasi plastik PET memenuhi nilai stabilitas sesuai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada variasi Plastik PET 6% Aspal Pen. 60/70 yaitu sebesar 2450,73 Kg.



Gambar 10. Grafik Flow (Kelelahan)

Berdasarkan grafik flow (kelelahan) diatas, diperoleh flow aspal masing-masing variasi plastik PET dengan batas minimum 2 mm dan batas maksimum 4 mm. Dapat dilihat

untuk semua variasi memenuhi nilai flow (kelelahan) sesuai spesifikasi yang disyaratkan.



Gambar 11. Grafik Marshall Quotient (MQ)

Berdasarkan grafik marshall quotient (MQ) diatas,diperoleh marshall quotient masing-masing variasi Plastik PET dengan batas minimum 250 Kg/mm. Dapat dilihat bahwa pada seluruh variasi Plastik PET memenuhi nilai MQ sesuai spesifikasi yang disyaratkan. Nilai MQ terbesar terdapat pada variasi Plastik PET 4% dan 94% Aspal pen 60/70 yaitu sebesar 1176,35 Kg/mm.

4.7. Analisis dan Pembahasan

Pada pengujian dan analisa yang dilakukan dari beberapa variasi campuran, Variasi 4,5% plastik PET dan 95,5% aspal pen 60/70 campuran memiliki nilai parameter marshall yang memenuhi syarat yang di izinkan sesuai spesifikasi bina marga 2018 Revisi 2. Berikut Tabel 6 yang membandingkan nilai parameter marshall masing- masing campuran plastik PET.

Tabel 6. Hasil Perbandingan Parameter Marshall

Variasi Aspal pen 60/70 - Plastik PET	Stabilitas	Flow	MQ	VMA	VFA	VIM
100 - 0	1235,05	3,02	409,41	15,62	72,19	4,34
96 - 4	2082,63	3,95	527,25	15,14	74,88	3,80
95,5 - 4,5	2213,40	3,40	651,00	15,40	73,41	4,09
95 - 5	2421,66	2,95	820,90	15,80	71,19	4,55
94,5 - 5,5	2024,51	2,80	723,04	16,21	69,02	5,02
94 - 6	2450,73	2,08	1176,35	16,69	66,67	5,56
Spesifikasi	Min. 900	2 - 4	Min. 250	Min. 14	Min. 65	3 - 5

Berdasarkan Tabel 6 di atas diperoleh data pengujian yang dilakukan dari beberapa variasi, campuran Plastik PET 4,5% dan 95,5% aspal pen 60/70 campuran memiliki nilai parameter marshall yang mendekati pada benda uji normal yang dilihat dari sifat-sifat marshall.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Kadar aspal optimum (KAO) yaitu sebesar 5,7% dimana memenuhi seluruh kriteria parameter *marshall* dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk AC-BC.
2. Nilai sifat-sifat *marshall* meliputi nilai stabilitas sebesar 1.235,1 Kg, nilai *flow* sebesar 3,03 mm, nilai *Marshall Qoutient* (MQ) sebesar 409,41 Kg/mm, nilai VMA sebesar 15,62%, nilai VFA sebesar 72,19%, sebesar VIM 4,34%.
3. Pada pengujian dan analisa yang dilakukan dari beberapa variasi campuran, diperoleh variasi 4,5% plastik PET dan 95,5% aspal per 60/70 campuran memiliki nilai parameter *marshall* yang memenuhi syarat yang di izinkan sesuai spesifikasi bina marga 2018 Revisi 2.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Gaus, R. Hakim, dan S. Seniyasmin, "Pengaruh Penggunaan Limbah Polyethylene Terephthalate Terhadap Campuran Aspal Concrete Binder Course," *Teras J. J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 1, hal. 131–140, 2022.
- [2] M. A. Wicaksono dan A. Ariyanto, "Pengolahan sampah plastik jenis PET (Polyethylene terephthalate) menggunakan metode pirolisis menjadi bahan bakar alternatif," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, hal. 9–15, 2017.
- [3] S. A. Aziz, A. A. Arifianto, A. Nurdiana, dan R. Susanti, "No Title," *J. Proy. Tek. Sipil; Vol 6, No 1 March DO - 10.14710/potensi.2023.18103*, May 2023.
- [4] I. Hdanayasari, "Studi Alternatif Bahan Konstruksi Ramah Lingkungan Dengan Pemanfaatan Limbah Plastik Kemasan Air Mineral Pada Campuran Beton," *J. Poli-Teknologi*, vol. 16, no. 1, 2017.
- [5] I. F. Radam, "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC," *J. Rivet*, vol. 1, no. 02, hal. 80–90, 2021.
- [6] F. E. P. Lapian, M. I. Ramli, M. Pasra, dan D. A. Arsyad, "Pengaruh Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) terhadap Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran AC-WC," *Adapt. Dan Mitigasi Bencana Dalam Mewujudkan Infrastruktur Yang Berkelanjutan*, Novemb., hal. 139–149, 2019.
- [7] A. Gaus, N. Marsaoly, K. Kardiman, dan A. Abdul, "Pengaruh Penggunaan Serat Polyethylene Terephthalate Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Beton Ac Base," *CLAPEYRON J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, 2023.
- [8] A. Maulana dan R. Santosa, "Pengaruh Dan Perbandingan Penambahan Beberapa Jenis Limbah Plastik Terhadap Kekuatan Jalan Aspal AC-WC," *Concr. Constr. Civ. Integr. Technol.*, vol. 1, no. 01, hal. 46–52, 2023.
- [9] P. Rahayu, M. G. Rifqi, dan M. S. Amin, "Pengaruh Penambahan Plastik Tipe PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Campuran Laston AC-WC," *J. Ahall. Civ. Eng. Infrastruct. Technol.*, vol. 2, no. 1, hal. 1–5, 2021.
- [10] Direktorat Jenderal Bina Marga, "Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2) Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan," *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*, no. Revisi 2, hal. 1–1036, 2018.
- [11] M. L. H. dan K. RI, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.16/Menlhk/Setjen/Set.1/8/2020 tentang Rencana Strategis Kementerian Lingkungan Hidup Dan," *Permen LHK Republik Indones. No. 1 Tahun 2022*, hal. 1–166, 2022.
- [12] I. Okatama, "Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terephthalate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik." Universitas Mercu Buana, 2016.