BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Karet alam *(Hevea brasiliensis*) merupakan komoditas perkebunan yang berkontribusi terhadap perekonomian Indonesia melalui ekspor dan sumber pendapatan masyarakat. Karet alam digunakan dalam berbagai industri otomotif, alat kesehatan, barang elektronik dan kebutuhan rumah tangga (Purwanto *et al*., 2026). Indonesia sebagai produsen karet alam terbesar kedua di dunia memiliki potensi besar untuk memperluas dan mengoptimalkan pengembangan industri hilir. Namun serapan industri hilir hanya mencapai 20% dari produksi nasional.

Karet alam mengandung 99% *Cis-1,4-polyisoprene* yaitu gabungan unit monomer isoprene $(C_5H_8)n$, yang membentuk rantai panjang melalui reaksi polimerisasi adisi. Pengembangan industri hilir karet alam dapat ditingkatkan dengan memodifikasi karet alam dengan mengubah sifat elastisnya menjadi lebih rapuh seperti kaca. Proses ini mengubah struktur kimia rantai polimer karet alam *(Cis-1,4-polyisoprene)* yang panjang dan lurus menjadi siklis, yang dikenal sebagai karet alam siklis (Cruz-Morales *et al*., 2024).

Karet alam siklis *(cyclic natural rubber)* memiliki stabilitas termal yang baik, daya tahan terhadap abrasi, sifat daya rekat yang tinggi, serta kemudahan dalam pengolahan dan pengaplikasiannya. Salah satu produk hasil siklisasi adalah *Resipren-35* yang digunakan dalam industri pelapisan *(coating)* pada logam, kapal laut, baja, perekat, tinta dan cat (Eddiyanto dkk., 2024). Namun *Resipren-35* memiliki beberapa keterbatasan dibandingkan dengan resin sintetis. Salah satu kelemahan karet alam yaitu tingkat kompatibilitasnya yang rendah terhadap berbagai aditif dan resin yang lazim digunakan pada industri perekat, cat, maupun tinta. Selain itu, material ini masih mudah mengalami degradasi akibat paparan radikal bebas, ozon, dan asam anorganik, serta cenderung menurun kualitasnya seiring lamanya penyimpanan (Siregar, 2022; Demir *et al*., 2024).

Kandungan protein yang tinggi pada karet alam menjadi faktor utama penyebab penurunan kualitas sifat karet alam siklis. Protein yang terdapat pada partikel

karet bertindak sebagai lapisan penghambat di permukaan partikel sehingga menghalangi kontak langsung antara bahan kimia dan partikel karet yang mempengaruhi reaksi selama proses siklisasi, memicu degradasi termal dan oksidatif yang merusak struktur molekul selama proses pengolahan dan penyimpanan. Proses deproteinasi diperlukan untuk menghilangkan protein pada partikel karet. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode deproteinasi menggunakan urea, natrium dodesil sulfat (sds), dan aseton mampu mengurangi kandungan protein pada lateks hingga 90-99% (Kinasih & Magaraphan, 2023; Thoung *et al.,* 2022).

Depolimerisasi adalah pemutusan atau pemecahan rantai panjang polimer menjadi monomer atau fragmen lebih kecil yang dapat terjadi melalui pemanasan, penambahan asam, basa, atau oksidator. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa fenilhidrazin bertindak sebagai agen pengoksidasi dalam pemutusan rantai karet alam yang menghasilkan radikal bebas atau peroksida yang menyerang ikatan dalam struktur polimer. Proses ini mengurangi panjang rantai polimer, mengubah sifat fisik karet, dan meningkatkan sifat-sifat karet. Fenilhidrazin mempercepat pemecahan rantai karet alam, mengurangi bobot molekul, meningkatkan kelarutan, dan menurunkan ikatan karbon tak jenuh pada karet alam siklis (Widiarti dkk., 2018).

Siklisasi mengubah rantai polimer menjadi struktur siklik dengan menghubungkan ujung rantai yang mengurangi ikatan rangkap poliisopren hingga 40-80%, menghasilkan karet alam siklis (cnr) dengan berat molekul rendah yang lebih keras dan rapuh melalui reaksi eksotermis (Mentari, 2023). Dalam proses siklisasi, penggunaan katalis P_2O_5 memberikan kelebihan dibandingkan katalis lainnya karena kemampuannya yang lebih efisien dalam meningkatkan reaksi, sehingga mempercepat pembentukan struktur siklik dan meningkatkan kestabilan termal karet. Pelarut fenol digunakan dalam siklisasi karet alam untuk mempermudah proses. Fenol merupakan pelarut polar yang mengatur viskositas dan memperbaiki kualitas karet, membantu mempercepat reaksi kimia, meningkatkan kelarutan dan memodifikasi sifat fisik karet selama proses siklisasi (Eddiyanto dkk., 2013).

Eddiyanto dkk., (2022) telah melakukan penelitian terkait modifikasi karet alam melalui proses siklisasi tanpa pemutusan rantai menggunakan karet alam SIR-

20, pelarut xylene dan katalis asam lewis P_2O_5 yang dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Hasil FTIR menunjukkan adanya perubahan pada pola spektrum inframerah, ditandai dengan berkurangnya intensitas serapan pada bilangan gelombang 1662 cm^{-1} yang merepresentasikan ikatan rangkap C=C, kemunculan pita serapan baru pada 740 cm^{-1} yang berkaitan dengan vibrasi regangan siklik CH_2–CH_2 dan perubahan intensitas pada 841 cm^{-1} yang mengindikasikan terjadinya siklisasi.

Widiarti dkk., (2018) merekomendasikan depolimerisasi dengan pemutusan rantai menggunakan fenilhidrazin dan oksigen untuk memaksimalkan penurunan viskositas dan menghasilkan karet alam siklik berat molekul rendah. Siklisasi karet alam dilakukan menggunakan katalis asam lewis P_2O_5 yang lebih unggul dibandingkan katalis lain seperti $SnCl_4$, H_2SO_4, BF_4^-, dan BCl_3, karena menghasilkan produk yang lebih murni, ramah lingkungan, efisien pada suhu rendah, serta mengurangi biaya energi dan meningkatkan keamanan. FTIR digunakan untuk karakterisasi karet siklik, memantau perubahan struktur selama proses. N-Heptane dan fenol sebagai pelarut menghasilkan karet alam siklis dengan berat molekul rendah, warna cerah, viskositas rendah, dan kandungan resin tinggi (Muthawali, 2013).

Eddiyanto dkk., (2013) Memodifikasi rantai karet alam *(chain scission)* dengan pelarut fenol bersuhu 180 °C menggunakan metode *Brosse* (Oksidasi oksigen dan fenilhidrazin) dan disiklisasi dengan metode *Tutorskii*. Proses ini menggunakan karet SIR-10, pelarut fenol, dan katalis P_2O_5, serta dianalisis dengan FTIR. Hasilnya terjadinya transformasi menjadi karet alam siklik dengan penurunan ikatan rangkap (C=C) sebesar 2% dan derajat siklisasi 73,1%.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji proses siklisasi karet alam menggunakan berbagai metode dan katalis. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada proses siklisasi tanpa didahului tahap deproteinasi secara optimal, atau hanya menekankan salah satu tahapan modifikasi seperti chain scission atau siklisasi secara terpisah. Selain itu, penggunaan kombinasi pelarut fenol dan n-heptana dalam satu sistem reaksi serta pengaruhnya terhadap karakteristik termal dan struktur

karet alam siklis berat molekul rendah masih belum banyak dilaporkan secara komprehensif, khususnya dengan pendekatan karakterisasi gabungan FTIR dan TGA.

Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) berupa belum optimalnya integrasi proses deproteinasi, depolimerisasi (*chain scission*), dan siklisasi dalam satu rangkaian modifikasi untuk menghasilkan karet alam siklis berat molekul rendah dengan sifat yang lebih stabil dan kompatibel terhadap aplikasi industri. Selain itu, kajian terkait hubungan antara perubahan struktur kimia (melalui FTIR) dan stabilitas termal (melalui TGA) akibat kombinasi perlakuan tersebut masih terbatas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti melakukan deproteinasi dan memodifikasi karet alam berat molekul rendah dengan pemutusan rantai *(chain scission)* dan siklisasi *(cyclic natural rubber)* menggunakan pelarut Fenol dan N-heptane dengan penambahan katalis asam lewis P_2O_5 yang kemudian dikarakterisasi menggunakan *Spektrofotometer Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

Dengan Penggunaan katalis Asam Lewis diprediksi akan menghasilkan karet alam siklis berat molekul rendah (*Cyclic Natural Rubber*) dan mengurangi ikatan rangkap yang terbentuk pada fraksi monomer *isoprene*. Kebaruan (*novelty*) dalam penelitian ini terletak pada integrasi tiga tahapan utama, yaitu deproteinasi, pemutusan rantai (*chain scission*) menggunakan fenilhidrazin dan oksigen, serta siklisasi menggunakan katalis P_2O_5 dengan sistem pelarut campuran fenol dan n-heptana untuk menghasilkan karet alam siklis berat molekul rendah. Selain itu, penelitian ini juga menekankan pada analisis komprehensif hubungan antara struktur kimia dan stabilitas termal menggunakan FTIR dan TGA, sehingga diharapkan dapat menghasilkan material karet siklis dengan sifat fisik dan kimia yang lebih unggul dibandingkan produk konvensional. Penelitian ini menargetkan diperolehnya produk modifikasi berupa karet alam siklis dengan berat molekul rendah yang diharapkan memiliki keunggulan fisik maupun kimia dibandingkan karet siklis konvensional. Melalui proses siklisasi yang optimal diharapkan karet alam siklis dapat digunakan dalam industri perekat, tinta cetak, cat, pelapis, dan lainnya.

1.2 Identifikasi Masalah

Karet alam memiliki kelemahan berupa tingginya kandungan protein residu serta banyaknya ikatan rangkap karbon (C=C) dalam rantainya yang menyebabkan sifat kimia dan fisiknya kurang stabil. Kondisi ini membuat karet rentan mengalami degradasi akibat pengaruh radikal bebas, ozon, maupun asam anorganik, serta memiliki keterbatasan dalam aplikasi. Sehingga diperlukan modifikasi karet alam meliputi deproteinisasi untuk mengurangi protein, pemutusan rantai *(chain scission)* untuk menurunkan jumlah ikatan rangkap, serta siklisasi metode *Tutorskii* menggunakan katalis P_2O_5 dengan pelarut fenol dan n-heptane. Perubahan struktur diamati melalui *Fourier Transform Infrared (FT-IR)* dengan melihat penurunan intensitas serapan ikatan C=C dan munculnya pita khas siklisasi dan *Thermogravimetric Analysis* (TGA) untuk melihat karakteristik termal karet alam siklik berat molekul rendah.

1.3 Ruang Lingkup

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan *Cyclic Natural Rubber* (CNR) berat molekul rendah dari SIR-10 menggunakan metode deproteinisasi melalui proses sokletasi menggunakan pelarut aseton. Selanjutnya, modifikasi karet alam SIR-10 akan dilakukan dengan metode pemutusan rantai *(chain scission)* dengan fenilhidrazin yang dikombinasikan dengan suplai oksigen dan siklisasi menggunakan katalis P_2O_5, pelarut N-heptana, fenol, gas N_2, dan amonia 10% untuk menghasilkan karet alam siklis dengan berat molekul rendah. Analisis karet terdeproteinisasi serta karakterisasi karet alam siklis berbobot molekul rendah dilakukan menggunakan instrumen FT-IR *(Fourier Transform Infrared)* dan TGA *(Thermogravimetric Analysis).*

1.4 Rumusan Masalah

1) Bagaimana pengaruh deproteinisasi menggunakan metode sokletasi dengan aseton terhadap perubahan struktur molekul karet alam SIR-10 yang diidentifikasi melalui analisis *Agilent Cary 630* FTIR ?
2) Bagaimana hasil modifikasi karet alam berat molekul rendah menggunakan proses pemutusan rantai *(chain scission)* metode *Brosse* dan siklisasi *(cylic natural rubber)* metode *Tutorskii* yang dilihat dari hasil analisa *Agilent Cary 630* FTIR ?
3) Bagaimana karakteristik sifat temal karet alam siklik berat molekul rendah yang dilihat dari analisa TGDTA7300 *Thermogravimetric Analysis* (TGA) ?

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1) Deproteinisasi karet alam SIR-10 dilakukan dengan cara sokletasi menggunakan pelarut aseton
2) Pelarut yang digunakan adalah Phenol, N-Heptane dan Amonia 10%
3) Modifikasi karet alam SIR-10 dilakukan melalui metode *Brosse* (degradasi oksidatif dan penambahan fenilhidrazin) dan siklisasi melalui metode *Tutorskii (katalis asam lewis P_2O_5)*
4) Instrumen yang digunakan yaitu *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan TGA *(Thermogravimetric Analysis).*

1.6 Tujuan Penelitian

1) Mengetahui pengaruh deproteinisasi menggunakan metode sokletasi dengan aseton terhadap perubahan struktur molekul karet alam SIR-10 yang diidentifikasi melalui analisis *Agilent Cary 630* FTIR.
2) Mengetahui hasil modifikasi karet alam berat molekul rendah menggunakan proses pemutusan rantai *(chain scission)* metode *Brosse* dan siklisasi *(cylic natural rubber)* metode *Tutorskii* yang dilihat dari hasil analisa *Agilent Cary 630* FTIR.
3) Mengetahui karakteristik sifat temal karet alam siklik berat molekul rendah yang dilihat dari analisa TGDTA7300 *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

1.7 Manfaat Penelitian

1) Nilai ekonomis karet alam *(Hevea brasiliensis)* dapat ditingkatkan sebagai hasil penelitian ini yaitu karet alam siklik berat molekul rendah untuk resin cat binder alam.
2) Memberikan informasi tentang metode deproteinisasi karet alam SIR-10 dengan metode sokletasi menggunakan pelarut aseton.
3) Memberikan informasi tentang modifikasi SIR-10 melalui pemutusan rantai *(chain scission)* dengan metode *Brosse* dan siklisasi karet siklis berat molekul rendah *(cyclic natural rubber)* dengan metode *Tutorskii* dimana produk dapat dimanfaatkan sebagai resin alam dalam pembuatan perekat, pelapis *(coating)* pada baja, logam, kapal laut, dan cat.