

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam hal penyediaan energi yang berkelanjutan. Konsumsi energi di Indonesia masih didominasi oleh energi fosil (minyak bumi, gas bumi, dan batubara), sementara pemanfaatan energi baru dan terbarukan (EBT) masih terbatas. Ketergantungan pada energi fosil ini mengakibatkan dampak negatif seperti menipisnya cadangan energi fosil, ketidakstabilan harga, serta polusi dan emisi gas rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim (Wang & Azam, 2024). Oleh karena itu, diperlukan diversifikasi energi dengan meningkatkan pemanfaatan EBT untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan menciptakan sistem energi yang lebih berkelanjutan.

Data Dewan Energi Nasional (DEN) tahun 2023 menunjukkan bahwa bauran energi primer nasional masih didominasi oleh batubara (40,46%), minyak bumi (30,18%), dan gas bumi (16,28%), sedangkan kontribusi EBT hanya sebesar 13,09% (KESDM, 2024). Untuk sektor rumah tangga, penggunaan bahan bakar untuk memasak di Indonesia juga masih didominasi oleh bahan bakar fosil, yaitu LPG (86,91%), menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2023. Penggunaan kayu bakar (9,82%) dan arang/briket (0,04%) juga masih cukup signifikan, yang berkontribusi terhadap pencemaran udara dan gangguan kesehatan. Kayu bakar merupakan salah satu sumber energi tradisional yang banyak digunakan, terutama di daerah pedesaan untuk keperluan memasak (F. Chen *et al.*, 2023). Pembakaran bahan bakar biomassa seperti kayu bakar yang tidak sempurna dapat menghasilkan emisi berbahaya seperti partikulat, karbon monoksida, dan senyawa organik volatil (Singh *et al.*, 2023).

Kegiatan memasak di Indonesia, khususnya di pedesaan, masih banyak menggunakan tungku tradisional dengan pembakaran terbuka (*open burning*). Sebagian besar penggunaan biomassa dilakukan menggunakan tungku tradisional dengan pembakaran langsung secara terbuka yang tidak efisien. Di negara berkembang, tungku-tungku tradisional ini menghabiskan biomassa berlebih,

dikarenakan perpindahan panas yang tidak efisien. Selain efisiensi energi yang rendah, pembakaran terbuka menimbulkan emisi polutan seperti CO, H₂S, NO_x, SO_x dan partikel debu. Berbagai riset kesehatan juga menunjukkan adanya hubungan erat antara asap yang dihasilkan dari dapur dengan berbagai macam penyakit, terutama di negara berkembang. Beberapa persoalan kesehatan yang berkaitan dengan asap dari tungku dapur meliputi: infeksi saluran pernafasan, bronkitis kronik, asma, hingga *tuberculosis* atau TBC (Haryanto & Triyono, 2012). Oleh karena itu, diperlukan pengembangan bahan bakar alternatif dari biomassa sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan energi dan lingkungan.

Indonesia sebagai negara agraris memiliki potensi biomassa yang melimpah, namun pemanfaatannya belum optimal. Salah satu jenis biomassa yang belum banyak dimanfaatkan adalah cangkang kakao. Indonesia merupakan salah satu produsen kakao terbesar di dunia. Pada tahun 2023, total produksi kakao di Indonesia mencapai 632,12 ribu ton (Badan Pusat Statistik, 2024), dengan Sumatera Barat sebagai salah satu sentra produksinya. Luas lahan perkebunan kakao di Sumatera Barat mencapai 61.314,56 ha (BPS, 2025). Komponen limbah buah kakao yang terbesar berasal dari kulit buahnya atau *pod* kakao, yaitu sebesar 75% dari total buah (Ashadi, 1998). Jika dilihat dari data produksi kakao di Indonesia yang mencapai 632,12 ribu ton/tahun, maka limbah kulit kakao yang dihasilkan sebesar 474,09 ribu ton/tahun. Limbah cangkang kakao yang dihasilkan dari proses pengolahan biji kakao umumnya belum dimanfaatkan secara optimal dan dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Purwandari *et al.*, (2022), cangkang kakao memiliki kandungan selulosa sekitar 23-54%, lignin sekitar 25-39%, dan hemiselulosa sekitar 18,90%. Kandungan lignin yang tinggi berpotensi menghasilkan nilai kalor yang tinggi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biopelet. Biopelet adalah bahan bakar biomassa yang dipadatkan dan memiliki nilai kalor yang tinggi. Pemanfaatan cangkang kakao sebagai biopelet untuk bahan bakar pada tungku biomassa *Top-Lit Up Draft* (TLUD) dapat menjadi solusi inovatif dalam mengatasi permasalahan energi dan lingkungan. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan nilai guna limbah cangkang kakao dan memberikan alternatif bahan bakar yang ramah lingkungan.

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah cangkang kakao menjadi biopelet telah dilakukan oleh Damayanti *et al.*, (2017), yang meneliti tentang karakteristik biopelet cangkang kakao berdasarkan parameter proksimat dan nilai kalor. Hasil penelitiannya menunjukkan biopelet cangkang kakao pada perlakuan optimal dengan ukuran 20 *mesh* dan penambahan perekat tepung tapioka 20% memiliki kadar air 3,52%, kadar abu 6,99%, densitas 0,87 g/cm³, dan nilai kalor 3.090,1 kkal/kg. Sementara itu, Martynis *et al.*, (2012) melaporkan bahwa biobriket berbahan cangkang kakao memiliki nilai kadar air 5,63%, kadar abu 1,15%, dan nilai kalor 4.395,67 kkal/kg. Ini menunjukkan cangkang kakao memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

Penelitian mengenai kinerja tungku biomassa TLUD juga telah dilakukan oleh Suhartono *et al.* (2018) dengan mengevaluasi performa tungku biomassa berdasarkan parameter konsumsi spesifik bahan bakar, efisiensi pembakaran, dan efisiensi termal dengan bahan bakar biomassa mentah yang dipotong menjadi ukuran lebih kecil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tungku biomassa yang diuji memiliki nilai konsumsi spesifik bahan bakar 0,57 kg/jam, efisiensi pembakaran 98,2%, dan efisiensi termal 27%. Selain itu, hasil pembakaran menunjukkan nilai *Particulate Matter* 2,5 (PM_{2,5}) sebesar 0,9 g/kg, CO sebesar 39,97 g/kg, dan rasio CO/CO₂ sebesar 0,018. Penelitian tersebut menegaskan bahwa kinerja tungku biomassa tidak hanya dipengaruhi oleh desain tungku, tetapi juga sangat bergantung pada karakteristik bahan bakar yang digunakan, sehingga diperlukan pengujian lebih lanjut terhadap bahan bakar biomassa terolah seperti biopelet.

Meskipun beberapa penelitian tentang biopelet cangkang kakao dan tungku biomassa TLUD telah dilakukan sebelumnya, namun pengujian kinerja tungku biomassa TLUD berbahan bakar biopelet cangkang kakao masih terbatas dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan data dan informasi ilmiah mengenai potensi biopelet cangkang kakao sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan efisien. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan energi terbarukan di Indonesia, khususnya di Sumatera Barat.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah menguji kinerja tungku biomassa TLUD berbahan bakar biopelet cangkang kakao melalui pengukuran emisi $PM_{2,5}$, CO, dan CO_2 .

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis kualitas biopelet cangkang kakao dengan variasi penambahan perekat tepung tapioka 20% dan tanpa perekat berdasarkan SNI 8675:2018 tentang Pelet Biomassa Untuk Energi.
2. Mengukur dan membandingkan emisi $PM_{2,5}$, CO, dan CO_2 serta laju konsumsi bahan bakar dari pembakaran dua variasi biopelet cangkang kakao pada tungku biomassa TLUD.
3. Mengevaluasi kinerja tungku biomassa TLUD dalam membakar biopelet cangkang kakao berdasarkan SNI 7926:2013 tentang Kinerja Tungku Biomassa.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi ilmiah tentang karakteristik dan potensi biopelet cangkang kakao sebagai bahan bakar alternatif serta menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya mengenai pemanfaatan limbah cangkang kakao.
2. Memberikan alternatif solusi dalam mengatasi permasalahan limbah cangkang kakao dan ketergantungan pada bahan bakar fosil.
3. Menjadi sumber informasi bagi pemerintah dan masyarakat, khususnya petani kakao di Sumatera Barat mengenai potensi cangkang kakao sebagai bahan bakar alternatif.
4. Mendorong inovasi dan penerapan teknologi tepat guna di bidang energi terbarukan dan pengolahan limbah biomassa.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini meliputi:

1. Objek penelitian ini adalah emisi $PM_{2,5}$, CO, dan CO_2 dari pembakaran biopelet cangkang kakao pada tungku biomassa TLUD.

2. Lokasi penelitian meliputi:
 - a. Pembuatan biopelet cangkang kakao di Pusat Pengolahan Sampah Terpadu (PPST) Universitas Andalas.
 - b. Pengujian kualitas biopelet dilakukan di Laboratorium Buangan Padat, Departemen Teknik Lingkungan, Universitas Andalas.
 - c. Pengujian emisi dan laju konsumsi bahan bakar dilakukan di salah satu ruangan di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
 - d. Pengujian nilai kalor dan kadar sulfur biopelet dilakukan di Laboratorium Dasar dan Sentral, Universitas Andalas.
3. Alat dan Bahan:
 - a. Cangkang kakao yang digunakan berasal dari perkebunan masyarakat di Kabupaten Solok, Sumatera Barat.
 - b. Tepung tapioka digunakan sebagai bahan perekat dalam pembuatan biopelet.
 - c. Tungku biomassa yang digunakan adalah tungku biomassa tipe *Top-Lit Up Draft* (TLUD).
4. Metode penelitian antara lain:
 - a. Terdapat dua variasi biopelet cangkang kakao yaitu dengan penambahan bahan perekat tepung tapioka sebanyak 20% dan tanpa penambahan bahan perekat.
 - b. Pengujian kualitas biopelet mengacu pada SNI 8675:2018 tentang Pelet Biomassa Untuk Energi.
 - c. Pengujian emisi dan kinerja tungku biomassa TLUD mengacu pada SNI 7926:2013 tentang Kinerja Tungku Biomassa.
 - d. Analisis data melalui perhitungan statistik deskriptif dan uji komparatif berupa uji t.
5. Parameter yang diukur sebagai berikut:
 - a. Kualitas biopelet: densitas, kadar air, kadar zat terbang, kadar abu, kadar karbon tetap, nilai kalor, dan kadar sulfur.
 - b. Emisi pembakaran: konsentrasi PM_{2,5}, CO, dan CO₂.

- c. Kinerja tungku biomassa: konsumsi spesifik bahan bakar, efisiensi pembakaran, dan efisiensi termal.
- 6. Penelitian ini tidak membahas aspek ekonomi dan sosial dari pemanfaatan biopellet cangkang kakao.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang literatur yang berkaitan dengan penulisan Tugas Akhir sebagai landasan teori yang mendukung penelitian dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, metode sampling, metode analisis, serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan uraian hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan metode penelitian dan dilengkapi dengan analisis pembahasannya. Hasil analisis berupa data kualitas biopellet, data emisi pembakaran, dan data kinerja tungku biomassa.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari pembahasan hasil penelitian yang telah dijelaskan.