

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia yang terus meningkat terhadap sumber daya, khususnya di sektor industri dan transportasi telah memberikan tekanan yang signifikan terhadap ketersediaan energi dan kelestarian lingkungan. Energi menjadi kebutuhan yang sangat vital bagi masyarakat, termasuk dalam sektor transportasi, ekonomi, pendidikan, kesehatan, dan pertanian. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik), konsumsi energi pada tahun 2022 tercatat sebesar 6.914.802 terajoule (TJ), yang merupakan peningkatan sebesar 45,0% dibandingkan tahun 2021. Konsumen utama pada tahun 2021 adalah sektor industri, dengan sektor konstruksi menyumbang 3.691.993 TJ atau sekitar 53,4% dari total konsumsi energi akhir. Kelompok konsumen terbesar berikutnya adalah sektor perumahan yang menyumbang 1.554.160 TJ (22,5%), diikuti oleh sektor transportasi sebesar 1.263.435 TJ (18,3%), dan sektor lainnya, termasuk bisnis, yang menyumbang 385.111 TJ (5,6%) (Neraca Energi Indonesia, 2023).

Saat ini sumber energi utama negara berasal dari bahan bakar fosil seperti batu bara, gas alam, dan minyak bumi. Penggunaan energi fosil semakin meningkat karena pertumbuhan penduduk di Indonesia, sehingga energi yang tersedia terbatas. Jika hal ini terus berlanjut, generasi mendatang akan mengalami penurunan jumlah bahan bakar yang digunakan sebagai energi.

Di sisi lain, keputusan pemerintah untuk membatasi penggunaan sumber energi alternatif dapat menyebabkan kesenjangan yang semakin besar di masa mendatang. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang spesifik dan dapat diterapkan, baik dari masyarakat umum maupun dari pemerintah, guna mengimbangi sebagian kehilangan energi yang tersimpan. Penurunan produksi bahan bakar fosil khususnya dalam produksi gas alam serta komitmen global untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dari sektor permukiman, mendorong pemerintah untuk meningkatkan produksi energi terbarukan dan secara konsisten meluncurkan berbagai inisiatif baru sebagai bagian dari upaya mengatasi kemiskinan dan

pemborosan energi. Menurut Keputusan Presiden No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, tujuan energi baru diperkirakan sekitar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Indonesia memiliki potensi energi baru yang signifikan untuk memenuhi tujuan primer bauran energi (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019).

Permintaan energi nasional diperkirakan akan meningkat 1,8 kali lipat atau setara dengan 238,8 juta kilowatt pada tahun 2050. Target kebijakan pemerintah sesuai dengan Keputusan Presiden No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional pertumbuhan ekonomi dan populasi Indonesia yang signifikan. PDB (Produk Domestik Bruto) Indonesia diperkirakan akan meningkat sebesar 5,6% setiap tahun dan pertumbuhan penduduk rata-rata sebesar 0,8% setiap tahun hingga 2050. Oleh karena itu, diharapkan bahwa beberapa jenis energi terbarukan, termasuk energi biomassa, memiliki kemampuan untuk berfungsi sebagai energi transisi menuju target yang ditetapkan. Proses beralih dari sumber energi fosil ke sumber energi terbarukan dikenal sebagai "transisi energi sendiri". Dalam proses ini, industri energi di seluruh dunia akan mencapai tingkat emisi karbon nol (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019).

Menurut Primadanty (2023), Salah satu sumber energi baru dan terbarukan dengan potensi yang sangat besar adalah biomassa. Energi biomassa merupakan salah satu sumber energi organik yang dihasilkan melalui proses pengolahan alami. Energi biomassa ini diperoleh dari material-material organik yang pada umumnya mengandung kadar air sebanyak 80-90%. Ketika kadar air dalam material organik tersebut telah mengering, maka senyawa hidrokarbon akan terbentuk dengan kadar yang tinggi. Hidrokarbon inilah yang kemudian menjadi potensi sumber energi biomassa. Sirait (2018) lebih lanjut menjelaskan salah satu jenis biomassa yang memiliki potensi besar adalah rumput gajah (*Pennisetum purpureum*), rumput ini terkenal dengan produktivitasnya yang tinggi, kemudahan hidup, dan kemampuannya berkembang dengan cepat dalam berbagai kondisi lingkungan. Selain itu, rumput gajah juga sangat potensial digunakan sebagai sumber bioenergi karena tergolong tumbuhan C4 yang mempunyai produktivitas biomassa tinggi (67-93 ton/ha/tahun) dan tidak bersaing dengan kebutuhan pangan manusia. Namun di

sisi lain, biomassa juga mempunyai kekurangan yaitu berkadar air tinggi, bentuk dan ukuran tidak seragam, densitasnya rendah yang dapat meningkatkan biaya penyimpanan, penanganan dan transportasi, selain itu mudah terserang mikroba perusak. Salah satu metode pengolahan biomassa adalah karbonisasi, atau pengarangannya, yang dapat meningkatkan hasil biomassa sekitar 25-30 MJ/kg (5952-77177 kal/g) dibandingkan dengan biomassa yang hanya menghasilkan 15 MJ/kg (3571 kal/g). Ini juga dapat meningkatkan jumlah hidrofobik (partikel di udara), mengurangi polusi udara, dan mencegah pertumbuhan mikrobiologis (Parinduri dkk., 2020).

Di sisi lain, Badrul dkk. (2020) menyampaikan sampah merupakan benda yang dibuang karena tidak terpakai lagi atau tidak dapat digunakan lagi, sampah yang paling banyak dihasilkan oleh manusia adalah sampah plastik. Lebih lanjut (Badrul dkk., 2020) menjelaskan plastik telah menjadi salah satu aspek yang paling banyak digunakan dalam kehidupan manusia modern. Berbagai produk yang digunakan manusia dalam keseharian berasal dari plastik. Penggunaan plastik memiliki keunggulan-keunggulan dibanding material yang lain diantaranya kuat, ringan, fleksibel, tahan karat, tidak mudah pecah, mudah diberi warna, mudah dibentuk, dan isolator panas yang baik (Badrul dkk., 2020).

Indonesia adalah salah satu negara penghasil sampah plastik terbanyak di dunia, setelah Cina. Hal itu berkaitan dengan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang menyebut plastik hasil dari 100 toko atau anggota Asosiasi Pengusaha Ritel Indonesia (APRINDO) dalam waktu satu tahun saja, sudah mencapai 10,95 juta lembar sampah kantong plastik (Rahmawati dkk., 2019).

Sampah plastik termasuk sampah yang susah terurai, oleh karena itu diperlukan gerakan yang masif untuk penanganannya, plastik memiliki dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan. Adapun dampak plastik bagi lingkungan adalah dapat membunuh hewan-hewan pengurai di dalam tanah seperti cacing, mengganggu jalur air yang meresap ke dalam tanah, menurunkan kesuburan tanah karena plastik menghalangi sirkulasi udara di dalam tanah dan ruang gerak makhluk bawah tanah yang mampu menyuburkan tanah, dan jika terbuang ke laut maka

hewan-hewan laut seperti lumba-lumba, penyu laut, serta anjing laut menganggap plastik sebagai makanan dan akhirnya mati karena tidak dapat mencernanya. Bagi kesehatan, plastik dapat menjadi racun bagi manusia jika kantong plastik bekas dijadikan wadah makanan, dan plastik yang dibakar akan menyebabkan pencemaran udara dan gangguan pernapasan. Dan secara tidak langsung sampah plastik yang terus-menerus digunakan akan menjadi timbunan sampah yang tak terurai. Dari segi ini diketahui bahwa plastik adalah polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit berulang. Rantai tersebut tersusun atas polimer hidrokarbon. Sehingga beberapa ahli mengatakan butuh waktu 50 tahun hingga 100 tahun untuk plastik dapat terurai (Badrul dkk., 2020).

Menurut Sharma, kontaminasi mikroplastik dalam pemrosesan makanan, terutama dari bahan kemasan merupakan masalah signifikan yang mengancam keamanan pangan dan kesehatan manusia. Regulasi yang ketat diperlukan untuk solusi kemasan inovatif, dan peningkatan kesadaran konsumen penting untuk mengurangi pelepasan mikroplastik. Upaya kolaboratif antara industri, pembuat kebijakan, peneliti, dan konsumen sangat penting untuk mengatasi tantangan ini. Langkah proaktif, termasuk penggunaan bahan ramah lingkungan dan praktik kemasan berkelanjutan, sangat penting untuk mengurangi dampak mikroplastik. Selain itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami dampak jangka panjang mikroplastik terhadap kesehatan dan lingkungan (Sharma, 2024). Melihat kondisi tersebut perlu dilakukan penanganan terhadap sampah plastik baik berupa pembatasan penggunaan plastik hingga daur ulang sampah plastik.

Bahan baku plastik dibuat dengan proses yang disebut polimerisasi menggunakan blok bangunan berbasis monomer, yang memecah sambung-menyambung menjadi satu jenis polimer. Secara umum, monomer polimer terdiri dari beberapa unsur kimia seperti karbon, hidrogen, klor, tepung dan belerang. Saat proses polimerisasi berlangsung, setiap monomer dalam campuran terpisah dan dapat mencapai jumlah monomer yang diinginkan. Plastik adalah salah satu produk turunan dari minyak bumi. Oleh karena itu, plastik mempunyai kandungan energi

yang tinggi seperti bahan bakar pada umumnya seperti bensin, solar dan minyak tanah (Badrul dkk., 2020).

Pedoman umum pengelolaan sampah plastik adalah *Reuse, Reduce dan Recycle*. Penggunaan kembali merupakan suatu proses pemanfaatan kembali material plastik yang masih memenuhi persyaratan fungsional. Di sisi lain, daur ulang melibatkan transformasi limbah plastik yang telah kehilangan nilai guna menjadi produk baru melalui serangkaian tahapan fisik maupun kimiawi, sehingga menghasilkan dampak ekonomi yang signifikan (Fanani dkk., 2021). Dengan kemajuan ilmu pengetahuan, limbah plastik kini dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar minyak (BBM). BBM merupakan sumber energi utama yang ketersediaannya semakin terbatas dan harganya terus meningkat, sehingga konversi limbah plastik menjadi BBM menjadi alternatif yang menjanjikan. Plastik yang berasal dari turunan minyak bumi secara kimiawi memungkinkan untuk diuraikan kembali menjadi senyawa hidrokarbon, yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar energi. Limbah plastik juga menunjukkan potensi sebagai sumber energi berkelanjutan dengan nilai ekonomi yang tinggi. Sebagai produk sampingan dari aktivitas manusia, limbah plastik dapat diolah kembali menjadi bahan bakar melalui proses konversi. Salah satu metode yang efektif dalam proses ini adalah teknologi pirolisis (Badrul dkk., 2020).

Pirolisis merupakan proses peruraian suatu bahan pada temperatur tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Proses penguraian ini menggunakan suhu yang tinggi serta tekanan yang rendah, pirolisis adalah proses yang lebih maju yang dapat menghasilkan tiga produk akhir: gas, minyak, dan arang, yang semuanya berpotensi untuk digunakan lebih luas. *Thermal cracking*, atau proses pengelolaan bahan polimer tanpa oksidasi, adalah nama yang diberikan untuk proses pirolisis. Proses ini biasanya terjadi antara suhu 350 °C hingga 900 °C. Hasil dari proses ini adalah arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene, dan aromatik, serta gas yang pada dasarnya tidak mampu mengembun (Badrul dkk., 2020).

Inovasi lebih lanjut dari pirolisis adalah ko-pirolisis, proses ini melibatkan dua atau lebih jenis bahan baku, seperti plastik dan biomassa yang diuraikan secara

termal pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen. Bahan yang dipanaskan dalam reaktor akan terurai menjadi produk berupa gas, cairan, dan padatan. Produk ini bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar atau bahan kimia lainnya. Ko-pirolisis lebih baik daripada pirolisis tunggal karena dapat mengoptimalkan sifat-sifat masing-masing bahan. Plastik memiliki kandungan energi tinggi, sedangkan biomassa adalah sumber energi terbarukan. Kombinasi ini dapat menghasilkan produk dengan kualitas bahan bakar yang lebih baik dan efisiensi proses yang lebih tinggi (Wang dkk., 2021).

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah disampaikan, penelitian mengenai ko-pirolisis limbah plastik dan biomassa rumput gajah sebagai bahan bakar perlu dilakukan. Produk bahan bakar yang dihasilkan akan dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya. Oleh karena itu, penulis melaksanakan penelitian dengan judul skripsi “Pemanfaatan limbah plastik dan rumput gajah menjadi produk *biochar* dan *bio-oil* menggunakan metode ko-pirolisis”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi rasio bahan baku terhadap hasil *biochar* pada proses ko-pirolisis limbah plastik dengan rumput gajah?
2. Bagaimana pengaruh variasi rasio bahan baku terhadap hasil *bio-oil* pada proses ko-pirolisis limbah plastik dengan rumput gajah?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Plastik yang digunakan jenis HDPE
2. Biomassa yang digunakan adalah rumput gajah
3. Proses yang digunakan adalah ko-pirolisis
4. Produk yang diteliti hanya fokus pada karakterisasi *bio-oil* dan *biochar* yang dihasilkan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh variasi rasio bahan baku pada proses ko-pirolisis plastik dan rumput gajah terhadap kuantitas dan kualitas *biochar* yang dihasilkan.
2. Mengidentifikasi pengaruh variasi rasio bahan baku pada proses ko-pirolisis plastik dan rumput gajah terhadap kuantitas dan kualitas *bio-oil* yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan wawasan dalam bidang ilmu pengetahuan terkait penerapan dalam memaksimalkan limbah biomassa menjadi suatu energi alternatif yang berguna terutama sebagai bahan bakar.
2. Memberikan wawasan dan pengetahuan yang lebih luas mengenai teknik pembuatan *biochar* dan *bio-oil* dari kombinasi limbah plastik dan rumput gajah melalui penerapan metode ko-pirolisis.
3. Menyajikan data dan deskripsi mengenai sifat fisiokimia *biochar* dan *bio-oil* yang dihasilkan dari ko-pirolisis limbah plastik dan rumput gajah, yang dapat dijadikan dasar untuk penelitian lanjutan dan inovasi teknologi di bidang ini.
4. Menyediakan bukti nyata mengenai potensi pemanfaatan *biochar* dan *bio-oil* dari limbah plastik dan rumput gajah sebagai sumber energi alternatif serta bahan penunjang pertanian, yang mendukung upaya advokasi dan pengembangan kebijakan terkait energi ramah lingkungan dan pengelolaan limbah.
5. Menurunkan total emisi karbon melalui pengalihan limbah plastik dan biomassa non-konvensional (rumput gajah) dari jalur degradasi terbuka atau landfill menjadi sistem konversi termokimia yang menghasilkan produk energi bernilai tinggi. Proses ko-pirolisis dalam hal ini berfungsi sebagai

pendekatan mitigasi karbon dengan meminimalkan jejak karbon langsung (*direct carbon emissions*) dari sektor limbah dan energi.

6. Menyediakan landasan awal untuk pengembangan *analisis life cycle assessment* (LCA), yaitu penilaian dampak lingkungan yang komprehensif dari sistem produksi energi berbasis limbah. Data yang dihasilkan dari penelitian ini mencakup efisiensi proses, karakteristik produk, serta estimasi potensi pengurangan emisi, yang relevan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan sistem energi berkelanjutan.
7. Menjadi rujukan teknis dalam *benchmarking* pengembangan teknologi konversi limbah terintegrasi melalui metode ko-pirolisis. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai parameter awal dalam perancangan dan evaluasi sistem pirolitik skala laboratorium maupun komersial, khususnya yang melibatkan campuran bahan baku organik dan anorganik