BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aspal merupakan material yang berwarna hitam kecokelatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Aspal juga bersifat adhesif tahan terhadap air sehingga digunakan sebagai bahan pengikat. Aspal atau bitumen yang berperan sebagai bahan pengikat agregat bebatuan digunakan dalam campuran aspal diketahui memiliki sifat kimia-fisik-mekanik yang tergantung pada perubahan suhu serta volume beban penggunaannya (Gayte dkk., 2016). Aspal pada perkerasan akan mengalami pengerasan cepat apabila setelah pemadatan, perkerasan mempunyai rongga udara yang besar. Besarnya rongga udara (*air void*) menunjukkan bahwa pemadatan kurang sesuai, kadar aspal yang rendah menyebabkan tipisnya lapisan aspal pada agregat yang memicu cepatnya pengerasan (*hardening*) sehingga menurunkan kemampuan kelekatan aspal terhadap agregat dan pada akhirnya terjadi retak (Suroso, 2008).

Salah satu penyebab penurunan kekuatan campuran pada perkerasan lentur adalah proses penuaan pada campuran aspal. Penuaan aspal yang cukup besar dalam waktu yang relatif singkat terjadi selama proses konstruksi perkerasan yaitu mulai dari pencampuran, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan hingga jalan dinyatakan siap melayani beban lalu lintas. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan (udara, temperatur, dan sinar matahari). Penuaan merupakan suatu perubahan karakteristik campuran beraspal yang berupa pengerasan aspal yang diakibatkan oksidasi. Oksidasi terjadi mulai dari proses produksi aspal, proses pengangkutan/ proses konstruksi sampai pada proses pelayanan. Pada proses-proses tersebut campuran beraspal mengalami pemanasan baik oleh matahari atau karena pemanasan untuk pengenceran aspal pada proses produksi dan konstruksi. Pemanasan yang berlangsung akan berpengaruh pada aspal karena ada bagian aspal yang menguap dan itu dapat mengubah karakteristik aspal sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas (Muchtar dkk., 2023)

Penambahan jenis bahan tambah polimer pada aspal berfungsi untuk meningkatkan kekentalan aspal, memudahkan terjadinya pengerasan, dapat menurunkan nilai penetrasi dan menaikkan temperatur titik lembek bahan pengikat aspal. Disamping itu, dengan meningkatnya kekentalan aspal, akan mengurangi terjadinya kerusakan bahan akibat proses pencampuran pada suhu tinggi sehingga akan menambah daya tahan dan meningkatkan kinerja campuran aspal. Polimer secara umum dapat diklasifikasikan menjadi *thermoplastic crystalline polymer* (*plastomer*), thermoplastic rubber (*Elastomer*) dan thermosetting polimer (Utami, 2019).

Modifikasi kimia merupakan salah satu cara untuk mendapatkan produk turunan karet alam sehingga dapat dimanfaatkan dalam bidang yang lebih luas. Hal ini dilakukan untuk mengatasi keterbatasan aplikasi karet alam secara langsung yang tidak tahan panas, oksigen, ozon, radiasi, sinar matahari dan kelarutannya dalam pelarut-pelarut hidrokarbon. Keterbatasan aplikasi karet alam salah satunya diduga akibat keberadaan ikatan rangkap dua karbon-karbon pada struktur kimia cis-1,4- poliisoprena yang merupakan komponen utama karet alam (Nakason, C., 2006).

Modifikasi kimia karet alam dengan reaksi siklisasi telah dilakukan beberapa peneliti yang menghasilkan Karet Alam Siklis/KAS (*Cyclic Natural Rubber*/CNR), phosfat/P_2O_5, Stannic Klorida/$SnCl_4$ dan asam sulfat/H_2SO_4 (Riyajan dkk., 2006) dan juga penggunaan bahan baku karet, metode serta hasil (*yield*) yang berbeda.

Karet alam siklis merupakan salah satu bentuk modifikasi struktural dari karet alam linier yang struktur polimernya diubah menjadi berbentuk cincin (siklik). Modifikasi ini dilakukan melalui proses kimia yang disebut siklisasi, yang umumnya melibatkan penggunaan katalis seperti asam Lewis (misalnya BF_3) atau asam kuat seperti HCl pekat dalam pelarut organik. Struktur cincin yang terbentuk membuat karet alam siklis memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan karet alam linier, antara lain ketahanan yang lebih baik terhadap panas dan oksidasi, kestabilan termal yang lebih tinggi, serta kelarutan yang baik dalam pelarut organik tertentu (Susmanto dkk., 2021).

Secara kimia, proses siklisasi menyebabkan ujung-ujung rantai poliisoprena saling berikatan sehingga membentuk struktur melingkar yang stabil. Analisis spektroskopi seperti FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dan NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) digunakan untuk mengidentifikasi keberhasilan pembentukan struktur siklis, di mana terdapat perubahan khas dalam spektrum akibat hilangnya gugus terminal dan munculnya sinyal dari ikatan baru. Selain itu, karet alam siklis menunjukkan peningkatan suhu transisi gelas (Tg) dan kestabilan oksidatif, yang menjadikannya lebih unggul dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap suhu tinggi (Rooshenass, 2017).

Polimer reaktif memiliki karakteristik khas berupa gugus fungsional aktif seperti epoksi, anhidrida, atau isosianat yang memungkinkan terjadinya reaksi kimia lanjutan, termasuk reaksi pencampuran atau pengikatan silang dengan material lain seperti aspal. Ciri utama ini menjadikan polimer reaktif sangat potensial dalam bidang rekayasa material jalan, khususnya dalam upaya peningkatan kualitas aspal terhadap pengaruh suhu dan oksidasi. Gugus aktif yang dimiliki polimer dapat berinteraksi secara kimia dengan komponen polar dalam aspal, membentuk ikatan baru yang memperkuat struktur material tersebut (Carrera dkk., 2010). Dilihat dari klasifikasinya, polimer reaktif yang digunakan untuk memodifikasi aspal umumnya berasal dari keluarga poliuretan, polimer berbasis anhidrida, atau epoksi yang dikembangkan khusus untuk kompatibel dengan senyawa aromatik dan resin polar dalam matriks aspal. Berdasarkan bentuk dan lokasi gugus aktifnya, jenis-jenis polimer reaktif ini dapat diklasifikasikan sebagai *telechelic* (gugus aktif di ujung rantai) maupun fungsional sepanjang rantai utama. Penggunaan polimer ini secara selektif dapat meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi jangka panjang dan menjaga fleksibilitas aspal pada suhu rendah (Todd dkk., 2006).

Namun, berdasarkan tinjauan pustaka dan studi terdahulu, penggunaan karet alam siklis yang telah dicangkok dengan maleat anhidrat (CNR-g-MA) sebagai polimer reaktif dalam modifikasi aspal masih sangat terbatas, khususnya dengan pendekatan modifikasi *ex situ*. Kebanyakan penelitian sebelumnya berfokus pada modifikasi dengan polimer linier biasa atau proses in situ yang kurang presisi dalam

reaksi kimianya. Inilah yang menjadi dasar kesenjangan penelitian (research gap) dalam studi ini.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Studi Degradasi Oksidasi Thermal Modifikasi Aspal Dengan Polimer Reaktif Karet Alam Siklis Cangkok Maleat Anhidrat Secara Exsitu". Pendekatan ini menjadi suatu kebaruan (*novelty*) dalam bidang rekayasa material jalan, karena memanfaatkan struktur siklik dan gugus anhidrida aktif dari CNR-g-MA yang mampu berinteraksi secara kimia dengan aspal, serta metode *ex situ* yang memberikan kendali reaksi lebih baik."

Penelitian ini diharapkan tidak hanya memperbaiki sifat fisik dan kimia dari aspal terhadap degradasi termal, tetapi juga bermanfaat secara praktis dan teoretis, yakni membuka peluang baru dalam pemanfaatan karet alam lokal secara maksimal, serta mendorong inovasi material konstruksi jalan yang lebih berkelanjutan, tahan lama, dan ekonomis di iklim tropis seperti Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Latar belakang yang dijelaskan diatas digunakan untuk merumuskan masalah dan dinyatakan sebagai pertanyaan penelitian, sejauh mana karet alam siklik dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam pengolahan aspal modifikasi 4 yang diharapkan akan memperoleh kualitas pengaspalan pengerasan jalan lebih berkualitas, tahan lama, dan lebih tahan terhadap pengaruh suhu panas (*Rutting resistance*) dan suhu dingin (*Fatigue cracking*). Pertanyaan-pertanyaan penelitian dapat dirumuskan secara spesifik sebagai berikut:

1. Bagaimana perbedaan hasil FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) yang terdapat antara aspal murni dengan aspal modifikasi?
2. Apa Jenis Polimer yang digunakan dalam modifikasi aspal?
3. Apa manfaat penambahan polimer dalam modifikasi aspal?

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini difokuskan pada studi degradasi oksidasi termal terhadap aspal yang telah dimodifikasi dengan polimer reaktif berupa karet alam siklis yang

dicangkok menggunakan maleat anhidrat (CNR-g-MA) secara ex situ. Ruang lingkup penelitian meliputi:

1. Jenis bahan yang digunakan terbatas pada aspal penetrasi 60/70 dan karet alam siklis hasil proses siklisasi dan pencangkokan maleat anhidrat dengan inisiator benzoil peroksida.
2. Proses modifikasi dilakukan secara *ex situ*, yakni pencampuran polimer modifikasi ke dalam aspal dilakukan setelah polimer terbentuk sepenuhnya di luar matriks aspal.
3. Karakterisasi dan pengujian terbatas pada:
   a. Uji spektroskopi FTIR untuk identifikasi gugus fungsi dan keberhasilan pencangkokan serta interaksi kimia dalam campuran aspal-polimer.
   b. Uji TGA (*Thermogravimetric Analysis*) untuk menilai ketahanan termal material hasil modifikasi.

Fokus utama penelitian adalah mengevaluasi perubahan struktur kimia dan sifat termal aspal akibat proses modifikasi, serta menilai efektivitas penggunaan CNR-g-MA dalam memperlambat degradasi oksidatif aspal.

1.4 Batasan Masalah

1. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal tipe
2. Karet alam yang digunakan adalah karet alam siklik (*Cyclic Natural Rubber*) dengan monomer maleat anhidrat dan inisiator dikumil peroksida
3. Karakterisasi yang digunakan yaitu uji FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*), dan TGA (T*hermogravimetric Analysis*)

1.5 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penuaan (aging) terhadap sifat oksidasi aspal murni?
2. Bagaimana pengaruh penambahan polimer reaktif secara insitu terhadap sifat kimia/fisik aspal?

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penuaan (aging) terhadap sifat oksidasi aspal murni.
2. Mengetahui pengaruh penambahan polimer reaktif secara insitu terhadap sifat kimia/fisik aspal.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat secara teoritis dan praktis. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah untuk menambah wawasan, pengetahuan dan keterampilan dalam melakukan penelitian. Selain itu, manfaat dari hasil penelitian ini ialah dapat memberikan informasi mengenai penggunaan karet alam siklik sebagai bahan tambah pembuatan aspal modifikasi polimer. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah bisa menjadi kebutuhan inovasi peningkatan kualitas pengerasan jalan menggunakan bahan bahan alternattif. Manfaat lainnya dari penelitian ini adalah diharapkan dapat menjadi solusi pemanfaatan karet yang belum maksimal.

UNIMED
THE Character Building UNIVERSITY