

## **STUDI PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK JENIS *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PETE) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEBAGIAN ASPAL PADA CAMPURAN PERKERASAN LASTON**

**Yvonne Monica Alice Lombogia**

**Steve Ch. N. Palenewen, Lucia G. J. Lalamentik**

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [yvonne.lombogia@gmail.com](mailto:yvonne.lombogia@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dan manfaat yang diberikan oleh limbah plastik PETE sebagai bahan substitusi sebagian aspal penetrasi 60/70 pada campuran perkerasan AC-WC dengan menggunakan contoh material dari Desa Tateli, Minahasa. Penelitian ini mengacu pada spesifikasi umum Bina Marga 2018 dengan menggunakan cara basah (wet process) sebagai metode pencampuran plastik dan uji karakteristik Marshall sebagai metode pengujian yang akan ditarik kesimpulannya. Hasil dari uji karakteristik marshall didapatkan nilai Stabilitas untuk kadar plastik 0% 1112,10 kg; 5% 1209,72 kg; 10% 740,71 kg; 15% 534,10 kg; 20% 368,45 kg. Nilai Flow untuk kadar plastik 0% 3,43 mm; 5% 3,60 mm; 10% 4,07 mm; 15% 4,15 mm; 20% 4,32 mm. Nilai VMA untuk kadar plastik 0% 17,223%; 5% 17,149%; 10% 21,133%; 15% 22,319%; 20% 24,758%. Nilai VIM untuk kadar plastik 0% 3,813%; 5% 3,727%; 10% 8,357%; 15% 9,734%; 20% 12,568%. Nilai VFB untuk kadar plastik 0% 77,863%; 5% 78,288%; 10% 60,462%; 15% 56,400%; 20% 49,235%. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa campuran perkerasan AC-WC yang disubstitusikan dengan limbah plastik PETE pada aspal mempengaruhi setiap parameter-parameter marshall yang ada, akan tetapi hanya pada substitusi plastik PETE dengan kadar plastik 5% yang memberikan manfaat pada campuran perkerasan.*

**Kata kunci : Polyethylene Terephthalate (PETE), Cara Basah, Laston (AC-WC)**

### **ABSTRACT**

*This study aims to determine the effect and benefits provided by PETE plastic waste as a partial substitution of 60/70 asphalt penetration in the AC-WC pavement mixture by using material samples from Tateli Village, Minahasa. This study refers to the general specifications of Bina Marga 2018 using the wet process as a plastic mixing method and the Marshall characteristic test as a test method that will conclude. The results of the Marshall characteristic test obtained Stability values for plastic content of 0% 1112.10 kg; 5% 1209.72 kg; 10% 740.71 kg; 15% 534.10 kg; 20% 368.45 kg. Flow value for plastic content 0% 3.43 mm; 5% 3.60 mm; 10% 4.07 mm; 15% 4.15 mm; 20% 4.32mm. VMA value for plastic content 0% 17.223%; 5% 17.149%; 10% 21.133%; 15% 22,319%; 20% 24.758%. VIM value for plastic content 0% 3.813%; 5% 3.727%; 10% 8.357%; 15% 9.734%; 20% 12.568%. VFB value for plastic content of 0% 77.863%; 5% 78.288%; 10% 60.462%; 15% 56,400%; 20% 49.235%. Overall it can be concluded that the AC-WC pavement mixture substituted with PETE plastic waste on asphalt affects every existing marshall parameter, but only PETE plastic substitution with 5% plastic content provides benefits to the pavement mixture.*

**Keywords : Polyethylene Terephthalate (PETE), Wet Process, Laston (AC-WC)**

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Spesifikasi umum Bina Marga Tahun 2018 telah mensyaratkan mengenai kualitas bahan campuran beraspal, dimana kualitas bahan tersebut akan sangat berpengaruh terhadap mutu campuran beraspal. Rendahnya kualitas bahan menjadi salah satu penyebab terjadinya kerusakan jalan. Di sisi lain pesatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia dalam 5 tahun terakhir berbanding lurus dengan produksi sampah yang ada. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun. Sebanyak 3,2 juta ton di antaranya merupakan sampah plastik yang terbuang ke laut. Berdasarkan beberapa penelitian menjelaskan bahwa penggunaan aspal yang tidak sesuai sering menjadi penyebab terjadinya kerusakan ini berupa alur, gelombang dan naiknya aspal ke permukaan. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan ini pada perkerasan jalan adalah dengan meningkatkan mutu aspal sebagai bahan pengikat dari agregat. Oleh sebab itu banyak peneliti yang mulai menggunakan bahan tambah maupun bahan substitusi untuk menjadi salah satu alternatif yang digunakan dalam upaya meningkatkan kualitas dan stabilitas suatu lapis perkerasan. Salah satunya dengan menambahkan limbah plastik ke dalam campuran beraspal, karena plastik mengandung polimer yang berpotensi sebagai bahan campuran aspal pada perkerasan jalan. Nasution dkk., 2017 melakukan penelitian tentang bagaimana limbah plastik PETE dapat menyelesaikan permasalahan kerusakan jalan yang sering terjadi berupa alur pada aspal dengan meningkatkan nilai stabilitas dan flow menggunakan alat *Marshall test* dan alat *Whell Tracking Machine*. Didapatkan kesimpulan bahwa pengaruh penambahan PETE sebesar 2% ke dalam campuran AC-WC yaitu meningkatnya nilai Stabilitas, meningkatnya nilai Flow yang menandakan campuran bersifat plastis, nilai VIM mengecil, nilai VMA berbanding lurus dengan nilai VIM, nilai VFA semakin tinggi berarti semakin banyak rongga yang terisi aspal, sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi. Debataraja dkk., 2020 pengaruh penambahan plastik PETE terhadap karakteristik marshall yakni nilai Stabilitas, Flow, VIM, VFA, dan VMA meningkat seiring penambahan plastik PETE dan pada akhirnya menurun pada kadar plastik 30%. Rombot dkk., 2015 mengkaji kinerja campuran beraspal panas jenis AC-WC bergradasi kasar dan halus, didapatkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara keduanya dan dalam kinerja campuran terhadap karakteristik *marshall* nilai keduanya masih memenuhi persyaratan yang ada sehingga campuran dari AC-WC kasar dan halus keduanya dapat dipakai sebagai alternatif dari campuran perkerasan jalan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dan manfaat yang diberikan oleh limbah plastik PETE dengan variasi kadar plastik 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat aspal terhadap karakteristik *marshall* pada campuran perkerasan AC-WC dengan menggunakan contoh material dari Desa Tateli, Minahasa, dalam upaya meningkatkan kualitas dan stabilitas lapis perkerasan AC-WC.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Metode Penelitian

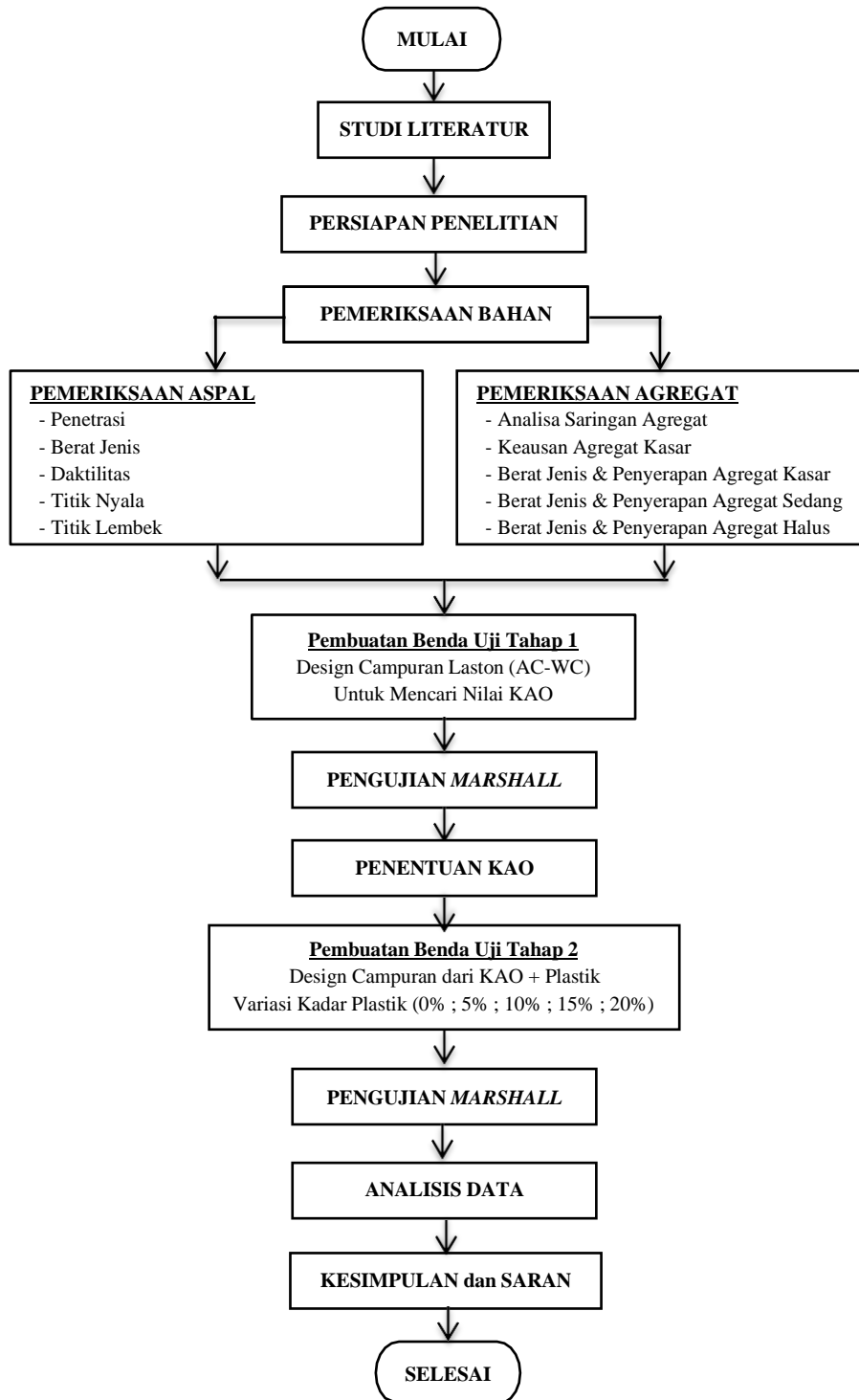
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu dengan melakukan percobaan terhadap sejumlah benda uji dimana akan didapatkan data-data primer dan metode studi pustaka yang bertujuan untuk mengkaji hubungan antara bahan-bahan yang diteliti dengan teori-teori yang ada dan didapat kesimpulan sementara. Metode-metode ini merupakan metode yang relevan karena memungkinkan didapatnya kebenaran yang objektif dengan adanya fakta-fakta serta literatur-literatur sebagai bukti.

### Metode Pengujian

Metode pengujian yang dipakai dalam penelitian ini adalah uji karakteristik *Marshall* sebagai hasil akhir yang akan ditarik kesimpulannya. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

### Bagan Alir Penelitian

Berikut merupakan tahapan bagan alir yang akan dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

## HASIL DAN ANALISIS

### Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
<b>1. Agregat Kasar</b>				
Berat Jenis Bulk	SNI 1969 : 2016	2,44	-	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1969 : 2016	2,47	-	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1969 : 2016	2,52	-	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1969 : 2016	1,37	≤ 3,0	%
Kausan Agregat	SNI 2417 : 2008	30,40	≤ 40	%
<b>2. Agregat Sedang</b>				
Berat Jenis Bulk	SNI 1969 : 2016	2,44	-	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1969 : 2016	2,48	-	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1969 : 2016	2,53	-	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1969 : 2016	1,46	≤ 3,0	%
<b>3. Agregat Halus</b>				
Berat Jenis Bulk	SNI 1970 : 2016	2,48	-	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1970 : 2016	2,51	-	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1970 : 2016	2,55	-	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1970 : 2016	1,14	≤ 3,0	%

Sumber: Hasil Analisis 2022

### Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Penetrasi pada 25°C	SNI 2456 : 2011	67,28	60 - 70	0,1 mm
Titik Lembek	SNI 2434 : 2011	48,5	≥ 48	°C
Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	1,0453	≥ 1,0	-
Titik Nyala	SNI 2433 : 2011	235	≥ 232	°C
Daktilitas pada 25°C	SNI 2432 : 2011	140	≥ 100	cm

Sumber: Hasil Analisis 2022

### Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan		
		Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus
1"	25,40	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,10	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,70	42,40	100,00	100,00
3/8"	9,52	11,22	98,34	100,00
#4	4,75	0,32	19,98	99,61
#8	2,36	0,23	0,66	67,02
#16	1,18	0,18	0,22	37,33
#30	0,60	0,14	0,17	28,32
#50	0,30	0,09	0,13	19,83
#100	0,15	0,06	0,09	13,53
#200	0,075	0,03	0,04	6,65
	Pan	0,00	0,01	0,00

Sumber: Hasil Analisis 2022

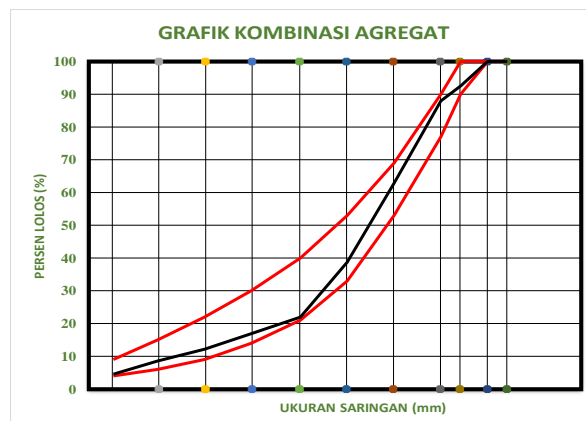
### Hasil Kombinasi Gradasi Agregat

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, yang mana harus memenuhi batas atas dan batas bawah yang ada sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Tabel 4. Hasil Kombinasi Gradasi Agregat

No. Saringan	Kombinasi Agregat				Hasil Kombinasi	Spesifikasi (AC-WC)
	BP 10-20	Medium	Abu Batu	PC		
1"	13,00	30,00	56,00	1,00	100,00	100
3/4"	13,00	30,00	56,00	1,00	100,00	100
1/2"	5,51	30,00	56,00	1,00	92,51	90 – 100
3/8"	1,46	29,50	56,00	1,00	87,96	77 – 90
#4	0,04	5,99	55,78	1,00	62,82	53 – 69
#8	0,03	0,20	37,53	1,00	38,76	33 – 53
#16	0,02	0,07	20,91	1,00	22,00	21 – 40
#30	0,02	0,05	15,86	1,00	16,93	14 – 30
#50	0,01	0,04	11,10	1,00	12,15	9 – 22
#100	0,01	0,03	7,57	1,00	8,61	6 – 15
#200	0,00	0,01	3,72	0,81	4,55	4 – 9

Sumber: Hasil Analisis 2022



Gambar 2. Grafik Hasil Kombinasi Gradasi Agregat

Dari hasil pengujian analisis saringan didapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.

Dengan data persen agregat pada normal sebagai berikut:

1. Batu Pecah 10-20 mm = 13,00 %
2. Medium 5-10 mm = 30,00 %
3. Abu Batu 0-5 mm = 56,00 %
4. PC = 1,00 %

### Hasil Uji Marshall Penentuan Kadar Aspal Optimum

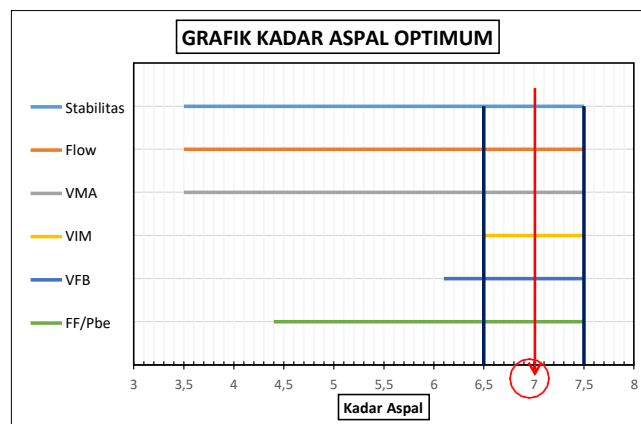
Untuk memperoleh kadar aspal optimum (KAO) campuran Lapisan Aspal Beton (Laston) ditentukan dengan menggunakan standar Bina Marga dimana benda uji harus memenuhi parameter yang ada yaitu: Stabilitas, Kelelahan (*Flow*), rongga terisi aspal (VFB), rongga dalam campuran (VIM) dan rongga dalam agregat (VMA).

Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall Untuk Penentuan KAO

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal %					Spesifikasi
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	
Stabilitas (kg)	883,27	998,7	1049,39	1125,35	1115,06	Min. 800
Flow (mm)	2,85	3,33	3,48	3,72	3,86	2,0 – 4,0
VMA (%)	15,729	16,706	17,341	17,368	17,551	Min. 15
VIM (%)	9,837	8,748	7,281	5,103	3,062	3,0 – 5,0
VFB (%)	37,494	47,862	58,011	70,686	82,568	Min. 65
Kepadatan (gr/cc)	2,156	2,153	2,159	2,181	2,200	Min. 2,000
FF / Kadar Aspal Efektif	1,537	1,125	0,883	0,724	0,612	0,6 – 1,2

Sumber: *Hasil Analisis 2022*

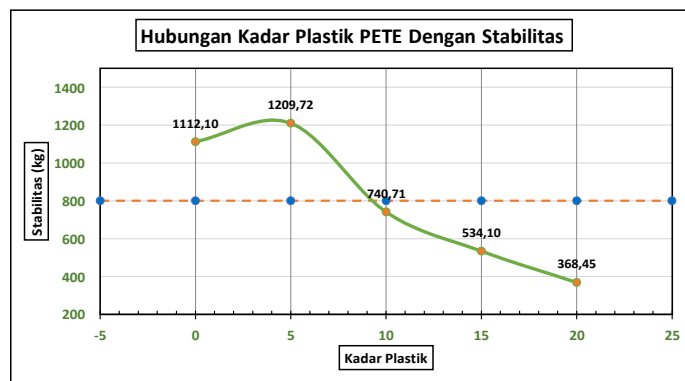
Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada *Marshall test*, maka dapat ditentukan kadar aspal optimum sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Kadar Aspal Optimum

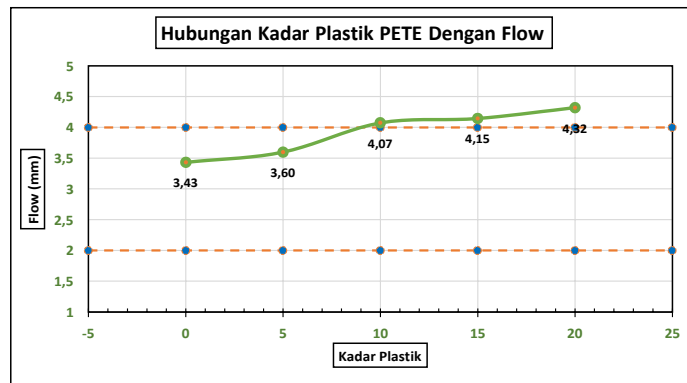
Berdasarkan gambar diatas, diperoleh nilai kadar aspal optimum berada diantara 6,5% dan 7,5%. Dalam pengujian ini digunakan kadar aspal 7% sebagai kadar aspal optimum.

**Hasil Uji Marshall Campuran Laston AC-WC Dengan Substitusi Limbah Plastik PETE Pada Sebagian Aspal**



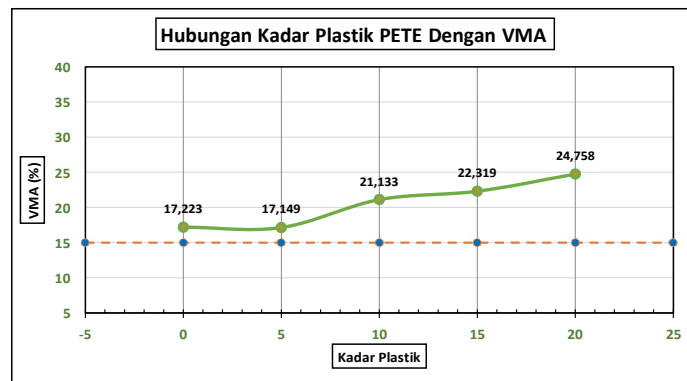
Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Plastik PETE Dengan Stabilitas

Dengan adanya substitusi sebagian aspal dengan plastik PETE menyebabkan nilai stabilitas meningkat tetapi juga menurun. Kadar plastik 0% dengan nilai stabilitas 1112,10 kg meningkat menjadi 1209,72 kg pada kadar plastik 5% dan pada akhirnya menurun pada kadar plastik 10%, 15% dan 20%.



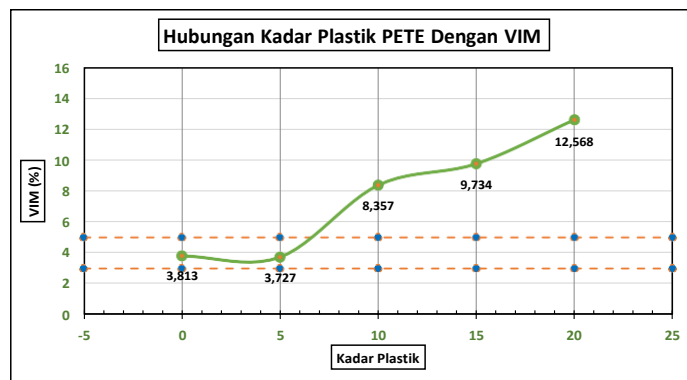
Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Plastik PETE Dengan Flow

Nilai *flow* terus meningkat akibat substitusi plastik PETE sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% terhadap aspal. Hanya campuran dengan kadar plastik 0% dan 5% yang memenuhi syarat sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dengan batas minimum 2 mm dan batas maksimum 4 mm.



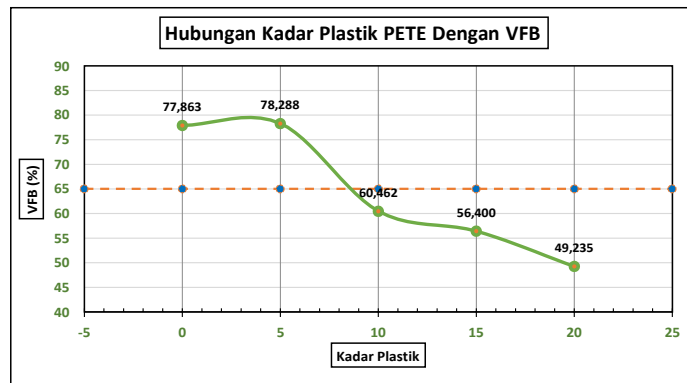
Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Plastik PETE Dengan VMA

Nilai VMA mengalami penurunan pada kadar plastik 5% yang artinya rongga diantara mineral agregat menjadi berkurang, selanjutnya nilai VMA mengalami kenaikan pada kadar plastik 10%, 15% dan 20% yang artinya rongga diantara mineral agregat pun semakin tinggi.



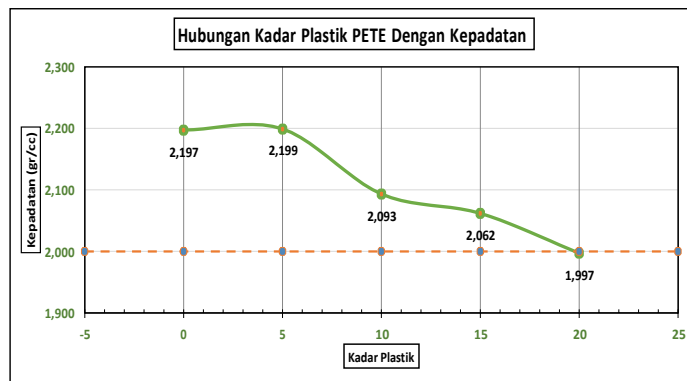
Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Plastik PETE Dengan VIM

Dengan adanya substitusi plastik PETE terhadap sebagian aspal pada campuran perkerasan menunjukkan nilai VIM yang berbeda pada tiap kadar plastik. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, nilai VIM disyaratkan berkisar antara 3% – 5% maka dari grafik diatas terlihat bahwa hanya campuran dengan substitusi plastik PETE terhadap aspal sebesar 0% dan 5% yang memenuhi syarat.



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Plastik PETE Dengan VFB

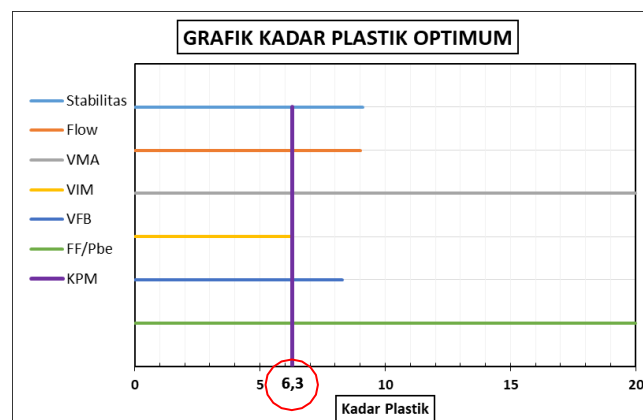
Nilai VFB cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi kadar plastik PETE, walau begitu pada campuran dengan penambahan kadar plastik PETE sebesar 5% nilai VFB mengalami kenaikan yakni 78,288% dari pada campuran dengan kadar plastik PETE sebesar 0% yang hanya 77,863%.



Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Plastik PETE Dengan Kepadatan

Kepadatan campuran dengan penambahan plastik PETE cenderung lebih rendah dari pada campuran tanpa penambahan plastik PETE. Namun demikian pada campuran dengan penambahan PETE sebesar 5% kepadatan mengalami kenaikan walau tidak signifikan.

Dari nilai karakteristik campuran dengan substitusi limbah plastik PETE pada sebagian aspal, maka dapat ditentukan kadar plastik optimum sebagai berikut:



Gambar 10. Grafik Kadar Plastik Optimum

Berdasarkan gambar diatas, diketahui nilai kadar plastik Optimum yakni sebesar 6,3%.



## **PENUTUP**

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dan analisa penelitian di Laboratorium Perkerasan Jalan, Fakultas Teknik, Unsrat Manado. Studi pemanfaatan limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PETE) sebagai bahan substitusi sebagian aspal pada campuran perkerasan laston, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh dan manfaat substitusi limbah plastik PETE terhadap karakteristik marshall yakni nilai Stabilitas, Flow, VMA, VIM, VFB dan Density pada kadar plastik 5% meningkatkan namun kemudian pada kadar plastik 10%, 15% dan 20% mengalami penurunan.
2. Nilai kadar plastik optimum yang didapat pada campuran laston AC-WC dengan substitusi limbah plastik PETE yakni 6,3% dengan nilai stabilitas tertinggi didapat pada campuran dengan kadar plastik sebesar 5%.

### **Saran**

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan, maka dari penelitian ini dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan campuran perkerasan laston AC-WC, ada baiknya dilakukan juga penelitian dengan menggunakan campuran perkerasan lain.
2. Pada penelitian ini menggunakan contoh material dari Desa Tateli, Minahasa. Ada baiknya dilakukan juga penelitian dengan menggunakan contoh material dari tempat lain, untuk melihat hasil dan perbandingan yang didapat.

### **Daftar Pustaka**

- Kementerian Pekerjaan Umum, 2019. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 1) divisi 6 Perkerasan Aspal*. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Debataraja S. M. T., Sihite N. 2020. *Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Polyethylene Terephthalate (PET) Terhadap Daya Lekat Campuran Laston Lapis AC-WC*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol. 9, No. 1. (hlm. 59-69).
- Nasution M. F. N., Muis Z. A., Lubis A. S. 2017. *Pengaruh Penambahan Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-WC di Laboratorium*. Jurnal ilmiah Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Rombot P., Kaseke O. H., Manoppo M. R. E. 2015. *Kajian Kinerja Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Aspal Beton Sebagai Lapis Aus Bergradasi Kasar dan Halus*. Jurnal Sipil Statik Vol. 3 No. 3 (190-197) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Sukirman S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Yayasan Bogor Indonesia. Jakarta.
- Sukirman S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.

Halaman ini sengaja dikosongkan