

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) hasil pengerukan lapisan aspal lama semakin banyak menumpuk di area proyek maupun AMP. Material RAP yang tidak dimanfaatkan dengan baik dapat menimbulkan masalah lingkungan dan membutuhkan area penyimpanan yang cukup luas. Padahal, RAP masih memiliki kandungan agregat dan aspal yang dapat digunakan kembali sebagai material campuran perkerasan jalan. Penelitian yang menunjukkan bahwa penggunaan RAP pada campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) masih dapat memenuhi karakteristik Marshall apabila digunakan dengan proporsi yang sesuai (Iduwin et al., 2020). Pemanfaatan RAP juga dapat mengurangi penggunaan material baru dan meningkatkan efisiensi biaya konstruksi jalan. Selain itu, karakteristik RAP sebagai material perkerasan jalan masih memiliki potensi yang baik untuk digunakan kembali pada campuran beraspal (Widayanti et al., 2018)

Seiring meningkatnya kebutuhan pembangunan dan pemeliharaan jalan, penggunaan material baru secara terus-menerus menimbulkan permasalahan ketersediaan sumber daya alam dan biaya konstruksi yang tinggi. Salah satu solusi yang berkembang adalah pemanfaatan RAP dalam campuran beraspal, namun penggunaannya pada kadar tinggi masih menghadapi kendala karena aspal lama di dalam RAP telah mengalami penuaan, oksidasi, dan peningkatan kekakuan (Pasetto et al., 2021). Hal ini sejalan dengan temuan bahwa tingkat penuaan binder RAP menjadi faktor penting yang memengaruhi interaksinya dengan aspal baru maupun bahan peremaja (Costa et al., 2024).

Penggunaan RAP pada campuran AC-WC sudah cukup banyak diteliti, terutama untuk melihat pengaruhnya terhadap stabilitas dan karakteristik Marshall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan RAP pada AC-WC masih bisa memenuhi spesifikasi pada kadar tertentu, bahkan dapat meningkatkan nilai stabilitas karena campuran menjadi lebih kaku. Di sisi lain, aspal lama yang terkandung dalam RAP telah mengalami proses

penuaan (*aging*), sehingga dapat meningkatkan kekakuan campuran dan menurunkan fleksibilitasnya. Kondisi ini berpotensi menyebabkan campuran lebih rentan terhadap retak dan pelepasan butir, terutama apabila kadar RAP yang digunakan terlalu tinggi. Dengan demikian, pemanfaatan RAP pada lapisan AC-WC perlu dilakukan secara terkendali, terutama dalam penentuan kadar RAP dan pengendalian mutu campuran. Peningkatan kadar RAP yang terlalu tinggi dapat memengaruhi kinerja campuran, sebagaimana ditunjukkan pada campuran AC-WC RAP 50% yang belum memenuhi salah satu parameter spesifikasi, sementara kadar 20%–40% masih layak digunakan sebagai lapis aus (Supranowo et al., 2021).

Penggunaan RAP dalam kadar tinggi juga perlu dievaluasi secara hati-hati karena dapat menimbulkan masalah durabilitas, khususnya terhadap retak lelah dan retak termal, sehingga diperlukan analisis kinerja campuran serta pendekatan desain campuran yang seimbang (Yu et al., 2024). Selain itu, penelitian (Costa et al., 2024) menyatakan bahwa derajat penuaan aspal RAP menjadi faktor penting yang memengaruhi interaksi antara binder lama, binder baru, dan bahan peremaja, sehingga penggunaan RAP tinggi perlu dikontrol dan dipantau selama masa layan.

Pelepasan butir atau *ravelling* merupakan salah satu bentuk kerusakan pada lapis permukaan perkerasan lentur yang ditandai dengan terlepasnya agregat dari permukaan campuran aspal. Kerusakan ini berkaitan erat dengan kegagalan ikatan antara aspal dan agregat, yang dapat dipengaruhi oleh penuaan aspal, lemahnya adhesi aspal-agregat, beban lalu lintas, dan pengaruh air. Pada campuran yang mengandung RAP, binder tua yang telah mengalami oksidasi dapat meningkatkan kekakuan, menurunkan fleksibilitas, serta mengurangi kualitas pelapisan aspal terhadap agregat, sehingga berpotensi meningkatkan kerentanan terhadap kerusakan akibat air dan pelepasan ikatan aspal-agregat. Oleh karena itu, pelepasan butir perlu dijadikan salah satu dasar permasalahan dalam penelitian campuran AC-WC dengan RAP.

Penggunaan RAP dalam campuran beraspal berpotensi memengaruhi kinerja campuran karena aspal lama yang terkandung di dalamnya telah mengalami penuaan. Kondisi tersebut dapat menurunkan kemampuan ikatan antara aspal dan agregat, sehingga aspek adhesi dan kohesi menjadi penting untuk diperhatikan. Adhesi berkaitan dengan

kemampuan aspal melekat pada permukaan agregat, sedangkan kohesi berkaitan dengan kekuatan ikatan internal aspal dalam mempertahankan struktur campuran. Sementara itu, *ravelling* atau pelepasan butir dapat dipengaruhi oleh kegagalan ikatan antara aspal dan agregat, terutama akibat penuaan aspal dan menurunnya kekuatan ikatan pada antarmuka aspal-agregat (Abouelsaad & White, 2022a).

Penggunaan RAP pada campuran beraspal memiliki potensi besar sebagai upaya pemanfaatan material daur ulang. Namun, penerapannya pada lapis aus AC-WC tetap perlu dibatasi dan dikontrol karena material RAP mengandung aspal tua yang telah mengalami penuaan. Kondisi tersebut dapat menyebabkan binder menjadi lebih kaku, menurunkan durabilitas campuran, serta memengaruhi kemampuan aspal dalam melapisi dan mengikat agregat. Akibatnya, campuran beraspal yang mengandung RAP berpotensi mengalami kerusakan permukaan, salah satunya berupa pelepasan butir atau *raveling*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan upaya modifikasi campuran untuk meningkatkan kinerja RAP pada AC-WC. Pada penelitian terdahulu, penggunaan RAP pada campuran perkerasan beraspal telah banyak dikombinasikan dengan berbagai bahan modifikasi untuk meningkatkan kembali kinerja campuran akibat terjadinya penuaan (*aging*) pada aspal RAP. Beberapa jenis polimer yang telah digunakan antara lain Styrene Butadiene Styrene (SBS), Ethylene Vinyl Acetate (EVA), crumb rubber serta *rejuvenator*. Penggunaan SBS diketahui mampu meningkatkan nilai stabilitas, ketahanan deformasi, dan karakteristik Marshall sehingga campuran menjadi lebih tahan terhadap beban lalu lintas berulang (Khairunnisa, 2020). Namun demikian, penggunaan SBS masih memiliki kelemahan berupa harga material yang relatif tinggi, proses pencampuran yang memerlukan suhu lebih terkontrol, serta potensi peningkatan kekakuan campuran apabila kadar yang digunakan terlalu besar (Khairunnisa, 2020).

Selain SBS, polimer EVA juga telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan modifikasi campuran beraspal karena mampu meningkatkan stabilitas, ketahanan deformasi permanen, dan durabilitas campuran. Penambahan EVA pada campuran aspal dilaporkan dapat memperbaiki performa lapisan AC-WC dan meningkatkan daya tahan campuran terhadap perubahan temperatur (Suherman, 2013). Akan tetapi, penggunaan EVA memiliki beberapa keterbatasan seperti memerlukan proses *blending* yang lebih

lama, membutuhkan alat pencampur khusus, serta berpotensi meningkatkan biaya produksi akibat penggunaan polimer sintetis ((Yosevina, 2022). Selain penggunaan polimer sintetis, beberapa penelitian RAP juga memanfaatkan bahan *rejuvenator* untuk mengembalikan sifat aspal yang telah mengalami *aging*. Meskipun demikian, penggunaan *rejuvenator* pada kadar yang terlalu tinggi dapat menurunkan stabilitas dan meningkatkan kerentanan campuran terhadap deformasi (Endoriawan & Febriansyah, 2022)

Di sisi lain, NRL memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan modifikasi pada campuran AC-WC berbasis RAP karena termasuk polimer alami yang berasal dari lateks karet. Penggunaan lateks alam diketahui mampu meningkatkan elastisitas aspal, memperbaiki sifat reologi pengikat, serta berpotensi mengurangi dampak penuaan pada aspal RAP (Hermadi & Ronny, 2015) Dibandingkan polimer sintetis seperti SBS dan EVA, NRL memiliki beberapa keunggulan berupa ketersediaan bahan yang melimpah di Indonesia, lebih ramah lingkungan, serta berpotensi menekan biaya modifikasi campuran. Oleh karena itu, penggunaan NRL pada campuran AC-WC berbasis RAP menjadi alternatif yang menarik untuk dikaji lebih lanjut dalam meningkatkan karakteristik Marshall dan ketahanan campuran terhadap pelepasan butir (*ravelling*).

Sementara itu, penambahan lateks karet alam pada binder aspal dapat meningkatkan viskositas, *elastic recovery*, serta berpotensi meningkatkan ketahanan terhadap *rutting*, retak termal, dan *fatigue* (Wen et al., 2017a). Pada konteks campuran beraspal di Indonesia, juga menunjukkan bahwa penggunaan lateks karet alam pada campuran AC-BC dapat meningkatkan stabilitas Marshall dan umur kelelahan campuran (Utami et al., 2020).

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan *Natural Rubber Latex* (NRL) terhadap kinerja campuran AC-WC yang mengandung RAP. Penambahan NRL diharapkan dapat memperbaiki sifat ikatan aspal, meningkatkan elastisitas, serta membantu mempertahankan ikatan antara aspal dan agregat, sehingga campuran lebih tahan terhadap *ravelling* atau pelepasan butir. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada evaluasi pengaruh NRL terhadap kinerja

campuran AC-WC berbasis RAP, khususnya dalam meningkatkan ketahanan terhadap pelepasan butir dan mempertahankan durabilitas campuran.

Mengacu pada uraian tersebut, proposal ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan NRL terhadap kinerja campuran AC-WC yang mengandung RAP, khususnya dalam meningkatkan ketahanan campuran terhadap pelepasan butir dan mempertahankan durabilitas campuran

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat diidentifikasi masalah:

1. Penurunan kinerja campuran AC-WC berbasis RAP akibat penuaan aspal dan keterbatasan pemanfaatan RAP tanpa bahan tambah

Material RAP mengandung aspal lama yang telah mengalami proses penuaan akibat oksidasi, paparan lingkungan, dan beban lalu lintas selama masa layan sebelumnya. Penuaan tersebut menyebabkan aspal menjadi lebih keras dan kaku, yang umumnya ditandai dengan menurunnya nilai penetrasi dan daktilitas, serta meningkatnya titik lembek dan viskositas aspal. Kondisi ini dapat menurunkan kemampuan adhesi antara aspal dan agregat serta kohesi internal dalam campuran. Pada campuran AC-WC berbasis RAP, penurunan kinerja juga dapat terlihat dari perubahan parameter Marshall seperti stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), VIM, VMA, dan VFB, serta meningkatnya nilai Cantabro Loss yang menunjukkan berkurangnya ketahanan campuran terhadap pelepasan butir. Oleh karena itu, pemanfaatan RAP dalam campuran beraspal memerlukan bahan tambah yang mampu memperbaiki sifat ikatan, elastisitas, dan durabilitas campuran, salah satunya yaitu NRL.

2. Belum diketahui pengaruh variasi kadar NRL pada campuran AC-WC berbasis RAP terhadap karakteristik Marshall

Penambahan NRL pada campuran AC-WC berbasis RAP perlu dikaji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik Marshall. Parameter Marshall yang dianalisis meliputi stabilitas, *flow*, MQ, serta parameter volumetrik campuran. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui apakah variasi kadar NRL mampu

meningkatkan kemampuan campuran dalam menerima beban serta mempertahankan kinerja strukturalnya.

3. Bagaimana pengaruh variasi kadar NRL terhadap nilai *Cantabro Loss* pada campuran *AC-WC* berbasis *RAP*, serta apakah hasil pengujian tersebut memenuhi spesifikasi atau standar yang berlaku sebagai bentuk validasi hasil penelitian

Selain karakteristik Marshall, pengaruh penambahan NRL juga perlu dianalisis terhadap nilai *Cantabro Loss*. Pengujian *Cantabro* digunakan untuk mengetahui ketahanan campuran terhadap pelepasan butir atau *ravelling*. Dengan demikian, perlu dikaji apakah variasi kadar NRL dapat menurunkan nilai kehilangan berat pada campuran *AC-WC* berbasis *RAP*, sehingga campuran memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pelepasan agregat dan penurunan durabilitas.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan Identifikasi masalah, didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja campuran *AC-WC* berbasis *RAP* tanpa penambahan bahan tambah?
2. Bagaimana Campuran *AC-WC* berbasis *RAP* dan *NRL* terhadap karakteristik *marshall test*?
3. Bagaimana pengaruh variasi kadar *NRL* terhadap nilai *Cantabro Loss* pada campuran *AC-WC* berbasis *RAP*?

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh variasi kadar *NRL* pada campuran *AC-WC* berbasis *RAP* terhadap karakteristik Marshall sesuai dengan Spesifikasi Umum Binamarga tahun 2025.
2. Membandingkan karakteristik campuran *AC-WC* berbasis *RAP* dengan dan tanpa penambahan *NRL* untuk mengetahui sejauh mana penambahan *NRL* dapat memengaruhi kinerja campuran, khususnya terhadap stabilitas, flow, Marshall Quotient, dan parameter volumetrik campuran.

3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar NRL yang ditambahkan ke dalam campuran *AC-WC* berbasis *RAP* terhadap ketahanan campuran terhadap raveling berdasarkan hasil uji *Cantabro*. Serta memperoleh kadar NRL yang paling efektif dalam meningkatkan kinerja campuran.
4. Menganalisis aspek biaya penggunaan campuran *AC-WC* berbasis *RAP* dengan penambahan NRL dibandingkan dengan campuran konvensional, untuk mengetahui potensi efisiensi biaya dan kelayakannya sebagai alternatif campuran perkerasan jalan yang lebih ekonomis dan berkelanjutan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemanfaatan *Reclaimed Asphalt Pavement* atau *RAP* sebagai material daur ulang pada campuran *AC-WC*. *RAP* berpotensi mengurangi penggunaan material baru dan limbah perkerasan, tetapi aspal lama yang terkandung di dalamnya dapat meningkatkan kekakuan campuran. Oleh karena itu, penambahan *Natural Rubber Latex* atau *NRL* digunakan sebagai upaya untuk memperbaiki kinerja campuran, terutama terhadap karakteristik Marshall dan ketahanan terhadap pelepasan butir. Berikut Manfaat dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mengoptimalkan Pemanfaatan *RAP* dalam Mendukung Kinerja Jalan Secara Struktural

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif pemanfaatan material *Reclaimed Asphalt Pavement* (*RAP*) dalam campuran *AC-WC* dengan penambahan *Natural Rubber Latex* (*NRL*). Pemanfaatan *RAP* dengan bahan tambah *NRL* diharapkan tidak hanya mampu menghasilkan campuran beraspal yang memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga dapat mendukung kinerja jalan secara struktural dan fungsional. Secara struktural, campuran diharapkan memiliki kemampuan yang baik dalam menahan beban lalu lintas melalui peningkatan stabilitas, kekakuan, dan ketahanan terhadap deformasi. Secara fungsional, campuran diharapkan dapat mempertahankan kenyamanan, keamanan, dan durabilitas lapis permukaan melalui peningkatan ketahanan terhadap pelepasan butir, retak, serta penurunan kualitas akibat pengaruh lingkungan dan beban lalu lintas.

2. Meningkatkan Karakteristik Marshall Campuran Beraspal

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui pengaruh penambahan NRL terhadap karakteristik Marshall pada campuran AC-WC berbasis RAP. Parameter yang ditinjau meliputi stabilitas, kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ), serta parameter volumetrik campuran. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan sejauh mana penambahan NRL mampu memperbaiki kinerja campuran dalam menerima beban lalu lintas.

3. Mengurangi Potensi Kerusakan *Ravelling* pada Permukaan Jalan

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan campuran AC-WC berbasis RAP yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap pelepasan butiran agregat atau *ravelling*. Penambahan NRL diharapkan dapat membantu meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat, sehingga campuran lebih tahan terhadap kehilangan berat, pelepasan butir, serta penurunan durabilitas akibat pengaruh lalu lintas dan lingkungan.

4. Mendukung Pemanfaatan Material Lokal

Penggunaan NRL sebagai bahan tambah dalam campuran beraspal dapat mendukung pemanfaatan sumber daya lokal, khususnya karet alam. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan kinerja campuran beraspal, tetapi juga mendukung penggunaan material lokal dalam bidang konstruksi jalan.

1.6 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah dalam penelitian penulis adalah:

1. Penelitian ini dilakukan pada lapisan perkerasan AC-WC.
2. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang berasal dari laboratorium.
3. Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Pemalang Batang Toll Road (PT PBTR).
4. Agregat yang digunakan dalam campuran berasal dari Pasir Muntilan.
5. Penelitian hanya dilakukan sebatas pengujian laboratorium.

6. *Natural Rubber Latex* (NRL) yang digunakan merupakan lateks karet alam dengan kadar *Dry Rubber Content* (DRC) sebesar 60%.
7. Variasi kadar NRL yang digunakan dalam campuran adalah 0%, 3%, dan 5% terhadap berat aspal baru.
8. Pengujian kinerja campuran dibatasi pada pengujian Marshall dan Cantabro Loss.
9. Penelitian ini juga menganalisis perbandingan Harga Pokok Produksi (HPP) antara campuran aspal konvensional dan campuran AC-WC berbasis RAP dengan variasi kadar NRL untuk mengetahui efisiensi biaya penggunaan material modifikasi.