

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan tanaman rimpang yang banyak dimanfaatkan dalam industri obat-obatan, baik modern maupun tradisional. Selain perannya sebagai bumbu dapur, jahe juga dikenal luas sebagai bahan utama dalam berbagai ramuan herbal yang berfungsi untuk meningkatkan sistem imun, meredakan peradangan, mengatasi batuk, mempercepat penyembuhan luka, serta mengurangi reaksi alergi akibat gigitan serangga (Munadi, 2020). Efektivitas farmakologis jahe sebagian besar disebabkan oleh kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, gingerol, shogaol, dan oleoresin, yang dapat diekstraksi untuk menghasilkan minyak atsiri (Suharto *et al.*, 2019). Minyak atsiri jahe didominasi oleh senyawa terpenoid dan monoterpen. Monoterpen memiliki sifat khas, seperti berbentuk cairan tidak berwarna, tidak larut dalam air, dan beraroma kuat. Salah satu metode umum untuk mengekstraksi minyak atsiri adalah hidrodistilasi, yaitu proses perebusan bahan baku bersama pelarut untuk menghasilkan minyak. Metode ini banyak digunakan karena prosedurnya sederhana, mampu menghasilkan minyak berkualitas tinggi, dan dinilai lebih ramah lingkungan dibanding metode lain (Iskandar *et al.*, 2023). Namun, proses ini juga menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar berupa ampas rimpang jahe, yang belum banyak dimanfaatkan secara optimal (Siswantito *et al.*, 2023).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia memproduksi sekitar 247,34 ribu ton jahe pada tahun 2022. Sayangnya, tingginya produksi tersebut tidak diiringi dengan peningkatan harga jual, sehingga mendorong para petani untuk meningkatkan nilai tambah produk melalui ekstraksi minyak atsiri. Jahe merah diketahui memiliki kandungan minyak atsiri paling tinggi, yaitu berkisar antara 2,58–3,72%, dibandingkan dengan jahe putih besar (0,82–1,68%) dan jahe putih kecil atau emprit (1,5–3,3%) (Iskandar *et al.*, 2023). Seiring meningkatnya produksi minyak atsiri, volume limbah dari proses hidrodistilasi pun ikut meningkat. Saat ini, limbah tersebut umumnya hanya dibuang ke tempat pembuangan, dibakar, atau digunakan sebagai pakan ternak dengan nilai ekonomi rendah. Salah satu upaya pemanfaatan limbah telah dilakukan yaitu penggunaannya sebagai adsorben dalam pengolahan air limbah. Namun demikian, pemanfaatan limbah jahe di sektor industri masih terbatas, khususnya dalam konteks valorisasi, yaitu pengolahan limbah menjadi produk bernilai seperti bahan kimia, material fungsional, atau energi dalam bidang bioenergi (Gao *et al.*, 2021).

Peningkatan kebutuhan energi global terjadi secara signifikan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan laju pertumbuhan penduduk (Hu *et al.*, 2023). Selama ini, pemenuhan kebutuhan energi masih didominasi oleh bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara. Ketergantungan yang tinggi terhadap sumber daya tak terbarukan ini menyebabkan cadangannya semakin menipis dan menimbulkan kekhawatiran akan krisis energi di masa depan (Alnavis *et al.*, 2024). Sebagai respons terhadap isu tersebut, berbagai upaya dilakukan untuk mengembangkan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan, ramah lingkungan, dan berkelanjutan secara ekonomi. Energi terbarukan mengacu pada energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbarui secara alami dalam waktu relatif singkat, sehingga penggunaannya tidak menyebabkan kelangkaan dalam jangka panjang (Syahid *et al.*, 2024). Indonesia sendiri memiliki potensi energi terbarukan yang sangat besar, termasuk energi panas bumi, tenaga surya, air, laut, dan bioenergi (Azhar & Satriawan, 2018). Di antara berbagai jenis energi terbarukan tersebut, bioenergi menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan karena berbasis bahan organik yang melimpah dan mudah diakses.

Bioenergi merupakan bentuk energi yang diperoleh dari material biologis atau bahan organik yang berasal dari organisme hidup, baik dalam bentuk produk utama maupun limbah sisa. Jenis bioenergi terbagi menjadi tiga kategori utama, yaitu biofuel (seperti biodiesel dan bioetanol), biogas, dan biomassa padat seperti serpihan kayu, residu pertanian, maupun biobriket (Dermawan *et al.*, 2025). Biomassa padat khususnya menarik perhatian karena dapat berasal dari limbah pertanian yang sebelumnya tidak memiliki nilai ekonomi tinggi. Salah satu contohnya adalah limbah padat hasil proses hidrodistilasi jahe, yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai bahan baku biobriket.

Produksi biobriket dari limbah biomassa menjadi solusi strategis dalam menangani dua isu utama sekaligus, yaitu pengelolaan limbah pertanian dan penyediaan energi alternatif. Penggunaan limbah sebagai bahan bakar padat tidak hanya mengurangi beban lingkungan akibat akumulasi limbah, tetapi juga membantu menurunkan emisi gas rumah kaca (Zhang *et al.*, 2018). Untuk meningkatkan efisiensi energi, biomassa perlu diproses melalui tahapan tertentu, salah satunya adalah pirolisis, yaitu proses termokimia yang memanaskan biomassa pada suhu tinggi dalam kondisi minim oksigen. Proses ini mengubah biomassa menjadi fraksi padat (*biochar*), cair, dan gas, serta menghilangkan komponen volatil, sehingga menghasilkan bahan bakar padat dengan kandungan karbon dan energi yang lebih tinggi (Babinszki *et al.*, 2021). Selain menghasilkan bahan bakar yang lebih efisien, biobriket memiliki keunggulan dalam hal bentuk

yang seragam, memudahkan proses penyimpanan, pengemasan, dan distribusi (Sulistyaningkartti & Utami, 2017). Salah satu parameter utama dalam menilai kualitas biobriket adalah nilai kalor, yaitu jumlah energi panas yang dihasilkan saat bahan bakar dibakar. Semakin tinggi nilai kalor, semakin tinggi pula efisiensi dan mutu dari biobriket tersebut (Demisu & Mulye, 2024). Oleh karena itu, pemanfaatan limbah jahe sebagai bahan baku biobriket tidak hanya menjadi bentuk inovasi dalam pengelolaan limbah, tetapi juga berkontribusi dalam menyediakan sumber energi terbarukan yang bernilai tinggi.

Dalam proses produksi briket, kualitas produk akhir tidak hanya ditentukan oleh jenis limbah biomassa yang digunakan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh pemilihan jenis dan konsentrasi bahan perekat yang tepat. Salah satu perekat yang umum digunakan adalah tepung, karena mudah diperoleh, bersifat ramah lingkungan, serta memiliki kemampuan untuk membentuk ikatan yang kuat dan stabil antar partikel biomassa (Junardi *et al.*, 2024). Secara prinsip, proses perekatan pada briket melibatkan pengikatan dua atau lebih partikel melalui gaya adhesi permukaan, yang seringkali bergantung pada gaya ikat air yang terdapat pada bahan perekat dan permukaan biomassa. Apabila komposisi antara perekat dan biomassa tidak seimbang, hasil cetakan briket dapat menjadi terlalu kering dan rapuh, sehingga mudah hancur saat penanganan atau pembakaran (Yana *et al.*, 2022).

Pemilihan jenis perekat dan konsentrasi penggunaannya berperan penting dalam menentukan mutu briket yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dalam penelitian Mahadi *et al.* (2023), yang mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi campuran perekat tepung kanji dan tepung sagu terhadap kualitas briket berbahan limbah kulit kolang-kaling (*Arenga pinnata* Merr.). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi tepung kanji (tapioka) berkontribusi terhadap peningkatan kandungan air, nilai kalor, dan kerapatan briket. Sebaliknya, peningkatan penggunaan tepung sagu cenderung meningkatkan kandungan abu, yang berpengaruh terhadap efisiensi pembakaran. Tepung sebagai bahan perekat bekerja secara efektif karena kandungan pati di dalamnya, yang berfungsi sebagai pengikat alami antar partikel biomassa. Hal ini juga diperkuat dalam penelitian oleh Cholilie & Zuari (2021), yang menyelidiki pengaruh variasi jenis perekat terhadap kualitas biobriket berbahan dasar serabut dan tandan buah lontar (*Borassus flabellifer* L.). Penelitian ini menggunakan tiga jenis tepung perekat, yaitu tepung tapioka, sagu, dan maizena (tepung jagung) dengan konsentrasi yang sama, yakni 20%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jenis perekat memengaruhi laju pembakaran briket. Biobriket dengan perekat maizena memiliki waktu

pembakaran paling lambat, dengan laju pembakaran sebesar 0,116 gram/menit, yang mengindikasikan tingkat pembakaran yang stabil dan tahan lama. Sementara itu, perekat tapioka menghasilkan laju pembakaran tercepat sebesar 0,147 gram/menit, dan perekat sagu menunjukkan laju pembakaran sebesar 0,135 gram/menit. Perbedaan ini menunjukkan bahwa karakteristik kimia dan fisik dari masing-masing jenis tepung perekat memengaruhi performa pembakaran serta kualitas briket yang dihasilkan.

Penelitian ini memanfaatkan limbah padat dari proses distilasi minyak atsiri jahe, khususnya residu rimpang jahe, sebagai bahan baku biomassa dalam pembuatan briket. Pemanfaatan biomassa sebagai komponen utama dalam produksi briket menawarkan sejumlah keunggulan, salah satunya adalah sifatnya yang lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar fosil. Keunggulan ini disebabkan oleh karakteristik biomassa yang umumnya tidak mengandung senyawa berbahaya bagi kesehatan manusia maupun lingkungan, sehingga menjadikannya sebagai alternatif energi yang berkelanjutan dan aman secara ekologis (Dewi *et al.*, 2022). Penggunaan limbah padat dari pengolahan minyak atsiri ini diharapkan dapat digunakan sebagai energi alternatif pengganti bahan bakar fosil yang lebih murah, sumber bahan baku yang melimpah, serta memiliki kualitas pembakaran yang baik. Pemanfaatan biomassa dari limbah padat pengolahan minyak jahe menjadi biobriket ini akan menjadi nilai tambah *scientific* dan ekonomi serta sebagai upaya pengendalian pencemaran limbah padat di lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah padat hasil penyulingan minyak atsiri jahe melalui pembuatan biobriket sebagai alternatif material penyimpan energi. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi pengaruh jenis dan variasi konsentrasi perekat terhadap karakteristik biobriket, guna memetakan efektivitas penggunaan perekat dalam formulasi biobriket.

Variasi perekat yang digunakan dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan Gambaran mengenai pengaruh jenis dan konsentrasi perekat terhadap karakteristik biobriket, seperti kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, nilai kalor, densitas, kuat tekan dan laju pembakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi interaksi antara jenis perekat dan konsentrasinya, guna memetakan efektivitas penggunaan perekat terhadap kualitas biobriket yang dihasilkan. Karena pada setiap tepung mengandung amilosa dan amilopektin dalam pati yang berbeda-beda.

1.2 Rumusan Masalah

Peningkatan kebutuhan energi terjadi secara signifikan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan laju pertumbuhan penduduk. Sumber energi utama

yang masih banyak digunakan hingga saat ini berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Ketergantungan terhadap sumber daya tak terbarukan ini menyebabkan cadangannya semakin menipis dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, diperlukan alternatif energi yang bersifat terbarukan, ramah lingkungan, serta ekonomis guna menjawab tantangan keberlanjutan energi. Salah satu indikator penting dalam menilai kualitas briket sebagai bahan bakar alternatif adalah nilai kalor. Nilai kalor yang tinggi menunjukkan efisiensi pembakaran yang lebih baik dan mutu briket yang lebih unggul. Peningkatan nilai kalor briket dapat dicapai melalui penggunaan bahan perekat yang tepat. Dalam penelitian ini, beberapa jenis tepung seperti tepung tapioka, tepung beras, tepung sagu, dan tepung jagung digunakan sebagai bahan perekat. Tepung tapioka terbukti mampu meningkatkan nilai kalor, kadar air, dan kerapatan briket, sedangkan penggunaan tepung sagu cenderung meningkatkan kandungan abu dalam briket (Mahadi *et al.*, 2023). Sumber bahan baku biomassa dalam penelitian ini berasal dari limbah padat hasil proses ekstraksi minyak atsiri jahe. Proses ekstraksi tersebut tidak hanya menghasilkan minyak atsiri, tetapi juga menghasilkan residu padat berupa ampas rimpang jahe yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku briket. Selain itu konsentrasi perekat yang digunakan juga mempengaruhi kualitas biobriket. Dengan bertambahnya konsentrasi dapat menurunkan nilai kalor biobriket (Bazenet *et al.*, 2021). Oleh karena itu dibutuhkan pengolahan limbah biomassa menjadi biobriket melalui pemanfaatan limbah rimpang jahe untuk mengetahui karakteristik biobriket berdasarkan jenis dan konsentrasi perekat.

Dari penjelasan diatas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah limbah rimpang jahe merah dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biobriket?
2. Bagaimana pengaruh jenis perekat (tepung tapioka, tepung beras, tepung sagu, dan tepung jagung) dan variasi konsentrasi perekat berdasarkan analisis proksimat (kadar air, kadar abu, kadar zat terbang), nilai kalor, densitas, kuat tekan dan laju pembakaran dari biobriket rimpang jahe merah?
3. Bagaimana perubahan karakteristik bahan baku, biochar dan biobriket berdasarkan analisis morfologi permukaan menggunakan SEM-EDS, analisis gugus fungsi dengan FTIR, analisis kandungan karbon, hidrogen dan nitrogen menggunakan CHN *analyzer*, serta higroskopisitasnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka, tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menilai potensi limbah rimpang jahe merah sebagai bahan baku untuk pembuatan biobriket.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan berbagai jenis perekat (tepung tapioka, tepung beras, tepung sagu, dan tepung jagung) terhadap kualitas biobriket yang dibuat dari limbah rimpang jahe merah berdasarkan analisis proksimat (kadar air, kadar abu, kadar zat terbang), nilai kalor, densitas, kuat tekan dan laju pembakaran
3. Menganalisis perubahan sifat fisikokimia (*physicochemical properties*) dari bahan baku, biochar, dan biobriket rimpang jahe merah melalui karakterisasi morfologi permukaan menggunakan SEM-EDS, analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, kandungan karbon, hidrogen, dan nitrogen dengan CHN analyzer, serta pengujian higroskopisitas

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengurangi limbah padat serta mengembangkan pemanfaatan rimpang jahe merah.
2. Memetakan pengaruh jenis dan konsentrasi tepung sebagai bahan perekat dalam meningkatkan kualitas biobriket dari limbah rimpang jahe, guna mendukung pemanfaatannya sebagai material konversi dan penyimpan energi alternatif.