

PENAMBAHAN LIMBAH SPONS SANDAL EVA TERHADAP KARAKTERISTIK ASPAL MODIFIKASI PG 70 PADA CAMPURAN ASPAL BETON

Raihan Bryne Firdaus Al Machrus¹, Aditya Rizkiardi², *Nurani Hartatik³, Siska Yovina Ervitasari⁴,
I Gede Agus Punarta⁵

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

^{4,5}Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional Jawa Timur – Bali, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

*Email : nuranihartatik@untag-sby.ac.id

ABSTRACT

In Indonesia, waste from home industries is still a major challenge in sustainable environmental management efforts. One type of waste that is often overlooked is Ethylene Vinyl Acetate (EVA)-based sandal sponge waste. This waste is generally disposed of without further utilization, thus potentially polluting the surrounding environment. This research aims to utilize EVA waste as an additive in PG 70 modified asphalt mixture in the asphalt concrete layer, which is a road pavement layer that directly bears the traffic load and must be able to withstand vertical pressure, shear force, deformation, and temperature fluctuations. EVA waste was processed through washing, shredding, and drying before being mixed into the asphalt using the wet mixing method. A series of laboratory tests were conducted to assess the effect of EVA addition on the physical characteristics of asphalt, including penetration, flash point, ductility, specific gravity, and softening point tests. The results showed that the addition of EVA waste tended to increase the flash point and softening point, but decreased the penetration, ductility, and specific gravity values. All test parameters are still within the limits required by the General Specifications of Bina Marga 2018 (Revision 2). These findings prove that EVA waste has potential as an additive that not only improves asphalt performance, but also supports more environmentally friendly and sustainable waste management solutions.

Keyword : PG 70 asphalt, EVA waste, asphalt concrete, physical characteristics, asphalt modification.

ABSTRAK

Di Indonesia, limbah dari industri rumahan masih menjadi tantangan besar dalam upaya pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Salah satu jenis limbah yang sering diabaikan adalah limbah spons sandal berbahan dasar *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA). Limbah ini umumnya dibuang tanpa pemanfaatan lebih lanjut, sehingga berpotensi mencemari lingkungan sekitar. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah EVA sebagai bahan aditif dalam campuran aspal modifikasi PG 70 pada lapisan aspal beton (Laston), yaitu lapisan perkerasan jalan yang langsung menanggung beban lalu lintas dan harus mampu bertahan terhadap tekanan vertikal, gaya geser, deformasi, serta fluktuasi suhu. Limbah EVA diolah melalui proses pencucian, pencacahan, dan pengeringan sebelum dicampurkan ke dalam aspal menggunakan metode pencampuran basah. Serangkaian pengujian laboratorium dilakukan untuk menilai pengaruh penambahan EVA terhadap karakteristik fisik aspal, meliputi uji penetrasi, titik nyala, daktilitas, berat jenis, dan titik lembek. Hasil menunjukkan bahwa penambahan limbah EVA cenderung meningkatkan titik nyala dan titik lembek, namun menurunkan nilai penetrasi, daktilitas, dan berat jenis. Seluruh parameter hasil uji masih berada dalam batas yang dipersyaratkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2). Temuan ini membuktikan bahwa limbah EVA memiliki potensi sebagai bahan tambah yang tidak hanya meningkatkan performa aspal, tetapi juga mendukung solusi pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kata kunci : Aspal PG 70, limbah EVA, aspal beton, karakteristik fisik, modifikasi aspal.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya urbanisasi, pertumbuhan sektor industri di Indonesia mengalami kemajuan yang signifikan dan berperan penting dalam mendukung perekonomian nasional. Salah satu sektor yang berkembang pesat adalah industri alas kaki. Berdasarkan laporan Kementerian Perindustrian (2018), Indonesia termasuk salah satu produsen alas kaki terbesar di dunia. Menurut [1] Indonesia menempati peringkat ketiga sebagai eksportir alas kaki global pada tahun 2022, setelah Tiongkok dan Vietnam, dengan total ekspor mencapai 535 juta pasang atau sekitar 3,5% dari pangsa ekspor dunia. Di balik pencapaian tersebut, aktivitas industri ini turut menghasilkan limbah, salah satunya adalah limbah spons sandal berbahan dasar *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA), yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik.

Pemanfaatan limbah spons sandal berbahan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) di Indonesia masih sangat terbatas. Limbah ini sering dianggap tidak bernilai ekonomis dan dibuang tanpa pengolahan yang tepat. Salah satu sumber utamanya berasal dari industri rumahan di Desa Wagir, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo, yang memproduksi sekitar 100 pasang sandal dan menghasilkan 10 kg limbah spons per hari. Penumpukan limbah ini dapat mencemari lingkungan jika tidak ditangani. Salah satu alternatif solusi adalah pemanfaatan limbah EVA sebagai bahan aditif dalam campuran aspal beton karena mampu meningkatkan kohesi dan kekuatan ikatan antarpartikel [2].

Lapisan aspal beton (Laston) merupakan bagian teratas perkerasan jalan yang langsung menanggung beban lalu lintas. Meskipun bersifat fleksibel dan dirancang untuk memberikan kenyamanan serta ketahanan, lapisan ini tetap rentan terhadap kerusakan akibat suhu tinggi dan beban berat, seperti pelepasan agregat dan retak permukaan [3]. Pemanfaatan limbah spons sandal berbahan EVA sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal beton dapat menjadi solusi inovatif untuk mengurangi limbah sekaligus meningkatkan kualitas dan daya tahan jalan [4].

Salah satu cara untuk meningkatkan mutu aspal adalah melalui penerapan aspal modifikasi, yang dirancang agar campuran perkerasan lebih stabil pada suhu tinggi. Aspal PG 70, yang dicampur dengan aspal alami, merupakan salah satu jenis aspal modifikasi yang terbukti mampu meningkatkan kinerja perkerasan jalan. Dibandingkan dengan aspal konvensional tipe penetrasi 60/70, PG 70 menawarkan stabilitas termal lebih tinggi dan ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi plastis, terutama dalam kondisi bersuhu ekstrem. Campuran aspal beton dengan PG 70 juga memiliki tingkat kekakuan yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada peningkatan daya tahan terhadap deformasi, pengurangan risiko retak, dan ketahanan aus yang lebih baik sepanjang masa layanan jalan. Dengan demikian, penggunaannya dapat memperpanjang umur jalan dan menekan biaya perawatan [5].

2. KAJIAN PUSTAKA

Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah jenis konstruksi perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat, sehingga memiliki sifat fleksibel dan mampu menyesuaikan diri terhadap deformasi tanah di bawahnya. Perencanaan perkerasan terdiri dari lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*), pondasi atas (*Base Course*), dan lapisan permukaan (*Surface Course*) yang diletakkan di atas tanah dasar (*Sub Grade*). Semua lapisan tersebut bersama tanah dasar menahan beban lalu lintas, dengan ketebalan perkerasan disesuaikan berdasarkan daya dukung tanah dasar. [6].

Lapis Aspal Beton

Lapis aspal beton (Laston) merupakan salah satu jenis lapisan perkerasan jalan yang tersusun dari campuran agregat kasar, agregat halus, material pengisi (*filler*), serta aspal keras. Campuran ini diolah dalam kondisi panas, kemudian dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu agar mencapai kepadatan dan kekuatan yang diinginkan. Agregat yang digunakan adalah kombinasi dari agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dengan gradasi yang seragam dan baik, sehingga menghasilkan campuran yang stabil dan mampu menahan beban lalu lintas. Aspal yang digunakan biasanya adalah aspal keras dengan tingkat penetrasi tertentu, yang disesuaikan dengan kebutuhan teknis dan kondisi lingkungan jalan tersebut. Laston banyak dipilih karena daya tahannya yang tinggi terhadap beban kendaraan dan perubahan suhu, serta memberikan permukaan jalan yang halus dan nyaman dilalui. [7].

Aspal

Aspal adalah bahan yang berperan sebagai pengikat, terbentuk dari campuran senyawa hidrokarbon yang kompleks. Memiliki sifat termoplastis, aspal akan melembut saat dipanaskan dan mengeras kembali ketika dingin. Dalam konstruksi jalan, aspal digunakan untuk menyatukan agregat menjadi struktur yang solid dan kokoh. Sifat kedap airnya juga menjadikan aspal sangat cocok sebagai lapisan perkerasan jalan yang mampu bertahan terhadap perubahan cuaca dan tekanan lalu lintas. Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam, aspal minyak dan aspal polimer [8].

Aspal Modifikasi Polimer

Aspal modifikasi polimer adalah inovasi yang dirancang untuk meningkatkan mutu dan ketahanan campuran aspal, terutama terhadap cuaca ekstrem dan beban lalu lintas berat. Proses ini mencampurkan aspal dengan polimer agar lebih elastis dan tahan deformasi. Salah satu jenisnya adalah Aspal PG 70, yang diklasifikasikan berdasarkan metode *Superpave*. Angka 70 menunjukkan suhu maksimum penggunaan, sehingga cocok untuk jalan berkinerja tinggi seperti jalan tol dan jalan dengan lalu lintas padat [9].

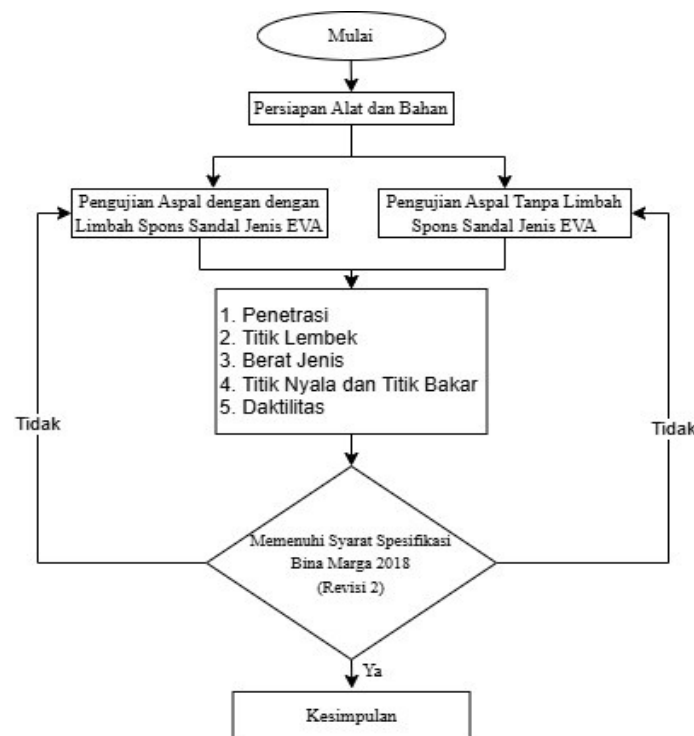
Limbah Spons Sandal EVA

Limbah spons sandal berbahan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) merupakan jenis limbah padat yang umum dihasilkan oleh industri rumahan, seperti yang terdapat di Desa Wagir, Kecamatan Sedati, Kabupaten Sidoarjo. Dengan jumlah produksi mencapai sekitar 100 pasang sandal per hari, limbah EVA yang dihasilkan dapat mencapai sekitar 10 kilogram per hari. Limbah ini berasal dari sisa-sisa potongan bahan yang tidak terpakai dalam proses pembuatan sandal. Apabila tidak dimanfaatkan dengan baik, limbah ini akan menumpuk dan menimbulkan potensi pencemaran lingkungan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengurangi dampak negatif tersebut adalah dengan memanfaatkan limbah EVA sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal beton. Proses ini dilakukan dengan mencacah limbah menjadi potongan kecil, kemudian mencampurkannya ke dalam aspal panas pada suhu antara 160°C hingga 170°C. Penggunaan limbah EVA sebagai aditif pada aspal tidak hanya membantu mengurangi volume limbah, tetapi juga berpotensi meningkatkan kualitas campuran aspal.

Pemanfaatan ini merupakan langkah positif dalam mendukung pengelolaan limbah yang ramah lingkungan sekaligus mendorong inovasi dalam penggunaan material konstruksi berkelanjutan.[2].

3. METODE PENELITIAN

Diagram pengujian aspal ini menjelaskan secara rinci tahapan dan metode yang digunakan dalam proses evaluasi. Setiap langkah dirancang untuk menguji berbagai karakteristik fisik aspal, seperti kekuatan, elastisitas, dan ketahanan. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa aspal memenuhi standar kualitas serta layak digunakan, terutama dalam penelitian yang memerlukan material dengan spesifikasi khusus. Diagram tersebut juga mencakup prosedur pengujian laboratorium dan teknik analisis guna menghasilkan data yang akurat.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Persiapan Alat dan Bahan

1. Termometer
2. Alat Penetrasi Aspal
3. Timbangan
4. *Waterbath*
5. Gelas *Beaker*
6. Piknometer
7. Cawan Kuningan
8. Alat Nyala Api
9. Dudukan Benda Uji Plat
10. Alat Pengarah Bola
11. Bola Baja
12. Cetakan Daktilitas
13. *Merhyl alcohol*
14. Mesin Uji Daktilitas

Metode Pengujian Aspal

Penelitian ini menggunakan aspal PG 70, yaitu aspal modifikasi polimer dengan performa lebih baik dibandingkan aspal biasa. Berbagai pengujian dilakukan untuk menilai karakteristik fisik dan termalnya, antara lain uji penetrasi untuk mengetahui kekerasan, uji titik nyala dan titik bakar guna mengevaluasi keamanan termal, serta uji daktilitas untuk mengukur kelenturan aspal. Selain itu, dilakukan juga uji berat jenis untuk menentukan densitas, dan uji

titik lembek yang bertujuan mengidentifikasi suhu di mana aspal mulai melunak. Semua pengujian ini bertujuan memastikan kualitas aspal sesuai standar.

Pengujian Penetrasi

Pengujian penetrasi aspal digunakan untuk mengukur tingkat kekerasan atau kelembutan aspal dalam kondisi padat atau semi-padat. Metode ini melibatkan penusukan jarum standar ke dalam sampel aspal dengan beban dan durasi tertentu. Pengujian dilakukan pada suhu 25°C (77°F) untuk mensimulasikan kondisi suhu permukaan jalan pada situasi normal di lapangan. Nilai penetrasi yang diperoleh mencerminkan konsistensi aspal dan membantu menentukan kualitas serta ketahanan material terhadap deformasi. Hasil pengujian ini sangat penting dalam memilih aspal yang sesuai untuk konstruksi jalan guna memastikan performa dan daya tahan yang optimal.

Pengujian Titik Nyala

Pengujian titik nyala bertujuan untuk menentukan suhu saat aspal mulai menghasilkan uap yang dapat menyala sesaat ketika terkena api. Titik nyala ini menandai batas awal risiko kebakaran, meskipun api belum dapat terus menyala pada suhu tersebut. Pengujian dilakukan secara manual menggunakan alat Cleveland Open Cup sesuai standar yang berlaku. Metode ini dapat diterapkan pada berbagai jenis aspal dengan rentang titik nyala antara 79°C hingga 400°C. Hasil pengujian ini penting untuk menilai keamanan penyimpanan dan penggunaan aspal dalam proses konstruksi serta mengurangi potensi bahaya kebakaran.

Pengujian Daktilitas

Pengujian daktilitas bertujuan mengukur kemampuan aspal untuk meregang sebelum putus, yang mencerminkan kohesi atau kekuatan ikatan antar partikel dalam material tersebut. Dalam pengujian, sampel aspal berukuran 100 mm² ditarik secara perlahan dengan kecepatan 50 mm per menit pada suhu 25°C hingga terjadi pemutusan. Panjang regangan maksimum yang berhasil dicapai menjadi indikator utama dalam menilai hasil pengujian ini. Data tersebut sangat penting untuk menentukan fleksibilitas aspal, yang berpengaruh pada ketahanan material terhadap retak dan deformasi saat digunakan dalam konstruksi jalan.

Pengujian Berat Jenis

Pengujian titik lembek bertujuan menentukan suhu di mana aspal mulai melembek hingga tidak mampu menopang beban bola baja di atasnya. Saat suhu naik, kekerasan aspal menurun sehingga bola baja turun karena gaya gravitasi. Uji ini mengukur suhu transisi aspal dari kondisi padat menjadi lunak, yang penting untuk menilai stabilitas dan ketahanan aspal terhadap suhu tinggi. Hasil pengujian membantu memastikan performa aspal di permukaan jalan, khususnya dalam menghadapi cuaca panas yang dapat mempengaruhi daya tahan dan umur material. Dengan demikian, pengujian ini sangat krusial dalam evaluasi kualitas aspal.

Rumus Berat Jenis Aspal :

$$B_j = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Keterangan :

A = berat piknometer dengan penutup (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram)

Pengujian Titik Lembek

Pengujian titik lembek bertujuan untuk menentukan suhu di mana aspal mulai melembek hingga tidak mampu menopang beban bola baja yang diletakkan di atasnya. Saat suhu meningkat, kekerasan aspal menurun sehingga bola baja akan turun akibat gaya gravitasi. Uji ini mengidentifikasi suhu transisi aspal dari kondisi padat ke lunak, yang menjadi parameter penting dalam menilai stabilitas dan ketahanan aspal terhadap suhu tinggi. Informasi ini sangat berguna untuk memastikan performa aspal saat digunakan di permukaan jalan, terutama dalam menghadapi kondisi cuaca panas yang dapat mempengaruhi daya tahan dan keawetan material.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan Jalan BBPJN Jawa Timur – Bali dengan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2). Standar tersebut diterapkan untuk memastikan material alternatif dalam campuran aspal memenuhi persyaratan teknis yang ketat, sehingga menjamin mutu, ketahanan, dan keberlanjutan konstruksi jalan. Pengujian ini penting untuk mendukung kualitas dan daya tahan infrastruktur jalan secara optimal.

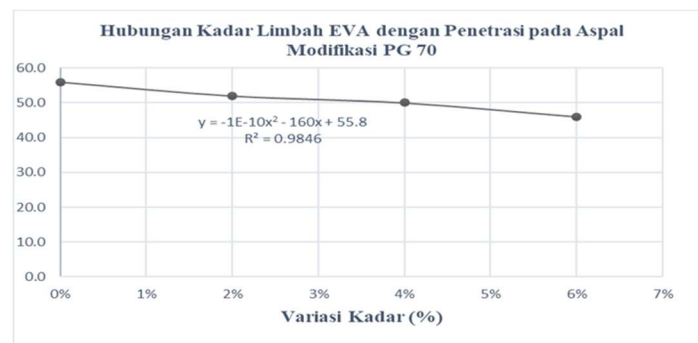
Pengujian Penetrasi

Uji penetrasi dilakukan untuk mengukur tingkat kekerasan aspal dengan menentukan kedalaman penetrasi jarum secara vertikal, yang dinyatakan dalam satuan 0,1 mm. Nilai penetrasi yang lebih tinggi menunjukkan sifat aspal yang lebih lunak. Berikut ini disajikan hasil pengujian penetrasi pada aspal PG 70 :

Tabel 7. Hasil Pengujian Penetrasi Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70

Hasil Pengujian Penetrasi Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70		
No.	Kadar Variasi	Hasil Pengujian Penetrasi
1	0%	56 cm
2	2%	52 cm
3	4%	50 cm
4	6%	46 cm

(Sumber : Peneliti, 2025)



(Sumber : Peneliti, 2025)

Gambar 2. Hubungan Kadar Limbah EVA dengan Penetrasi pada Aspal Modifikasi PG 70

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, terlihat bahwa nilai penetrasi cenderung menurun seiring bertambahnya kadar limbah EVA. Penurunan ini menunjukkan bahwa aspal menjadi semakin keras atau cenderung getas. Nilai penetrasi tertinggi tercatat sebesar 56 cm pada campuran tanpa penambahan limbah EVA (0%), sedangkan nilai terendah sebesar 46 cm terdapat pada campuran dengan kadar limbah EVA 6%. Meskipun demikian, seluruh hasil masih berada dalam batas yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum 2018 untuk aspal PG 70.

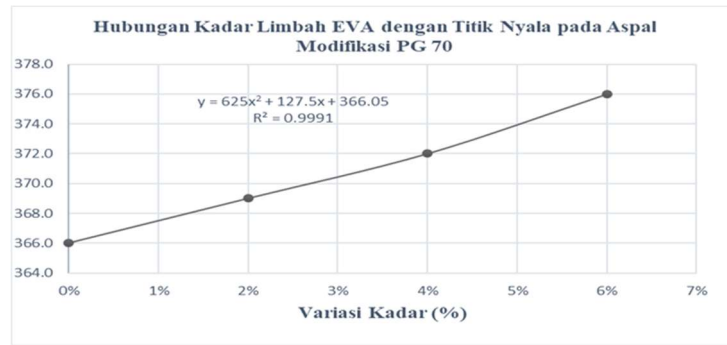
Pengujian Titik Nyala

Uji titik nyala dilakukan untuk mengevaluasi ketahanan aspal terhadap suhu tinggi, dengan cara mengukur suhu saat aspal mulai terbakar secara berkelanjutan. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan kemampuan aspal yang lebih baik dalam menghadapi panas ekstrem. Hasil pengujian titik nyala ditampilkan pada bagian berikut :

Tabel 8. Hasil Pengujian Titik Nyala Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70

Hasil Pengujian Titik Nyala Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70		
No.	Kadar Variasi	Hasil Pengujian Titik Nyala
1	0%	366.0 °C
2	2%	369.0 °C
3	4%	372.0 °C
4	6%	376.0 °C

(Sumber : Peneliti, 2025)



(Sumber : Peneliti, 2025)

Gambar 3. Hubungan Kadar Limbah EVA dengan Titik Nyala pada Aspal Modifikasi PG 70

Berdasarkan tabel dan grafik, dapat dilihat bahwa nilai titik nyala meningkat seiring dengan penambahan kadar limbah EVA. Peningkatan ini terjadi karena limbah EVA memiliki titik nyala yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal. Titik nyala tertinggi tercapai pada kadar limbah EVA 6% sebesar 376 °C, sementara nilai terendah sebesar 366 °C terdapat pada campuran tanpa limbah EVA (0%). Seluruh nilai tersebut masih memenuhi ketentuan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

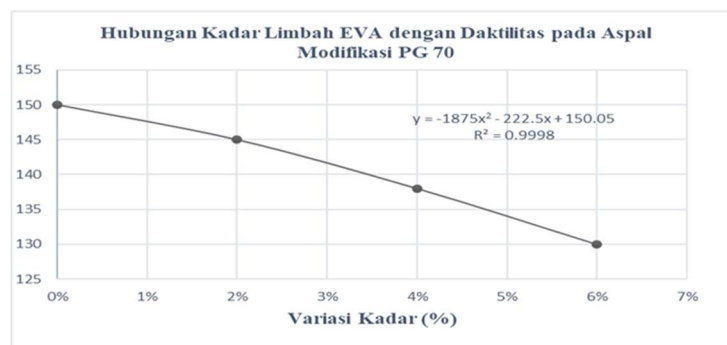
Pengujian Daktilitas

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengukur tingkat kelenturan dan elastisitas aspal saat ditarik. Uji ini dilakukan pada suhu 25°C ± 0,5°C atau sesuai standar yang berlaku. Sampel aspal dimasukkan ke dalam cetakan khusus dan ditarik secara perlahan dengan kecepatan 50 mm per menit ± 2,5 mm hingga terjadi retakan. Panjang pemuluran hingga retak menjadi parameter untuk menentukan nilai daktilitas. Hasil pengujian daktilitas akan disajikan pada bagian berikut ini:

Tabel 9. Hasil Pengujian Daktilitas Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70

Hasil Pengujian Daktilitas Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70		
No.	Kadar Variasi	Hasil Pengujian Daktilitas
1	0%	150 cm
2	2%	145 cm
3	4%	138 cm
4	6%	130 cm

(Sumber : Peneliti, 2025)



(Sumber : Peneliti, 2025)

Gambar 4. Hubungan Kadar Limbah EVA dengan Daktilitas pada Aspal Modifikasi PG 70

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel dan grafik di atas, nilai daktilitas aspal menunjukkan penurunan yang konsisten seiring dengan meningkatnya kadar limbah EVA dalam campuran. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan limbah EVA membuat aspal modifikasi menjadi lebih getas atau kurang lentur. Nilai daktilitas tertinggi dicapai pada kadar limbah EVA 0% dengan panjang regangan sebesar 150 cm, sedangkan nilai terendah tercatat sebesar 130 cm pada kadar limbah EVA 6%. Meskipun terjadi penurunan, seluruh variasi campuran aspal dengan limbah EVA tetap memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, sehingga masih layak digunakan dalam konstruksi jalan.

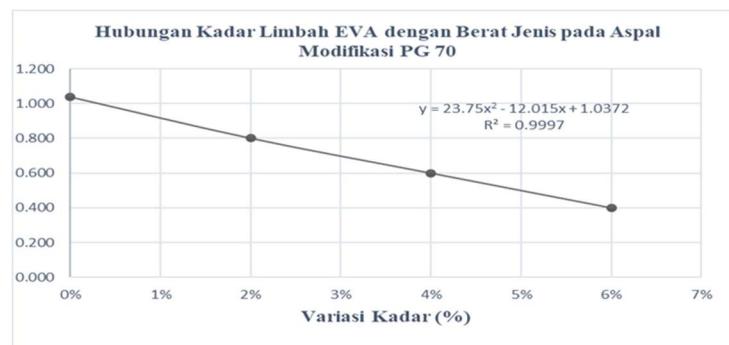
Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan untuk memastikan bahwa nilai densitas aspal PG 70 yang digunakan dalam campuran telah sesuai dengan standar dan ketentuan yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2). Pengujian ini sangat penting untuk menjamin bahwa aspal memiliki karakteristik fisik yang memenuhi persyaratan teknis sehingga dapat mendukung kualitas dan daya tahan konstruksi jalan. Data hasil dari pengujian berat jenis tersebut kemudian disajikan secara rinci dalam tabel berikut, yang akan memudahkan analisis dan evaluasi terhadap kesesuaian material dengan standar yang berlaku.

Tabel 10. Hasil Pengujian Berat Jenis Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70

Hasil Pengujian Berat Jenis Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70		
No.	Kadar Variasi	Hasil Pengujian Berat Jenis
1	0%	1.039 gram/cm ³
2	2%	0.801 gram/cm ³
3	4%	0.600 gram/cm ³
4	6%	0.400 gram/cm ³

(Sumber : Peneliti, 2025)



(Sumber : Peneliti, 2025)

Gambar 5. Hubungan Kadar Limbah EVA dengan Berat Jenis pada Aspal Modifikasi PG 70

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, nilai berat jenis aspal menunjukkan penurunan seiring dengan meningkatnya kadar limbah EVA. Penurunan ini terjadi karena berat jenis limbah EVA yang lebih rendah dibandingkan dengan berat jenis aspal asli. Nilai berat jenis tertinggi tercatat sebesar 1,039 gram/cm³ pada kadar limbah EVA 0%, sementara nilai terendah mencapai 0,400 gram/cm³ pada kadar limbah EVA 6%. Meskipun terjadi penurunan, seluruh variasi campuran aspal dengan limbah EVA tersebut masih memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, sehingga layak untuk digunakan dalam konstruksi jalan.

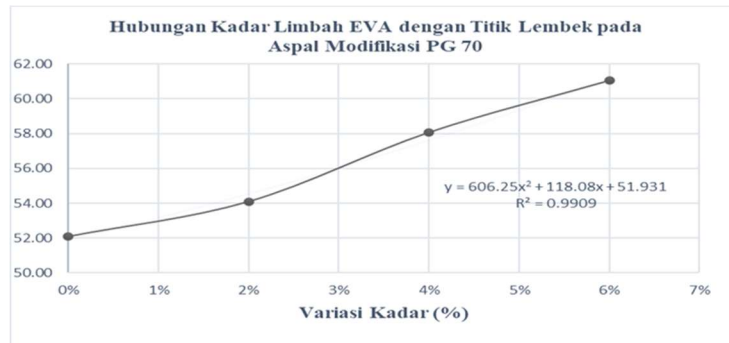
Pengujian Titik Lembek

Pengujian titik lembek bertujuan untuk menentukan suhu saat aspal mulai kehilangan kekakuannya dan mulai melunak. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *ring and ball*, yang merupakan metode standar dalam menentukan ketahanan termal aspal. Informasi dari hasil pengujian ini sangat penting untuk menilai sejauh mana aspal sensitif terhadap perubahan suhu lingkungan, khususnya dalam kondisi iklim ekstrem. Data hasil pengukuran titik lembek aspal disajikan pada tabel di bawah ini sebagai dasar evaluasi karakteristik termal material tersebut.

Tabel 11. Hasil Pengujian Titik Lembek Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70

Hasil Pengujian Titik Lembek Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70		
No.	Kadar Variasi	Hasil Pengujian Titik Lembek
1	0%	53.08 °C
2	2%	54.09 °C
3	4%	58.07 °C
4	6%	61.05 °C

(Sumber : Peneliti, 2025)



(Sumber : Peneliti, 2025)

Gambar 6. Hubungan Kadar Limbah EVA dengan Titik Lembek pada Aspal Modifikasi PG 70

Berdasarkan tabel dan grafik di atas menunjukkan pola yang serupa dengan grafik titik nyala, di mana nilai titik lembek meningkat seiring dengan bertambahnya kadar limbah EVA. Hal ini disebabkan oleh titik lembek limbah EVA yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik lembek aspal. Titik lembek tertinggi tercatat pada kadar limbah EVA 6% sebesar 61,05 °C, sementara titik lembek terendah sebesar 52,08 °C terdapat pada campuran tanpa limbah EVA (0%). Semua nilai tersebut masih memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Bagian ini menyajikan ringkasan hasil pengujian karakteristik aspal PG 70 yang telah dimodifikasi dengan penambahan limbah EVA pada variasi kadar 0%, 2%, 4%, dan 6%. Pengujian meliputi parameter penetrasi, titik nyala, daktilitas, berat jenis, dan titik lembek, yang kemudian dievaluasi berdasarkan kesesuaiannya dengan ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 2) Tahun 2018. Rekapitulasi hasil pengujian aspal modifikasi PG 70 disajikan sebagai berikut :

Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70

Rekapitulasi Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Modifikasi PG 70								
No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian				Metode Pengujian	Syarat Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018	
		0%	2%	4%	6%		Min	Max
1	Penetrasi (0.1 mm)	56 cm	52 cm	50 cm	46 cm	SNI 2456-2011	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2	Titik Nyala (°C)	366.0 °C	369.0 °C	372.0 °C	376.0 °C	SNI 2433-2011	≥230	-
3	Daktilitas (cm)	150	145	138	130	SNI 2432-2011	-	-
4	Berat Jenis (gr/cm³)	1.039 gr/cm³	0.801 gr/cm³	0.600 gr/cm³	0.400 gr/cm³	SNI 2441-2011	-	-
5	Titik Lembek (°C)	52.08 °C	54.09 °C	58.07 °C	61.05 °C	SNI 2434-2011	Dilaporkan ⁽²⁾	

(Sumber : Peneliti, 2025)

Berdasarkan rangkuman hasil pengujian terhadap karakteristik aspal modifikasi PG 70, dapat disimpulkan bahwa material tersebut telah memenuhi seluruh ketentuan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (Revisi 2) Tahun 2018. Oleh karena itu, aspal PG 70 yang telah diuji dinyatakan layak dan memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk digunakan dalam proyek konstruksi jalan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap pengaruh penambahan limbah spons sandal EVA pada aspal modifikasi PG 70 dalam campuran AC-WC, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan limbah EVA berpengaruh terhadap karakteristik fisik aspal, di mana terjadi penurunan nilai penetrasi, daktilitas, dan berat jenis seiring bertambahnya kadar EVA, yang mengindikasikan aspal menjadi lebih keras dan getas.
2. Sebaliknya, nilai titik nyala dan titik lembek mengalami peningkatan dengan bertambahnya kadar limbah EVA, yang menunjukkan bahwa campuran aspal menjadi lebih tahan terhadap suhu tinggi.

3. Seluruh hasil pengujian, baik pada kadar 0%, 2%, 4%, maupun 6% limbah EVA, masih memenuhi syarat teknis yang ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 2), sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah EVA layak digunakan sebagai bahan aditif dalam modifikasi aspal.
4. Penggunaan limbah spons sandal EVA dalam campuran aspal tidak hanya memberikan manfaat teknis dalam peningkatan performa aspal, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah industri secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Dengan demikian, limbah spons EVA tidak hanya meningkatkan performa aspal, tetapi juga mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Pemanfaatan ini menjadi solusi inovatif yang ramah lingkungan dalam bidang konstruksi jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Footwear Yearbook 2023, "WORLD FOOTWEAR YEARBOOK 2023." [Online]. Available: www.worldfootwear.com
- [2] I. N. Nurwantari, "PEMANFAATAN LIMBAH SANDAL DARI HOME INDUSTRY DI DESA KEPUH KIRIMAN KECAMATAN WARU KABUPATEN SIDOARJO SEBAGAI MATERIAL AGREGAT KASAR PADA BAHAN CAMPURAN PEMBUATAN PAVING BLOCK," 2023.
- [3] D. Iqbal and F. Ramadhani, "KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH ETHYLENE VINYL ACETATE MENGGUNAKAN GRADASI TERBUKA," 2022.
- [4] S. Supardi *et al.*, "Pengaruh Bahan Tambah Polimer Ethylene Vinyl Asetate (EVA) pada Campuran Aspal Beton AC-WC Terhadap Pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) dan Durabilitas," *JUNI*, vol. 8, no. 2, p. 109, 2023.
- [5] M. Rizaldi Absyah and N. Hartatik, "ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN ASPAL PEN 60/70 MODIF PG 70 DENGAN ASPAL CURAH PADA CAMPURAN AC-WC," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 3, no. 2, pp. 1275–1289, 2023, doi: 10.46306/tgc.v3i2.
- [6] A. Arthono and V. A. Permana, "(2022) Perencanaan Perkerasan Lentur Jalan Raya Menggunakan Metode Analisa Komponen SNI," 2022.
- [7] S. Sukirman, "Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur," 2010.
- [8] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*. 2016.
- [9] I. Tosi, M. Hadi, M. Wisman, and K. Kunci, "Jurnal Teslink : Teknik Sipil dan Lingkungan Eksperimen Durabilitas Aspal Modifikasi Pg 70 Menggunakan Limestone (Abu Batu) Sebagai Filler Terhadap Uji Marshall," vol. 6, no. 1, pp. 31–35, 2023, doi: 10.52005/teslink.v1i15i1.xxx.