

STUDI EKSPERIMENTAL PEREMAJAAN ASPAL TUA PG 76 DENGAN REJUVENATOR MINYAK GORENG BEKAS (MGB)

Tegar Adi Pratama¹, Wahyuni Wahab²

Fakultas Sains Teknologi, Universitas Bina Darma Palembang Indonesia

Email: tegaradipratamasumberasri@gmail.com¹, wahyuni.wahab@binadarma.id²

Abstract: *Pavement is one of the most important things to support smooth transportation to create a sense of comfort and safety for road users. Seeing the very high increase in population mobility, it is necessary to improve the quality of road transportation infrastructure development that is environmentally friendly, cheap and durable. For this reason, it is necessary to innovate pavement methods that are able to produce quality that meets the standards, but by using the minimum material possible. One of the environmentally friendly pavements is using the recycling method. recycling method is a method used to repair damaged pavement. This recycling method has several advantages, including restoring the strength of damaged pavement and overcoming dependence on new materials. in this research, PG 76 asphalt type material was used with used cooking oil as a rejuvenator and the percentage used in this study was 1%; 1.5%; 2%; 2.5%; and 3% of the weight of old asphalt.*

Abstrak: *perkerasan jalan merupakan salah satu hal yang paling penting untuk menunjang kelancaran transportasi untuk menciptakan rasa nyaman dan aman bagi para pengguna jalan. Melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi, maka diperlukan peningkatan kualitas pembangunan prasarana transportasi jalan yang ramah lingkungan, murah dan tahan lama. Untuk itu diperlukan inovasi metode perkerasan jalan yang mampu menghasilkan kualitas yang memenuhi standar, namun dengan menggunakan material seminim mungkin. Salah satu perkerasan jalan yang ramah lingkungan adalah dengan menggunakan metode daur ulang (recycling). metode daur ulang (recycling) adalah suatu cara yang digunakan untuk memperbaiki perkerasan jalan yang telah rusak. Metode daur ulang ini memiliki beberapa keuntungan, antara lain mengembalikan kekuatan perkerasan jalan yang telah rusak dan mengatasi ketergantungan akan material baru. pada penelitian ini digunakan bahan jenis aspal PG 76 dengan Minyak goreng bekas sebagai rejuvenator dan presentase yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 1%; 1,5%; 2%; 2,5%; dan 3% dari berat aspal tua.*

Keywords: *peremajaan aspal, minyak goreng bekas, PG 76, Aspal, rejuvenator*

A.Pendahuluan

perkerasan jalan merupakan salah satu hal yang paling penting untuk menunjang kelancaran transportasi untuk menciptakan rasa nyaman dan aman bagi para pengguna jalan. Melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi, maka diperlukan peningkatan kualitas pembangunan prasarana transportasi jalan yang ramah lingkungan, murah dan tahan lama. Untuk itu diperlukan inovasi metode perkerasan jalan yang mampu menghasilkan kualitas yang memenuhi standar, namun dengan menggunakan material seminim mungkin. Salah satu perkerasan jalan yang ramah lingkungan adalah dengan menggunakan metode daur ulang (*recycling*).

metode daur ulang (*recycling*) adalah suatu cara yang digunakan untuk memperbaiki perkerasan jalan yang telah rusak. Metode daur ulang ini memiliki beberapa keuntungan, antara lain mengembalikan kekuatan perkerasan jalan yang telah rusak dan mengatasi ketergantungan akan material baru. Salah satu material penyusun perkerasan jalan dalam perkerasan lentur adalah aspal. Aspal yang digunakan dalam konstruksi dalam jangka lama dapat mengalami penurunan kualitas. Penyebab penurunan kualitas aspal pada perkerasan lentur salah satunya adalah proses penuaan pada material aspal. Penuaan merupakan suatu perubahan karakteristik campuran beraspal yang berupa pengerasan aspal yang diakibatkan oleh oksidasi. Oksidasi adalah pelepasan zat-zat yang terkandung pada aspal akibat lepasnya unsur hidrogen (H) yang berubah menjadi air (H₂O) yang diakibatkan oleh beberapa faktor lingkungan (udara, temperatur dan sinar matahari) hal ini terjadi mulai dari proses produksi

aspal, proses pengangkutan, proses konstruksi sampai pada proses pelayanan. Pada proses tersebut campuran beraspal mengalami pemanasan baik oleh matahari atau karena pemanasan untuk pengenceran aspal pada proses produksi dan konstruksi. Pemanasan yang berlangsung akan berpengaruh pada aspal karena ada bagian aspal yang mengalami penguapan dan itu dapat mengubah karakteristik aspal, sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas.

penuaan terdiri dari dua macam yaitu penuaan jangka pendek dan penuaan jangka panjang. dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa penuaan jangka pendek untuk mensimulasikan aspal saat di Asphalt Mixing Plant (AMP). Sedangkan penuaan jangka panjang yaitu proses penuaan aspal atau pada saat operasi jalan dalam melayani lalu lintas selama umur 10 tahun atau lebih tergantung jenis aspal, atau nilai sifat-sifat aspal jauh berbeda dari spesifikasi awal. dalam jurnalnya bahwa aspal yang sudah disimpan dan dioven pada suhu 135°C selama 4 jam dapat disebut penuaan jangka pendek, sedangkan aspal yang disimpan dan dioven selama 120 jam atau 5 hari pada suhu 85°C dapat dikatakan penuaan jangka panjang dan ini setara dengan pekerasan lentur yang memiliki kinerja baik kira kira selama 15 tahun.

Untuk mengembalikan performa aspal mencapai kualitas aspal tua hingga mencapai hasil pengujian sesuai dengan sifat semula aspal yang telah ditentukan sesuai ketentuan sebelumnya diperlukan penambahan bahan peremaja. Melihat beberapa penelitian terdahulu menurut Yuniarti, dkk (2020) di dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa dalam penggunaan bahan peremaja minyak jelantah, minyak tanah dan oli bekas serta resin epoxy dapat mengembalikan sifat fisik pada aspal 60/70 yang telah mengalami penuaan akibat pemanasan selama 120 jam pada suhu 85°C. pada penelitian ini prosentase bahan peremaja Minyak Goreng Bekas (MGB) yang digunakan sebanyak 1,5%; 2%; dan 2,5%; terhadap berat aspal tua. sementara itu menurut Thanaya dkk (2023) di dalam penelitiannya menyebutkan karakteristik kekakuan campuran beraspal yang mengandung Minyak Goreng Bekas (MBG) dan kadar aspal yang lebih tinggi menyebabkan kekakuan campuran berkurang karena campuran beraspal menjadi lebih lunak dan lentur. pada penelitian ini prosentase yang digunakan sebanyak 1%; 1,5%; 2%; 2,5%; dan 3% dari berat aspal tua.

aspal PG 76 merupakan jenis aspal memiliki komposisi berupa bahan campuran serbuk batu atau serbuk keret yang ditambahkan sesuai proporsi tertentu. Aspal ini merupakan jenis aspal yang umum digunakan dalam konstruksi jalan karena memiliki sifat yang baik dalam menahan beban, suhu dan berbagai cuaca. Penggunaan jenis aspal PG 76 ini sudah sangat banyak digunakan dalam perkerasan lentur seperti pada landasan pacu pesawat. Namun, penggunaan aspal baru secara berlebihan dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, mencari alternatif ramah lingkungan seperti bahan peremajaan menggunakan Minyak Goreng Bekas (MGB) menjadi relevan.

Dengan memanfaatkan bahan peremajaan tersebut, diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada aspal baru dan sekaligus mendaur ulang limbah aspal dan Minyak Goreng Bekas (MGB). Hal ini tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga dapat menjadi solusi ekonomis yang berkelanjutan dalam industri konstruksi jalan.

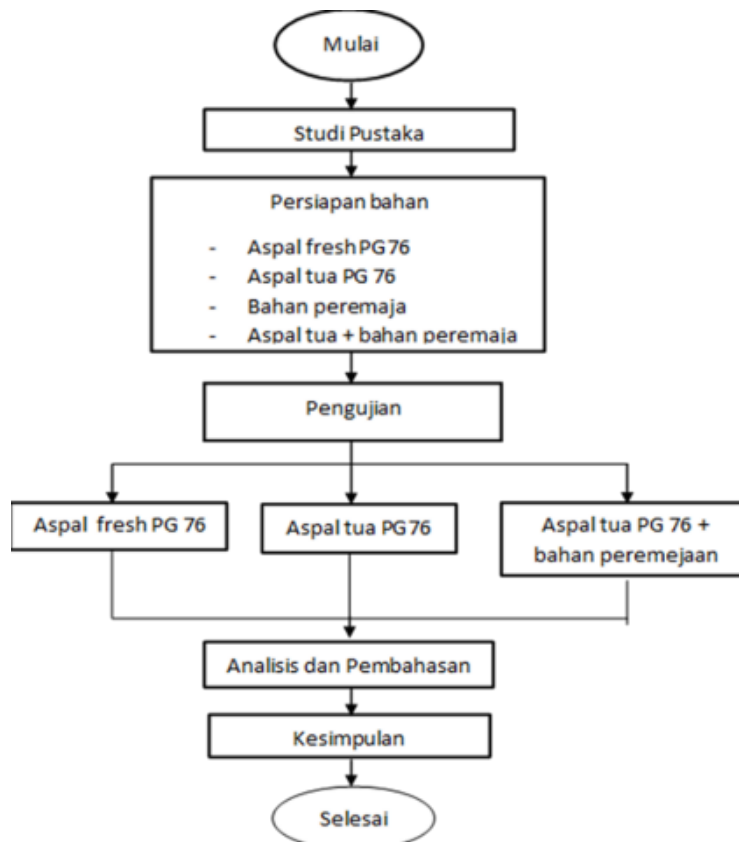
Dengan demikian, penelitian tentang peremajaan aspal menggunakan aspal tua PG 76 dengan bahan peremajaan Minyak Goreng Bekas (MGB) memiliki potensi untuk memberikan kontribusi positif dalam pengembangan teknologi konstruksi jalan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Berdasarkan pertimbangan yang telah dikemukakan di atas maka pada riset ini dilakukan penelitian tentang peremajaan aspal tua PG 76 dengan menggunakan bahan peremaja berupa Minyak Goreng Bekas (MGB), yang nantinya diharapkan dapat mengubah karakteristik aspal yang mengalami penuaan menjadi lebih baik.

B. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data didapat dari pengujian properti fresh PG 76, aspal PG 76 yang telah dituangkan, dan aspal tua PG 76 dengan presentase bahan peremajaan 1% sampai dengan 3%. Data tersebut kemudian dibandingkan dan diolah sesuai ketentuan yang berlaku sesuai dengan ketentuan yang berlaku

yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) dan spesifikasi umum bina marga untuk mendapatkan suatu hasil dengan syarat-syarat yang ada. Adapun metode penelitian ini akan dijelaskan pada gambar diagram alir dibawah ini.



Gambar 1 Gambar Diagram Alir Penelitian

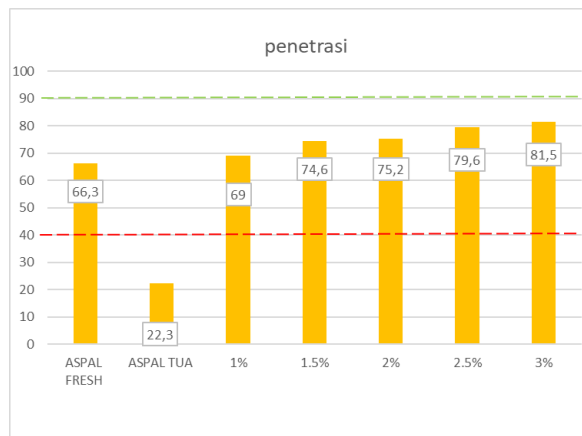
Pada penelitian ini metode penelitian akan dibagi menjadi 3 tahap. Tahap pertama adalah penuaan aspal, tahap penuaan aspal dilakukan dengan pengovenan aspal PG 76 selama 120 jam dengan suhu 85°C. tahap kedua adalah proses pencampuran, aspal PG 76 yang telah dituakan akan dicampurkan dengan rejuvenator berupa Minyak Goreng Bekas (MBG). Tahap terakhir yaitu tahap pengujian. Aspal PG 76 akan diuji guna mengetahui sifat aspal setelah penuaan. Hasil tersebut akan di dianalisis sesuai dengan ketentuan ketentuan yang berlaku seperti Standard Nasional Indonesia (SNI) ataupun Spesifikasi Bina Marga. Adapun tahap-tahap pengujian akan dijelaskan lebih lanjut dibawah ini.

C.Pembahasan dan Analisa

Berikut adalah pembahasan untuk hasil pengujian dari karakteristik material aspal fresh PG 76 dan aspal tua PG 76 serta aspal tua dengan bahan peremajaan dengan berbagai variasi presentase yang digunakan dalam pembuatan benda uji.

1.Pengujian Penetrasi

Pengujian penetrasi ini diperoleh untuk mengetahui nilai penetrasi aspal yang digunakan dalam campuran. Nilai penetrasi berhubungan dengan mutu dan tingkat kekerasan dari aspal tersebut. Berikut adalah grafik hasil dari pengujian penetrasi yang dapat dilihat dalam gambar dibawah ini.



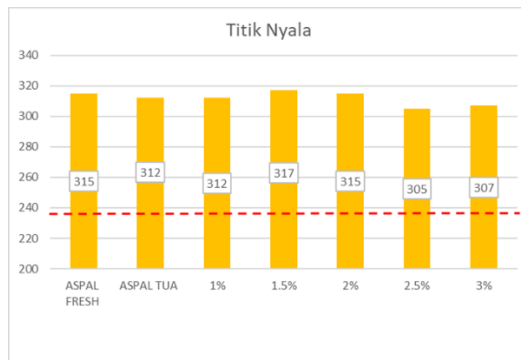
Gambar 1 Grafik Hasil Pengujian Penetrasi

Berdasarkan gambar, hasil pengujian penetrasi menunjukkan hasil pengujian terhadap jenis aspal fresh (baru) aspal tua dan aspal tua dengan bahan peremaja berupa Minyak Goreng Bekas (MGB) dengan presentase 1% sampai 3%. Pada pengujian penetrasi pada aspal fresh didapatkan nilai sebesar 66,3mm, sedangkan pada aspal yang telah dituangkan didapatkan nilai sebesar 22,3mm. [1] sebagai material yang berasal dari sisa penyulingan minyak bumi, nilai penetrasi aspal sangat bergantung pada kandungan minyak yang ada didalamnya. Setelah aspal dioven selama 120 jam dengan suhu 85°C, kandungan minyak dalam aspal menjadi berkurang. Hal tersebut menyebabkan aspal ini lebih kaku atau keras. Setelah mengalami penuaan aspal menjadi getas dan keras setelah pemanasan yang lama. Nilai tersebut berada di bawah standar yang telah ditentukan sesuai spesifikasi umum bina marga sesuai dengan jenis aspal PG 76 dengan nilai rentang 40mm - 90 mm. Kemudian pengujian penetrasi pada aspal tua dengan bahan peremaja pada presentase bahan peremaja 1% mendapatkan nilai sebesar 69,0 mm, dan pada presentase bahan peremaja 1.5% meningkat menjadi 74,6 mm. Pada presentase bahan peremaja 2%, nilai penetrasi mencapai 75,2mm, setelah itu pada presentase bahan peremaja 2,5% meningkat menjadi 79,6mm dan terus meningkat pada presentase bahan peremaja 3% menjadi 81,5mm.

Berdasarkan hasil pengujian penambahan bahan peremaja pada aspal tua menunjukkan bahwa penambahan bahan peremaja berhasil mengembalikan sifat fleksibel dan mengurangi kekakuan pada aspal tua yang telah mengalami penuaan. Hal ini dapat dilihat pada grafik nilai hasil pengujian penetrasi pada aspal tua yang semula mendapatkan nilai 22,3mm, nilai tersebut berada di bawah ketentuan yang telah ditentukan oleh spesifikasi umum bina marga dengan nilai minimum sebesar 40mm. Kemudian setelah penambahan bahan peremaja Minyak Goreng Bekas (MGB) dengan presentase 1% nilai hasil pengujian naik signifikan menjadi 69,0mm dan terus naik pada presentase bahan peremaja 3% menjadi 81,5mm dimana nilai tersebut sesuai dan telah memenuhi standar minimum yang ditentukan.

2. Titik Nyala

Pengujian titik nyala aspal adalah prosedur krusial dalam industri aspal yang diatur oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) 2433:2011. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu minimum di mana aspal mengeluarkan uap yang dapat terbakar secara nyata jika terpapar api atau panas. Untuk lebih jelasnya hasil dalam pengujian titik nyala aspal dapat dilihat dari gambar grafik berikut



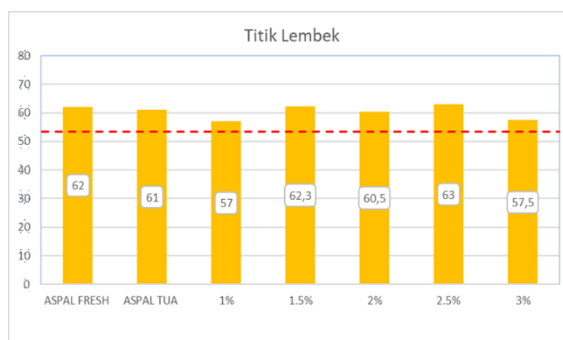
Gambar 3 Grafik Titik Nyala

Berdasarkan gambar grafik pengujian titik nyala pada aspal fresh diperoleh nilai sebesar 315°C. sedangkan pada pengujian aspal tua PG 76 didapatkan nilai sebesar 312°C. Nilai tersebut sedikit mengalami penurunan sebesar 3°C. pada pengujian titik nyala penuaan aspal tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai titik nyala aspal. Hal ini dapat dilihat dari nilai pengujian titik nyala tersebut yang tidak jauh berbeda. Hasil tersebut telah sesuai dengan spesifikasi umum bina marga yaitu berada pada nilai minimal 232°C. Kemudian pada pengujian titik nyala pada presentase bahan peremaja 1% didapatkan nilai sebesar 312°C, dan pada presentase bahan peremaja sebesar 1.5%. meningkat menjadi 317° kemudian Pada presentase bahan peremaja 2% didapatkan nilai 315°C, setelah itu pada presentase bahan peremaja 2,5% didapatkan nilai sebesar 315°C, pada presentase bahan peremaja 2,5% didapatkan nilai sebesar 305°C dan terus meningkat pada presentase bahan peremaja 3% menjadi 307°C. pada Hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut sudah memenuhi syarat spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu sebesar ≥ 232 °C. besarnya temperatur titik nyala menunjukkan ketahanan aspal pada suhu yang tinggi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan bahan peremaja pada aspal tidak menurunkan nilai dari pengujian titik nyala. Serta penambahan bahan peremaja pada aspal tua memiliki efek yang bervariasi terhadap titik nyala. Besarnya nilai titik nyala melebihi nilai yang ditetapkan oleh spesifikasi bina marga yaitu dengan nilai lebih dari 232 °C atau minimal dengan nilai 232 °C. besarnya temperatur titik nyala menunjukkan ketahanan aspal pada suhu yang tinggi. Hal ini mengakibatkan aspal tidak mudah terbakar apabila dipanaskan pada suhu tinggi, menunjukkan peningkatan keamanan terhadap suhu pembakaran.

3. Titik Lembek Aspal

Pengujian titik lembek aspal adalah proses kritis dalam industri konstruksi jalan untuk menentukan suhu di mana aspal mulai menunjukkan sifat lembek atau mulai mengalir. Prosedur ini diatur oleh SNI 2434:1991, untuk memastikan konsistensi dan akurasi hasil pengukuran. Untuk lebih jelasnya hasil dari pengujian titik lembek dapat dilihat melalui grafik dibawah ini.



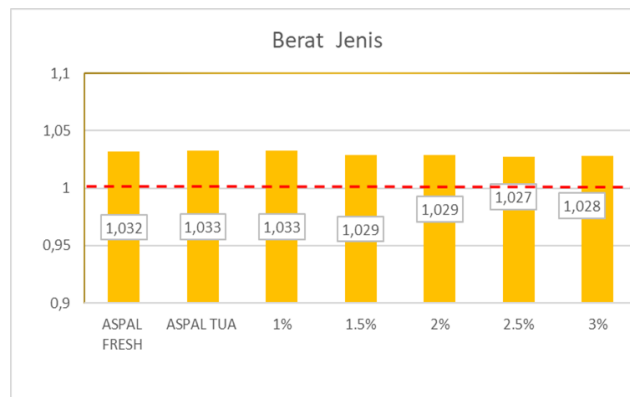
Gambar 4 Grafik Titik Lembek Aspal

Pada pengujian aspal PG 76 fresh yang dilakukan diperoleh nilai titik lembek sebesar 62°C. dan pada aspal tua sebesar 61°C kemudian pada aspal dengan presentase bahan peremaja 1% memperoleh nilai sebesar 57°C kemudian pada presentase bahan peremaja 1,5%

mendapat nilai sebesar 62,3°C. pada presentase bahan peremaja 2% mendapatkan nilai sebesar 60,5°C dan pada presentase bahan peremaja 2,5% didapatkan nilai 63°C. setelah itu, pada presentase bahan peremaja 3% didapatkan nilai sebesar 57,5°C. Hasil dari nilai titik lembek pada pengujian tersebut sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010 yaitu $\geq 54^{\circ}\text{C}$ yang menjadi nilai minimum pada pengujian titik lembek ini. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan peremaja pada aspal tua tidak berdampak signifikan pada nilai dari pengujian titik lembek aspal. Tetapi nilai tersebut masih berada dalam ketentuan yang ditentukan oleh spesifikasi umum bina marga.

4. Berat Jenis Aspal

Nilai berat jenis aspal merupakan nilai yang didapatkan dari hasil perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Hasil pengujian berat jenis aspal dapat dilihat melalui gambar dibawah ini;

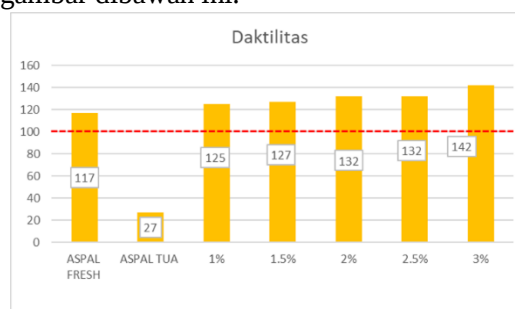


Gambar 5 Grafik Berat Jenis Aspal

Berdasarkan gambar hasil pengujian berat jenis dilakukan didapatkan nilai berat jenis pada aspal fresh sebesar 1,032gr, kemudian pada aspal tua sebesar 1,033gr, kemudian pada aspal dengan presentase bahan peremaja sebesar 1% sebesar 1,033gr, dan pada presentase bahan peremaja 1,5% mendapatkan nilai 1,029gr, sedangkan pada presentase bahan peremaja 2% mendapatkan nilai sebesar 1,029gr, setelah itu pada presentase bahan peremaja dengan presentase 2,5 mendapatkan nilai sebesar 1,027gr, Kemudian pada presentase bahan peremaja 3% mendapatkan nilai sebesar 1,028gr. Berdasarkan nilai hasil pengujian tersebut, nilai yang didapatkan telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu $> 1,00$ gram. Hasil pengujian berat jenis menunjukkan bahwa penuaan tidak mengurangi berat jenis aspal, Selain itu, penambahan bahan peremaja pada aspal tua tetap mempertahankan nilai berat jenis yang sesuai dengan standar yang ditetapkan

5. Daktilitas Aspal

Pengujian daktilitas aspal adalah prosedur krusial dalam industri aspal yang diatur oleh Standar Nasional Indonesia SNI 2432:2011. Pengujian daktilitas aspal adalah prosedur penting dalam industri konstruksi jalan untuk menilai kemampuan aspal dalam menahan deformasi atau mengalir tanpa retak pada berbagai kondisi termal. Untuk hasil dari pengujian daktilitas aspal dapat dilihat dari gambar dibawah ini.



Gambar 6 Grafik Daktilitas Aspal

Berdasarkan gambar hasil dari pengujian tersebut diperoleh nilai sebesar 117 cm pada aspal fresh sedangkan pada aspal tua pada aspal yang telah mengalami penuaan mendapatkan

nilai 27 cm. [1] material yang berasal dari sisa penyulingan minyak bumi, tingkat kekentalan aspal sangat bergantung pada kandungan minyak yang ada didalamnya. Setelah aspal dioven selama 120 jam dengan suhu 85°C, kandungan minyak dalam pada aspal menjadi berkurang. Hal tersebut menyebabkan aspal ini lebih kaku atau keras. Kemudian pada pengujian pada aspal tua dengan presentase bahan peremaja 1% didapatkan nilai sebesar 125 cm, dan pada presentase bahan peremaja 1,5% menjadi 127 cm, sedangkan pada presentase bahan peremaja 2% mendapatkan nilai 132 cm, dan pada presentase bahan peremaja 2,5% mendapatkan nilai sebesar 132 cm dan nilai tersebut terus meningkat hingga pada presentase bahan peremaja 3% mendapatkan nilai sebesar 142 cm. Berdasarkan hasil pengujian penambahan bahan peremaja berupa Minyak Goreng Bekas (MGB) dapat mengembalikan nilai keelastisitasan pada aspal tua setelah mengalami penuaan. Hal ini dapat dilihat dari nilai hasil pengujian yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi Bina Marga dengan nilai minimal 100 cm. sehingga penambahan bahan peremaja dapat menghilangkan kekakuan dan kegetasan pada aspal, dan penambahan bahan peremaja Minyak Goreng Bekas dapat mengembalikan nilai elastisitas pada aspal tua.

6. Pengujian Kehilangan Berat

Kehilangan berat adalah selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu dan pada suhu tertentu. Pemeriksaan penurunan berat aspal bertujuan untuk mengetahui kehilangan minyak pada aspal akibat pemanasan berulang. Hasil ada pengujian ini didapatkan nilai 0. Hasil yang diperoleh dari pengujian tersebut sudah memenuhi syarat spesifikasi dari Bina Marga 2010 yaitu sebesar <1,0 gram. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal yang diuji memiliki nilai kehilangan berat yang sangat rendah, dan telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

D. Penutup

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap material aspal PG 76 fresh dan aspal PG 76 tua, serta pengujian aspal PG 76 dengan tambahan minyak goreng bekas (MGB), beberapa kesimpulan dapat diambil:

- a. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal fresh PG 76 memenuhi semua standar yang ditentukan pada berbagai parameter pengujian yang digunakan, seperti pengujian penetrasi, pengujian daktilitas, pengujian titik lembek, pengujian titik nyala dan pengujian kehilangan berat. Hal ini mengindikasikan bahwa aspal PG 76 yang digunakan dalam kondisi fresh telah memenuhi standar yang ditentukan. Kemudian pada aspal tua PG 76, ditemukan bahwa proses penuaan mengakibatkan peningkatan kekakuan, yang tercermin dari penurunan nilai pada pengujian penetrasi yang didapatkan dengan nilai sebesar 22,3mm dan pada pengujian daktilitas mendapatkan nilai 27 cm yang mana nilai tersebut tidak memenuhi standar yang ditentukan. Namun, penambahan bahan peremaja Minyak Goreng Bekas (MGB) pada aspal tua PG 76 telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam mengatasi peningkatan nilai kekakuan tersebut. Hal ini dapat dilihat dari meningkatnya nilai dari pengujian penetrasi pada nilai 60,0 mm pada presentase 1% hingga 81,5 mm pada presentase 3% dan pada pengujian daktilitas meningkat menjadi 125 cm pada presentase 1% terus meningkat hingga 142 cm pada presentase 3%. Nilai tersebut telah sesuai dengan ketentuan spesifikasi umum bina marga.
- b. Penambahan Minyak Goreng Bekas (MGB) pada aspal tua terbukti efektif dalam menurunkan kekakuan dan mengembalikan fleksibilitas aspal yang hilang. Pengujian penetrasi dan daktilitas setelah penambahan Minyak Goreng Bekas (MGB) menunjukkan peningkatan nilai penerasi yang semula 22,3mm meningkat menjadi 60,0 mm pada presentase 1% terus meningkat menjadi 81,5 mm pada presentase 3% kemudian pada pengujian daktilitas meningkat menjadi 125 cm pada presentase 1% dan terus meningkat menjadi 142 cm pada presentase 3%. yang menandakan peningkatan elastisitas aspal. Dengan kata lain, Minyak Goreng Bekas (MGB) membantu mengembalikan elastisitas aspal. kemudian pada pengujian titik nyala, berat jenis, titik lembek. dan kehilangan berat tidak berdampak secara signifikan terhadap nilai pengujian.

Daftar Pustaka

- Laksmi, N. N., & Sunarjono, I. S. (2016). Pengaruh Bahan Peremaja Terhadap Sifat Penuaan Aspal (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Astuti, A. Y., Utaminingsih, L., & Budiarti, G. I. (2021). PENGOLAHAN LIMBAH MINYAK JELANTAH MENJADI LILIN AROMATERAPI DI BANK SAMPAH LINTAS WINONGO., SPEKTA.
- Laraspati, A. (2021, Agustus 03). Retrieved from Detik Finance: <https://finance.detik.com/infrastruktur/d-5668034/perpanjangan-runway-bandara-lombok-praya-kelar-oktober>
- lusyana, Muklis, & Suardi, E. (Vol. 19 No. 1 2022). Perbandingan Karakteristik Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Aspa PEN 60/70 dan Aspal PG 76. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil, 88-95.
- Rouly sihombing, A. V., Subagio, S. B., & Hariyadi, E. S. (Vol. 18 No. 1 2018). Potensi Bioaspal Pada Bahan Daur Ulang Aspal Dan Campuran Beraspal Hangat. Jurnal Transportasi, 63-66.
- Thanaya, I. A., Ariawan, I. A., & Wibawa, I. C. (Vol, 28 No. 2 2023). Analisis Karakteristik Campuran Laston Menggunakan Material Perkerasan Jalan Lama Dengan Peremaja Minyak Goreng. Media Komunikasi Teknik Sipil, 230-239.
- Widodo, S., Harnaeni, S. R., & Wijayanti, E. (2012). pengaruh Penuaan Aspal Terhadap Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course. Seminar Nasional Teknik Sipil UMS, 90-99.
- Yuniarti, R., Widianty, D., & Rohani. (Vol. 6 No. 2 2020). Tinjauan Durabilitas Campuran Asphalt Concrete wearing course menggunakan aspal tua dengan berbagai bahan peremaja. Jurnal Sains & Lingkungan, 133-141.
- lusyana, Muklis, & Suardi, E. (Vol. 19 No. 1 2022). Perbandingan Karakteristik Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Aspa PEN 60/70 dan Aspal PG 76. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil, 88-95.
- Wahab, W. (2022). AGE BITUMEN REJUVENATION INCORPORATING REJUVENATORS. AGE, 19