

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai elemen penting dalam infrastruktur transportasi darat, jalan memiliki peran krusial dalam mendukung mobilitas orang, barang, dan jasa. Oleh karena itu, strukturnya perlu dirancang untuk berfungsi secara optimal sepanjang masa layannya (Undang-Undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan). Di Indonesia, *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang paling banyak digunakan. Posisinya berada di lapisan teratas struktur perkerasan, berperan sebagai lapis aus yang harus kedap air, tahan terhadap cuaca, dan langsung bersinggungan dengan roda kendaraan, kondisi yang membuatnya menjadi bagian perkerasan yang paling rawan mengalami degradasi (Zuhad et al., 2025). Agar berfungsi optimal, campuran AC-WC harus memenuhi sejumlah kriteria teknis Marshall (Spesifikasi Umum 2025 Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan, 2025). Namun, tuntutan tersebut dihadapkan pada kebutuhan pemeliharaan jalan yang masih tinggi serta kenaikan biaya material, ditunjukkan oleh meningkatnya panjang jalan nasional kondisi tidak mantap dari 2.277,49 km pada tahun 2024 menjadi 3.021,48 km pada semester 1 tahun 2025 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2024; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2025), sementara kenaikan harga aspal turut menjadi perhatian pemerintah melalui Surat Edaran Kepala LKPP Nomor 16 Tahun 2022 (LKPP Nomor 16, 2022). Kondisi ini menegaskan perlunya efisiensi material melalui pemanfaatan kembali *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP).

RAP diperoleh melalui proses pengerukan atau penggarukan lapisan perkerasan aspal lama, yang setelah dihancurkan menjadi agregat berpotensi dipakai kembali sebagai penyusun campuran beraspal baru (Abdelrahman et al., 2024). Pada kadar tertentu, keberadaan RAP dalam campuran justru dapat mendongkrak nilai stabilitas Marshall dibandingkan campuran yang sama sekali tidak menggunakan RAP. Pada kadar RAP 20%, stabilitas Marshall tercatat

meningkat sekitar 10-21% dibandingkan campuran konvensional. Namun, ini diiringi penurunan nilai *flow* akibat kekakuan tambahan yang dibawa oleh *binder* lama dalam RAP (Abd Ali et al., 2024b; Ali et al., 2024). Di sisi biaya, pemanfaatan RAP juga menekan kebutuhan agregat dan aspal baru secara signifikan sehingga biaya produksi campuran dapat ditekan (Abdelrahman et al., 2024). Meskipun demikian, *binder* lama yang terkandung dalam RAP telah mengalami oksidasi selama masa layannya sehingga penetrasinya menurun dan menjadi lebih kaku serta getas. Kondisi ini berpotensi menimbulkan retak dini apabila kadar RAP tidak diimbangi dengan bahan peremaja yang tepat (Jiang et al., 2023).

Untuk mengatasi kekakuan *binder* pada RAP, penggunaan bahan peremaja (*rejuvenator*) menjadi solusi yang banyak dikembangkan, yaitu dengan mengembalikan *fraksi maltena binder* yang hilang akibat oksidasi sehingga elastisitas dan *workability*-nya pulih kembali (Bhatt & Wu, 2025). Beberapa *rejuvenator* berbasis limbah, seperti *waste cooking oil* (WCO) dan *Waste Engine Oil* (WEO), terbukti mampu meningkatkan kinerja campuran RAP tanpa memerlukan bahan peremaja komersial yang relatif mahal (Bhatt & Wu, 2025). Di antara pilihan tersebut, *Waste Engine Oil* (WEO) dipilih sebagai *rejuvenator* karena secara teknis terbukti efektif melunakkan *binder* RAP dan memperbaiki parameter Marshall pada kadar RAP rendah hingga sedang. Pada RAP 20%, WEO tercatat meningkatkan ketahanan *stripping* hingga 62% dan mengembalikan nilai penetrasi *binder* mendekati *binder* baru pada kadar optimum 3-4% (Abd Ali et al., 2024b; Ali et al., 2024). Namun, penambahan WEO yang berlebihan cenderung melunakkan *binder* secara berlebihan sehingga menurunkan kekakuan dan meningkatkan kerentanan terhadap kelembapan, atau *moisture susceptibility*, akibat sifatnya yang hidrofilik (Mehmood et al., 2024). Kerentanan inilah yang menjadi perhatian utama penelitian ini karena dievaluasi langsung melalui pengujian Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa WEO sebagai *rejuvenator* tunggal memerlukan bahan tambahan yang berpotensi mengembalikan kekakuan *binder* sekaligus menjaga ketahanannya terhadap air.

Beberapa penelitian mengatasi hal ini dengan menambahkan antioksidan dan *light stabilizer* yang dilarutkan langsung ke fase cair *rejuvenator* berbasis minyak, di mana efektivitasnya bergantung pada kelarutan dan kompatibilitas kimiawi antara bahan tambahan dan fase minyak tersebut (Yi et al., 2022). Di sisi lain, terdapat material yang tidak bergantung pada kelarutan kimiawi tersebut, yaitu *rice husk ash*, yang secara fisik dapat didispersikan ke dalam WEO membentuk satu sistem komposit, kemudian diaplikasikan ke RAP melalui metode pencampuran kering (*dry mix*), tanpa ekstraksi *binder* terlebih dahulu (Bhatt & Wu, 2025). Kandungan silika tinggi pada RHA yang bersifat pozzolanik berpotensi berfungsi sebagai pengisi yang dapat mengembalikan kekakuan *binder* yang melunak akibat WEO, sekaligus berpotensi bersifat antioksidan yang memperlambat penuaan atau *aging* pada *binder* (Y. Li et al., 2022). Dengan demikian, RHA dan WEO berpotensi memiliki peran yang saling melengkapi dalam satu sistem *rejuvenator* komposit RHA-WEO. WEO meremajakan dan melunakkan *binder*, sedangkan RHA berpotensi mengimbangi pelunakan tersebut sekaligus menjaga ketahanan campuran terhadap air dan suhu, sebagaimana diindikasikan oleh penelitian terdahulu yang menunjukkan RHA mampu menjaga IKS di atas ambang 90 % ketika dipadukan dengan bahan lain (Y. Li et al., 2022; Ramadhani et al., 2025).

Penelitian ini tidak menyertakan variasi kadar WEO tanpa RHA sebagai kelompok pembanding, sehingga kontribusi spesifik RHA terhadap capaian IKS tidak dapat diisolasi secara empiris dari efek WEO itu sendiri, dan hasil yang diperoleh merepresentasikan kinerja sistem komposit RHA-WEO secara keseluruhan pada tiap kadar WEO yang diuji (0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan RHA tetap 2%). Di sisi lain, penelitian mengenai WEO sebagai *rejuvenator* pada RAP maupun RHA sebagai bahan penstabil *binder* aspal secara terpisah masih tergolong terbatas, dan sejauh penelusuran penulis, belum ditemukan kajian yang secara khusus menggabungkan keduanya sebagai satu sistem *rejuvenator* komposit sekaligus menilai efektivitasnya melalui parameter IKS pada campuran AC-WC berbasis RAP 20%, sehingga kondisi inilah yang menjadi gap dan dasar dilakukannya penelitian ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dipaparkan, berikut rumusan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh variasi kadar WEO dalam *rejuvenator* komposit RHA dan WEO terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC berbasis RAP 20%, dan berapa kadar WEO optimal yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2025?
2. Bagaimana durabilitas campuran AC-WC berbasis 20% RAP dengan *rejuvenator* komposit RHA dan WEO berdasarkan nilai IKS?
3. Bagaimana perbandingan biaya campuran AC-WC berbasis 20% RAP dengan *rejuvenator* komposit RHA dan WEO terhadap campuran AC-WC konvensional?

1.3 Maksud dan Tujuan

Penelitian ini bermaksud mengkaji sejauh mana pemanfaatan *rejuvenator* komposit RHA dan WEO mampu mengembalikan performa campuran AC-WC berbasis RAP 20% hingga sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2025. Adapun tujuan yang ingin dicapai meliputi:

1. Menganalisis pengaruh variasi kadar WEO dalam *rejuvenator* komposit RHA dan WEO terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC berbasis 20% RAP dan menentukan kadar WEO optimal yang menghasilkan performa campuran AC-WC berbasis 20% RAP yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2025.
2. Menganalisis durabilitas campuran AC-WC berbasis 20% RAP dengan *rejuvenator* komposit RHA dan WEO berdasarkan nilai IKS.
3. Menganalisis perbandingan biaya campuran AC-WC berbasis 20% RAP dengan *rejuvenator* komposit RHA dan WEO terhadap campuran AC-WC konvensional.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini, sejumlah informasi berikut diharapkan dapat diperoleh:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai pemanfaatan *rejuvenator* komposit RHA dan WEO pada campuran AC-WC berbasis 20% RAP beserta karakteristik Marshall dan nilai IKS yang dihasilkan.
2. Menjadi referensi teknis dalam pengembangan campuran aspal yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan melalui pemanfaatan material daur ulang dan limbah industri lokal.
3. Memberikan alternatif campuran AC-WC berbasis RAP yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2025 dengan biaya yang lebih efisien dibanding campuran konvensional.

1.5 Batasan Masalah

Guna menjaga arah penelitian, ditetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Jenis campuran yang diteliti adalah AC-WC sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2025.
2. Kadar RAP yang digunakan ditetapkan sebesar 20% dari total berat agregat kasar dan halus.
3. RAP yang digunakan bersumber dari hasil pengerukan jalan tol di area Pemalang - Batang.
4. *Rejuvenator* yang digunakan merupakan komposit RHA dan WEO, di mana kadar RHA ditetapkan pada satu kadar tetap dan kadar WEO direncanakan bervariasi, keduanya dihitung terhadap berat *binder* RAP.
5. WEO bersumber dari bengkel kendaraan bermotor di sekitar lokasi penelitian.
6. RHA bersumber dari industri penggilingan padi lokal di Kabupaten Gresik dan diayak hingga lolos saringan No. 200 (0.075 mm) sebelum digunakan.
7. Campuran pembanding yang digunakan adalah AC-WC dengan RAP dan tanpa *rejuvenator*.
8. Standar pengujian mengacu pada SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2025.
9. Seluruh pengujian dilakukan pada skala laboratorium dan tidak mencakup pengujian lapangan.