BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Polimer sintetis merupakan salah satu material terpenting dalam kehidupan modern. Di antara berbagai jenis polimer yang tersedia, polipropilena (PP) telah menempati posisi strategis sebagai salah satu termoplastik yang paling banyak diproduksi dan digunakan di seluruh dunia (Maddah, 2016). Keberhasilan polipropilena dalam industri global tidak terlepas dari kombinasi sifat mekanik yang unggul, kemudahan pemrosesan, serta biaya produksi yang relatif rendah dibandingkan polimer teknik lainnya (Hossain *et.al*., 2024).

Polipropilena pertama kali disintesis pada tahun 1954 oleh Giulio Natta menggunakan katalis Ziegler-Natta, sebuah penemuan yang kemudian mengantarkan Natta bersama Karl Ziegler meraih Hadiah Nobel Kimia pada tahun 1963. Sejak saat itu, pengembangan teknologi produksi dan modifikasi polipropilena tidak pernah berhenti. Produksi global polipropilena saat ini mencapai lebih dari 75 juta ton per tahun dan terus meningkat seiring pertumbuhan industri manufaktur, otomotif, konstruksi, dan kemasan di seluruh dunia (Sukirman, 2022)

Namun di balik keunggulannya, polipropilena memiliki kelemahan fundamental yang berkaitan dengan stabilitasnya terhadap pengaruh lingkungan. Struktur kimia polipropilena yang mengandung atom hidrogen tersier pada setiap unit monomer menjadikannya sangat rentan terhadap reaksi oksidasi, terutama pada kondisi suhu tinggi selama proses pengolahan (melt processing) maupun selama penggunaan jangka panjang di bawah paparan panas, cahaya UV, dan tegangan mekanik. Degradasi oksidatif ini dapat menyebabkan penurunan massa molar, pembentukan gugus fungsional baru (karbonil, hidroperoksida), serta perubahan sifat fisik dan mekanik yang signifikan (Pradana, 2021), (Singh, 2008).

Antioksidan bekerja dengan cara menghambat pembentukan radikal bebas maupun menguraikan hidroperoksida sehingga proses degradasi dapat diperlambat. Salah satu antioksidan yang banyak digunakan dalam industri polimer adalah kelompok Irganox, yaitu antioksidan fenolik terhalang (*hindered*

phenolic antioxidant) yang mampu mendonorkan atom hidrogen untuk menghentikan reaksi berantai oksidasi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penambahan antioksidan Irganox mampu meningkatkan kestabilan termal polipropilena dan mempertahankan sifat alir material selama proses pengolahan.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, industri plastik secara luas menggunakan sistem antioksidan sebagai aditif yang ditambahkan ke dalam matriks polimer. Dua kelompok utama senyawa antioksidan yang paling banyak digunakan dan diteliti adalah antioksidan tipe fenol yang dihalang (*hindered phenol antioxidant*), dengan Irganox (terutama Irganox 1010 dan 1076 yang mengandung gugus asam stearat/ester asam lemak) sebagai representasi utamanya, dan antioksidan tipe amin yang dihalang (*hindered amine light stabilizer/HALS*), dengan senyawa piperidine alcohol sebagai basis strukturnya (Rochmadi, 2020), (Sudirman, 2022)

Karakterisasi perubahan struktur kimia akibat degradasi dapat dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR***)**. Teknik ini mampu mendeteksi terbentuknya gugus karbonil dan gugus hidroksil sebagai indikator utama oksidasi polimer. Zheng dkk. (2022) juga menunjukkan bahwa FTIR merupakan metode yang efektif untuk mengidentifikasi dan menentukan kandungan antioksidan Irganox pada polipropilena melalui perubahan pita serapan inframerah yang khas.

Selain FTIR, perubahan sifat reologi polipropilena dapat dianalisis menggunakan *Melt Flow Index (MFI)*. Nilai MFI berkaitan erat dengan berat molekul polimer sehingga dapat digunakan sebagai indikator tingkat degradasi. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa peningkatan degradasi menyebabkan perubahan nilai MFI, sedangkan penambahan antioksidan mampu mempertahankan kestabilan aliran lelehan polipropilena selama proses pemanasan berulang.

Kajian mendalam mengenai mekanisme kerja, kelebihan, keterbatasan, serta sinergi antara kedua jenis antioksidan ini menjadi sangat penting, tidak hanya untuk memahami ilmu polimer secara fundamental dan merancang formulasi polipropilena yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan tinjauan komprehensif mengenai polipropilena, sistem degradasinya, serta peran

vital antioksidan berbasis Irganox dan piperidine alcohol.

1.2 Identifikasi Masalah

Polipropilena (PP) merupakan polimer termoplastik yang banyak digunakan di berbagai bidang industri, namun rentan mengalami degradasi termo-oksidatif akibat paparan panas dan oksigen selama proses pengolahan maupun penggunaan. Degradasi ini menyebabkan pemutusan rantai polimer, pembentukan gugus oksidasi, serta perubahan sifat alir yang berdampak pada penurunan kualitas material. Penambahan antioksidan seperti *Irganox Acid* dan *Piperidin Alkohol* merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan stabilitas termo-oksidatif polipropilena, tetapi efektivitas kedua antioksidan tersebut belum banyak dibandingkan secara langsung. Selain itu, masih terbatas penelitian yang mengkaji hubungan perubahan struktur kimia melalui analisis *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* dengan perubahan sifat alir menggunakan *Melt Flow Index (MFI)* dalam mengevaluasi kinerja kedua antioksidan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk membandingkan efektivitas Irganox Acid dan Piperidin Alkohol dalam meningkatkan stabilitas termo-oksidatif polipropilena sebagai dasar pemilihan antioksidan yang lebih efektif untuk aplikasi industri.

1.3 Ruang Lingkup

Penelitian ini memiliki kontribusi penting dalam beberapa aspek. Dari sudut pandang ilmiah, pemahaman mendalam tentang interaksi antara polipropilena dan sistem antioksidan memberikan landasan teoretis yang diperlukan untuk pengembangan material polimer yang lebih stabil dan tahan lama. Dari sudut pandang industri, optimasi formulasi antioksidan secara langsung berdampak pada kualitas produk, perpanjangan umur pakai, pengurangan pemborosan material, serta penghematan biaya produksi dan penggantian komponen. Dari perspektif keberlanjutan, perpanjangan umur pakai produk polipropilena melalui stabilisasi yang efektif berkontribusi pada pengurangan limbah plastik dan jejak karbon industri manufaktur.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Antioksidan yang digunakan adalah Irganox Acid (*hindered phenol*) dan Piperidin Alkohol (Pip-OH) dari golongan Hindered Amine Light Stabilizer (HALS) dengan konsentrasi 0,1% (b/b).
2. Proses pencampuran (*melt blending*) dilakukan menggunakan internal mixer pada suhu 180°C, kemudian dicetak menjadi film tipis menggunakan hot press pada suhu 180–190°C.
3. Degradasi oksidatif yang digunakan yaitu metode pemanasan (*heating*) pada varian suhu 125 °C dengan variasi waktu 0-120 jam untuk PP murni dan 0–230 jam untuk PP yang mengandung antioksidan.
4. Evaluasi perubahan sifat reologi akibat degradasi termal dibatasi pada pengujian *Melt Flow Index* (MFI)
5. Instrumen yang digunakan yaitu *Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Melt Flow Index*

1.5 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, kajian ini difokuskan pada beberapa pertanyaan utama berikut:

1. Bagaimana perubahan gugus fungsi polimer polipropilena (PP) sebelum dan sesudah mengalami degradasi *termo-oksidatif* berdasarkan analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR)?
2. Bagaimana pengaruh durasi ekspos panas terhadap nilai *Carbonyl Index* (CI) dan *Methyl Index* (MI) pada polipropilena murni dibandingkan dengan polipropilena yang ditambahkan antioksidan Irganox Acid dan Piperidin Alkohol (Pip-OH)?
3. Bagaimana efisiensi stabilitas termal antioksidan Irganox Acid dibandingkan dengan Piperidin Alkohol (Pip-OH) dalam menghambat laju autooksidasi polipropilena (PP)?

1.6 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi perubahan gugus fungsi polimer PP sebelum dan sesudah termodegradasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
2. Menganalisis pengaruh durasi ekspos panas terhadap nilai *Carbonyl Index* (CI) dan *Methyl Index* (MI) pada sampel PP murni dibandingkan dengan PP yang ditambah antioksidan.
3. Menentukan efisiensi stabilitas termal antara antioksidan Irganox dan Pip-OH dalam menahan laju autooksidasi PP.

UNIVERSITAS NEGERI MEDAN
UNIMED
THE Character Building UNIVERSITY