BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara agraris yang menghasilkan berbagai komoditas pertanian, seperti padi, jagung, kelapa sawit, dan sayuran. Aktivitas pertanian dan pengolahan hasil agroindustri menghasilkan biomassa dalam jumlah yang relatif besar. Apabila biomassa tersebut tidak dikelola dan dimanfaatkan secara optimal, keberadaannya dapat menjadi limbah yang memiliki nilai guna rendah serta berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai guna biomassa sekaligus mengurangi permasalahan limbah adalah melalui proses karbonisasi. Proses karbonisasi merupakan salah satu metode konversi termokimia yang dapat mengubah biomassa menjadi produk yang memiliki nilai guna lebih tinggi. Proses ini menghasilkan beberapa fraksi produk, yaitu produk padat berupa *bio-char,* produk cair berupa *bio-oil* dan produk gas berupa gas hasil pirolisis. Di antara produk tersebut, *bio-char* merupakan salah satu produk utama yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, khususnya sebagai material pembenah tanah dan sebagai salah satu media dalam pengelolaan karbon (Setiawan dkk., 2022).

Bio-char adalah material padat kaya karbon yang dihasilkan melalui proses konversi termokimia biomassa pada kondisi oksigen terbatas. Proses karbonisasi menyebabkan komponen volatil dalam biomassa mengalami dekomposisi dan terlepas, sehingga menghasilkan residu padat dengan kandungan karbon yang relatif lebih tinggi dibandingkan bahan baku awal. Secara umum, *Bio-char* memiliki struktur berpori dan karakteristik fisik yang berbeda dari biomassa asalnya. *Bio-char* dapat dimanfaatkan sebagai pembenah tanah karena struktur porinya dapat mendukung retensi air dan unsur hara, serta berpotensi berkontribusi terhadap penyimpanan karbon dalam tanah sehingga membantu mengurangi pelepasan karbon ke atmosfer (Elisabet dkk, 2020).

Perubahan iklim global menjadi salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh masyarakat dunia saat ini. Kenaikan suhu global terjadi dengan laju yang

semakin sulit diprediksi, gas karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), serta oksida nitrogen (Nox), merupakan penyebab utama terjadinya efek rumah kaca. Emisi gas-gas tersebut dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil dan biomassa, serta dari proses dekomposisi bahan organik yang terdapat di permukaan maupun di dalam tanah. Penerapan karbon dalam bentuk *bio-char* dinilai mampu mengatasi beberapa keterbatasan tersebut sekaligus menyediakan alternatif tambahan dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Dibandingkan dengan bahan organik lain seperti kompos atau pupuk kandang, *bio-char* memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam menahan unsur hara dan meningkatkan ketersediaannya bagi tanaman (Elisabet dkk, 2020).

Selama ini, limbah pertanian umumnya hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak, bahan bakar memasak atau dibiarkan begitu saja sebagai limbah, sehingga pemanfaatannya belum dilakukan secara optimal. Pembuatan alat *retort kiln* untuk membuat *bio-char* berbahan baku limbah organik dinilai sangat tepat, terutama jika didukung oleh pola kemitraan yang telah berkembang selama ini. Rendahnya pemanfaatan arang limbah pertanian oleh masyarakat sekitar disebabkan oleh terbatasnya pengetahuan serta minimnya penguasaan teknologi sederhana dalam pengolahan limbah biomassa menjadi *bio-char* . Pengolahan *bio-char* dapat dilakukan melalui proses pirolisis, yaitu dekomposisi termal biomassa pada kondisi minim oksigen (tanpa pembakaran).

Pembuatan *bio-char* dari limbah biomassa ini dapat dilakukan dengan cara sederhana hingga cara yang modern. Proses pengolahan *bio-char* dengan cara modern menghasilkan kualitas *bio-char* yang lebih baik daripada pengolahan dengan cara yang sederhana. Untuk proses pengolahan *bio-char* dengan cara modern memerlukan peralatan dan keterampilan khusus sehingga membutuhkan biaya yang lebih mahal dibandingkan dengan pengolahan dengan cara yang sederhana. Pengolahan *bio-char* dengan cara sederhana memiliki kelemahan dan kelebihan, kelemahannya adalah saat proses pembakaran tidak dapat terolah secara merata, sehingga hasilnya abu, dan bahan baku yang masih mentah. Sementara itu kelebihan dalam pengolahan *bio-char* secara sederhana adalah penggunaan biaya

yang murah dan dapat dipraktikkan oleh semua petani tanpa menggunakan peralatan dan keterampilan khusus (Anggraini dkk, 2020).

Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi terbarukan menjadi isu strategis dalam mendukung agenda transisi energi. Namun, proses karbonisasi konvensional yang menggunakan tungku tradisional masih menghadapi berbagai kendala, seperti durasi karbonisasi yang relatif lama, tingginya kebutuhan bahan bakar, serta dampak lingkungan yang merugikan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, teknologi tungku *retort* dikembangkan dengan keunggulan berupa pengendalian suhu yang lebih optimal, peningkatan efisiensi energi, serta penurunan emisi gas berbahaya (Setiawan dkk., 2025).

Retort kiln merupakan salah satu teknologi modern yang dimanfaatkan untuk pengolahan biomassa melalui proses pirolisis. Pirolisis adalah proses penguraian termal biomassa yang berlangsung dalam kondisi minim atau tanpa oksigen, sehingga menghasilkan produk berupa *bio-char* , *bio-oil*, dan gas. Teknologi *retort kiln* memiliki sejumlah keunggulan, antara lain efisiensi konversi energi yang tinggi, fleksibilitas dalam mengolah berbagai jenis biomassa, serta tingkat emisi yang lebih rendah dibandingkan metode pembakaran konvensional (Zamzuar, 2025).

Perkembangan teknologi yang semakin pesat pada era saat ini menuntut mahasiswa untuk berperan aktif dan berinovasi dalam menghasilkan produk yang berkualitas. Kondisi ini mendorong berbagai pihak untuk saling bersaing dalam menciptakan maupun mengembangkan teknologi dari peralatan yang memiliki fungsi serupa, namun lebih efisien dan ekonomis. Salah satu contohnya adalah pengembangan alat *retort kiln* untuk mengkonversi limbah biomassa menjadi *bio-char* dan *bio-oil*. Pemanfaatan limbah organik sebagai salah satu sumber energi alternatif dinilai memiliki prospek yang menjanjikan di masa depan. Proses daur ulang limbah biomassa memberikan dua manfaat utama. Pertama, dapat menekan jumlah limbah pertanian yang dihasilkan. Kedua, proses ini mampu menghasilkan *bio-char* sebagai pembenah tanah alami dan asap cair sebagai insektisid yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap pupuk

yang mengandung bahan kimia yang mampu merusak tanah (MatienatulIemaaniah dkk., 2023).

Penelitian terdahulu telah dikembangkan *retort kiln* dengan sistem pembakaran menggunakan oli bekas dan konfigurasi pipa tunggal (single pipe) (Pahlawan, 2023). Namun, sistem tersebut menunjukkan kinerja yang kurang optimal, yang ditandai dengan proses pengarangan bahan baku yang tidak merata. Selain itu, penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar menimbulkan permasalahan lingkungan, khususnya berupa emisi asap hitam yang pekat akibat residu pembakaran, sehingga berpotensi mencemari udara (Febriana dkk., 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi desain dan meningkatkan kinerja *retort kiln* agar lebih mudah dalam pengoperasian alat serta memiliki efisiensi pembakaran yang lebih baik dengan judul Modifikasi Desain dan Fabrikasi *Retort kiln* Berkapasitas 180 liter yang dilengkapi dengan *Burner* Pelet Biomassa. Modifikasi dilakukan dengan mengganti sistem pembakaran oli bekas menjadi *burner* pelet biomassa sebagai sumber energi panas, serta menerapkan variasi cerobong pembakaran ganda untuk meningkatkan distribusi panas dan aliran gas buang. Diharapkan modifikasi ini dapat menghasilkan proses pengarangan yang lebih merata, mengurangi emisi polutan, serta meningkatkan efisiensi termal sistem.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana desain *retort kiln* yang mampu membuat arang biomassa secara lebih merata?
2. Bagaimana mengintegrasikan sistem pembakaran *burner* pelet biomassa sebagai suplai energi termal ke alat *retort kiln* ?
3. Bagaimana proses fabrikasi dari hasil modifikasi desain *retort kiln*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Memodifikasi desain *Retort kiln* kapasitas 180 liter yang dilengkapi dengan *burner* pelet biomassa

2. Mengimplementasi sistem pembakaran *burner* pelet biomassa sebagai suplai energi termal pada *retort kiln*
3. Memfabrikasi dan mengevaluasi kinerja alat *retort kiln* berdasarkan hasil modifikasi desain.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan dapat diselesaikan secara sistematis, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada modifikasi desain dan proses fabrikasi *retort kiln* dengan kapasitas reaktor 180 liter.
2. Kajian hanya mencakup desain konstruksi dan tahapan fabrikasi *retort kiln*.
3. Pengujian kinerja dibatasi pada kemampuan *retort kiln* yang dilengkapi *burner* pelet biomassa untuk proses karbonisasi, tanpa analisis lanjutan terhadap emisi gas buang.

1.5 Manfaat Peneliti

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan keterampilan dalam bidang ilmu manufaktur, khususnya yang berkaitan dengan perancangan, pengelasan, dan proses permesinan.
2. Mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang manufaktur dalam kegiatan fabrikasi serta pengembangan alat *retort kiln*.
3. Menghasilkan alat yang berpotensi digunakan dalam produksi arang aktif dan gas cair, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.