

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kerusakan jalan yang terjadi disebabkan oleh empat faktor utama menurut Departemen Pekerjaan Umum (2007): kualitas material penyusun yang kurang baik, beban lalu lintas, iklim, dan air. Baik pada jenis perkerasan lentur maupun kaku, keempat faktor ini dapat menimbulkan masalah fungsional maupun struktural. Namun, khusus pada perkerasan lentur, iklim dan air merupakan penyebab utama kerusakan dini yang mengakibatkan umur perkerasan terlalu cepat, yang membuat kerusakan terjadi terlalu cepat.

Perubahan suhu yang tidak menentu menyebabkan perkerasan beraspal mudah mengalami deformasi permanen. Hal ini diperparah oleh genangan air di permukaan jalan akibat curah hujan yang tinggi dan drainase yang buruk, serta beban dinamis berulang dari kendaraan yang lewat. Genangan air ini juga dapat meresap ke dalam lapisan perkerasan, mengurangi keawetan dan kekuatan ikatan antara aspal dan agregat, atau menyebabkan pelepasan butir.

Pemilihan karet alam sebagai aditif aspal didasarkan pada beberapa alasan: meningkatkan produksi karet Indonesia, ketersediaannya yang melimpah, tidak menimbulkan emisi setelah digunakan, harga yang lebih kompetitif, dan peningkatan performa aspal setelah penambahan karet alam.

Penelitian telah meninjau daya tahan aspal di lapangan setelah penambahan karet alam, terutama pada karakteristik Marshall dan rutting. Penambahan 5-7% lateks pada aspal penetrasi 60/70 meningkatkan stabilitas Marshall (Nursandah & Zaenuri, 2019; Prastanto et al., 2019). Meskipun karet alam memiliki kandungan air yang tinggi dan memerlukan pengolahan khusus, penggunaannya dalam aspal tetap menguntungkan. Beberapa penelitian juga telah dilakukan dengan penggunaan karet padatan, seperti *crepe rubber* alam atau bekas pakai, sebagai campuran dalam aspal. Salah satu cara untuk meningkatkan elastisitas campuran beraspal adalah dengan memodifikasinya menggunakan serbuk karet (*crepe rubber*) atau serat karet alam (Lateks).

Terdapat dua metode utama dalam memanfaatkan karet ke dalam campuran beraspal, yaitu proses basah (*wet mix*) dan proses kering (*dry mix*). Pada proses basah, karet dicampur langsung dengan aspal untuk menghasilkan aspal karet yang bertujuan

memperbaiki sifat reologi aspal. Pada proses kering, karet digunakan sebagai pengganti sebagian agregat yang berukuran sama dengan karet tersebut. Di Indonesia, penggunaan *crepe rubber* pada proyek infrastruktur jalan lebih sering menggunakan proses kering karena kemudahan dalam pencampuran, sedangkan aspal karet dihasilkan dari pencampuran aspal konvensional dengan karet berupa lateks, kompon karet, atau serbuk karet.

Penggunaan karet alam dalam bentuk padatan lebih praktis dan efisien dalam meningkatkan kualitas aspal modifikasi juga mengurangi jumlah aspal yang digunakan, menekan harga karet, dan membantu mengurangi jumlah limbah ban bekas. Bagi Indonesia, penggunaan karet alam lebih menguntungkan karena ketersediaannya yang melimpah. Penambahan karet alam sebagai aditif aspal bertujuan mendapatkan aspal yang keras, memiliki titik lembek tinggi, elastis, pelekatan baik, dan tahan lama. Namun, penggunaan karet padatan juga menghadapi tantangan lain, yaitu membutuhkan waktu yang lama untuk mencampur aspal dan karet hingga mencapai homogenitas.

Dengan adanya tambahan komponen karet dalam aspal menjadikan kualitas aspal menjadi lebih unggul daripada aspal murni tanpa karet. Penambahan karet dalam aspal juga memperbaiki titik lunak, elastisitas dan kelengketan sehingga aspal karet menjadi lebih awet daripada aspal murni tanpa karet. Aspal karet memiliki kelebihan pada penggunaannya dalam penanganan jalan. Kelebihan aspal karet yaitu aspal karet dapat mengurangi terjadinya pelepasan butir aspal, karena secara agregat lebih lengket, sehingga permukaan jalan tidak cepat retak dan berlubang. Dengan adanya kelebihan ini maka umur layanan aspal karet lebih lama 1,5 hingga 2 kali daripada aspal biasa atau konvensional. Hal ini berarti aspal karet dapat menghemat biaya pemeliharaan dan perbaikan jalan yang seringkali sama mahalnya dengan biaya pembuatan jalan baru (Prastanto,2020).

I.2 Analisa Pasar dan Kapasitas Produksi

I.2.1 Analisa Pasar

Indonesia merupakan salah satu produsen karet alam terbesar di dunia, dengan produksi mencapai 3,15 juta ton per tahun. Dari jumlah tersebut, sekitar 600 ribu ton diserap oleh pasar domestik, sementara sisanya diekspor. Namun, penurunan permintaan ekspor telah menyebabkan harga karet domestik menurun, mendorong pemerintah untuk meningkatkan penggunaan karet dalam negeri, termasuk melalui produksi aspal karet.

Pemerintah Indonesia telah mengalokasikan anggaran untuk membeli karet dari petani dengan harga yang lebih baik guna mendukung produksi aspal karet. Misalnya, pada

tahun 2019, harga pembelian bokar (bahan olahan karet) dari petani berkisar antara Rp7.700 hingga Rp11.000 per kilogram, meningkat dari sebelumnya sekitar Rp5.000 per kilogram. Harga ini mencerminkan komitmen pemerintah dalam mendukung petani karet dan industri aspal karet.

Dengan inisiatif pemerintah untuk tidak lagi mengimpor aspal mulai tahun 2024 dan memanfaatkan cadangan aspal domestik, industri aspal karet diproyeksikan mengalami pertumbuhan signifikan. Cadangan aspal dan pemanfaatannya diharapkan dapat memenuhi kebutuhan domestik serta mengurangi ketergantungan pada impor. Hal ini membuka peluang besar bagi produsen aspal karet untuk meningkatkan pendapatan melalui peningkatan produksi dan penjualan.

Persaingan dalam industri aspal karet di Indonesia masih relatif baru, dengan beberapa perusahaan termasuk perusahaan milik negara dan swasta yang mulai berinvestasi dalam teknologi dan produksi aspal karet. Pemerintah juga mendorong investasi asing untuk turut serta dalam pengembangan industri ini. Inovasi dalam teknologi produksi dan peningkatan kualitas produk menjadi kunci dalam memenangkan persaingan di pasar domestik.

Konsumen utama aspal karet adalah pemerintah dan kontraktor konstruksi yang mengutamakan kualitas dan daya tahan jalan. Aspal karet memiliki keunggulan seperti ketahanan terhadap retak dan deformasi, serta umur layanan yang lebih panjang dibandingkan aspal konvensional. Motivasi utama dalam memilih aspal karet adalah efisiensi biaya jangka panjang dan dukungan terhadap industri karet domestik.

I.2.2 Kapasitas Produksi

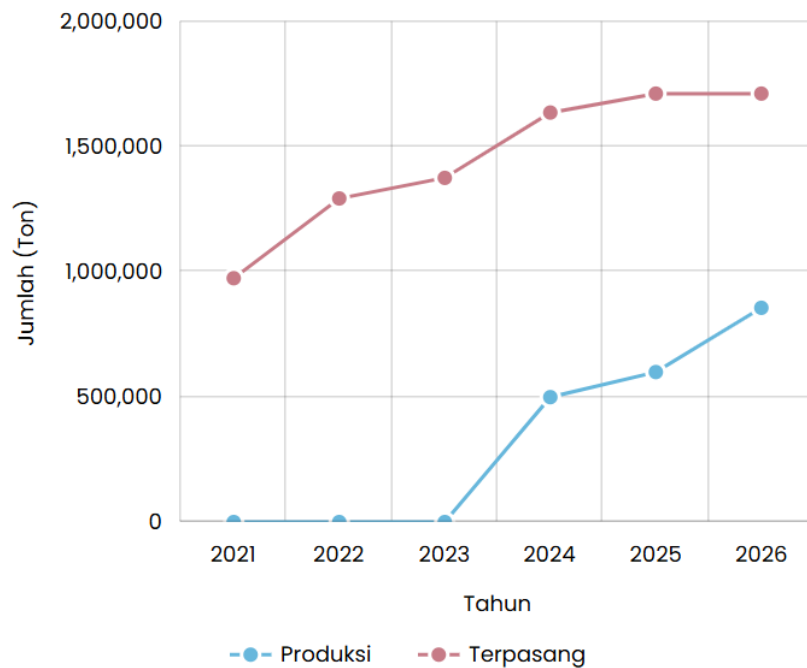
Konsumsi atau demand konsumen terhadap produk aspal karet diperoleh dari data statistik oleh Kementerian PUPR berdasarkan data dari Asosiasi Pengembang Aspal Butol (ASPABI, 2024). Prediksi konsumsi dilakukan untuk keseluruhan Indonesia yang menjadi target pemasaran produk dari pabrik yang direncanakan ini. Seperti yang ditunjukkan dalam Tabel I.1 dapat dilihat bahwa kebutuhan aspal tiap tahunnya akan meningkat yang diperkirakan karena banyaknya pembangunan jalan tol, perbaikan jalan di provinsi, kota, kabupaten maupun desa, banyaknya penambahan infrastruktur di beberapa daerah.

Tabel I. 1 Data statistik Aspal di Indonesia tahun 2021-2024 dan prediksi tahun 2025-2027

Sumber data	Tahun	Konsumsi (ton/tahun)	Suplai (ton/tahun)
Data statistik (ASPABI, 2024)	2021	285.000	24.484
	2022	331.000	54.132
	2023	397.000	56.196,5
	2024	1.830.000	1.830.000
Hasil prediksi*	2025	2.062.979	2.067.817
	2026	2.561.784	2.646.165
	2027	3.060.590	3.224.513

$$\begin{aligned}
 \text{Produk di pasaran 2027} &= \text{Suplai} - \text{Kebutuhan} \\
 &= 3.224.513 - 3.060.590 \\
 &= \mathbf{742.272 \text{ ton (surplus pasar)}}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas produksi} = \mathbf{742.272 \text{ ton per tahun}}$$



Gambar I. 1 Prediksi kebutuhan pasar dari peninjauan suplai dan demand produk aspal pada tahun 2027

Dari data hasil prediksi konsumsi, produksi dalam negeri untuk aspal dapat diperkirakan kekosongan produk di pasaran pada tahun 2027. Adapun jumlah kelebihan pasar pada tahun 2027 didapati sebesar 742.272 ton, yang dapat dilihat pada Tabel I.1 Data statistik tahun 2021-2024 dan prediksi tahun 2025-2027 untuk konsumsi Aspal di Indonesia.

Tabel I. 2 Data Mining Journal tahun 2021-2024 dan prediksi Mining Journal tahun 2025-2027 untuk jumlah demand, dan Produksi aspal di Indonesia

Tahun	Demand (Ton)	Production (Ton)	Kekosongan (Ton)	Sumber Data
2022	911.570	203.473	708.098	Indonesian Mining Journal Vol 26 No. 1 2023
2023	935.180	253.473	681.707	Indonesian Mining Journal Vol 26 No. 1 2023
2024	959.401	303.473	655.928	Indonesian Mining Journal Vol 26 No. 1 2023
2025	984.250	350.000	634.250	Indonesian Mining Journal Vol 26 No. 1 2023
2026	1.009.742	350.000	659.742	Indonesian Mining Journal Vol 26 No. 1 2023
2027	1.035.894	350.000	685.894	Indonesian Mining Journal Vol 26 No. 1 2023

Produk aspal karet mengalami kekosongan 742.272 ton pada tahun 2027 dikarenakan bertambahnya produksi dalam negeri dan impor yang dilakukan. Hal ini dapat menjadi peluang pendirian pabrik aspal baru guna memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri.

Pabrik aspal yang dirancang ini direncanakan untuk beroperasi hingga 2 tahun ke depan yang dimulai dari tahun 2025. Dari hasil prediksi yang dilakukan, produk aspal tetap mengalami kekurangan hingga 2 tahun apabila tidak ada pabrik baru yang didirikan. Dengan kapasitas produksi pabrik yang direncanakan, yaitu 742.272 ton per tahun, diperkirakan pabrik ini dapat menyuplai $\pm 8.5\%$ kebutuhan aspal di Indonesia mulai tahun 2027 hingga tahun berikutnya. Pengambilan suplai sebesar 8.5% didasarkan pada beberapa hal yaitu adanya penambahan kapasitas produksi oleh pabrik aspal yang sudah ada, adanya kemungkinan pendirian aspal baru, dimensi peralatan dengan kapasitas diatas 8.5 % lebih besar dan membutuhkan biaya investasi yang cukup besar.

I.3 Kebaruan Produk/Proses

Dalam merancang pabrik aspal karet di Indonesia, inovasi produk dan proses telah menghadirkan terobosan signifikan untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk akhir. Penerapan proses pemanfaatan karet alam dari limbah tak hanya memaksimalkan pemanfaatan limbah, tetapi juga mendukung pemberdayaan petani melalui nilai tambah produk karet. Inovasi lain yang menonjol adalah penggunaan teknologi microsurfacing berbasis getah karet untuk menghasilkan lapisan permukaan jalan yang lebih tahan aus dan halus, serta investasi dari BUMN dalam proses produksi

yang mengedepankan efisiensi biaya dan daya saing produk di pasar domestik. Gabungan pendekatan-pendekatan ini tidak hanya menghasilkan aspal karet dengan kualitas superior, tetapi juga mendorong pertumbuhan ekonomi lokal melalui optimalisasi sumber daya karet nasional.

Inovasi proses yang ramah lingkungan menjadi prioritas dengan mengintegrasikan teknologi modern untuk mengurangi emisi, penggunaan energi, dan dampak limbah. Misalnya, penggunaan sistem *closed-loop* dalam proses produksi memungkinkan pemanfaatan ulang bahan dan energi sehingga menghasilkan yield yang lebih tinggi serta mengoptimalkan penggunaan limbah *crepe rubber* yang sebelumnya terbuang. Selain itu, otomatisasi proses dengan pengendalian suhu dan pencampuran yang lebih presisi tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mengurangi limbah dan polusi udara. Proses inovatif ini dikombinasikan dengan penggunaan bahan bakar yang lebih bersih dan pengolahan air limbah yang lebih efektif, sehingga pabrik aspal karet tidak hanya menghasilkan produk berkualitas tinggi, tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan secara signifikan.

I.4 Sifat Fisika dan Kimia

I.4.1 Bahan Baku

Produk yang dihasilkan pada pabrik yang dirancang ini berupa aspal modifikasi menggunakan limbah karet yang diperoleh dari campuran aspal konvensional penetrasi 60/70 dan limbah karet. Aspal penetrasi 60/70 merupakan jenis aspal yang diukur kekerasannya berdasarkan nilai penetrasi jarum standar pada suhu 25°C dengan beban 100 gram selama 5 detik, yang menghasilkan nilai penetrasi 60 sampai 70 mm (0,1 mm). Nilai penetrasi ini menunjukkan tingkat kekerasan aspal, semakin kecil nilai penetrasi maka aspal semakin keras.

Karet *crepe rubber* merupakan limbah dari industri sarung tangan karet, yang belum dimanfaatkan dan tidak bisa dibuang ke lingkungan, karena menimbulkan pencemaran sehingga digunakan untuk industri lain yang membutuhkan yaitu aspal karet. Kelebihan karet *crepe rubber* dibandingkan karet jenis lainnya adalah pada sifatnya yang lembut, kelenturan tinggi, fleksibel, memiliki kemampuan meredam guncangan, tahan terhadap air dan berbagai bahan kimia, memiliki ketahanan terhadap cuaca buruk, seperti hujan dan salju, memiliki daya tahan tinggi terhadap keretakan sehingga jika dicampur dengan aspal akan membentuk aspal modifikasi yang awet dan tahan lama. Kelebihan aspal karet dimana dengan penambahan *crepe rubber* pada aspal dapat

meningkatkan berat molekul aspal. Sehingga kerapatan molekul meningkat, kerapatan molekul yang meningkat mengubah sifat fisik aspal yang semula lembek menjadi lebih keras dan lentur. Penambahan karet pada aspal memiliki keuntungan kualitas mengendarai yang lebih baik, resisten terhadap kelembaban, durabilitas yang lebih tinggi, kepekaan terhadap suhu berkurang dan mengurangi terjadinya deformasi pada permukaan aspal. Adapun sifat fisika dan kimia dari bahan baku yang digunakan diberikan pada Tabel I.3.

Tabel I. 3 Sifat fisika dan kimia bahan baku

Nama Bahan	Sifat Fisika	Sifat Kimia	Komposisi & Grade	Ref
Aspal penetrasi 60/70 Komposisi: Karbon (82-88%) Hidrogen (0-1,5%) Sulfur (0-6%) Nitrogen (0-1%)	ρ : 1,10–1,15 g/cm ³ (25°C) Tb : 45-50°C		Asphaltenes Maltenes Grade: Non-food grade	(Pertamina, 2023)
Karet	Elastisitas tinggi Ketahanan terhadap abrasi Tahan air Daya rekat yang baik Ketahanan terhadap suhu rendah	Tidak mudah teroksidasi Non-polar	Poliisoprena 95% 5% terdiri dari protein, lipid, karbohidrat, dan mineral Grade: - Ribbed Smoked Sheet (RSS) - Standard Indonesia Rubber (SIR) - Lateks Pekat - Karet Sintets	(Prastanto, 2018)

Tabel I. 4 Perbandingan Aspal Konvensional dan Aspal Karet

Parameter	Aspal Konvensional (Pen 60/70)	Aspal Karet (3-9% karet)
Penetrasi (25°C, 100g, 5s, 0.1mm)	60-70	30-120 (lebih lunak)
Viskositas (60°C, poise)	2000-4000	>10,000 (lebih kental)
Titik Lembek (R&B, °C)	48-52 (rata-rata 51.5)	55-90 (lebih tahan panas)
Duktilitas (25°C, cm/min)	>100 (rata-rata 137)	>150 (rata-rata 195, lebih plastis)
Titik Nyala (°C)	≥220 (rata-rata 290)	≥232 (sedikit lebih tinggi)
Berat Jenis (15°C, g/cm ³)	1.01-1.06 (rata-rata 1.03)	1.00-1.05 (lebih ringan)
Loss on Heating (163°C, 5 jam, %)	≤0.8	≤1.0
Elastisitas (Recovery, %)	<10%	20-50% (rebound tinggi)
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • Harga murah (Rp 9.000-10.000/kg) • Mudah produksi (suhu 150-160°C) • Aplikasi standar • Penyimpanan stabil >6 bulan • Tersedia luas di Indonesia 	<ul style="list-style-type: none"> • Tahan rutting (deformasi roda) 2-3x lebih baik • Retak fatigue rendah • Umur jalan 1.5-2x panjang (10-15 tahun) • Redam suara 3-5 dB • Fleksibel suhu ekstrem (-10°C hingga 70°C) • Daur ulang ban limbah
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> • Rentan rutting di iklim tropis (>40°C) • Retak suhu rendah • Umur jalan 5-8 tahun • Sensitif air (<i>stripping</i>) • Polusi ban bekas tidak terserap 	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya 15-25% lebih tinggi (Rp 12.000-15.000/kg) • Viskositas tinggi sulit pompa (butuh mixer khusus) • Stabilitas penyimpanan rendah tanpa aktivasi (segregasi karet) • Proses produksi kompleks (high shear mixing), • Bau karet saat hotmix