

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Hasil sensus penduduk tahun 2022 yang dikeluarkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa jumlah penduduk Indonesia mencapai 275,8 juta jiwa, meningkat sekitar 9,04% dibandingkan tujuh tahun lalu [1]. Pertumbuhan penduduk ini menyebabkan peningkatan konsumsi energi, yang pada gilirannya meningkatkan emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Emisi CO<sub>2</sub> berkontribusi terhadap perubahan iklim, efek rumah kaca, dan pemanasan global. Oleh karena itu, percepatan penelitian untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sangat penting. Salah satu solusi yang efektif adalah pengembangan teknologi penangkapan, pemanfaatan, dan penyimpanan karbon (CCUS), yang terbukti mampu menangkap sekitar 40 juta ton CO<sub>2</sub> per tahun [2].

Metode adsorpsi digunakan untuk menyerap CO<sub>2</sub> dengan biaya dan energi yang rendah. Metode ini memberikan laju kinetik yang tinggi, regenerasi adsorben yang mudah, dan kapasitas adsorpsi CO<sub>2</sub> yang tinggi [3]. Beberapa bahan yang digunakan untuk penangkapan CO<sub>2</sub> antara lain bahan karbon berpori, karbon aktif, zeolit, kerangka logam organik (MOFs), dan bahan nano [4]. Namun, produksi bahan ini memerlukan energi yang besar dan proses sintesis yang kompleks [5]. Sebagai alternatif, biomassa dapat diubah menjadi bahan fungsional karbon seperti biochar dan karbon aktif melalui pirolisis, hidrotermal karbonisasi, dan gasifikasi. Produk turunan biomassa ini dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> saat produksi adsorben dan lebih hemat biaya karena menggunakan prekursor yang murah dan ramah lingkungan [6]. Salah satu turunan biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan jerami padi.

Menurut Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS), Indonesia mencatat ekspor minyak sawit sebesar 30,803 juta ton pada tahun 2022 [7]. Pengolahan satu ton tandan buah sawit segar menghasilkan sekitar 23% limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Sementara itu, produksi jerami padi di Indonesia mencapai 71.291.494 ton dari luas panen 13.837.213 hektar, dengan produksi jerami padi diperkirakan mencapai 50% dari produksi gabah kering panen

[8]. Untuk dijadikan adsorben, biomassa perlu memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Selulosa dalam bahan alami sangat mempengaruhi karakteristik adsorben yang dihasilkan. Sebagai komponen utama dalam banyak bahan biomassa, selulosa berperan penting dalam pembentukan struktur pori-pori pada adsorben. Ukuran pori berhubungan dengan luas permukaan, yang mempengaruhi jumlah molekul yang dapat teradsorpsi. TKKS dengan kandungan selulosa sekitar 45,95% dan jerami padi dengan kandungan selulosa sekitar 37,71% per 100 gram adalah contoh bahan turunan biomassa yang dapat digunakan sebagai adsorben.

Pada penelitian ini, arang diproduksi melalui proses karbonisasi, tepatnya dengan *hydrothermal carbonization*, variasi bahan pengaktif seperti KOH, urea, dan kombinasi KOH+urea, serta dengan variasi suhu aktivasi (180°C, 200°C, 220°C). Fungsi membandingkan karakteristik adsorpsi isoterm CO<sub>2</sub> antara arang TKKS dan jerami adalah untuk menentukan material mana yang lebih efisien dalam menyerap CO<sub>2</sub>, yang penting dalam aplikasi penangkapan karbon guna mengurangi emisi gas rumah kaca. Pada penelitian sebelumnya, analisis FTIR dan SEM telah digunakan pada sampel arang TKKS dan jerami [9][10]. Kedua teknik ini efektif dalam mendeteksi sifat dan struktur material, namun tidak memberikan informasi pasti tentang kapasitas adsorpsi. Mengetahui kapasitas pasti dari suatu adsorben sangat penting untuk aplikasi yang tepat dalam suatu proses. Hasil analisis menunjukkan bahwa material tersebut memiliki potensi baik dalam proses adsorpsi CO<sub>2</sub> [9][10]. Penelitian ini dilanjutkan untuk mengukur kapasitas adsorpsi material tersebut secara lebih rinci dan akurat, serta menentukan bahan pengaktif dan suhu aktivasi terbaik yang dapat diterapkan pada pembuatan material selanjutnya. Secara umum, penelitian ini menanggapi kebutuhan mendesak akan solusi berkelanjutan untuk emisi CO<sub>2</sub> dengan mengeksplorasi potensi adsorben dari biomassa dan mengoptimalkannya dalam penangkapan karbon yang efektif.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi bahan pengaktif terhadap kapasitas adsorpsi karbon aktif arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan arang jerami sebagai adsorben CO<sub>2</sub>?
2. Bagaimana pengaruh variasi suhu aktivasi terhadap kapasitas adsorpsi karbon aktif arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan arang jerami sebagai adsorben CO<sub>2</sub>?
3. Bagaimana hubungan antara kapasitas adsorpsi dengan gugus fungsi struktur kimia penyusun dan morfologi permukaan pada variasi adsorben?
4. Bagaimana hubungan antara kapasitas adsorpsi dengan distribusi ukuran pori pada variasi adsorben yang paling efektif?
5. Apa perbandingan karakteristik adsorpsi isoterm CO<sub>2</sub> antara arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan arang jerami, manakah yang paling efektif sebagai adsorben CO<sub>2</sub>?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui pengaruh variasi bahan pengaktif terhadap kapasitas adsorpsi karbon aktif arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan arang jerami sebagai adsorben CO<sub>2</sub>.
2. Mengetahui pengaruh variasi suhu aktivasi terhadap kapasitas adsorpsi karbon aktif arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan arang jerami sebagai adsorben CO<sub>2</sub>.
3. Mengetahui hubungan antara kapasitas adsorpsi dengan gugus fungsi struktur kimia penyusun dan morfologi permukaan pada variasi adsorben.
4. Mengetahui hubungan antara kapasitas adsorpsi dengan distribusi ukuran pori pada variasi adsorben yang paling efektif.
5. Membandingkan karakteristik adsorpsi isoterm CO<sub>2</sub> antara arang tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan arang jerami dalam menentukan adsorben CO<sub>2</sub> yang paling efektif.

#### 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini termasuk memberikan panduan dalam memilih bahan pengaktif yang paling efektif untuk mengoptimalkan teknologi pemrosesan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan jerami dalam penangkapan karbon. Penelitian ini juga mengidentifikasi suhu aktivasi optimal untuk karbon aktif dari TKKS dan jerami, yang tidak hanya meningkatkan kapasitas adsorpsi tetapi juga mengurangi konsumsi energi dalam proses aktivasi. Selain itu, penelitian ini menyediakan pemahaman mendalam tentang hubungan antara kapasitas adsorpsi dengan gugus fungsi kimia dan morfologi permukaan pada berbagai variasi adsorben. Informasi kritis juga disediakan mengenai hubungan kapasitas adsorpsi dengan distribusi ukuran pori pada variasi adsorben yang paling efektif. Dengan membandingkan karakteristik kedua adsorben, penelitian ini mengidentifikasi adsorben paling efektif yang layak dikembangkan dan dikomersialisasikan sebagai alternatif dalam mitigasi emisi gas rumah kaca dan upaya penangkapan karbon. Wawasan mendalam dari penelitian ini berkontribusi pada pengembangan adsorben CO<sub>2</sub> yang lebih efektif dan efisien dari biomassa.

#### 1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memfokuskan pada proses adsorpsi fisika, dengan menggunakan CO<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> murni sebagai gas uji, dan mengabaikan pengaruh gas lain yang mungkin memengaruhi proses penyerapan di kondisi sebenarnya. Material yang digunakan untuk mengukur kapasitas adsorpsi adalah arang aktif, yang telah dipersiapkan dari penelitian sebelumnya. Proses pembuatan material ini melibatkan pengaturan suhu karbonisasi, durasi karbonisasi, serta perbandingan massa antara adsorben dan bahan pengaktif. Pada arang dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), digunakan larutan aktivasi dengan perbandingan massa 1:2 (massa adsorben: bahan pengaktif, dengan bahan pengaktif sejumlah 90 ml). Sementara pada arang dari jerami, larutan aktivasi diterapkan dengan perbandingan massa 1:5 (massa adsorben: bahan pengaktif, dengan bahan pengaktif sejumlah 30 ml). Variasi dalam penelitian mencakup jenis aktivasi dan suhu aktivasi, masing-masing dengan tiga level. Pengujian fungsi struktur kimia penyusun dan morfologi permukaan pada material telah dilakukan pada penelitian sebelumnya.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan dimulai dengan Bab I, Pendahuluan, yang mencakup latar belakang, tujuan, manfaat, dan batasan masalah penelitian. Bab II, Tinjauan Pustaka, menyediakan landasan teori tentang emisi CO<sub>2</sub>, adsorpsi, adsorben, serta penelitian terkait sebelumnya. Bab III, Metodologi, menjelaskan metode eksperimen, desain percobaan, serta alat dan bahan yang digunakan. Analisis data dan hasil eksperimen dibahas dalam Bab IV, Hasil dan Pembahasan. Akhirnya, Bab V, Penutup, merangkum kesimpulan dan saran yang diperoleh dari penelitian ini

