

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan Natural Rubber Latex (NRL) pada campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) dengan pemanfaatan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) terhadap karakteristik Marshall dan ketahanan Cantabro, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi kadar Natural Rubber Latex (NRL) memberikan pengaruh terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC berbasis RAP 30%. Berdasarkan hasil perencanaan campuran, diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 4,6% yang ditentukan dari pemenuhan parameter Marshall, yaitu stabilitas, flow, Marshall Quotient, VIM, VMA, dan VFB. Campuran AC-WC berbasis RAP 30% tanpa penambahan NRL digunakan sebagai campuran kontrol/pembanding, dengan nilai stabilitas sebesar 1.034,44 kg, flow 3,61 mm, dan Marshall Quotient 288,66 kg/mm. Setelah ditambahkan NRL, campuran mengalami perubahan karakteristik. Pada kadar 3% NRL, stabilitas meningkat menjadi 1.043,96 kg, yang merupakan nilai stabilitas tertinggi. Namun, nilai flow juga meningkat menjadi 10,3 mm, sehingga campuran menjadi lebih plastis. Sementara itu, pada kadar 5% NRL, stabilitas menurun menjadi 996,17 kg dan nilai VIM meningkat, yang menunjukkan bahwa penambahan NRL berlebih dapat menurunkan kepadatan efektif dan kemampuan campuran dalam menahan beban.
2. Perbandingan antara campuran AC-WC berbasis RAP dengan dan tanpa penambahan NRL menunjukkan bahwa NRL dapat memperbaiki kinerja campuran, tetapi penggunaannya harus dikontrol. Campuran RAP tanpa NRL masih mampu menunjukkan karakteristik Marshall yang cukup baik, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pembanding untuk menilai pengaruh penambahan NRL. Penambahan 3% NRL memberikan peningkatan terhadap stabilitas dan memperbaiki daya ikat campuran, sedangkan penambahan 5% NRL cenderung menurunkan stabilitas dan meningkatkan rongga udara. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar NRL tidak selalu

berbanding lurus dengan peningkatan kinerja campuran. Secara teknis, kadar NRL yang terlalu tinggi dapat menyebabkan campuran menjadi terlalu plastis, kurang padat, dan kurang optimal dalam menahan deformasi akibat beban lalu lintas.

3. Hasil uji Cantabro menunjukkan bahwa penambahan NRL meningkatkan ketahanan campuran terhadap raveling atau pelepasan butiran agregat. Nilai Cantabro Loss pada campuran tanpa NRL sebesar 4,51%, kemudian menurun menjadi 2,12% pada campuran dengan 3% NRL, dan sedikit meningkat menjadi 2,26% pada campuran dengan 5% NRL. Penurunan nilai Cantabro Loss menunjukkan bahwa NRL mampu meningkatkan kohesi campuran serta adhesi antara aspal, agregat, dan material RAP. Berdasarkan hasil tersebut, kadar 3% NRL menjadi kadar yang paling efektif karena menghasilkan nilai Cantabro Loss terendah sekaligus stabilitas Marshall tertinggi. Dengan demikian, 3% NRL memberikan keseimbangan terbaik antara kekuatan struktural, kelenturan, dan ketahanan terhadap pelepasan agregat.
4. Dari analisis biaya campuran AC-WC berbasis RAP 30% dengan penambahan NRL masih lebih ekonomis dibandingkan campuran konvensional. Biaya campuran aspal konvensional sebesar Rp839.681/ton, sedangkan campuran RAP 30% dengan NRL 0% sebesar Rp737.240/ton, NRL 3% sebesar Rp753.524/ton, dan NRL 5% sebesar Rp764.380/ton. Meskipun penambahan NRL menyebabkan peningkatan biaya seiring bertambahnya kadar NRL, campuran RAP 30% dengan 3% NRL tetap lebih murah dibandingkan campuran konvensional dan memberikan peningkatan kinerja, terutama terhadap stabilitas dan ketahanan raveling. Oleh karena itu, penggunaan RAP 30% dengan 3% NRL dapat dipertimbangkan sebagai alternatif campuran AC-WC yang lebih ekonomis, berkelanjutan, dan mendukung pemanfaatan material daur ulang serta material lokal.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian, penambahan NRL sebesar 3% dan 5% menghasilkan nilai *flow* yang belum memenuhi spesifikasi Marshall. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melakukan evaluasi terhadap faktor lain yang memengaruhi karakteristik campuran, seperti kadar aspal optimum, gradasi agregat, persentase RAP, serta interaksi antara aspal lama pada RAP dengan NRL. Selain itu, perlu dilakukan variasi kadar NRL yang lebih rinci untuk memperoleh kadar optimum yang mampu meningkatkan kinerja campuran tanpa menyebabkan kenaikan nilai *flow*. Perbedaan hasil dengan penelitian terdahulu menunjukkan bahwa respons campuran terhadap NRL dipengaruhi oleh kondisi material dan komposisi campuran yang digunakan.
2. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi kadar NRL yang lebih rapat, misalnya 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%, agar kadar optimum NRL dapat ditentukan secara lebih presisi. Variasi yang lebih detail diperlukan karena hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar 3% memberikan kinerja terbaik terhadap Cantabro, sedangkan kadar 5% mulai menunjukkan kecenderungan penurunan stabilitas dan peningkatan plastisitas campuran.
3. Perlu dilakukan evaluasi lebih mendalam terhadap metode pencampuran NRL dengan aspal, terutama suhu pencampuran, durasi pengadukan, kecepatan mixer, dan tingkat homogenitas binder. Hal ini penting karena distribusi NRL yang tidak merata dapat memengaruhi karakteristik campuran, seperti meningkatnya VIM, tingginya *flow*, menurunnya Marshall Quotient, dan berkurangnya kepadatan campuran.
4. Penelitian selanjutnya sebaiknya menambahkan campuran pembanding berupa AC-WC konvensional tanpa RAP dan tanpa NRL pada pengujian Marshall dan Cantabro. Dengan adanya pembanding tersebut, dapat diketahui secara lebih jelas apakah penambahan NRL benar-benar mampu mengembalikan atau mendekati kinerja campuran non-RAP, baik dari aspek stabilitas, fleksibilitas, durabilitas, maupun ketahanan terhadap pelepasan agregat.

5. Pengujian kinerja campuran sebaiknya tidak hanya dibatasi pada Marshall dan Cantabro Loss. Penelitian lanjutan perlu menambahkan pengujian lain seperti Indirect Tensile Strength, Tensile Strength Ratio, Wheel Tracking Test, uji modulus resilien, uji fatigue, dan uji durabilitas perendaman. Pengujian tersebut diperlukan agar kinerja campuran AC-WC berbasis RAP dan NRL dapat dianalisis secara lebih komprehensif terhadap retak, deformasi permanen, kerusakan akibat air, dan beban lalu lintas berulang.
6. Material RAP yang digunakan sebaiknya berasal dari beberapa lokasi atau sumber perkerasan yang berbeda. Hal ini diperlukan karena karakteristik RAP sangat dipengaruhi oleh umur perkerasan lama, kadar aspal eksisting, tingkat penuaan binder, gradasi agregat hasil milling, dan kondisi lingkungan selama masa layanan. Dengan variasi sumber RAP, hasil penelitian akan lebih representatif terhadap kondisi lapangan.
7. Penelitian selanjutnya perlu melakukan karakterisasi binder hasil campuran aspal baru, aspal RAP, dan NRL melalui pengujian reologi atau sifat fisik binder, seperti penetrasi, titik lembek, daktilitas, viskositas, dan elastic recovery. Pengujian ini penting untuk mengetahui sejauh mana NRL mampu memperbaiki sifat binder yang telah mengalami penuaan akibat pemanfaatan RAP.
8. Perlu dilakukan kajian terhadap pengaruh kadar RAP yang berbeda, misalnya 20%, 30%, 40%, dan 50%, dengan kadar NRL optimum. Hal ini bertujuan untuk mengetahui batas pemanfaatan RAP yang masih aman secara teknis pada campuran AC-WC, terutama terhadap parameter volumetrik, stabilitas struktural, deformasi, dan ketahanan raveling.
9. Analisis biaya pada penelitian selanjutnya sebaiknya dikembangkan menjadi analisis biaya skala lapangan, termasuk biaya produksi di Asphalt Mixing Plant, biaya pengangkutan RAP, biaya pengolahan material RAP, kebutuhan energi pencampuran, biaya pemadatan, dan biaya pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Dengan demikian, efisiensi biaya campuran RAP dan NRL dapat dinilai secara lebih realistis.
10. Sebelum diterapkan pada pekerjaan jalan sebenarnya, campuran AC-WC berbasis RAP 30% dengan NRL 3% perlu diuji dalam skala trial mix di AMP dan trial

section di lapangan. Pengujian lapangan diperlukan untuk mengetahui kinerja campuran terhadap kondisi aktual, seperti variasi suhu, beban lalu lintas, air hujan, proses pemadatan, dan perubahan karakteristik selama masa layanan.

11. Penggunaan NRL sebagai bahan tambah perlu dikaji lebih lanjut dari aspek keberlanjutan material lokal. Hal ini penting karena NRL memiliki potensi mendukung pemanfaatan karet alam dalam konstruksi jalan, mengurangi ketergantungan terhadap polimer sintetis, serta meningkatkan nilai tambah material lokal pada bidang teknik sipil, khususnya teknologi perkerasan lentur.