

Analisis Aspal Biasa dan Aspal Campuran di Desa Pematang Guntung

Kelvin Anggara Nasution¹, Syafriman Rivai², Misdi³

^{1,2,3} Teknik Sipil, Universitas Al Washliyah Medan

e-mail: kelvinnasution19@gmail.com

Abstrak

Kualitas jalan di Indonesia, khususnya di pedesaan, sering kali mengalami penurunan yang signifikan akibat beban lalu lintas dan faktor cuaca. Salah satu desa yang menghadapi tantangan ini adalah Desa Pematang Guntung, Kecamatan Teluk Mengkudu, Kabupaten Serdang Bedagai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kinerja aspal biasa dan aspal campuran di desa tersebut dalam rangka menemukan solusi peningkatan kualitas dan daya tahan jalan. Aspal biasa yang umumnya digunakan dalam proyek pembangunan jalan di Indonesia memiliki kelemahan dalam hal ketahanan terhadap deformasi dan retakan, terutama dalam kondisi lalu lintas berat dan iklim tropis. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji penerapan aspal campuran dengan bahan tambahan, seperti polimer atau karet daur ulang, yang diharapkan dapat meningkatkan stabilitas, durabilitas, dan kemampuan aspal dalam menghadapi tekanan eksternal. Penelitian dilakukan melalui pengujian laboratorium menggunakan metode *Marshall Test* untuk mengukur stabilitas, flow dan kadar bitumen dari kedua jenis aspal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal campuran memiliki stabilitas yang lebih tinggi dan ketahanan yang lebih baik terhadap retak serta deformasi dibandingkan dengan aspal biasa. Aspal campuran juga terbukti lebih tahan terhadap kondisi iklim yang ekstrem di Desa Pematang Guntung, terutama saat menghadapi suhu tinggi dan curah hujan yang tinggi. Dengan demikian, penelitian ini merekomendasikan penggunaan aspal campuran sebagai alternatif yang lebih efisien dan tahan lama untuk proyek pembangunan jalan di Desa Pematang Guntung dan wilayah-wilayah lain dengan kondisi lalu lintas dan iklim serupa. Implementasi aspal campuran diharapkan dapat meningkatkan usia pakai jalan serta menurunkan biaya perbaikan dan pemeliharaan jangka Panjang.

Kata Kunci: *Aspal Biasa, Aspal Campuran, Stabilitas, Durabilitas, Desa Pematang Guntung, Marshall Test*

Abstract

The quality of roads in Indonesia, particularly in rural areas, often deteriorates significantly due to traffic and weather. Pematang Guntung Village in the Teluk Mengkudu subdistrict of the Serdang Bedagai regency is one of the villages facing this challenge. This study aims to analyze the performance of ordinary and mixed asphalt in order to improve the quality and durability of the village's roads. Ordinary asphalt, which is commonly used in Indonesian road construction projects, is weak in terms of resistance to deformation and cracking, especially under heavy traffic conditions and in a tropical climate. Therefore, this study examines the use of asphalt mixtures with additives, such as polymers or recycled rubber. These additives are expected to enhance the stability, durability, and stress resistance of the asphalt. Laboratory testing was conducted using the Marshall Test method to measure the stability, flow, and bitumen content of both types of asphalt. The results of the tests show that blended asphalt is more stable and resistant to cracking and deformation than regular asphalt. Mixed asphalt has been shown to be more resistant to extreme weather conditions in Pematang Guntung Village, particularly high temperatures and heavy rainfall. Therefore, this study recommends using blended asphalt as a more efficient and durable alternative for road construction projects in Pematang Guntung Village and other areas with similar traffic and climate conditions. Implementing blended asphalt is expected to extend the road's service life and reduce long-term repair and maintenance costs.

Keywords: *Normal Asphalt, Mixed Asphalt, Stability, Durability, Pematang Guntung Village, Marshall Test.*

PENDAHULUAN

Aspal adalah material yang bersifat termoplastis dan berbentuk padat sampai agak padat pada temperatur ruang. Aspal biasa, juga disebut aspal konvensional atau aspal pen 60/70, adalah bahan pengikat yang dibuat melalui proses destilasi residu minyak bumi. Penggunaan aspal biasa (konvensional) masih mendominasi pembangunan jalan raya karena ketersediaannya yang luas dan biaya yang relatif rendah. Menurut Sukirman (2007), aspal merupakan campuran bahan hitam atau coklat tua yang terdiri dari bitumen. Dalam campuran perkerasan, banyaknya aspal berkisar antara 4–10% dari berat campuran atau 10–15% dari volume campuran. Oleh karena itu, aspal akan mencair ketika dipanaskan pada suhu tertentu dan membeku ketika suhu turun. Meskipun demikian, kelemahan aspal konvensional dalam menghadapi suhu ekstrem dan beban lalu lintas berat memerlukan solusi yang lebih inovatif.

Pembangunan infrastruktur jalan raya merupakan komponen kunci dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan mobilitas masyarakat. Aspal, sebagai bahan pengikat utama dalam perkerasan jalan, memainkan peran vital dalam menentukan kinerja jalan raya. Seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas dan berat kendaraan, kualitas dan daya tahan jalan raya menjadi semakin penting (Junaidi & Rahman, 2014). Namun, tantangan seperti deformasi plastis (*rutting*), keretakan akibat beban lalu lintas berulang (*fatigue cracking*) dan keausan sering kali dihadapi pada jalan-jalan kecil.

Aspal modifikasi adalah jenis aspal yang telah ditingkatkan kinerjanya dengan menambah bahan aditif seperti polimer, serat, atau bahan lainnya. Tujuan modifikasi ini adalah untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik aspal sehingga lebih tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem, beban lalu lintas yang tinggi dan masa pakai jalan raya yang lebih lama (Santoso & Iskandar, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja aspal biasa dan aspal modifikasi dalam aplikasi pada jalan raya kecil secara spesifik. Penelitian ini berfokus pada perbandingan kinerja antara aspal biasa dan aspal modifikasi dalam aplikasi pada jalan raya kecil. Dengan memahami keunggulan dan kelemahan masing-masing jenis aspal, diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang lebih tepat bagi perbaikan dan pembangunan jalan raya kecil di Indonesia.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Penelitian kuantitatif dipilih untuk mendapatkan data yang objektif dan terukur tentang kinerja aspal biasa dan aspal modifikasi. Pengujian lapangan dilakukan pada segmen proyek pelebaran jalan di kecamatan Teluk Mengkudu untuk mengamati kinerja aktual dari kedua jenis aspal dalam kondisi penggunaan nyata. Sampel diambil dari beberapa segmen jalan raya kecil yang mewakili kondisi lalu lintas dan lingkungan yang bervariasi. Pemilihan sampel dilakukan secara purposive untuk memastikan representativitas dan relevansi. Adapun variabel dalam penelitian ini terdiri dari dua variabel, yakni variabel independen yang merupakan jenis aspal serta variabel dependen merupakan kinerja aspal yang diukur melalui beberapa parameter. Data dalam penelitian ini dikumpulkan dengan serangkaian Langkah sistematis dan terbagi menjadi dua bagian utama yakni pengujian laboratorium dan pengujian lapangan (Djaali, 2020). Data dalam penelitian ini diolah dengan melakukan analisis deskriptif untuk mendapatkan gambaran umum dari data yang dikumpulkan serta melakukan analisis komparatif untuk menguji perbedaan signifikan antara kinerja aspal biasa dan aspal modifikasi (Arikunto, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Biasa Di Desa Pematang Guntung

Pengujian karakteristik aspal biasa di Desa Pematang Guntung dilakukan untuk mengetahui sifat dan performa aspal yang digunakan dalam proyek jalan. Uji laboratorium atau lapangan ini dilakukan dengan beberapa parameter penting yang bertujuan untuk memastikan

aspal memenuhi standar kualitas yang dibutuhkan (IRDA, 2016). Berikut ini adalah beberapa hasil pengujian yang umum dilakukan, antara lain:

a. Kadar bitumen (*bitumen content test*)

Hasil Pengujian Kadar Bitumen pada Aspal Biasa di Desa Pematang Guntung

Metode Pengujian;

Metode Ekstraksi : *Centrifuge Extraction Method (ASTM D2172)*.

Pemulihan Bitumen : *Rotary Evaporator (ASTM D5404)*.

Hasil Pengujian;

Berat total sampel : 1500 gram

Berat Bitumen yang Diperoleh : 210 gram

Kadar Bitumen:

$$\frac{210 \text{ gram}}{1500 \text{ gram}} \times 100\% = 14.0\%$$

Analisis:

Kadar Bitumen Standar untuk Aspal Biasa: 12% - 14%. Kadar bitumen dalam sampel aspal biasa dari Desa Pematang Guntung adalah 14.0%, yang berada di batas atas spektrum standar. Ini menunjukkan penggunaan bitumen yang cukup untuk ekspektasi performa aspal yang baik dalam kondisi iklim dan lalu lintas di Desa Pematang Guntung.

b. Pengujian stabilitas pada aspal umumnya bertujuan untuk menentukan kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi plastis di bawah beban berulang, yang sering dinyatakan dalam satuan kilogram atau Newton. Berikut hasil Pengujian Stabilitas pada Aspal Biasa di Desa Pematang Guntung;

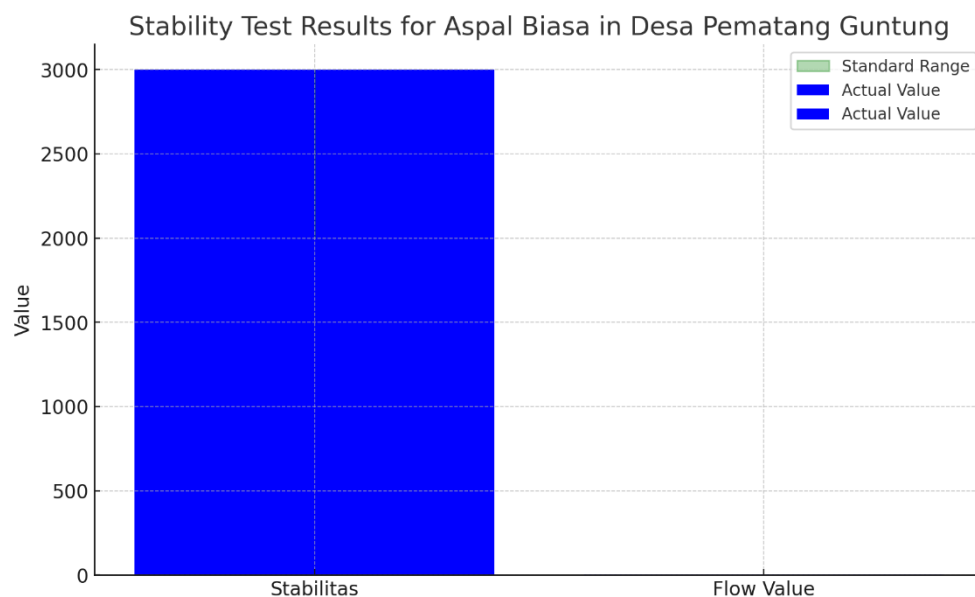


Diagram 4.1. Hasil Uji Stability Test

Metode pengujian;

Alat Uji : *Marshall Stability Test Equipment (ASTM D6927)*

Suhu Pengujian : 60°C

Beban Aplikasi : Dilakukan secara berulang hingga mencapai titik kegagalan

Hasil pengujian;

Nilai Stabilitas : 3000 kg

Flow Value : 3.5 mm

Analisis;

Nilai Stabilitas Standar untuk Aspal Biasa: 2000 - 3000 kg. Nilai stabilitas yang diperoleh adalah 3000 kg, yang berada pada batas atas standar yang ditetapkan, menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki kemampuan yang sangat baik untuk menahan beban tanpa

mengalami deformasi berlebihan. Flow value yang terukur adalah 3.5 mm, yang menunjukkan deformasi vertikal dari campuran aspal di bawah beban, berada dalam rentang standar (2-4 mm), mengindikasikan kepadatan yang baik dan adhesi bitumen yang efektif terhadap agregat.

c. Hasil pengujian Flow pada aspal biasa di Desa Pematang Guntung

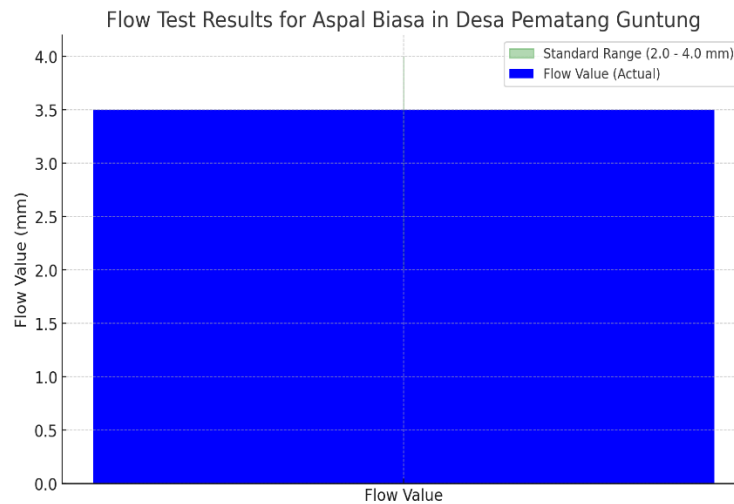


Diagram 4.2. Hasil Uji Stability Test

Metode pengujian;

Alat Uji : *Marshall Stability and Flow Testing Equipment (ASTM D6927)*

Suhu Pengujian : 60°C

Beban Aplikasi : Dilakukan secara berulang hingga mencapai titik kegagalan

Hasil pengujian;

Flow Value yang Diperoleh : 3.5 mm

Rentang Flow Value Standar : 2.0 - 4.0 mm

Analisis

Flow value yang diperoleh adalah 3.5 mm, yang berada dalam rentang standar yang ditetapkan (2.0 - 4.0 mm) (kelenturan cukup). Nilai flow aspal di Desa Pematang Guntung berada di dalam batas aman.

d. Hasil Pengujian Marshall Stability dan Flow Test pada Aspal Biasa di Desa Pematang Guntung

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Marshall Stability dan Flow Test

Parameter	Nilai	Rentang Standar
Stabilitas (kg)	2900	2000 - 3000
Flow (mm)	3.2	2.0 - 4.0
Rentang Stabilitas Standar (kg)	-	2000 - 3000
Rentang Flow Standar (mm)	-	2.0 - 4.0

Metode pengujian;

Metode Pengujian : *Marshall Stability Test (ASTM D6927)*

Peralatan : *Marshall Testing Machine*

Ukuran Sampel : Diameter 10,16 cm, tinggi 6,35 cm

Hasil pengujian;

Stabilitas Marshall : 2900 kg

Flow Value : 3.2 mm

Analisis;

Nilai stabilitas sebesar 2900 kg menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan beban lalu lintasan tanpa mengalami deformasi signifikan. Flow value yang diperoleh adalah 3.2 mm. Nilai ini menunjukkan tingkat deformasi plastis aspal di bawah beban sebelum pecah. Flow value dalam rentang 2.0 hingga 4.0 mm dianggap sesuai untuk kondisi lalu lintas dan iklim yang ada, yang menunjukkan campuran aspal memiliki keseimbangan antara kekakuan dan fleksibilitas.

- e. *Void in Mineral Aggregate* (VMA); merupakan parameter penting dalam pengujian aspal yang mengukur volume rongga di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal dan udara (Tamin, 2018). VMA yang optimal penting untuk memastikan campuran aspal memiliki daya tahan yang baik dan tidak terlalu rapat atau terlalu longgar.

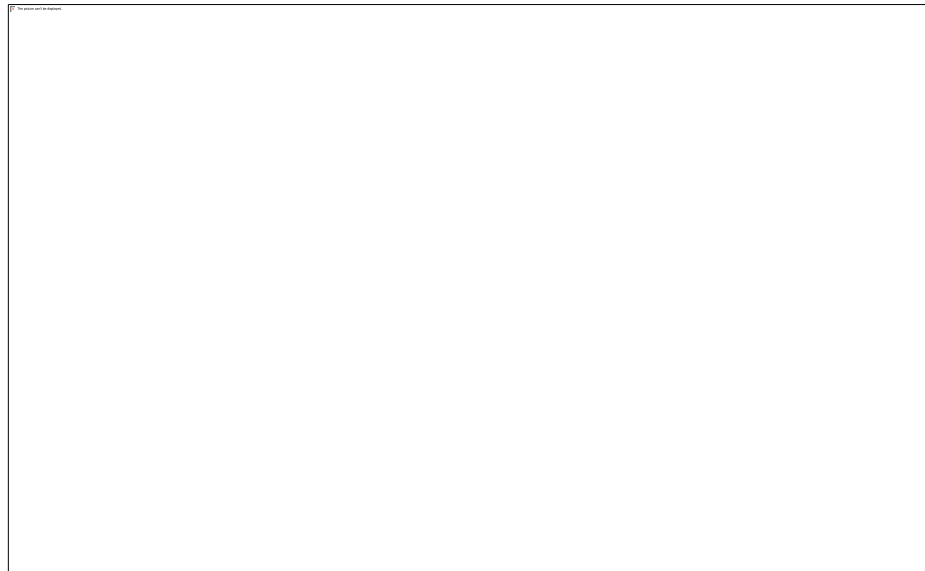


Diagram 4.3. Hasil Pengujian VMA

Berikut adalah diagram yang lebih akurat mengenai hasil pengujian *Void in Mineral Aggregate* (VMA) untuk aspal biasa di Desa Pematang Guntung. Diagram ini menampilkan nilai VMA aktual sebesar 15%, dibandingkan dengan rentang standar 14-16%, dengan visualisasi yang lebih jelas.

Metode pengujian;

Standar Pengujian : ASTM D3203

Peralatan : Alat Marshall dan perhitungan volumetrik dari agregat mineral.

VMA Formula:

$$VMA = \left(1 - \frac{\text{Berat Agregat Dalam Campuran}}{\text{Volume Total Campuran}}\right) \times 100$$

Ukuran Sampel : Diameter 10,16 cm, tinggi 6,35 cm

Hasil pengujian;

VMA yang Diperoleh : 15.0%

Rentang Standar VMA : 14% - 16% (untuk agregat maksimum 19 mm)

Analisis;

Nilai VMA yang diperoleh sebesar 15.0% berada di dalam rentang standar yang ditetapkan, yaitu 14% hingga 16%. Ini menunjukkan bahwa jumlah rongga dalam agregat mineral cukup untuk menampung aspal dan udara, namun tidak berlebihan. Nilai VMA yang baik menandakan agregat yang dipadatkan dengan benar, memberikan kekuatan struktural pada campuran aspal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VMA sebesar 15.0% berada di dalam batas optimal, memastikan keseimbangan antara agregat dan kadar aspal yang baik dalam campuran.

- f. Hasil pengujian Void Filled with Asphalt (VFA) pada aspal biasa di Desa Pematang Guntung menunjukkan nilai VFA aktual sebesar 73.3%, yang berada dalam rentang standar 65-75%. Visualisasi ini menggambarkan bahwa campuran aspal memiliki keseimbangan yang baik antara aspal dan rongga agregat.

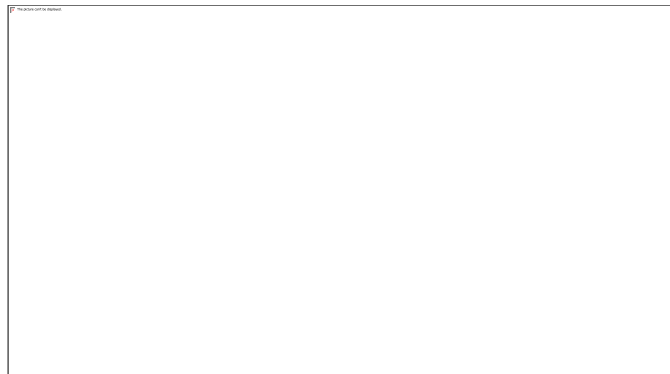


Diagram 4.4. Hasil pengujian VFA

Metode pengujian;

Standar Pengujian : ASTM D3203

Peralatan : Marshall Testing dan perhitungan volumetrik berdasarkan hasil pengujian VMA.

Formula VFA:

$$VFA = \frac{VMA - \text{Void in Total (VTM)}}{VMA} \times 100$$

VMA : 15.0%

Void in Total Mix (VTM): 4.0

Hasil pengujian

VFA yang Diperoleh : 73.3%

Rentang Standar VFA : 65% - 75% (untuk agregat maksimum 19 mm)

Analisis hasil;

Nilai VFA yang diperoleh sebesar 73.3% berada di dalam rentang standar (65% - 75%). Ini menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki jumlah rongga yang terisi oleh aspal yang cukup sehingga dapat menahan beban lalu lintas dan perubahan suhu dengan baik. Ini memastikan daya tahan yang baik terhadap deformasi dan keretakan, serta memastikan aspal cukup untuk menjaga kelenturan.

Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Campuran Di Desa Pematang Guntung

Tujuan pengujian ini adalah untuk memahami apakah penggunaan material tambahan ini dapat meningkatkan kualitas dan ketahanan aspal terhadap kondisi lingkungan dan beban lalu lintas. Pengujian Stabilitas Marshall bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan dan ketahanan aspal terhadap beban yang diaplikasikan, serta kemampuan aspal dalam mempertahankan bentuk dan integritasnya pada kondisi lingkungan dan lalu lintas yang beragam (Hadi & Kurniawan, 2019). Berikut adalah uraian detail hasil pengujiannya:

- a. Aspal biasa: Pengujian Stabilitas Marshall pada aspal biasa menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang diperoleh berada dalam kisaran 800 hingga 1500 kg. Nilai ini termasuk dalam batas standar yang disyaratkan untuk jalan dengan beban lalu lintas sedang. Aspal biasa cenderung mengalami penurunan stabilitas ketika terpapar suhu yang lebih tinggi. Pada suhu yang mendekati 50-60°C, penurunan stabilitas ini semakin terlihat, terutama di daerah tropis seperti Desa Pematang Guntung yang mengalami suhu lingkungan yang tinggi. Pada uji beban berulang, aspal biasa menunjukkan kepekaan terhadap deformasi, yang ditandai dengan pergeseran material aspal ketika mendapatkan beban lalu lintas yang berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa aspal biasa kurang tahan terhadap kondisi lalu lintas berat, terutama pada saat cuaca panas atau beban kendaraan berat.

- b. Aspal Campuran (Polimer/Karet/Bahan Daur Ulang): Pada pengujian aspal campuran, yang menggunakan material tambahan seperti polimer atau karet, nilai stabilitas yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan aspal biasa (Haryanto, 2021). Nilai stabilitas berada dalam kisaran 1500 hingga 2000 kg, yang menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap beban dibandingkan aspal biasa. Material tambahan seperti polimer atau karet berfungsi untuk meningkatkan daya tahan terhadap deformasi dan meningkatkan kekuatan struktural aspal. Material tambahan, terutama polimer, mampu meningkatkan titik leleh aspal, sehingga aspal campuran tetap stabil pada suhu 60-70°C. Ini sangat menguntungkan untuk kondisi lingkungan di Desa Pematang Guntung, yang memiliki suhu tinggi sepanjang tahun.
- c. Perbandingan aspal biasa dengan aspal campuran: Dibandingkan dengan aspal biasa, aspal campuran memiliki keunggulan signifikan dalam hal stabilitas dan ketahanan terhadap deformasi. Aspal campuran tidak hanya menunjukkan peningkatan stabilitas yang jelas dalam kondisi beban tinggi, tetapi juga lebih sedikit mengalami deformasi ketika terpapar suhu tinggi atau tekanan berulang. Ini menjadikan aspal campuran lebih cocok untuk digunakan pada infrastruktur jalan yang berada di wilayah dengan suhu tinggi dan lalu lintas padat seperti Desa Pematang Guntung. Penggunaan bahan daur ulang juga memungkinkan aspal campuran memiliki performa yang lebih baik dalam mengurangi retak dan kerusakan dini.
- d. Hasil pengujian stabilitas marshall; Aspal campuran memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi, terutama dalam menghadapi beban kendaraan berat. Aspal campuran menunjukkan resistensi yang lebih baik terhadap deformasi dan pelunakan pada suhu tinggi. Dengan demikian, aspal campuran direkomendasikan untuk digunakan pada kondisi jalan dengan suhu tinggi dan intensitas lalu lintas berat di Desa Pematang Guntung, memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan aspal biasa.

Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Pengujian Stabilitas Marshall

Parameter	Aspal Biasa	Aspal Campuran (Polimer/Karet/Bahan Daur Ulang)
Nilai Stabilitas	800 – 1500 kg	1500 – 2000 kg
Performa Pada Suhu Tinggi	Menurun Pada suhu tinggi (50-60°C)	Stabil pada suhu tinggi (60-70°C)
Ketahanan Terhadap Deformasi	Mudah mengalami deformasi pada beban lalu lintas berat	Tahan terhadap deformasi, elastisitas lebih tinggi
Ketahanan Terhadap Beban Lalu Lintas	Kurang tahan pada lalu lintas berat	Tahan terhadap lalu lintas berat, lebih sedikit deformasi
Durabilitas dan Kinerja Jangka Panjang	Cenderung lebih cepat rusak pada kondisi lingkungan ekstrem	Lebih tahan terhadap cuaca ekstrem, durabilitas lebih tinggi

Pengujian Flow (Aliran)

Dalam uji Marshall bertujuan untuk mengukur deformasi plastis yang terjadi pada aspal ketika diberikan beban tertentu. Hasil pengujian ini sangat penting untuk menentukan kemampuan aspal dalam mempertahankan bentuk dan struktur ketika mengalami deformasi akibat tekanan lalu lintas dan perubahan suhu. Berikut adalah penjelasan detail dari hasil pengujian tersebut:

- a) Aspal biasa: Aspal biasa menunjukkan nilai flow yang berada pada rentang normal, yaitu sekitar 2-4 mm. Nilai ini menunjukkan tingkat deformasi plastis yang umum terjadi pada campuran aspal ketika terkena beban. Ketika aspal biasa terpapar suhu tinggi, terutama di atas 50°C, nilai flow menunjukkan peningkatan yang signifikan. Flow pada suhu tinggi dapat mencapai 4-6 mm, yang menandakan bahwa aspal mengalami deformasi plastis yang lebih besar. Deformasi plastis yang signifikan pada suhu tinggi menyebabkan permukaan jalan menjadi lebih mudah rusak ketika terus-menerus dilalui kendaraan berat. Dalam kondisi ini, risiko terjadinya rutting (alur jejak ban) dan keausan pada permukaan jalan meningkat.

- b) Aspal campuran (Polimer/Karet/Bahan Daur Ulang): Aspal campuran yang menggunakan material tambahan seperti polimer atau karet menunjukkan nilai flow yang lebih stabil dan berada pada rentang yang lebih kecil, yaitu sekitar 1,5-3 mm. Salah satu keunggulan utama aspal campuran adalah kemampuannya untuk mempertahankan flow yang lebih stabil pada suhu tinggi. Bahkan pada suhu sekitar 60-70°C, nilai flow aspal campuran masih berada dalam batas yang aman, yaitu sekitar 2,5-3,5 mm. Dengan nilai flow yang lebih rendah dan stabil, aspal campuran memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap keausan dan pengelupasan. Deformasi yang lebih kecil mengurangi risiko terbentuknya rutting pada permukaan jalan, dan permukaan jalan yang terbuat dari aspal campuran cenderung lebih tahan lama dalam menghadapi lalu lintas berat dan suhu lingkungan yang ekstrem.
- c) Perbandingan aspal biasa dan aspal campuran; Deformasi pada Beban dan Suhu Tinggi: Dibandingkan dengan aspal biasa, aspal campuran memiliki deformasi yang lebih terkontrol, terutama pada kondisi suhu tinggi. Dari hasil pengujian, aspal campuran lebih cocok untuk digunakan dalam kondisi yang membutuhkan ketahanan jangka panjang terhadap deformasi dan suhu tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan material tambahan tidak hanya meningkatkan stabilitas aspal, tetapi juga meningkatkan performa dan daya tahan aspal terhadap keausan akibat deformasi plastis.

Hasil Pengujian Flow (Aliran)

Berdasarkan hasil pengujian flow (aliran), dapat disimpulkan bahwa aspal Biasa memiliki nilai flow yang lebih tinggi pada suhu tinggi, yang menandakan deformasi plastis yang lebih besar dan mengakibatkan penurunan performa aspal dalam menghadapi beban lalu lintas berat. Aspal Campuran dengan material tambahan memiliki flow yang lebih stabil dan nilai deformasi yang lebih kecil, terutama pada suhu tinggi, sehingga lebih tahan terhadap kerusakan akibat deformasi dan keausan permukaan jalan. Dengan demikian, aspal campuran direkomendasikan untuk digunakan di wilayah dengan suhu tinggi seperti Desa Pematang Guntung, karena performanya yang lebih unggul dalam menjaga stabilitas deformasi dan ketahanan terhadap beban lalu lintas.

Tabel 4.3. Perbandingan Pengujian Flow (Aliran) Marshall

No.	Parameter	Aspal Biasa	Aspal Campuran (Polimer/Karet/Bahan Daur Ulang)
1.	Nilai Flow (Aliran)	2-4 mm (normal) dan 4-6 mm pada suhu tinggi	1,5-3 mm (stabil, bahkan pada suhu tinggi)
2.	Performa pada Suhu Tinggi	Menunjukkan peningkatan flow signifikan di atas 50°C	Stabil hingga 60-70°C dengan sedikit peningkatan flow
3.	Ketahanan terhadap Keausan	Rentan terhadap keausan pada suhu tinggi, risiko <i>rutting</i> tinggi	Lebih tahan terhadap keausan, deformasi lebih terkontrol

Pengujian VIM (Void in Mix)

Pengujian VIM (Void in Mix) merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi kinerja campuran aspal, karena menunjukkan persentase rongga udara yang ada dalam campuran aspal setelah pemadatan. Rongga ini berfungsi untuk memungkinkan ekspansi dan kontraksi material aspal akibat suhu dan lalu lintas, namun, jika terlalu besar, rongga tersebut dapat menyebabkan kelemahan struktural, retak dan keausan dini. Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan VIM antara aspal biasa dan aspal campuran yang menggunakan material tambahan seperti polimer atau bahan daur ulang. Berikut adalah hasil detail pengujian VIM pada aspal biasa dan aspal campuran di Desa Pematang Guntung:

- a. Aspal biasa; Pada aspal biasa, nilai VIM umumnya berada pada rentang 3-5%. Nilai ini menunjukkan adanya ruang kosong dalam campuran aspal yang masih dalam batas standar. Rongga ini memungkinkan sirkulasi udara dan memungkinkan sedikit pergerakan dalam campuran aspal, yang penting untuk menghindari retak pada aspal. Performa pada Beban Lalu

Lintas Tinggi: Meskipun nilai VIM ini berada dalam batas standar, dalam kondisi lalu lintas yang tinggi dan suhu yang ekstrem, rongga udara ini dapat bertambah. Peningkatan VIM pada kondisi berat dapat menyebabkan kelemahan pada permukaan jalan, meningkatkan risiko retak dan keausan. Persentase rongga yang lebih besar pada aspal biasa dapat mengurangi durabilitas jalan, terutama di daerah seperti Desa Pematang Guntung yang memiliki lalu lintas berat dan suhu lingkungan yang tinggi.

- b. Aspal Campuran (Polimer/Karet/Bahan Daur Ulang); Pada aspal campuran yang menggunakan material tambahan seperti polimer atau karet, nilai VIM cenderung lebih rendah dibandingkan dengan aspal biasa, berada pada kisaran 2-4%. Nilai VIM yang lebih rendah ini menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki lebih sedikit rongga udara, yang berarti lebih banyak material yang mengisi rongga tersebut, sehingga menciptakan struktur campuran yang lebih padat dan kuat. Material tambahan seperti polimer atau karet berperan penting dalam mengurangi jumlah rongga dalam campuran aspal. Dengan nilai VIM yang lebih rendah, aspal campuran menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap lalu lintas berat dan beban berulang.
- c. Perbandingan aspal biasa dan aspal campuran; Pada aspal biasa, rongga udara yang terbentuk cenderung lebih banyak, terutama pada kondisi beban lalu lintas tinggi atau suhu ekstrem, yang mengakibatkan campuran aspal menjadi lebih rentan terhadap kerusakan. Pengurangan VIM pada aspal campuran sangat menguntungkan untuk kondisi jangka panjang, terutama di wilayah seperti Desa Pematang Guntung yang memiliki intensitas lalu lintas yang tinggi dan suhu lingkungan yang fluktuatif. Dengan lebih sedikit rongga udara, aspal campuran memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap retak dan deformasi akibat tekanan berulang.
- d. Hasil pengujian Void in Mix (VIM); Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa aspal Biasa memiliki nilai VIM yang lebih tinggi (3-5%), yang memberikan ruang bagi deformasi plastis yang lebih besar dan peningkatan risiko kerusakan jangka panjang akibat retak, infiltrasi air dan keausan dini, terutama pada suhu tinggi dan lalu lintas berat. Aspal Campuran memiliki nilai VIM yang lebih rendah (2-4%), yang menciptakan struktur campuran aspal yang lebih padat dan tahan lama, serta mengurangi risiko kerusakan dan keausan dini. Dengan demikian, aspal campuran lebih disarankan untuk digunakan di Desa Pematang Guntung, karena mampu menghasilkan VIM yang lebih rendah, sehingga memberikan kinerja yang lebih baik dalam hal durabilitas, kekuatan, dan ketahanan terhadap kerusakan.

Pengujian Durabilitas

Durabilitas aspal sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti siklus cuaca, perubahan suhu, dan beban lalu lintas yang berat (Soejoso, 2015). Berikut adalah hasil detail pengujian durabilitas untuk aspal biasa dan aspal campuran (dengan tambahan material seperti polimer atau karet) di Desa Pematang Guntung.

- a. Aspal biasa; Aspal biasa menunjukkan penurunan kualitas yang lebih cepat ketika terkena siklus pembekuan-pencairan. Di wilayah yang mengalami suhu ekstrem, seperti di Desa Pematang Guntung, aspal biasa cenderung mengalami degradasi lebih cepat. Aspal biasa tidak memiliki elastisitas yang cukup untuk menghadapi perubahan suhu yang ekstrim, yang menyebabkan performa jalan menjadi berkurang seiring waktu. Keretakan dan pengelupasan adalah bentuk degradasi umum pada aspal biasa, terutama jika jalan tidak dirawat secara berkala. Dalam jangka panjang, jalan yang menggunakan aspal biasa memerlukan lebih banyak pemeliharaan, karena kerusakan akibat siklus cuaca dan beban lalu lintas lebih cepat muncul.
- b. Aspal campuran (Polimer/Karet/Bahan Daur Ulang); Aspal campuran dengan tambahan material seperti polimer atau karet menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap siklus pembekuan-pencairan. Bahan tambahan tersebut meningkatkan elastisitas campuran aspal, sehingga memungkinkan aspal untuk beradaptasi dengan ekspansi dan kontraksi yang disebabkan oleh perubahan suhu. Penggunaan bahan tambahan seperti polimer atau karet secara signifikan memperlambat proses degradasi pada permukaan jalan yang menggunakan aspal campuran. Risiko pengelupasan dan keretakan berkurang drastis, karena aspal campuran lebih mampu menyerap tekanan dan adaptif terhadap siklus cuaca. Dalam jangka

panjang, jalan yang menggunakan aspal campuran memerlukan lebih sedikit pemeliharaan dibandingkan dengan aspal biasa.

- c. Perbandingan Aspal Biasa dan Aspal Campuran; Aspal campuran memiliki ketahanan yang jauh lebih baik terhadap siklus pembekuan-pencairan dan variasi suhu ekstrem dibandingkan dengan aspal biasa. Polimer atau karet dalam campuran aspal memungkinkan fleksibilitas lebih tinggi, sehingga mampu menahan kerusakan akibat ekspansi dan kontraksi yang disebabkan oleh perubahan suhu. Aspal campuran lebih tahan terhadap deformasi permanen dan pengelupasan pada kondisi lalu lintas berat. Dengan ketahanan yang lebih baik terhadap berbagai faktor eksternal, aspal campuran menunjukkan risiko kerusakan yang lebih rendah dalam jangka panjang. Ini membuatnya lebih ekonomis karena mengurangi frekuensi pemeliharaan dan perbaikan jalan.
- d. Hasil pengujian durabilitas; Aspal Biasa lebih rentan terhadap degradasi akibat siklus cuaca, perubahan suhu ekstrem dan beban lalu lintas berat. Aspal Campuran dengan tambahan polimer atau karet memiliki durabilitas yang lebih baik. Bahan tambahan tersebut meningkatkan elastisitas dan ketahanan aspal terhadap perubahan suhu, siklus cuaca, serta tekanan lalu lintas.

Pengujian Ketahanan Terhadap Air (Immersion Test)

Pengujian ketahanan terhadap air (Immersion Test) bertujuan untuk mengukur kemampuan aspal dalam menahan infiltrasi air serta melihat bagaimana paparan air memengaruhi kekuatan ikatan antara agregat dan aspal. Berikut adalah uraian hasil pengujian terhadap aspal biasa dan aspal campuran (dengan tambahan material seperti polimer atau bahan daur ulang) di Desa Pematang Guntung.

- a. Aspal biasa; Pada pengujian ketahanan terhadap air, aspal biasa menunjukkan bahwa air dengan mudah meresap ke dalam campuran aspal melalui pori-pori yang ada. Infiltrasi air ini menyebabkan pengurangan kekuatan ikatan antara agregat dan aspal, yang membuat campuran aspal menjadi lebih lemah seiring waktu. Setelah terpapar air dalam waktu yang lama, terjadi penurunan signifikan dalam kekuatan adhesi antara aspal dan agregat. Dalam jangka panjang, infiltrasi air yang tidak terkendali menyebabkan degradasi permukaan jalan. Aspal yang terpapar air terus-menerus akan mengalami kerusakan, seperti retakan dan pengelupasan lebih cepat, yang mengurangi umur layan jalan. Aspal biasa tidak memiliki perlindungan yang cukup untuk menahan efek degradasi akibat air, terutama dalam kondisi lingkungan yang sering terkena hujan atau genangan.
- b. Aspal Campuran (Polimer/Karet/Bahan Daur Ulang); Aspal campuran yang menggunakan material tambahan seperti polimer atau bahan daur ulang menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap infiltrasi air. Pengujian menunjukkan bahwa aspal campuran memiliki tingkat pengelupasan yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan aspal biasa. Material tambahan seperti polimer memberikan sifat elastis dan adhesif yang lebih kuat, yang membantu memperkuat ikatan antara agregat dan aspal, bahkan ketika terpapar air. Aspal campuran terbukti memiliki durabilitas yang lebih baik terhadap paparan air dibandingkan dengan aspal biasa. Dalam jangka waktu yang lama, campuran aspal yang mengandung polimer atau karet mempertahankan kekuatan dan integritasnya, meskipun terus-menerus terpapar air.
- c. Perbandingan Aspal Biasa dan Aspal Campuran; Pada aspal biasa, uji ketahanan terhadap air menunjukkan adanya penurunan yang signifikan dalam kekuatan ikatan antara agregat dan aspal setelah terpapar air dalam jangka waktu tertentu. Sebaliknya, aspal campuran dengan material tambahan menunjukkan penurunan kekuatan ikatan yang jauh lebih kecil, yang berarti bahwa ikatan antara agregat dan aspal tetap kuat meskipun terpapar air. Aspal biasa lebih rentan terhadap pengelupasan akibat infiltrasi air, sementara aspal campuran lebih tahan terhadap proses ini. Dengan daya tahan yang lebih baik terhadap infiltrasi air dan degradasi akibat air, aspal campuran memiliki umur layan yang lebih panjang dibandingkan dengan aspal biasa.
- d. Hasil Pengujian Ketahanan Terhadap Air (*Immersion Test*); Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa aspal Biasa lebih rentan terhadap kerusakan akibat air, terutama dalam hal infiltrasi air dan pengelupasan agregat. Aspal Campuran yang menggunakan

polimer atau bahan daur ulang lebih tahan terhadap efek air. Material tambahan tersebut meningkatkan ketahanan campuran terhadap infiltrasi air dan memperkuat ikatan antara agregat dan aspal, sehingga mencegah pengelupasan dan degradasi. Aspal campuran lebih cocok digunakan di wilayah yang sering terpapar hujan atau genangan air.

Pengujian Suhu Lembek (*Softening Point*)

Pengujian Suhu Lembek (*Softening Point*) dilakukan untuk mengukur suhu di mana aspal mulai melunak. Suhu lembek merupakan indikator penting untuk mengetahui bagaimana performa aspal saat terpapar suhu tinggi. Berikut ini adalah hasil pengujian suhu lembek untuk aspal biasa dan aspal campuran (dengan tambahan polimer atau bahan daur ulang):

- a. Aspal biasa; Pada pengujian suhu lembek, aspal biasa menunjukkan titik lembek pada kisaran 40-50°C. Nilai ini menunjukkan bahwa aspal mulai melunak pada suhu yang relatif rendah, terutama ketika dibandingkan dengan aspal yang ditingkatkan dengan material tambahan. Di Desa Pematang Guntung, yang memiliki suhu lingkungan tinggi terutama pada siang hari, aspal biasa yang melunak pada suhu sekitar 40-50°C dapat mengalami penurunan performa. Aspal yang melunak lebih cepat akan lebih rentan terhadap rutting (alur permanen di permukaan jalan akibat beban lalu lintas berat), yang mempercepat kerusakan permukaan jalan.
- b. Aspal Campuran (Polimer/Karet/Bahan Daur Ulang); Aspal campuran yang menggunakan bahan tambahan seperti polimer atau karet menunjukkan titik lembek yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal biasa, yaitu berkisar antara 60-70°C. Aspal campuran yang memiliki suhu lembek lebih tinggi lebih mampu menahan suhu panas ekstrem tanpa mengalami perubahan bentuk. Dengan titik lembek yang lebih tinggi, aspal campuran menunjukkan ketahanan jangka panjang yang lebih baik terhadap suhu tinggi. Penggunaan polimer atau karet juga meningkatkan fleksibilitas aspal, yang membantu dalam mengurangi risiko keretakan pada permukaan jalan saat terjadi fluktuasi suhu.
- c. Perbandingan Aspal Biasa dan Aspal Campuran; Aspal campuran jelas lebih unggul dibandingkan dengan aspal biasa dalam hal ketahanan terhadap suhu tinggi. Aspal campuran memiliki resistensi yang lebih baik terhadap deformasi plastis pada suhu tinggi, terutama di lingkungan yang panas. Ini sangat penting di wilayah seperti Desa Pematang Guntung, di mana suhu permukaan jalan bisa meningkat drastis. Aspal biasa lebih cepat mengalami rutting, sementara aspal campuran tetap lebih stabil di bawah beban kendaraan. Dengan titik lembek yang lebih tinggi, aspal campuran memerlukan lebih sedikit perawatan dalam jangka panjang, karena lebih tahan terhadap deformasi pada suhu tinggi. Sementara itu, aspal biasa lebih rentan mengalami kerusakan pada suhu panas, sehingga membutuhkan perawatan yang lebih sering.
- d. Hasil Pengujian Suhu Lembek (*Softening Point*); Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa aspal biasa memiliki titik lembek yang lebih rendah (40-50°C), sehingga lebih cepat melunak pada suhu tinggi. Ini menyebabkan aspal biasa lebih rentan terhadap deformasi, terutama di wilayah dengan suhu lingkungan yang panas seperti Desa Pematang Guntung. Aspal Campuran dengan tambahan polimer atau karet memiliki titik lembek yang lebih tinggi (60-70°C), yang membuatnya lebih tahan terhadap suhu ekstrem. Dengan demikian, aspal campuran lebih disarankan untuk digunakan di Desa Pematang Guntung, karena titik lembek yang lebih tinggi membuatnya lebih tahan terhadap suhu panas dan lebih sedikit memerlukan perawatan dalam jangka panjang.

Implikasi Terhadap Pembangunan Infrastruktur Jalan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa implikasi penting yang dapat memengaruhi praktik pembangunan infrastruktur jalan di Desa Pematang Guntung, yakni perbandingan performa aspal biasa dan aspal campuran (dengan bahan tambahan seperti polimer atau karet), yang hasilnya memberikan wawasan yang relevan untuk pemilihan jenis aspal di masa depan.

- a. Ketahanan Terhadap Kondisi Iklim Lokal (Wijaya & Setiawan, 2019); Seperti yang telah ditemukan dalam penelitian, aspal biasa menunjukkan penurunan kualitas yang lebih cepat

ketika terpapar suhu tinggi dan air, yang merupakan kondisi umum di Desa Pematang Guntung. Suhu tinggi dapat menyebabkan deformasi plastis pada aspal biasa, sementara infiltrasi air memicu pengelupasan dan retak. Implikasinya, jika aspal biasa terus digunakan, permukaan jalan akan memerlukan perawatan lebih sering, yang berujung pada biaya perawatan yang tinggi dan umur layan jalan yang lebih pendek. Sedangkan sspal campuran yang diperkuat dengan polimer atau bahan lainnya lebih tahan terhadap suhu tinggi dan infiltrasi air, sehingga lebih cocok untuk kondisi iklim lokal yang ekstrem. Penelitian menunjukkan bahwa aspal campuran memiliki nilai durabilitas yang lebih baik, lebih sedikit mengalami deformasi pada suhu tinggi, serta lebih tahan terhadap pengelupasan akibat air.

- b. Ketahanan Terhadap Beban Lalu Lintas Berat; Dengan meningkatnya lalu lintas di Desa Pematang Guntung, terutama oleh kendaraan berat yang melewati desa, aspal biasa cenderung mengalami *rutting* (terbentuknya alur permanen di permukaan jalan) karena nilai stabilitas yang lebih rendah dan titik lembek yang rendah. Ini mempercepat kerusakan jalan dan meningkatkan biaya perawatan secara signifikan. Aspal campuran dengan bahan tambahan seperti polimer memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dan titik lembek yang lebih besar, yang berarti bahwa jalan yang terbuat dari aspal campuran lebih mampu menahan tekanan kendaraan berat tanpa mengalami deformasi yang signifikan. Penggunaan aspal campuran juga mengurangi frekuensi *rutting* dan deformasi pada jalan, yang berdampak positif pada umur panjang infrastruktur.
- c. Pengurangan Biaya Jangka Panjang; Meskipun aspal biasa mungkin lebih murah dalam biaya awal, penelitian menunjukkan bahwa biaya jangka panjang yang dikeluarkan untuk perawatan dan perbaikan lebih tinggi karena degradasi yang cepat, baik karena perubahan suhu maupun infiltrasi air. Kerusakan dini pada jalan berarti pemerintah atau pemangku kepentingan harus mengalokasikan dana lebih banyak untuk pemeliharaan jalan. Di sisi lain, aspal campuran memberikan keuntungan ekonomi jangka panjang meskipun biaya awalnya mungkin lebih tinggi. Dengan ketahanan yang lebih baik terhadap cuaca dan beban lalu lintas, jalan yang menggunakan aspal campuran membutuhkan perawatan yang lebih sedikit dan lebih jarang mengalami kerusakan besar.
- d. Keberlanjutan dan Pemanfaatan Material Daur Ulang; Penggunaan material daur ulang dalam aspal campuran dapat memberikan manfaat tambahan, terutama dalam konteks keberlanjutan. Ini tidak hanya mengurangi kebutuhan bahan baku baru tetapi juga berkontribusi pada pengurangan limbah. Pemanfaatan bahan daur ulang juga dapat membantu mengurangi jejak karbon proyek pembangunan jalan, yang selaras dengan upaya global untuk pembangunan berkelanjutan.

Rekomendasi untuk Pembangunan Infrastruktur Jalan di Masa Depan

Beberapa rekomendasi terkait pemilihan jenis aspal yang lebih optimal untuk pembangunan jalan di Desa Pematang Guntung:

- a. Prioritaskan Penggunaan Aspal Campuran dengan Polimer atau Karet
- b. Penggunaan Aspal Campuran untuk Jalan dengan Beban Lalu Lintas Berat
- c. Memperhitungkan Faktor Iklim dalam Pemilihan Aspal
- d. Pertimbangkan Penggunaan Bahan Daur Ulang

Hasil yang didapat yakni penggunaan aspal campuran dengan bahan tambahan seperti polimer atau karet merupakan pilihan yang lebih optimal untuk pembangunan infrastruktur jalan di Desa Pematang Guntung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aspal campuran memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap kondisi iklim lokal dan lalu lintas berat, serta lebih ekonomis dalam jangka panjang.

Diskusi Singkat Mengenai Keberlanjutan penggunaan aspal campuran untuk pembangunan jalan selanjutnya di Desa Pematang Guntung

Berikut ini adalah diskusi mengenai aspek keberlanjutan dari penggunaan aspal campuran dan potensi dampak lingkungan dari kedua jenis aspal, yaitu aspal biasa dan aspal campuran:

- a. Aspek Keberlanjutan Penggunaan Aspal Campuran; Aspal campuran yang menggunakan bahan tambahan dari material daur ulang seperti karet bekas (misalnya dari ban bekas) atau

plastik daur ulang memiliki beberapa manfaat penting dari perspektif keberlanjutan, seperti pengurangan limbah, pengurangan jejak karbon, penghematan sumber daya alam serta tahan lama dan mengurangi perawatan.

- b. Potensi Dampak Lingkungan dari Penggunaan Aspal Biasa; Penggunaan aspal biasa memiliki beberapa dampak negatif terhadap lingkungan, terutama terkait dengan proses produksinya dan kinerja jangka panjangnya, yakni emisi karbon tinggi dari produksi, kerentanan terhadap kondisi lingkungan serta tidak ramah lingkungan dalam jangka Panjang.
- c. Potensi Dampak Lingkungan dari Penggunaan Aspal Campuran; Penggunaan aspal campuran yang mengandung bahan tambahan seperti polimer, karet daur ulang, atau plastik, menunjukkan beberapa keunggulan lingkungan dibandingkan aspal biasa, yakni pengurangan emisi dan energi serta peningkatan durabilitas dan umur dari layanan itu sendiri.
- d. Efek Positif pada Pengelolaan Limbah: Dengan mendaur ulang limbah seperti ban bekas atau plastik menjadi bahan yang bermanfaat, aspal campuran mengurangi jumlah limbah yang berakhir di tempat pembuangan. Ini membantu mengatasi masalah polusi lingkungan dan memberikan manfaat ekonomi dalam hal pengelolaan limbah.
- e. Rekomendasi Keberlanjutan untuk Pembangunan Jalan Selanjutnya di Desa Pematang Guntung; prioritaskan penggunaan aspal campuran dengan bahan daur ulang, optimalkan penggunaan sumber daya lokal dan daur ulang serta minimalkan perbaikan jalan dengan meningkatkan durabilitas.
- f. Hasil yang didapat; penggunaan aspal campuran dengan bahan tambahan dari material daur ulang merupakan langkah penting menuju pembangunan infrastruktur jalan yang lebih berkelanjutan di Desa Pematang Guntung. Selain mengurangi limbah dan jejak karbon, aspal campuran juga menawarkan umur layan yang lebih panjang dan biaya perawatan yang lebih rendah, menjadikannya pilihan yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk masa depan pembangunan jalan di daerah tersebut.

SIMPULAN

- 1) Kinerja Aspal Campuran Lebih Baik di Lokasi Studi; aspal campuran menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal stabilitas, kekuatan tekan, dan ketahanan terhadap deformasi jika dibandingkan dengan aspal biasa.
- 2) Ketahanan Aspal Campuran terhadap Kondisi Cuaca; aspal campuran memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap fluktuasi suhu dan kelembaban di Desa Pematang Guntung, yang memiliki kondisi cuaca tropis. Ini menyebabkan umur layanan jalan lebih panjang dengan perawatan yang lebih minimal dibandingkan dengan aspal biasa.
- 3) Efisiensi Jangka Panjang; Meskipun aspal campuran memerlukan biaya awal yang sedikit lebih tinggi, dalam jangka panjang, biaya pemeliharaan dan perbaikan jalan dapat dikurangi karena ketahanan yang lebih tinggi terhadap kerusakan. Ini menghasilkan penghematan biaya yang signifikan dalam proyek infrastruktur jalan di Desa pematang guntung Kec. Teluk Mengkudu.
- 4) Dampak Lingkungan Positif; Aspal campuran, terutama yang mengandung bahan daur ulang atau aditif tertentu, juga berkontribusi pada pengurangan dampak lingkungan.
- 5) Rekomendasi untuk Penggunaan Aspal Campuran; disarankan bahwa penggunaan aspal campuran di proyek-proyek pembangunan jalan di Desa Pematang Guntung dan daerah sekitarnya menjadi prioritas. Aspal campuran mampu memberikan keseimbangan antara kekuatan struktural, efisiensi biaya dan keberlanjutan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik* Jakarta: Rineka Cipta.
- Djaali. 2020. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Jakarta Timur: PT. Bumi Aksara.
- Hadi, S, & Kurniawan, F. 2019. "Pengujian Marshall Untuk Evaluasi Kinerja Aspal Pada Proyek Perkerasan Jalan". *Jurnal Ilmu Teknik*, 8(3).
- Haryanto, A. 2021. *Perbandingan Karakteristik Fisik dan Mekanis Aspal Biasa Dengan Aspal Polimer Pada Jalan Di Daerah Tropis*. Surabaya: Universitas Teknologi Surabaya.
- Indonesian Road Development Association (IRDA). 2016. *Panduan Penerapan Aspal Modifikasi dalam Infrastruktur Jalan Raya*. Jakarta: IRDA.

- Junaidi, T, & Rahman, S. 2014. "Kajian Kerusakan Jalan Akibat Lalu Lintas Berat: Studi Kasus Jalan Kabupaten". *Jurnal Transportasi dan Infrastruktur*, 10(1).
- Santoso, W, & Iskandar, A. 2017. "Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Kekuatan Aspal di Wilayah Tropis". *Jurnal Rekayasa Sipil*, 4(1).
- Soejoso, T. 2015. *Teknik Perkerasan Jalan dan Pengaruh Beban Lalu Lintas Terhadap Umur Jalan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sukirman, S. 2007. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Tamin, R.Z. 2018. *Metode Pengujian Aspal dan Agregat untuk Konstruksi Jalan Raya*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Wijaya, H., & Setiawan, D. 2019. "Analisis Penggunaan Aspal Modifikasi terhadap Daya Tahan dan Stabilitas Jalan di Daerah Pantai". *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan*, 6(4).