BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah plastik merupakan isu lingkungan yang semakin mendesak di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Indonesia menghasilkan lebih dari 68 juta ton sampah per tahun, di mana sampah plastik menyumbang sekitar 15–20% dari total volume tersebut, sehingga menempatkan Indonesia sebagai salah satu penyumbang sampah plastik terbesar di dunia, khususnya yang berakhir di perairan dan lautan. Penanganan yang tidak optimal terhadap sampah plastik berdampak serius terhadap ekosistem, kesehatan masyarakat, dan keberlanjutan lingkungan hidup (Jambeck et al., 2015).

Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Kota Tanjung Balai, Provinsi Sumatera Utara, memiliki satu Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) yaitu TPA Tanjung Balai, yang masih beroperasi dengan sistem *open dumping* (pembuangan terbuka). Timbulan sampah harian di kota ini tercatat sebesar 94 ton per hari. Dari jumlah tersebut, hanya sekitar 3,81% sampah yang berhasil dikelola, sementara mayoritas sampah, yakni 96,19%, masih belum terkelola dengan baik. Pengelolaan sampah berbasis masyarakat di Tanjung Balai didukung oleh Bank Sampah Unit (BSU), dengan 2 unit aktif dan 2 unit tidak aktif, serta Bank Sampah Induk (BSI), yang tercatat tidak memiliki unit aktif dan 1 unit

tidak aktif; sampah yang berhasil dikelola melalui BSU sebesar 0,02 ton, sedangkan melalui BSI tercatat 0,00 ton. Dari sisi kelembagaan, Rencana Induk Pengelolaan Sampah (RIPS) Kota Tanjung Balai masih berstatus "Dalam Perencanaan", dan nilai kinerja pengelolaan sampah kota ini tercatat sebesar 47,95, dengan capaian progres Sistem Administrasi sebesar 47,95%.

Kota Tanjung Balai juga menghasilkan limbah biomassa berupa tempurung kelapa dalam jumlah yang cukup besar dari sektor perdagangan dan pengolahan hasil kelapa. Limbah tempurung kelapa ini belum dimanfaatkan secara optimal dan seringkali hanya dibakar begitu saja tanpa nilai tambah yang berarti. Padahal, tempurung kelapa memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 6.500–7.200 kkal/kg, yang menjadikannya sebagai bahan bakar biomassa potensial untuk berbagai proses termal (Nasution dkk., 2021).

Berdasarkan data dari badan pusat statistik (BPS) tanjung balai menghasilkan:

a. Produk (Ton/Tahun) : 4.198,60 ton
b. Estimasi jumlah butir kelapa (Butir/Tahun) : ~ 4,19 juta butir
c. Potensi tempurung bersih (Ton/Tahun) : 503-629 ton

Estimasi butir menggunakan asumsi berat rata-rata 1 kg per butir kelapa kupas. Estimasi berat tempurung kering memakai standar industri sebesar 12%–15% dari total bobot buah kelapa.

Teknologi yang dipandang tepat untuk mengatasi permasalahan sampah plastik adalah pirolisis. Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal bahan

organik, termasuk plastik, pada suhu tinggi (umumnya 300–600°C) dalam kondisi tanpa atau minim oksigen. Melalui proses ini, sampah plastik dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair, gas, dan *char* (residu padat) yang memiliki nilai ekonomis. Teknologi pirolisis dinilai lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pembakaran terbuka karena dapat meminimalkan emisi gas berbahaya sekaligus menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan kembali (Tambunan dkk., 2018; Simanjuntak dkk., 2019).

Sebuah penelitian telah melakukan pengembangan alat pirolisis untuk mengonversi plastik jenis HDPE dan LDPE menjadi bahan bakar cair menggunakan sumber panas dari gas LPG. Penelitian tersebut berhasil merancang reaktor pirolisis sederhana dan membuktikan bahwa plastik dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair melalui proses pirolisis. Namun demikian, penggunaan LPG sebagai sumber panas memiliki kelemahan berupa ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yang harganya fluktuatif dan ketersediaannya terbatas, khususnya di wilayah pesisir (Tambunan dkk., 2018).

Penelitian lain melakukan analisis efisiensi pirolisis plastik dengan memvariasikan suhu proses dan jenis plastik, meliputi polipropilena (PP), polistirena (PS), dan polietilena tereftalat (PET). Penelitian tersebut menggunakan pemanas listrik sebagai sumber panas dan dilaksanakan dalam kondisi laboratorium yang terkontrol. Hasil pengkajian berhasil mengidentifikasi suhu optimal untuk masing-masing jenis plastik, namun masih terbatas pada aspek teknis efisiensi dan belum mempertimbangkan aspek keberlanjutan sumber energi maupun konteks penerapan di lapangan (Simanjuntak dkk., 2019).

Pemanfaatan biomassa tempurung kelapa sebagai bahan bakar pada proses termal industri kecil telah dievaluasi dalam sebuah kajian ilmiah. Kajian tersebut membuktikan bahwa tempurung kelapa memiliki karakteristik pembakaran yang stabil dan nilai kalor yang memadai untuk proses termal, namun fokus kajian ditujukan pada industri pengolahan pangan dan belum pernah diintegrasikan dengan sistem reaktor pirolisis plastik. Hal ini meninggalkan celah ilmiah yang signifikan berkaitan dengan potensi penggunaan tempurung kelapa sebagai pemanas reaktor pirolisis (Nasution dkk., 2021).

Studi potensi pengolahan sampah plastik di kawasan pesisir Sumatera Utara menggunakan metode termal juga telah dilakukan. Dalam studi tersebut, kawasan Asahan termasuk Tanjung Balai diidentifikasi sebagai salah satu titik kritis permasalahan sampah plastik pesisir di Sumatera Utara, dan metode termal disimpulkan berpotensi besar untuk mengurangi timbunan plastik secara signifikan. Namun demikian, penelitian tersebut masih bersifat kajian potensi dan belum mencakup rancang bangun mesin maupun pengujian fungsional di lapangan (Harahap dkk., 2022).

Berdasarkan telaah terhadap penelitian-penelitian terdahulu tersebut, terdapat lima celah penelitian (*research gap*) yang penting untuk diisi.

Pertama, belum ada penelitian yang mengintegrasikan sistem pemanas tempurung kelapa dengan reaktor pirolisis sampah plastik dalam satu sistem yang terintegrasi (Tambunan dkk., 2018; Simanjuntak dkk., 2019; Nasution dkk., 2021).

Kedua, belum ada pengujian fungsional mesin pirolisis yang dilakukan secara nyata di lapangan, khususnya di wilayah pesisir Tanjung Balai (Harahap dkk., 2022).

Ketiga, belum ada kajian mengenai keberlanjutan dan kelayakan ekonomi sistem pirolisis berbahan bakar biomassa lokal.

Keempat, data empiris tentang karakteristik termal tempurung kelapa secara spesifik dalam konteks reaktor pirolisis plastik belum tersedia (Nasution dkk., 2021).

Kelima, belum ada penelitian yang secara konseptual memadukan solusi atas dua permasalahan limbah sekaligus limbah plastik dan limbah biomassa dalam satu wilayah sebagai pendekatan *wasteto-energy* terpadu.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan melakukan pengujian fungsional mesin pirolisis sampah plastik yang menggunakan sistem pemanas dari tempurung kelapa di Kota Tanjung Balai, Sumatera Utara. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi terpadu yang memanfaatkan dua jenis limbah lokal sekaligus sampah plastik dan tempurung kelapa dalam satu sistem konversi energi yang efisien, berkelanjutan, dan dapat diterapkan oleh masyarakat setempat.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, adapun identifikasi masalah yang ada pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut

1. Meningkatnya volume sampah plastik di Kota Tanjung Balai yang belum tertangani secara optimal.
2. Belum tersedianya teknologi pengolahan sampah plastik yang tepat guna dan mandiri di Tanjung Balai.

3. Limbah tempurung kelapa yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara produktif.
4. Penelitian pirolisis plastik terdahulu masih menggunakan sumber panas berbasis fosil atau listrik

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa pembatasan yang perlu diperhatikan untuk menjaga fokus dan keterukuran hasil yang diperoleh.

1. Sampah plastik yang digunakan sebagai bahan baku pirolisis dibatasi pada jenis plastik yang telah ditentukan sesuai ketersediaan bahan penelitian (HDPE).
2. Sumber panas yang digunakan pada proses pirolisis hanya berasal dari pembakaran tempurung kelapa tanpa menggunakan bahan bakar tambahan lainnya.
3. Pengujian difokuskan pada kinerja mesin pirolisis yang meliputi kemampuan mencapai suhu kerja, kestabilan proses, dan fungsi komponen utama alat.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah mesin pirolisis bekerja sesuai desain yang direncanakan?
2. Apakah setiap komponen mesin bekerja sesuai fungsinya?

3. Bagaimana efektivitas sistem pemanas berbahan bakar tempurung kelapa?
4. Bagaimana hasil produk pirolisis yang diperoleh?
5. Bagaimana hasil residu pembakaran tempurung kelapa yang dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kemampuan sistem pemanas tempurung kelapa dalam mencapai dan mempertahankan suhu kerja optimal reaktor pirolisis plastik selama proses pengujian berlangsung.
2. Mengetahui kesesuaian desain dan rancangan alat dengan kinerja aktual.
3. Mengevaluasi fungsi dan kinerja setiap komponen mesin pirolisis agar dapat diketahui kesesuaiannya dengan desain yang telah dirancang.
4. Menguji waktu yang dibutuhkan mesin pirolisis untuk menyelesaikan satu siklus proses konversi sampah plastik menjadi produk pirolisis menggunakan sistem pemanas tempurung kelapa.
5. Mengevaluasi hasil pengujian fungsional secara keseluruhan untuk menentukan tingkat keberhasilan kinerja mesin pirolisis sampah plastik berbahan bakar tempurung kelapa

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun yang menjadi manfaat dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah:

1. Bagi Mahasiswa

   a. Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya (D3) dari Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Medan.
   b. Menambah wawasan mahasiswa tentang penelitian yang bermanfaat bagi lingkungan sekitar.
   c. Meningkatkan daya kreativitas, inovasi, dan keahlian mahasiswa.
   d. Sebagai sarana penerapan teori dan praktik kerja langsung mahasiswa selama di bangku perkuliahan.
   e. Sebagai proses pembentukan karakter kerja mahasiswa dalam menghadapi persaingan dunia kerja.

2. Bagi Masyarakat

   a. Memberikan solusi nyata terhadap permasalahan sampah plastik di Kota Tanjung Balai.
   b. Diharapkan menjadi alternatif sumber energi bagi masyarakat nelayan, Bahan bakar cair yang dihasilkan dari proses pirolisis sampah plastik dapat dimanfaatkan oleh masyarakat nelayan di Tanjung Balai sebagai bahan bakar alternatif untuk operasional kapal dan mesin tangkap
   c. Meningkatkan nilai ekonomi limbah tempurung kelapa Dengan adanya proses pirolisis menggunakan sistem pemanas tempurung kelapa menjadikan nilai tempurung kelapa meningkat karna dibutuhkan sebagai sistem pemanas, dan hasil dari pembakaran dapat digunakan sebagai bahan pembuatan briket.