

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi merupakan kebutuhan penting dalam mendukung aktivitas manusia, baik pada sektor rumah tangga, transportasi, maupun industri. Peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan industri menyebabkan kebutuhan energi terus meningkat, sementara sumber energi fosil memiliki ketersediaan terbatas dan penggunaannya dapat memberikan dampak terhadap lingkungan. Kondisi tersebut mendorong pengembangan sumber energi terbarukan yang berkelanjutan dan lebih ramah lingkungan. Salah satu sumber energi terbarukan yang potensial adalah biomassa karena tersedia melimpah dan dapat dikonversi menjadi berbagai produk bernilai tambah (Abdullah & Sulaiman, 2013).

Indonesia memiliki industri kelapa sawit yang besar sehingga kegiatan pengolahannya menghasilkan biomassa dalam jumlah yang cukup tinggi. Salah satu limbah padat utama yang dihasilkan adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang tersisa setelah proses pemisahan buah dari tandannya. Ketersediaan TKKS dalam jumlah besar memberikan peluang untuk dimanfaatkan sebagai sumber biomassa daripada hanya diperlakukan sebagai limbah. Salah satu bentuk pemanfaatannya adalah menjadikan TKKS sebagai bahan baku produksi biochar melalui proses konversi termokimia (Abel dkk., 2021).

Pemanfaatan TKKS yang belum optimal dapat menimbulkan permasalahan dalam pengelolaan limbah pada industri kelapa sawit. Di sisi lain, TKKS merupakan biomassa lignoselulosa yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin sebagai komponen utamanya. Kandungan tersebut memungkinkan TKKS mengalami dekomposisi termal dan dikonversi menjadi material dengan kandungan karbon yang lebih tinggi. Oleh karena itu, pengolahan TKKS melalui teknologi termokimia dapat menjadi alternatif untuk meningkatkan nilai guna limbah tersebut (Shariff dkk., 2014).

Pirolisis merupakan salah satu teknologi termokimia yang dapat digunakan untuk mengkonversi biomassa menjadi produk bernilai tambah. Proses ini berlangsung

melalui dekomposisi termal bahan organik pada kondisi tanpa oksigen atau dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas. Pirolisis dapat menghasilkan tiga produk utama, yaitu biochar dalam bentuk padat, bio-oil dalam bentuk cair, dan gas. Distribusi produk yang dihasilkan dipengaruhi oleh karakteristik bahan baku serta kondisi operasi seperti temperatur, waktu tinggal, dan laju pemanasan (Shariff dkk., 2014).

*Slow pyrolysis* merupakan metode pirolisis yang menggunakan laju pemanasan relatif rendah dengan waktu tinggal biomassa yang lebih lama. Kondisi tersebut memungkinkan proses karbonisasi berlangsung secara bertahap sehingga pembentukan produk padat berupa biochar dapat lebih dominan. Oleh karena itu, slow pyrolysis sesuai digunakan apabila produk utama yang diharapkan adalah biochar. Penerapan slow pyrolysis pada TKKS dapat menghasilkan biochar dengan karakteristik yang dipengaruhi oleh bahan baku dan kondisi operasi yang digunakan (Shariff dkk., 2014).

Biochar merupakan material padat kaya karbon yang diperoleh melalui proses pirolisis biomassa dalam kondisi oksigen terbatas. Biochar yang berasal dari TKKS memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi karena memiliki karakteristik fisik dan kimia yang khas. Karakteristik biochar yang dihasilkan dipengaruhi oleh komposisi dan sifat bahan baku yang digunakan. Selain itu, temperatur dan waktu proses pirolisis juga berperan penting dalam menentukan kualitas akhir biochar (Claoston dkk., 2014; Marhani dkk., 2022).

Temperatur merupakan salah satu parameter penting yang menentukan proses pembentukan biochar selama pirolisis. Peningkatan temperatur menyebabkan dekomposisi komponen biomassa dan pelepasan zat volatil berlangsung semakin intensif. Penelitian TKKS pada temperatur 350, 500, dan 650°C menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dapat meningkatkan porositas dan kadar abu, tetapi menurunkan rendemen biochar. Hal tersebut menunjukkan bahwa temperatur berpengaruh terhadap jumlah maupun karakteristik biochar yang dihasilkan (Claoston dkk., 2014).

Selain temperatur, waktu pemanasan atau waktu tinggal merupakan parameter yang memengaruhi proses pembentukan biochar. Waktu proses yang terlalu singkat dapat menyebabkan karbonisasi biomassa belum berlangsung secara sempurna, sedangkan waktu yang lebih lama memungkinkan pelepasan komponen volatil

berlangsung lebih lanjut. Perbedaan waktu proses tersebut dapat menyebabkan perubahan terhadap jumlah dan karakteristik biochar yang diperoleh. Oleh karena itu, pengaturan waktu perlu dikombinasikan dengan temperatur yang sesuai untuk menghasilkan biochar dengan karakteristik yang diinginkan (Marhani et al., 2022; Shariff dkk., 2014).

Temperatur dan waktu merupakan parameter yang saling berkaitan dalam menentukan tingkat karbonisasi TKKS selama proses slow pyrolysis. Perubahan kedua parameter tersebut dapat memengaruhi rendemen, kadar air, zat volatil, kadar abu, karbon terikat, serta struktur pori biochar. Kombinasi temperatur dan waktu yang berbeda dapat menghasilkan tingkat dekomposisi biomassa dan karakteristik biochar yang berbeda pula. Oleh karena itu, variasi temperatur dan waktu perlu diuji untuk menentukan kondisi proses yang mampu menghasilkan biochar TKKS dengan karakteristik yang lebih baik (Claoston dkk., 2014; Marhani dkk., 2022).

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji produksi biochar berbahan baku TKKS menggunakan kondisi proses yang berbeda. Claoston dkk. (2014) melakukan slow pyrolysis pada temperatur 350, 500, dan 650°C, sedangkan Shariff dkk. (2014) menggunakan temperatur 550°C dengan waktu tinggal 1 jam dan laju pemanasan 5°C/menit. Marhani dkk. (2022) juga melakukan karakterisasi biochar TKKS pada variasi temperatur dan waktu pembakaran serta menemukan adanya perubahan karakteristik produk. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa temperatur dan waktu merupakan parameter penting yang memengaruhi proses pembentukan dan karakteristik biochar TKKS.

Meskipun berbagai penelitian mengenai produksi biochar dari TKKS telah dilakukan, hubungan antara kombinasi temperatur dan waktu pada proses slow pyrolysis masih perlu dikaji lebih lanjut. Penelitian terdahulu menggunakan temperatur, waktu tinggal, perlakuan bahan baku, dan parameter karakterisasi yang berbeda sehingga menghasilkan karakteristik biochar yang beragam. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penelitian dengan variasi temperatur dan waktu yang dilakukan secara terkontrol untuk mengetahui pengaruh kedua parameter terhadap produk yang dihasilkan. Kajian tersebut diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih jelas mengenai kondisi slow pyrolysis yang sesuai untuk menghasilkan biochar dari TKKS (Shariff dkk., 2014; Claoston dkk., 2014; Marhani dkk., 2022).

Pemanfaatan TKKS yang belum optimal menyebabkan potensi biomassa tersebut belum sepenuhnya dikembangkan menjadi produk bernilai tambah. Pengolahan TKKS menjadi biochar melalui slow pyrolysis dapat menjadi salah satu alternatif pemanfaatan limbah biomassa industri kelapa sawit. Namun, karakteristik biochar sangat bergantung pada kondisi operasi yang diterapkan selama proses pembuatannya. Oleh karena itu, penentuan temperatur dan waktu yang sesuai menjadi bagian penting dalam pengembangan produksi biochar berbahan baku TKKS (Abel dkk., 2021; Claoston dkk., 2014).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan penelitian eksperimental untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur dan waktu terhadap slow pyrolysis TKKS. Variasi kedua parameter tersebut digunakan untuk mengetahui perubahan proses karbonisasi dan karakteristik biochar pada setiap kondisi pengujian. Biochar yang diperoleh selanjutnya dikarakterisasi untuk mengetahui perubahan sifat produk akibat perbedaan temperatur dan waktu. Hasil pengujian dapat digunakan untuk menentukan kondisi temperatur dan waktu yang memberikan karakteristik biochar terbaik (Marhani dkk., 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “Pengaruh Temperatur dan Waktu terhadap *Slow* Pirolisis pada Produksi Biochar dengan Bahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit.” Penelitian ini difokuskan pada pengaruh variasi temperatur dan waktu terhadap produksi serta karakteristik biochar TKKS. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi operasi *slow pyrolysis* yang sesuai untuk menghasilkan biochar dengan karakteristik yang lebih baik. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mendukung peningkatan nilai guna limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi produk yang lebih bernilai.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap produksi dan karakteristik biochar yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) melalui proses *slow pyrolysis*?

2. Bagaimana pengaruh variasi waktu terhadap produksi dan karakteristik biochar yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) melalui proses *slow pyrolysis*?
3. Bagaimana kombinasi temperatur dan waktu yang menghasilkan biochar TKKS dengan karakteristik terbaik pada proses *slow pyrolysis*?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus dan dapat dilaksanakan secara efektif, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku pembuatan *biochar*.
2. Massa bahan baku yang digunakan pada setiap proses pirolisis adalah 1,5 kg (1.500 gram).
3. Proses pembuatan *biochar* dilakukan menggunakan metode *Slow* pirolisis.
4. Variasi temperatur yang digunakan dalam penelitian ini adalah 400°C, 450°C, dan 500°C.
5. Variasi waktu pirolisis yang digunakan adalah 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.
6. Proses pirolisis dilakukan menggunakan reaktor yang sama dengan kondisi operasi selain temperatur dan waktu dijaga tetap.
7. Pengujian hanya dilakukan terhadap produk *biochar*, sedangkan produk samping berupa *bio-oil* dan gas pirolisis tidak dianalisis.
8. Karakteristik *biochar* yang diuji hanya meliputi rendemen, pH, penyusutan massa, dan densitas curah (*bulk density*).
9. Penelitian ini tidak menguji sifat lain seperti nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar karbon tetap, luas permukaan, maupun struktur mikro *biochar*.
10. Penelitian ini tidak membahas aspek ekonomi, kelayakan produksi, maupun aplikasi *biochar* pada skala industri atau pertanian.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Dari latar belakang yang di jelaskan, dapat di tarik kesimpulan untuk mengetahui tujuan dari penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi temperatur terhadap produksi dan karakteristik biochar yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) melalui proses *slow pyrolysis*.
2. Menganalisis pengaruh variasi waktu terhadap produksi dan karakteristik biochar yang dihasilkan dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) melalui proses *slow pyrolysis*.
3. Menentukan kombinasi temperatur dan waktu yang menghasilkan biochar TKKS dengan karakteristik terbaik pada proses *slow pyrolysis*.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. penelitian ini menambah pengetahuan dan pengalaman mengenai proses pembuatan *biochar* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) serta pengaruh temperatur dan lama waktu pirolisis terhadap karakteristik *biochar*.
2. penelitian ini dapat menjadi referensi dan bahan informasi bagi penelitian selanjutnya mengenai *biochar* dari biomassa tandan kosong kelapa sawit.
3. penelitian ini memberikan informasi mengenai kondisi pirolisis yang menghasilkan *biochar* dengan karakteristik yang baik sehingga dapat meningkatkan pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi produk yang bernilai tambah.

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur pembahasan penelitian. Skripsi ini terdiri atas lima bab, yaitu:

1. Bab I membahas latar belakang penelitian, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan yang berkaitan dengan pengaruh temperatur dan waktu *Slow pirolisis* pada produksi *biochar* TKKS.
2. Bab II menguraikan penelitian terdahulu dan landasan teori yang mendukung penelitian, khususnya mengenai TKKS, *biochar*, dan proses *Slow pirolisis*.

3. Bab III menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi bahan dan alat, variasi temperatur dan waktu pirolisis, prosedur penelitian, serta metode pengujian *biochar*.
4. Bab IV Hasil dan Pembahasan, menyajikan hasil penelitian serta analisis dan pembahasan terhadap data yang diperoleh.
5. Bab V Penutup, berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya.