

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan infrastruktur transportasi darat yang berperan penting dalam mendukung konektivitas wilayah, distribusi barang dan jasa, serta pertumbuhan ekonomi daerah maupun nasional. Kualitas jalan yang baik terbukti berpengaruh terhadap peningkatan aktivitas ekonomi, penciptaan lapangan kerja, dan kesejahteraan masyarakat, khususnya melalui kelancaran mobilitas dan penurunan biaya transportasi (Gertler et al., 2024). Permasalahan utama dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan saat ini adalah tingginya kebutuhan material alam, seperti agregat dan aspal, yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan infrastruktur transportasi. Kondisi ini berpotensi menimbulkan tekanan terhadap ketersediaan sumber daya alam serta meningkatkan dampak lingkungan akibat kegiatan penambangan, produksi, dan pengangkutan material. Di sisi lain, kegiatan rehabilitasi dan perbaikan perkerasan jalan menghasilkan limbah konstruksi dalam jumlah besar yang sering kali belum dimanfaatkan secara optimal. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah tersebut dapat menambah beban lingkungan dan mengurangi efisiensi pelaksanaan pekerjaan jalan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan konstruksi perkerasan yang tidak hanya memenuhi aspek teknis dan ekonomis, tetapi juga mendukung pengurangan limbah, efisiensi sumber daya, dan prinsip pembangunan berkelanjutan. Salah satu inovasi yang dapat diterapkan dalam pembangunan.

Salah satu inovasi yang dapat diterapkan dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan adalah pemanfaatan material daur ulang. Penggunaan material daur ulang pada konstruksi perkerasan dinilai sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan karena dapat mengurangi kebutuhan material alam, menekan limbah konstruksi, serta menurunkan dampak lingkungan (Hoy et al., 2024). Dalam konteks perkerasan aspal, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) menjadi salah satu material daur ulang yang banyak dikembangkan karena mampu mengurangi penggunaan agregat baru dan aspal baru, sekaligus mendukung efisiensi biaya serta

penerapan ekonomi sirkular pada pekerjaan jalan (Sukhija & Coleri, 2025).



Gambar 1. 1 Limbah Aspal *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)
(Sumber: Batang – Pemalang Toll Road)

Namun demikian, penggunaan RAP memiliki kelemahan utama karena aspal dalam RAP umumnya telah mengalami penuaan (*aging*) akibat oksidasi dan paparan lingkungan selama masa layan perkerasan. Proses penuaan tersebut menyebabkan binder menjadi lebih kaku dan rapuh, sehingga campuran aspal dengan kandungan RAP yang tinggi cenderung memiliki kerentanan lebih besar terhadap retak leleh maupun retak pada temperatur rendah (Amini et al., 2021; Zhang et al., 2025). Meskipun penambahan RAP dapat meningkatkan nilai *Indirect Tensile Strength* (ITS) karena meningkatnya kekakuan campuran, nilai ITS yang tinggi tidak selalu menunjukkan kinerja retak yang baik apabila campuran menjadi terlalu getas dan memiliki kemampuan regangan yang rendah sebelum mengalami keruntuhan. Kondisi ini dapat menurunkan kinerja campuran aspal, terutama terhadap beban lalu lintas dan perubahan suhu lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan bahan tambahan yang dapat memperbaiki sifat mekanis campuran aspal berbasis RAP (Taherkhani & Noorian, 2020).

Sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa RAP dapat dimanfaatkan kembali dalam campuran beraspal karena mampu mengurangi penggunaan agregat dan aspal baru serta mendukung konstruksi jalan berkelanjutan. Beberapa studi mengevaluasi campuran RAP melalui parameter *Marshall*, ITS, dan *Tensile Strength Ratio* (TSR) untuk menilai kekuatan mekanis dan durabilitas campuran. Namun, penggunaan RAP masih memiliki keterbatasan

karena aspal lama didalamnya telah mengalami penuaan, sehingga campuran cenderung lebih kaku dan berisiko mengalami penurunan ketahanan retak, terutama pada kadar RAP yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan bahan alternatif yang mampu memperbaiki fleksibilitas dan ketahanan retak campuran RAP sebelum digunakan secara optimal pada lapisan perkerasan jalan (Kumar Pradhan et al., 2023).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan pemanfaatan RAP dalam campuran perkerasan, terutama melalui penentuan kadar RAP optimum, penggunaan teknologi *Warm Mix Asphalt* (WMA), serta penambahan regenerator atau bahan peremaja untuk memperbaiki sifat aspal tua. Beberapa bahan polimer seperti SBS, *crumb rubber*, dan *waste plastic* telah digunakan untuk meningkatkan kinerja campuran RAP. Penggunaan SBS pada campuran RAP dapat membantu meningkatkan kinerja campuran, namun RAP yang berasal dari binder termodifikasi polimer yang telah menua dapat mengalami oksidasi dan degradasi polimer sehingga campuran menjadi lebih kaku dan memiliki ketahanan retak yang lebih rendah (Ohm & Le, 2026). *Crumb rubber* juga dapat meningkatkan kinerja campuran sekaligus memanfaatkan limbah ban, namun proses pencampurannya perlu dikontrol karena partikel karet harus berinteraksi secara optimal dengan aspal agar campuran homogen. Penggunaan *crumb rubber* bersama RAP dilaporkan dapat meningkatkan kinerja perkerasan, terutama terhadap rutting, kuat tarik tidak langsung, dan *modulus resilien* (Shams et al., 2025). Sementara itu, *waste plastic* dapat meningkatkan kekakuan, stabilitas, dan ketahanan terhadap deformasi permanen pada campuran aspal. Namun, pada campuran yang mengandung RAP, penggunaannya perlu dikontrol karena RAP sudah memiliki karakter yang cenderung kaku akibat penuaan binder. Apabila tujuan utama modifikasi RAP adalah meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi risiko retak, penambahan modifier yang cenderung meningkatkan kekakuan, seperti beberapa jenis *waste plastic*, berpotensi kurang optimal apabila kadar dan proses pencampurannya tidak dirancang dengan tepat. Hal ini karena campuran dengan kadar RAP tinggi umumnya menghadapi masalah berupa binder tua yang lebih kaku, *workability* yang lebih rendah, serta risiko retak yang lebih besar (Zaumanis et al., 2014; Arun

Sagar et al., 2026).

Dibandingkan dengan bahan polimer tersebut, NRL dipilih karena memiliki sifat elastomerik yang dapat membantu meningkatkan fleksibilitas campuran RAP. Penelitian mengenai penggunaan Natural Rubber Latex pada RAP menunjukkan bahwa penambahan NRL bertujuan untuk meningkatkan kualitas campuran RAP serta menjadi solusi yang menjanjikan dalam pemanfaatan material daur ulang perkerasan (Paotong et al., 2020). Selain itu, penelitian mengenai natural rubber modified asphalt menunjukkan bahwa karet alam dapat meningkatkan kinerja mekanis campuran, seperti stabilitas *Marshall*, ITS, *modulus resilien*, *fatigue life*, dan ketahanan terhadap *rutting*, dengan kinerja terbaik pada kadar optimum tertentu (Sustainability, 2024). Oleh karena itu, penggunaan NRL pada penelitian ini dipandang lebih sesuai karena mampu mengimbangi kekakuan RAP, meningkatkan elastisitas dan daya ikat campuran, serta mendukung penggunaan bahan alami yang lebih berkelanjutan. Namun, kadar NRL tetap perlu dikontrol karena penambahan yang terlalu tinggi dapat meningkatkan viskositas, menurunkan *workability*, dan membuat campuran lebih sulit dipadatkan.

Penambahan NRL 60 DRC pada campuran AC-WC berbasis RAP bertujuan untuk memperbaiki sifat campuran yang cenderung kaku akibat kandungan aspal lama pada RAP. DRC atau *Dry Rubber Content* menunjukkan kadar karet kering dalam lateks, sehingga NRL 60 DRC memiliki kandungan karet kering sekitar 60% yang berperan dalam meningkatkan elastisitas dan daya ikat aspal. Sifat elastis tersebut diharapkan mampu meningkatkan kemampuan campuran dalam menahan tegangan tarik sebelum mengalami retak. Namun, berdasarkan penelitian terdahulu, kajian mengenai pemanfaatan RAP yang dikombinasikan dengan NRL masih relatif terbatas, terutama jika ditinjau dari aspek kekuatan tarik tak langsung. Sebagian penelitian telah menunjukkan bahwa RAP dapat meningkatkan kekakuan dan stabilitas campuran, tetapi penggunaan RAP juga berpotensi menurunkan fleksibilitas akibat keberadaan aspal tua yang telah mengalami *aging*. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan NRL pada campuran aspal dapat meningkatkan *tensile strength*, modulus kekakuan, umur lelah, serta ketahanan terhadap deformasi dan retak lelah (Suwanto et al., 2023).

Di sisi lain, NRL sebagai bahan elastis alami dinilai berpotensi memperbaiki sifat fleksibilitas campuran dan meningkatkan kemampuan campuran dalam menahan retak. Akan tetapi, efektivitas NRL pada campuran yang mengandung RAP masih perlu dikaji lebih lanjut, khususnya terhadap kemampuan campuran dalam menahan tegangan tarik tidak langsung. Oleh karena itu, pengaruh penambahan NRL perlu dievaluasi melalui uji ITS, karena pengujian ini dapat menunjukkan kuat tarik tidak langsung serta potensi ketahanan retak campuran beraspal.

1.2 Identifikasi Masalah

Mengacu pada latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meninjau lebih lanjut penggunaan RAP sebesar 30% dengan kandungan aspal lama yang telah mengalami penuaan (*aging*) dan berpotensi mempengaruhi kinerja mekanis.
2. Diperlukan bahan tambah yang mampu memperbaiki kekurangan RAP akibat penuaan aspal lama
3. Kadar NRL pada campuran AC-WC dengan RAP 30% perlu dikaji secara tepat, karena belum diketahui apakah variasi NRL 0%, 3%, dan 5% mampu memenuhi persyaratan parameter *Marshall* serta meningkatkan ketahanan retak berdasarkan pengujian ITS.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dapat dikatakan tergolong luas, sehingga dari identifikasi masalah diatas maka permasalahan yang dicari dibatasi pada:

1. Campuran aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC).
2. RAP yang digunakan berasal dari Batang–Pemalang *Toll Road* (BPTR).
3. Kadar RAP dalam penelitian ini dibatasi sebesar 30% dari berat total campuran.
4. Bahan tambah yang digunakan adalah NRL dengan kadar 60% DRC.
5. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah teridentifikasi serta batasan masalah yang tertulis diatas, maka penelitian ini secara spesifik dapat ditetapkan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik *Marshall* campuran AC-WC dengan penggunaan RAP sebesar 30% berdasarkan SNI 2489:2018?
2. Bagaimana pengaruh variasi kadar NRL 60 DRC sebesar 0%, 3%, dan 5% terhadap karakteristik *Marshall* campuran AC-WC dengan RAP 30% berdasarkan SNI 2489:2018?
3. Bagaimana karakteristik kuat tarik tidak langsung campuran AC-WC dengan RAP 30% berdasarkan metode ITS sesuai BS EN 12697-23:2017?
4. Bagaimana pengaruh variasi kadar NRL 60 DRC sebesar 0%, 3%, dan 5% terhadap ketahanan retak campuran AC-WC dengan RAP 30% berdasarkan nilai ITS sesuai BS EN 12697-23:2017?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi limbah RAP yang menumpuk tepatnya pada Batang-Pemalang *Toll Road* (BPTR) serta memanfaatkan sifat elastisitas yang terdapat pada NRL dengan persentase yang telah dipertimbangkan. Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini untuk:

1. Mengetahui karakteristik *Marshall* campuran AC-WC dengan penggunaan RAP sebesar 30% berdasarkan SNI 2489:2018.
2. Menganalisis pengaruh variasi campuran AC-WC dengan RAP 30% dengan kadar NRL 60 DRC sebesar 0%, 3%, dan 5% terhadap karakteristik *Marshall* berdasarkan SNI 2489:2018.
3. Mengetahui karakteristik kuat tarik tidak langsung campuran AC-WC dengan RAP 30% dan variasi kadar NRL 60 DRC sebesar 0%, 3%, dan 5% berdasarkan metode ITS sesuai BS EN 12697-23:2017.
4. Menganalisis biaya penggunaan campuran AC-WC dengan RAP 30% dan variasi NRL 60 DRC sebesar 0%, 3%, dan 5% untuk mengetahui tingkat efisiensi biaya dibandingkan dengan campuran konvensional.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan mengenai pengaruh penggunaan RAP dan NRL 60 DRC terhadap sifat mekanis serta ketahanan retak campuran AC-WC.
2. Memberikan informasi mengenai karakteristik *Marshall* campuran AC-WC dengan RAP 30% dan variasi NRL 0%, 3%, dan 5% berdasarkan SNI 2489:2018.
3. Memberikan informasi mengenai ketahanan retak campuran AC-WC berbasis RAP dan NRL berdasarkan pengujian ITS sesuai BS EN 12697-23:2017.
4. Mendukung pemanfaatan RAP sebagai material daur ulang agar dapat mengurangi limbah perkerasan jalan dan penggunaan material baru.

1.7 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sekolah Vokasi Program D4 Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Universitas Diponegoro, yang berlokasi di Jalan Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia, dengan Kode Pos 1269.