

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Infrastruktur perkerasan jalan di Indonesia memegang peranan vital dalam menopang pertumbuhan ekonomi, namun terus menghadapi tantangan akibat peningkatan volume lalu lintas dan beban gandar kendaraan yang semakin berat. Salah satu lapisan paling kritis dalam struktur perkerasan lentur adalah Lapis Pengikat (*Asphalt Concrete - Binder Course* atau AC-BC). Sebagai lapisan struktural utama, AC-BC berfungsi untuk mendistribusikan beban dari permukaan ke lapisan pondasi di bawahnya. Kegagalan pada lapisan ini, seperti retak lelah (*fatigue cracking*) dan deformasi permanen (*rutting*), dapat secara signifikan memperpendek umur layanan perkerasan secara keseluruhan (Pellinen, n.d.).

Untuk mengatasi masalah tersebut, inovasi material menjadi kunci. Salah satu pendekatan adalah modifikasi aspal dengan lateks karet alam (*Natural Rubber Latex – NR*) untuk meningkatkan fleksibilitas dan sifat elastisnya. Peningkatan elastisitas ini sangat penting untuk meningkatkan ketahanan terhadap retak lelah yang disebabkan oleh lendutan berulang. Studi mengenai modifikasi aspal dengan karet alam telah menunjukkan bahwa aditif ini mampu memperbaiki sifat reologi *binder*, membuatnya lebih tangguh pada suhu tinggi yang umum di iklim tropis Indonesia (Hainin et al., 2011).

Di sisi lain, pemilihan bahan pengisi (*filler*) juga sangat menentukan kinerja campuran. *Filler* tidak hanya berfungsi sebagai pengisi rongga, tetapi juga dapat berinteraksi secara fisikokimia untuk meningkatkan kekakuan dan daya lekat (*adhesion*) dalam campuran. Semen Portland, sebagai *filler* aktif, memiliki sifat hidrolik yang memungkinkannya bereaksi dan memberikan ikatan tambahan, sehingga meningkatkan modulus kekakuan campuran dan ketahanannya terhadap deformasi permanen (Kandhal, 1981). Peningkatan kekakuan ini sangat dibutuhkan oleh lapisan AC-BC agar dapat menahan beban berat secara efektif.

Dari tinjauan tersebut, muncul sebuah kesenjangan riset yang fundamental: bagaimana interaksi sinergis antara *binder* yang dibuat lebih elastis oleh lateks dengan *filler* yang bersifat mengakukan seperti semen? Sebagian besar penelitian

cenderung mengkaji kedua material ini secara terpisah. Penambahan semen berpotensi meningkatkan kekuatan, namun jika kadarnya tidak tepat, dapat membuat campuran menjadi terlalu kaku (*brittle*) dan justru menghilangkan manfaat fleksibilitas yang ditawarkan oleh lateks (Akisetty et al., 2009).

Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menganalisis pengaruh variasi kadar *filler* semen pada karakteristik mekanis campuran AC-BC yang telah dimodifikasi secara konstan dengan lateks alam. Tujuannya adalah untuk menemukan formulasi optimal yang menyeimbangkan antara kekuatan dan fleksibilitas, guna menghasilkan lapisan perkerasan yang lebih awet dan berkinerja tinggi.

1.2. Rumusan Masalah

Penelitian-penelitian sebelumnya telah secara terpisah mengonfirmasi potensi dari modifikasi aspal menggunakan lateks alam dan *filler* semen. Di satu sisi, lateks terbukti efektif dalam meningkatkan elastisitas dan ketahanan retak pada *binder* aspal (Hainin et al., 2011). Di sisi lain, *filler* semen menunjukkan kemampuan untuk meningkatkan kekakuan, stabilitas, dan daya lekat dalam campuran aspal (Kandhal, 1981). Kedua material ini menawarkan solusi untuk kelemahan berbeda yang sering ditemukan pada lapisan AC-BC konvensional.

Namun, penggabungan kedua material modifikasi ini dalam satu sistem campuran memunculkan sebuah dilema teknis yang belum terpecahkan. Peningkatan kekakuan dari semen berpotensi bertentangan dengan peningkatan fleksibilitas dari lateks. Penambahan aditif yang berbeda dapat menghasilkan interaksi yang kompleks dan tidak selalu bersifat aditif; ada risiko bahwa pada kadar tertentu, satu aditif dapat meniadakan manfaat dari aditif lainnya (Akisetty et al., 2009). Saat ini, belum ada panduan teknis yang jelas mengenai proporsi ideal untuk menyeimbangkan kedua sifat yang berlawanan ini.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, maka dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi kadar *filler* semen (1%, 2%, 3%, dan 4%) terhadap karakteristik mekanis khususnya parameter Stabilitas, *Flow*, dan *Marshall Quotient* (MQ) pada campuran AC-BC yang *binder*-nya telah dimodifikasi secara konstan dengan lateks alam?

2. Apakah terdapat kadar *filler* semen yang optimal, di mana terjadi sinergi yang seimbang antara peningkatan kekuatan (stabilitas) dan terjaganya fleksibilitas (nilai *flow* yang terkendali), sehingga menghasilkan campuran AC-BC dengan durabilitas tertinggi?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji secara sistematis dan eksperimental interaksi antara *binder* aspal yang telah dimodifikasi dengan lateks alam dan *filler* semen dalam campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC). Maksud utamanya adalah untuk menemukan formulasi campuran yang seimbang, di mana sifat penguatan dari semen dapat bersinergi secara optimal dengan sifat elastis dari lateks, guna menghasilkan lapisan perkerasan struktural yang unggul secara durabilitas dan kinerja mekanis.

Tujuan

Secara spesifik, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan *filler* semen dengan variasi kadar 1%, 2%, 3%, dan 4% terhadap karakteristik Marshall campuran AC-BC, yang meliputi parameter stabilitas, *flow*, VIM (*Void in Mix*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan VFA (*Void Filled with Asphalt*).
2. Menentukan kadar *filler* semen yang paling optimal dalam meningkatkan performa mekanis campuran aspal AC-BC yang telah dimodifikasi secara konstan dengan lateks alam.
3. Menyediakan data teknis yang dapat menjadi dasar rekomendasi untuk pengembangan formulasi campuran aspal modifikasi ganda (*double modification*) yang adaptif terhadap beban lalu lintas berat dan kondisi iklim di Indonesia.

1.4. Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian ini tetap fokus, terarah, dan dapat dilaksanakan dalam batasan waktu dan sumber daya yang tersedia, maka ditetapkan ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada campuran aspal lapis pengikat (*Asphalt Concrete–Binder Course* atau AC-BC).
2. Variabel utama yang diuji adalah kadar *filler* semen Portland Tipe I dengan variasi 1%, 2%, 3%, dan 4% terhadap total berat campuran.
3. Kadar aditif lateks alam (*Natural Rubber Latex* – NR) sebagai modifikator *binder* diterapkan secara konstan pada semua benda uji untuk mengisolasi pengaruh dari *filler* semen.
4. Jenis aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70, dan agregat yang digunakan berasal dari satu sumber (*quarry*) yang sama untuk menjaga konsistensi material.
5. Parameter kinerja yang dianalisis terbatas pada karakteristik yang diperoleh dari metode pengujian Marshall, meliputi Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, VFA, dan *Marshall Quotient* (MQ).
6. Penelitian ini tidak mencakup pengujian kinerja lanjutan seperti analisis ketahanan deformasi permanen (*rutting test*), uji kelelahan (*fatigue test*), atau analisis mikrostruktur material.
7. Studi ini merupakan penelitian eksperimental dalam skala laboratorium. Aspek implementasi di lapangan, analisis ekonomi, maupun analisis siklus hidup (*life-cycle assessment*) material tidak dibahas dalam penelitian ini.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan baik secara teoretis bagi pengembangan ilmu rekayasa material jalan, maupun secara praktis bagi para pemangku kepentingan di industri konstruksi. Manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut:

1. Menambah khazanah ilmu pengetahuan mengenai interaksi sinergis antara aditif elastomerik (lateks alam) dan *filler* hidrolik aktif (semen) dalam campuran aspal, sebuah area yang kajiannya masih terbatas.
2. Menyediakan data empiris baru yang memvalidasi pengaruh variasi kadar *filler* semen terhadap keseimbangan antara kekakuan (*stiffness*) dan fleksibilitas (*flexibility*) pada campuran aspal-lateks.
3. Memberikan rekomendasi teknis berbasis data mengenai kadar *filler* semen yang optimal untuk digunakan dalam campuran AC-BC modifikasi lateks, sehingga dapat menjadi acuan bagi praktisi di lapangan.
4. Mendorong pemanfaatan sumber daya lokal (karet alam) secara lebih efektif dalam proyek infrastruktur strategis, sekaligus mengoptimalkan penggunaan material konstruksi yang umum (semen) untuk peningkatan kinerja perkerasan.
5. Berpotensi meningkatkan durabilitas dan umur layanan perkerasan jalan, yang pada akhirnya dapat mengurangi frekuensi pekerjaan pemeliharaan dan menekan biaya siklus hidup (*life-cycle cost*) infrastruktur jalan.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian ini disusun secara sistematis yang terdiri dari tiga bab utama, dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan gambaran umum penelitian yang meliputi Latar Belakang mengenai urgensi modifikasi campuran AC-BC, Rumusan Masalah yang mengidentifikasi celah penelitian, Maksud dan Tujuan Penelitian, Batasan Masalah yang mendefinisikan ruang lingkup studi secara spesifik, Manfaat Penelitian bagi pengembangan ilmu dan praktik, serta Sistematika Penulisan itu sendiri.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teoretis yang relevan dengan penelitian. Pembahasan mencakup teori mengenai perkerasan jalan, fungsi dan karakteristik lapisan AC-BC, sifat material penyusun seperti aspal dan agregat, karakteristik *filler* semen sebagai *filler* aktif, sifat lateks alam sebagai bahan modifikasi, serta konsep dan

parameter pengujian Marshall. Bab ini juga menyajikan tinjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara rinci langkah-langkah pelaksanaan penelitian di laboratorium. Bagian ini mencakup Diagram Alir penelitian, deskripsi lokasi dan waktu, persiapan bahan dan alat, prosedur pengujian material awal (*material characterization*), perancangan campuran (*mix design*), tahapan pembuatan benda uji dengan variasi kadar *filler* semen, serta prosedur pengujian Marshall untuk mendapatkan dan menganalisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data dan analisis hasil pengujian laboratorium. Pembahasan mencakup karakteristik material awal, penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) awal, pengaruh variasi kadar *filler* semen terhadap parameter Marshall (stabilitas, kelelehan, *Marshall Quotient*, VIM, VMA, VFB), serta mekanisme interaksi antara lateks alam dan *filler* aktif semen dalam menahan deformasi plastik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat intisari penelitian sebagai penutup. Bagian kesimpulan menjawab tujuan penelitian mengenai kadar *filler* semen optimum yang menghasilkan kinerja campuran AC-BC terbaik sesuai standar. Bagian saran memberikan rekomendasi untuk penelitian lanjutan, seperti uji durabilitas, uji karakteristik dinamis, maupun potensi penerapan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat daftar seluruh literatur, buku teks, jurnal ilmiah, prosiding, standar spesifikasi (seperti Spesifikasi Umum Bina Marga), dan regulasi yang dirujuk serta digunakan sebagai acuan dalam penyusunan laporan penelitian ini. Format penulisan daftar pustaka disusun secara alfabetis mengikuti sistem referensi yang berlaku (seperti *APA Style* atau *IEEE*).

LAMPIRAN

Bagian ini menyajikan dokumen, data mentah, dan informasi pendukung yang terlalu detail jika dimasukkan ke dalam bab utama. Lampiran dalam penelitian ini meliputi: data hasil pengujian karakteristik agregat dan aspal, lembar data (*data sheet*) pengujian Marshall untuk setiap variasi kadar *filler* semen, dokumentasi

kegiatan pembuatan dan pengujian benda uji di laboratorium, tabel spesifikasi teknis Bina Marga yang digunakan, serta contoh perhitungan *mix design*.

