



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Banyaknya populasi penduduk di Indonesia menyebabkan tingginya limbah yang dihasilkan setiap tahunnya. Menurut data SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional) menyatakan bahwa tahun 2024, total limbah di Indonesia terdapat 25.664.278,67 ton/tahun dan sebanyak 19,52% merupakan limbah plastik. Plastik merupakan komponen dari hasil sintesis polimer yang dapat dibentuk dan dicetak. Terdapat beberapa kandungan di dalam plastik yaitu polyethylene (PE), polypropylene (PP), polyethylene terephthalate (PET) (Gazal & Gheewala, 2020). PET memiliki sifat ketahanan mekanis yang tinggi dan mampu mempertahankan keuletan yang baik dengan deformasi yang besar (Muringayil Joseph et al., 2024). Kegunaan PET dalam pembuatan serat untuk menghasilkan botol minuman, kain dan lembaran, pembuatan kemasan makanan, dan untuk bahan multilapis dalam aplikasi non-kemasan (Chapa-Martínez et al., 2016). Peningkatan penggunaan PET menyebabkan krisis global dalam pengelolaan limbah dan kerusakan lingkungan (Burgos Pintos et al., 2024).

Berdasarkan data yang diperoleh dari SIPSN, rasio pengelolaan sampah di Indonesia secara keseluruhan hanya sebesar 60,49% (KLHK, 2024). Manfaat daur ulang PET tidak hanya memperpanjang siklus hidupnya tetapi juga menghasilkan bahan berharga (Nguyen and Chiang, 2024). Proses pengolahan limbah PET dapat dilakukan dengan dua cara yaitu mekanis dan kimia. Proses mekanis dilakukan dengan melelehkan dan membentuk kembali serat sintesis tetapi memerlukan penyortiran dan pemrosesan ulang yang dapat menurunkan kualitas dan nilai produk akhir (Kang et al., 2020) sedangkan proses kimia dilakukan dengan pemecahan komponen secara kimiawi untuk menghasilkan produk baru dengan mempertahankan kualitas produk (Stewart et al., 2025). Emisi gas rumah kaca berkurang hingga 50% dalam proses pendaur ulang secara kimia dibandingkan dengan proses pembuatan PET murni (Babaei et al., 2024). Hal ini menyebabkan peningkatan minat terhadap teknik daur ulang kimia (Li et al., 2022).



Pengolahan limbah PET secara kimia dilakukan dengan metode depolimerisasi karena memiliki efisiensi tinggi pada proses degradasi PET (Li *et al.*, 2022). Metode depolimerisasi terbagi menjadi beberapa proses yaitu glikolisis, metanolisis dan hidrolisis (Han, 2019). Penggunaan proses glikolisis dalam degradasi PET memerlukan biaya yang rendah namun reaksi akan berjalan sangat lambat apabila tidak ada katalis (Babaei *et al.*, 2024). Etilen glikol (EG) dapat digunakan sebagai pelarut dalam pendegradasi PET dengan volatilitasnya yang rendah apabila dibandingkan dengan air dan metanol sehingga dalam proses tersebut tidak menghasilkan limbah yang berbahaya untuk lingkungan. Hal ini mendukung perkembangan produksi yang berkelanjutan (Feng *et al.*, 2025). Produk yang dihasilkan dari pengolahan limbah PET yaitu Asam teraftalat. Asam teraftalat atau 1,4-*benzene dicarboxyl acid* (H_2BDC) dapat dimanfaatkan dalam industri kimia misalnya pembuatan plastik atau sebagai bahan penyusun MOF-5. Asam tereftalat dalam pembuatan MOF-5 berperan dalam membentuk kerangka berpori sebagai jaringan ikat antar ion logam (Mirsoleimani-Azizi *et al.*, 2018).

Kekurangan dari pengolahan secara kimia dengan metode glikolisis memerlukan suhu operasi di atas $180^{\circ}C$ dengan waktu reaksi selama 1 jam hingga 3 jam sehingga kebutuhan konsumsi energinya tinggi (Huang *et al.*, 2023). Kondisi tersebut akan menyebabkan kerusakan dan kerugian pada lingkungan sekitar maka dari itu dilakukan pengurangan terhadap dampak negatif guna mencapai pembangunan yang berkelanjutan (Zhang *et al.*, 2022). Upaya dalam pengurangan tersebut dengan menggunakan microwave sebagai pemanasan dalam proses depolimerisasi. Daya microwave yang digunakan berkisar 400 watt hingga 800 watt sehingga kebutuhan degradasi PET dengan metode glikolisis dapat terpenuhi. Keunggulan penggunaan microwave yaitu reaksi yang terjadi lebih singkat, tingginya yield yang didapatkan, distribusi panas lebih merata, konsumsi energi yang lebih rendah, penggunaan pelarut yang lebih sedikit (Grewal *et al.*, 2013), ramah lingkungan (Feng *et al.*, 2025). Penggunaan microwave dalam penelitian ini dilakukan agar memaksimalkan efisiensi energi yang digunakan (Dai *et al.*, 2025). Oleh karena itu, peneliti menggunakan pemanasan melalui microwave dengan



waktu reaksi sesingkat mungkin untuk memaksimalkan pendegradasi PET dan kebutuhan energi yang digunakan.

Menurut penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Gao et al., 2025) terkait proses glikolisis PET yang dilakukan dengan proses pemanasan dan sensor tekanan pada reaktor. PET terdegradasi dengan pelarut etilen glikol (EG) dan katalis alkaline baterai. Temperature yang digunakan dalam proses pendegradasian sekitar 190°C dengan tekanan atmosferik dan waktu reaksi yang dilakukan selama 120 menit. Selama proses pendegradasian dilakukan pengadukan dengan kecepatan berkisar 500 hingga 1200 rpm/ menit. Adanya penambahan air deionisasi berguna untuk pemisahan antara katalis dan PET yang tidak terkonversi dengan filtrat. Bubuk kristal didapatkan dari hasil refrigerator filtrat yang terbentuk dikeringkan melalui oven selama 8 jam dengan suhu 70°C . Penelitian ini mendapatkan yield Bis(2-Hydroxyethyl) Terephthalate (BHET) sebanyak 81%.

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Loganathan et al., 2024) terkait pemulihan BHET dan pembentukan TPA dari limbah botol PET menggunakan metode glikolisis untuk sintesis MOF. Penelitian tersebut mendapatkan BHET melalui metode refluks kondensor dengan campuran serpihan PET, EG dan katalis Y_2O_3 pada suhu 200°C selama 90 menit. BHET yang didapatkan akan dicampurkan dengan diklorometana, HCl dan metanol untuk mendapatkan TPA. Kristal TPA dikeringkan melalui vakum oven pada suhu 80°C selama 12 jam. Yield TPA pada penelitian ini didapatkan sebanyak 98%.

Oleh karena itu, peneliti melakukan pengembangan dari hasil penelitian tersebut dengan menggunakan metode pemanasan yang berbeda yaitu penggunaan microwave dan menganalisis pengaruh perbedaan konsentrasi HCl saat pembentukan TPA. Secara teknis akan dilakukan sintesis asam teraftalat dari limbah botol plastik melalui kajian secara mendalam pada analisis rendemen, filtrat yang dihasilkan, konversi PET dan karakterisasi gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), fasa senyawa menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) serta morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil yang diperoleh diharapkan menjadi rekomendasi dalam pengembangan produksi TPA dari limbah botol plastik berbasis PET melalui



informasi pengaruh waktu depolimerisasi PET menjadi TPA dan konsentrasi HCl terhadap karakteristik fisika dan kimia.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu depolimerisasi PET menjadi TPA dan konsentrasi HCl terhadap yield presentasi degradasi PET.
2. Untuk mengetahui karakteristik TPA hasil depolimerisasi PET dari limbah botol plastik.

I.3 Manfaat Penelitian

1. Mengurangi pencemaran lingkungan oleh limbah anorganik botol plastik Polietilen Teraftalat (PET) dengan mengubah menjadi TPA.
2. Merekomendasikan hasil sintesis TPA menjadi bahan baku material *Metal Organic Framework* (MOF).