

Pemanfaatan Limbah Plastik Type *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai Substitusi Aspal pada Campuran Stone Mastic Asphalt (SMA) Kasar Terhadap Nilai Karakteristik dan Angka Poisson

Andi Alifuddin*, Salim, Hasrianti, Salma Dastia Shabrina

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

* andi.alifuddin@umi.ac.id

Diajukan: 21 Oktober 2025, Revisi: 15 Mei 2026, Diterima: 3 Juni 2026

Abstract

Stone Mastic Asphalt (SMA) is a hot mix asphalt designed to improve durability, stiffness, and resistance to rutting by using coarse aggregate with different grades and high asphalt content. However, high asphalt content requires additional ingredients to improve stability, one of which is Polyethylene Terephthalate (PET). PET was chosen because it is lightweight, strong, corrosion resistant, and insulative. This research aims to analyze the effect of PET addition on SMA characteristics using experimental method on test specimens. Indirect Tensile Strength (ITS) testing was conducted with variations in PET content of 0%, 1%, 2%, 3%, and 4%. The results showed that the highest tensile strength value was achieved at 3% PET content with 48,182.27, while the strain value decreased at 3% PET content and increased again at 4% PET content with a value of 0.02517. In addition, the Poisson's ratio value decreased to 0.214 at 3% PET content, but increased to 0.313 at 4% PET content, indicating an increase in the flexibility of the blend. Further research is recommended to explore the use of PET in other types of pavement mixes as well as deformation analysis on pavement mixes containing PET.

Keywords: *Stone Mastic Asphalt (SMA), Polyethylene Terephthalate (PET), Tensile Strength, Strain Value, Additives*

Abstrak

Stone Mastic Asphalt (SMA) merupakan campuran aspal panas yang dirancang untuk meningkatkan daya tahan, kekesatan, dan ketahanan terhadap alur dengan menggunakan agregat kasar bergradasi senjang serta kadar aspal tinggi. Namun, kadar aspal yang tinggi memerlukan bahan tambahan untuk meningkatkan stabilitas, salah satunya adalah Polyethylene Terephthalate (PET). PET dipilih karena sifatnya yang ringan, kuat, tahan korosi, dan insulatif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan PET terhadap karakteristik SMA menggunakan metode eksperimen pada benda uji. Pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) dilakukan dengan variasi kadar PET sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik tertinggi dicapai pada kadar PET 3% dengan 48.182,27, sedangkan nilai regangan menurun pada kadar PET 3% dan kembali meningkat pada kadar PET 4% dengan nilai 0,02517. Selain itu, nilai Poisson's ratio mengalami penurunan hingga 0,214 pada kadar PET 3%, tetapi meningkat menjadi 0,313 pada kadar PET 4%, yang mengindikasikan peningkatan fleksibilitas campuran. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan PET dalam jenis campuran perkerasan lainnya serta analisis deformasi pada campuran beraspal yang mengandung PET.

Kata Kunci: Stone Mastic Asphalt (SMA), Polyethylene Terephthalate (PET), kuat tarik, nilai regangan, bahan tambah

1. PENDAHULUAN

Jalan raya adalah infrastruktur penting yang mendorong pertumbuhan ekonomi nasional dan regional dengan mempermudah pergerakan barang, jasa, dan orang-orang. Jalan raya

adalah salah satu sarana transportasi darat yang memiliki peran penting. (Alifuddin et al., 2020). Jalan yang stabil, aman, nyaman, dan ekonomis akan mendukung kelancaran mobilitas masyarakat dalam menjalankan aktivitas sehari-hari (Alifuddin et al., 2020). Karena itu, perencanaan perkerasan yang kuat dan berumur panjang sangat dibutuhkan (Fajri & Sazuatmo, 2021). Jalan juga berperan strategis dalam mempercepat pembangunan daerah (Sukirman, 1999). Salah satu elemen penting yang bertanggung jawab untuk menahan beban kendaraan adalah lapisan perkerasan jalan (Tahir, 2011). Namun, batas waktu telah terlewat untuk banyak jalan di Indonesia yang telah mengalami kerusakan. (Salim et al., 2023) dan fungsi strukturalnya menurun seiring bertambahnya usia (Massara et al., 2021). Kerusakan ini sering disebabkan oleh campuran perkerasan yang tidak tepat, beban kendaraan, dan suhu tinggi (Bulgis et al., 2024; Bulgis & Salim, 2023).

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah campuran beton aspal panas dengan gradasi yang terdiri dari aspal, bahan pengisi, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambahan. (Rif'an & Sunarjono, 2016). Penggunaan plastik diprediksi akan bertambah karena berbagai kelebihan, seperti ringan, kuat, tahan terhadap korosi, transparan, mudah diberi warna, dan memiliki sifat isolasi yang unggul (Syamsiro, 2015). Namun, sampah plastik sulit terurai (Farin, 2021) dan termasuk dalam kategori polimer alkena, seperti *Polyethylene Terephthalate (PET)*, yang membutuhkan sekitar 450 tahun untuk terurai (Burhanuddin et al., 2018; Wicaksono & Arijanto, 2017). Penambahan limbah plastik ke dalam campuran aspal dapat meningkatkan stabilitas dan kekakuan (Radam, 2021). Stabilitas material dapat diukur melalui nilai modulus elastisitas dan rasio Poisson; semakin tinggi modulus elastisitas dan semakin rendah rasio Poisson, semakin kuat dan stabil material tersebut (Wiyono & Setiawan, 2015).

Campuran aspal dan agregat harus memenuhi spesifikasi tertentu agar mampu menahan beban lalu lintas serta kondisi cuaca yang berbeda (Sukirman, 2003). Alat uji Marshall dapat digunakan untuk mengukur kinerja campuran aspal beton. Nilai Stabilitas Marshall menunjukkan seberapa baik campuran dapat menahan tekanan (Sukirman, 2003). Kinerja hotmix dipengaruhi oleh karakteristik volumetrik dan nilai Marshall, di mana kepadatan memiliki peranan yang sangat penting (Fahrudin & Susilo, 2018). Nilai stabilitas dinamis yang diperoleh berkorelasi positif dengan ketebalan campuran (Alifuddin et al., 2020).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efek yang dihasilkan oleh penggunaan plastik jenis PET terhadap sifat campuran SMA serta untuk menganalisis pengaruh substitusi plastik tipe PET terhadap nilai *Poisson Ratio* pada campuran SMA.

2. METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini, eksperimen dilakukan pada benda uji, di mana plastik jenis *PET* berfungsi sebagai bahan tambahan dalam campuran *Stone Mastic Asphalt (SMA)*. Selanjutnya, dilakukan pengujian deformasi untuk mengevaluasi tingkat keawetan campuran tersebut.

B. Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlangsung di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia, yang terletak di Jl. Urip Sumoharjo Km. 05, Makassar.

C. Pengujian Marshall

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan campuran aspal terhadap deformasi plastis (flow). Pada tahap awal, pengujian dilakukan pada suhu 60°C selama 30 menit. Selain itu, pengukuran nilai VIM, VMA, VFA, dan MQ diperlukan untuk menentukan kadar aspal optimal berdasarkan karakteristik campuran.\



Gambar 1 Alat Pengujian Marshall

D. Pengujian ITS

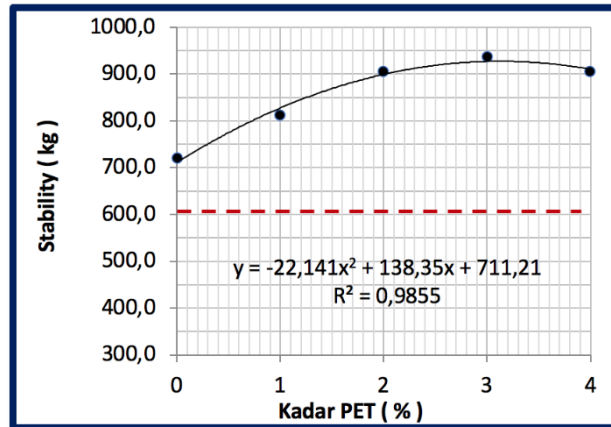
Pengujian Tarik Tidak Langsung (Indirect Tensile Strength Test) adalah metode yang digunakan untuk menilai ketahanan tarik pada aspal beton. Tes ini berfungsi untuk memperkirakan kemungkinan munculnya retakan. Perkerasan dengan kualitas tinggi mampu menahan beban secara optimal, sehingga dapat meminimalkan risiko retak.



Gambar 2 Alat Pengujian ITS

3. HASIL PENELITIAN

A. Hubungan *PET* Terhadap *Stabilitas*

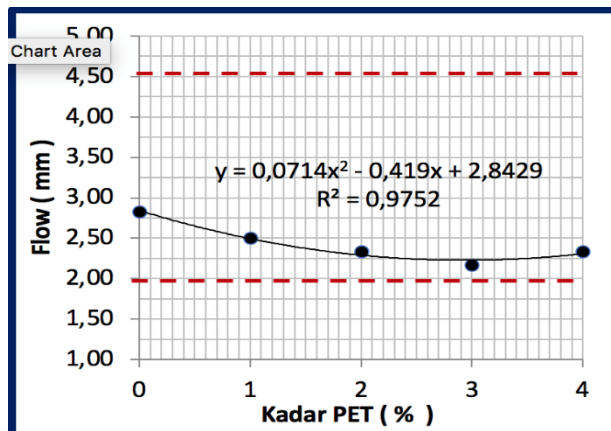


Spesifikasi min ≥ 600 kg
(Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2020)

Gambar 3 Grafik Hubungan PET Terhadap Stabilitas

Gambar 3 menggambarkan bahwa campuran dengan kadar *Polyethylene Terephthalate* (PET) antara 0% hingga 4% masih memenuhi spesifikasi. Stabilitas campuran meningkat seiring dengan bertambahnya PET dan mencapai puncaknya pada kadar 3%, di mana campuran mampu menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Namun, pada kadar PET lebih dari 3%, stabilitas menurun karena aspal tidak dapat melapisi agregat secara optimal, sehingga mengurangi kekakuan serta efektivitas *interlocking*.

B. Hubungan *Polyethylene Terephthalate* Terhadap Flow



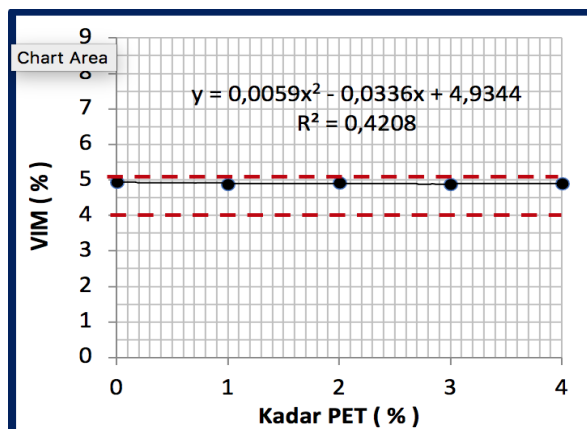
Spesifikasi 2 – 4,5 mm
(Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2020)

Gambar 4 Grafik Hubungan PET Terhadap Flow

Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan kadar *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan panjangnya berkontribusi pada kenaikan nilai flow campuran. Nilai flow mengalami penurunan dari 1% hingga 3%, namun kembali meningkat setelah melewati kadar 3%, yang mengindikasikan bahwa jumlah PET yang terlalu sedikit dapat meningkatkan ketahanan terhadap deformasi. Nilai flow yang lebih rendah mencerminkan ketahanan yang lebih baik terhadap perubahan bentuk. Selain kandungan PET, faktor lain seperti kadar aspal, viskositas, gradasi agregat, jumlah, serta suhu pemadatan turut berpengaruh terhadap nilai

flow. Namun, kadar PET yang berlebihan dapat meningkatkan risiko terjadinya keruntuhan.

C. Hubungan *Polyethylene Terephthalate* Terhadap *Voids in Mix (VIM)*

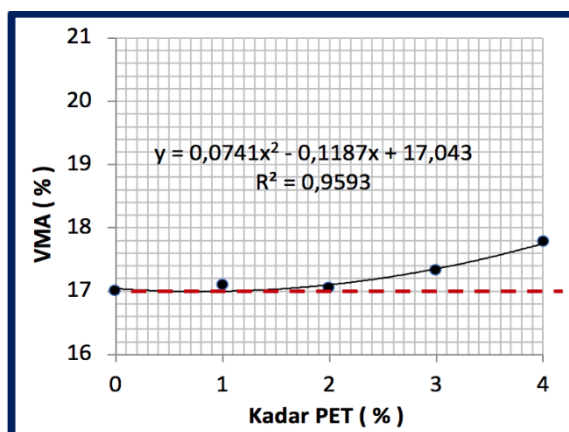


Spesifikasi 4 – 5 %
(Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2020)

Gambar 5 Grafik Hubungan *PET* Terhadap *Void In Mix (VIM)*

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai *VIM* pada *Stone Mastic Asphalt (SMA)* dengan kadar *Polyethylene Terephthalate (PET)* 0% hingga 4% memenuhi spesifikasi. Peningkatan kadar *PET* mengakibatkan penurunan nilai *VIM*, yang menandakan berkurangnya volume rongga udara dalam campuran akibat pengisian rongga oleh *PET*.

D. Hubungan *Polyethylene Terephthalate* Terhadap *Void In Mineral Aggregate (VMA)*

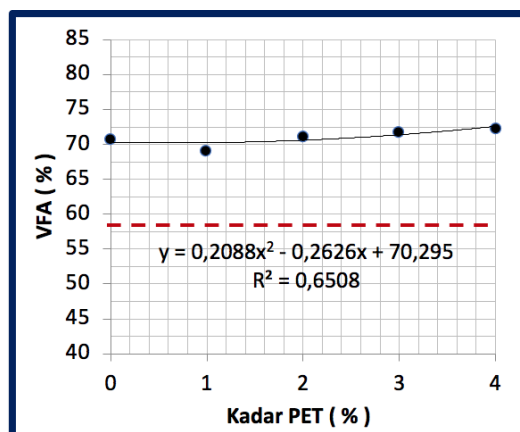


Spesifikasi min 17%
(Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2020)

Gambar 6 Grafik Hubungan *PET* Terhadap *Void In Mineral Aggregate (VMA)*

Gambar 6 mengilustrasikan bahwa nilai *VMA* meningkat seiring dengan bertambahnya kadar *Polyethylene Terephthalate (PET)*, yang menunjukkan penurunan rongga antar agregat dan peningkatan kepadatan campuran. Namun, berbagai variasi kadar *PET* yang diterapkan masih menghasilkan nilai *VMA* yang relatif tinggi.

E. Hubungan *Polyethylene Terephthalate* Terhadap *Void Filled With Asphalt* (VFA)



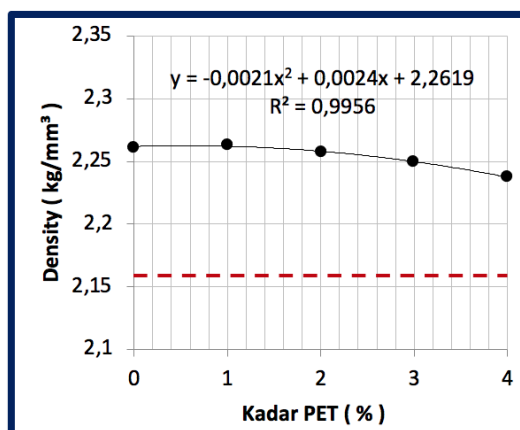
Spesifikasi min 65%

(Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2020)

Gambar 7 Grafik Hubungan PET Terhadap *Void Filled With Asphalt* (VFA)

Gambar 7 menunjukkan bahwa VFA meningkat seiring dengan bertambahnya kadar PET, karena PET mengisi rongga agregat (VIM). Peningkatan VFA mengurangi VIM, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas campuran. Selain itu, nilai VMA yang rendah dan kadar aspal yang konsisten juga berkontribusi pada peningkatan VFA.

F. Hubungan Hubungan *Polyethylene Terephthalate* Terhadap *Density*



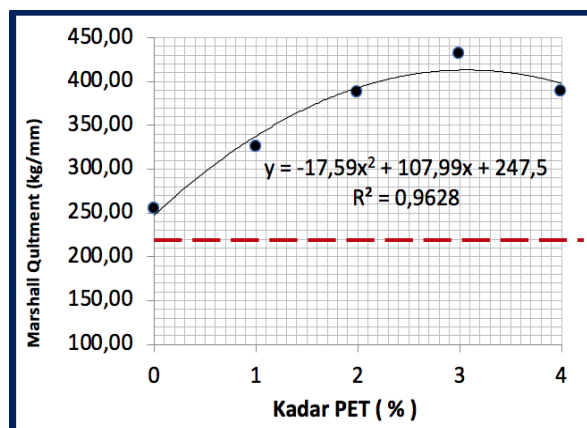
Spesifikasi min 2,2 kg/mm²

(Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2020)

Gambar 8 Grafik Hubungan PET Terhadap *Density*

Gambar 8 memperlihatkan bahwa kepadatan campuran berkurang seiring dengan meningkatnya kadar PET dari 1% hingga 4%, tetapi masih memenuhi spesifikasi minimum sebesar 2,2 kg/mm³. Penambahan PET dapat meningkatkan kepadatan, sejalan dengan kenaikan VFA, di mana semakin banyak rongga yang terisi aspal, maka semakin tinggi kepadatan campuran.

G. Hubungan Antara Variasi Tumbukan Dan Suhu Pemadatan Terhadap Nilai MQ



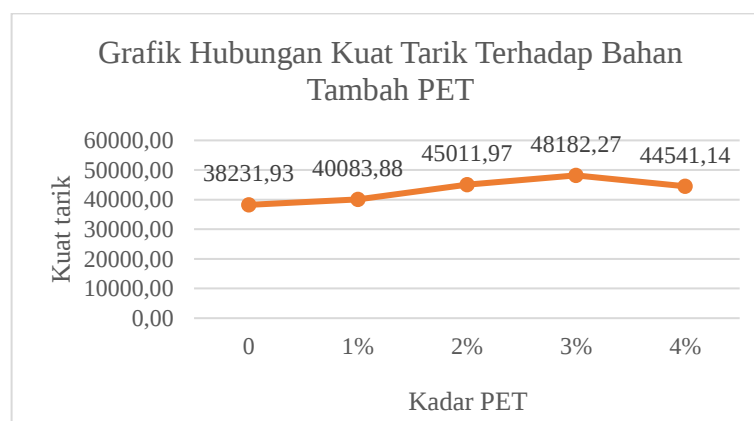
Spesifikasi min 250 kg/mm
(Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2020)

Gambar 9 Grafik Hubungan PET Terhadap Marshall Quotient

Gambar 9 menunjukkan bahwa Marshall Quotient meningkat pada kadar PET antara 1% hingga 3%, kemudian menurun pada kadar 4% karena turunnya stabilitas dan meningkatnya kelelahan. Marshall Quotient menggambarkan fleksibilitas campuran—nilai yang tinggi menunjukkan kekakuan yang dapat memicu retakan, sementara nilai yang rendah menunjukkan kelenturan, meskipun mengurangi stabilitas.

Tabel 1 Rekapitulasi Nilai Kuat Tarik Pada Bahan Tambah PET

Kadar PET (%)	Kuat Tarik (Kpa)
0	38231,93
1	40083,88
2	45011,97
3	48182,27
4	44541,14



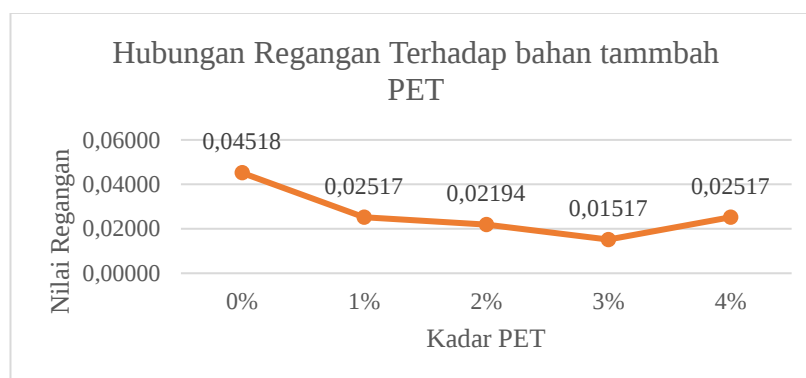
Gambar 10 Grafik Hubungan Kuat Tarik Terhadap Bahan Tambah PET

Berdasarkan Gambar 10, pada persentase kadar *Polyethylene Terephthalate* (PET) 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%, terlihat bahwa kuat tarik pada campuran meningkat dari 0%

hingga 3%, tetapi menurun pada kadar 4%. Kuat tarik akan meningkat dengan penambahan *PET*, tetapi campuran menjadi kaku jika kadar *PET* terlalu tinggi. Peningkatan kuat tarik pada campuran yang menggunakan *PET* sebagai substitusi antara kadar 0% hingga 3% mencapai 169%.

Tabel 2 Rekapitulasi Nilai Kuat Regangan Pada Bahan Tambah PET

Kadar PET (%)	Regangan Panjang
0	0,04518
1	0,02517
2	0,02194
3	0,01517
4	0,02517

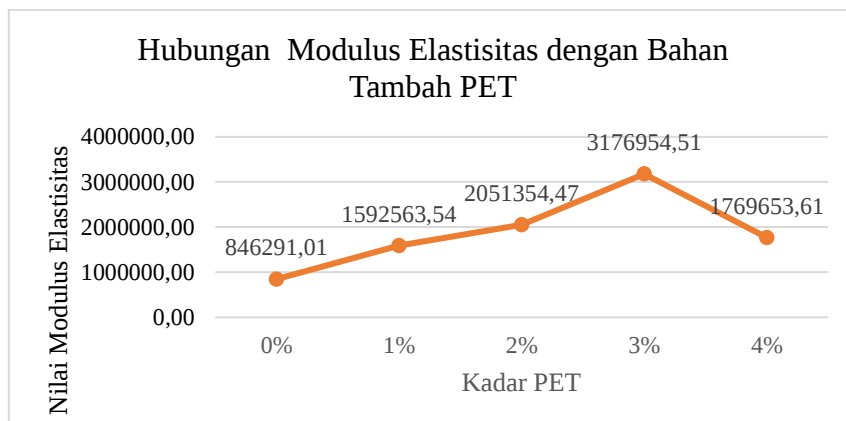


Gambar 11 Grafik yang menggambarkan hubungan antara regangan dengan bahan tambahan PET

Berdasarkan Gambar 11, terlihat bahwa nilai regangan pada kadar *Polyethylene Terephthalate (PET)* 0%, 1%, 2%, dan 3% mengalami penurunan, namun menurun jika kadar *PET* dalam campuran terlalu tinggi. Hal ini disebabkan karena campuran dirancang berdasarkan KAO, sehingga jika kadar *PET* berlebihan, campuran tidak akan terlapisi dengan baik oleh aspal.

Tabel 3 Rekapitulasi Nilai Kekuatan Regangan pada Bahan Tambahan PET

Kadar PET (%)	Modulus Elastisitas
0	846291.01
1	1592563.54
2	2051354.47
3	3176954.51
4	1769653.61

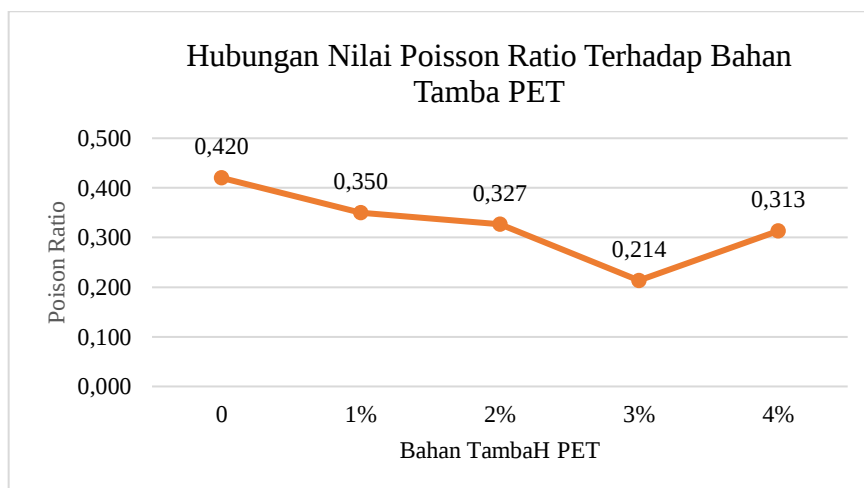


Gambar 12 Grafik yang menggambarkan hubungan antara modulus elastisitas dan bahan tambah PET

Berdasarkan Gambar 12, modulus elastisitas Stone Mastic Asphalt dengan substitusi PET tertinggi terjadi pada kadar 3%, yaitu 3.176.954,51. Kadar ini menunjukkan bahan lebih kaku, sedangkan kadar 4% PET mengalami peningkatan, menunjukkan bahwa 3% adalah kadar optimal untuk mencegah deformasi.

Tabel 3 Rekapitulasi Nilai Poisson Ratio Pada Bahan Tambah PET

Kadar PET (%)	Poisson Ration
0	0,420
1	0,350
2	0,327
3	0,214
4	0,313



Gambar 13 Grafik Poisson Ratio Terhadap Bahan Tambah PET

Berdasarkan Gambar 13, terdapat hubungan antara Poisson's ratio dan Stone Mastic Asphalt dengan bahan substitusi Polyethylene Terephthalate (PET) pada variasi kadar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Nilai Poisson's ratio terendah terjadi pada kadar PET 3%, yaitu 0,214, dibandingkan dengan kadar PET lainnya. Kuat tarik campuran yang mengandung PET mengalami peningkatan pada kadar 3%, tetapi cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kadar PET. Secara umum, peningkatan kadar PET menyebabkan penurunan

nilai Poisson's ratio, namun pada kadar 4%, nilai tersebut kembali meningkat. Oleh karena itu, kadar PET dalam campuran perlu dibatasi hingga tingkat tertentu untuk mencapai kuat tarik maksimum.

H. Pengaruh Bahan Tambah PET pada Karakteristik Marshall

Pengujian Marshall untuk menentukan kadar optimum *polyethylene terephthalate* (PET) pada campuran *Stone Mastic Asphalt* (SMA) menunjukkan berbagai pengaruh PET terhadap karakteristik Marshall. Penambahan PET 1%-4% meningkatkan stabilitas campuran, memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018, dan mampu menahan beban lalu lintas berat. Namun, semakin tinggi kadar PET, semakin besar keruntuhan pada campuran, yang mempengaruhi flow. Selain itu, penambahan PET menurunkan nilai *Voids in Mix* (VIM), sesuai spesifikasi, dan meningkatkan nilai *Voids in Mineral Aggregate* (VMA), yang mengindikasikan pengisian rongga antar agregat. Nilai *Voids Filled with Asphalt* (VFA) meningkat seiring penambahan PET, menunjukkan bahwa lebih banyak rongga terisi aspal. Penambahan PET juga menyebabkan penurunan nilai density pada campuran, tetapi kadar PET yang lebih kecil meningkatkan kepadatan campuran. Terakhir, *Marshall Quotient* (MQ) menunjukkan peningkatan pada kadar PET 1%-3%, sementara 4% mengurangi kekakuan campuran.

I. Pengaruh Bahan Tambah PET pada Karakteristik Marshall

Penggunaan *polyethylene terephthalate* (PET) pada campuran meningkatkan kuat tarik hingga 48.182,27 Kpa pada kadar 3%, namun menurun pada kadar 4% karena kelebihan PET yang mengurangi kekuatan antar agregat. PET juga meningkatkan regangan pada kadar 3%, tetapi kadar lebih tinggi membuat campuran menjadi kaku dan rentan keretakan. Poisson Ratio meningkat pada kadar 1%-3%, menunjukkan fleksibilitas, namun menurun pada kadar 4%, sehingga kadar PET perlu dibatasi untuk menjaga keseimbangan kekuatan dan fleksibilitas.

4. PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Penggunaan *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai bahan pengganti dalam campuran *Stone Mastic Asphalt* (SMA) telah diuji menggunakan metode *Indirect Tensile Strength* (ITS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tarik bervariasi dengan penambahan PET sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Nilai tertinggi dicapai pada kadar PET 3% dengan 48182,27, sedangkan nilai regangan mengalami penurunan pada kadar 3% dan kembali meningkat pada kadar PET 4% dengan nilai 0,02517. Regangan yang tinggi mengindikasikan pengaruh signifikan dari gaya luar terhadap material yang diuji.
2. Hasil penggunaan *polyethylene terephthalate* (PET) sebagai bahan pengganti dalam campuran *Stone Mastic Asphalt* (SMA) menunjukkan bahwa pada kadar PET 3%, nilai *Poisson ratio* cenderung menurun hingga 0,214. Namun, pada kadar PET 4%, nilai tersebut kembali meningkat menjadi 0,313. Peningkatan nilai *Poisson ratio* seiring dengan bertambahnya kadar PET mengindikasikan peningkatan fleksibilitas dalam campuran.

B. Saran

1. Diharapkan untuk melanjutkan penelitian berikutnya untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan tambah *polyethylene terephthalate* dengan menggunakan jenis

campuran perkerasan lainnya.

2. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk kedepannya dengan menggunakan bahan substitusi *polyethylene terephthalate* pada suatu campuran beraspal dengan pengujian deformasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alifuddin, A., Alamsyah, & Said, L. B. (2020). Konsep Design Mix Formula (DMF) Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Mengacu Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga Terhadap Sifat – Sifat (ITS) dan Deformasi. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(2), 158–169. <https://doi.org/10.33096/jtsm.v5i2.87>
- Bulgis, B., Massara, A., & Afif, A. (2024). Pengaruh Temperatur Pemadatan Terhadap Karakteristik Mekanis Aspal AC-BC dengan Menguntukkan Serbuk Arang Tempurung Kelapa sebagai Substitusi Filler. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 9(2), 119–128.
- Bulgis, B., & Salim, S. (2023). Selulosa Fiber Mesh Bahan Tambah Campuran Stone Mastic Asphalt. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 6(3), 147–157. <https://doi.org/10.24815/jarsp.v6i3.31218>
- Burhanuddin, B., Basuki, B., & Darmanijati, M. R. S. (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik Bekas Untuk Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18(1).
- Fahrudin, M., & Susilo, B. H. (2018). *Pemadatan Terhadap Density Perkerasan Asphalt Concrete Wearing Course*. 01(01).
- Fajri, A., & Sazuatmo, S. (2021). Pemanfaatan Limbah Tutup Botol Air Mineral Sebagai Filler Pada Lapis Perkerasan Base a. *Majalah Teknik Simes*, 15(2), 15. <https://doi.org/10.32663/simes.v15i2.2064>
- Farin, S. E. (2021). *PENUMPUKAN SAMPAH PLASTIK YANG SULIT TERURAI BERPENGARUH PADA LINGKUNGAN HIDUP YANG AKAN DATANG*. 1–10.
- Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). In *Direktorat Jendral Bina Marga* (Issue Oktober).
- Massara, A., Arifin, W., Alifuddin, A., Ramadhan, M. F., & Taufiq, M. (2021). Analisa Deformasi pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Derbo dan Wetfix. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(2), 61. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v6i2.681
- Radam, I. F. (2021). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC. *Jurnal Rivet*, 1(02), 80–90.
- Rif'an, A., & Sunarjono, S. (2016). Pengembangan Campuran Split Mastic Asphalt menggunakan Bahan Reclaimed Asphalt Pavement dan Ijuk. *The 3rd University Research Coloqium*, 123–130.
- Salim, Supardi, S., Alifuddin, A., Alawiah, A. A., & Syakir, M. (2023). Pengaruh Bahan Tambah Polimer Ethylene Vinyl Asetate (EVA) pada Campuran Aspal Beton AC-WC Terhadap Pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) dan Durabilitas. *Jurnal Teknik Sipil ...*, 8(2), 109–119. <https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtsm/article/view/734%0Ahttps://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtsm/article/download/734/467>

- Sukirman, S. (1999). Perkerasan lentur jalan raya. In *Penerbit Nova, Bandung*.
- Sukirman, S. (2003a). Beton Aspal Campuran Panas. In *Edisi ke-1. Jakarta: Granit*.
- Sukirman, S. (2003b). Perkerasan jalan raya. *Penerbit NOVA, Bandung*.
- Syamsiro, M. (2015). Kajian pengaruh penggunaan katalis terhadap kualitas produk minyak hasil pirolisis sampah plastik. *Jurnal Teknik*, 5(1), 47–56.
- Tahir, A. (2011). Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yang Menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Transportasi*, 1(1), 27–41.
- Wicaksono, M. A., & Arijanto, A. (2017). Pengolahan sampah plastik jenis PET (Polyethylene terephthalate) menggunakan metode pirolisis menjadi bahan bakar alternatif. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(1), 9–15.
- Wiyono, A., & Setiawan, A. (2015). Pengaruh Temperatur Terhadap Modulus Elastisitas Dan Angka Poisson Beton Aspal Lapis Atas Dengan Bahan Pengisi Kapur. *Jurnal Transportasi*, 15(3), 209–218.