

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perubahan iklim global yang disebabkan oleh peningkatan konsentrasi gas emisi rumah kaca terutama karbon dioksida (CO₂) telah menjadi permasalahan serius yang mengancam keberlanjutan kehidupan di bumi. Berdasarkan laporan *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) menunjukkan bahwa konsentrasi emisi CO₂ di atmosfer telah mencapai level tertinggi sekitar 414,7 ppm pada tahun 2021 (Stein, 2022). *World Meteorological Organization* juga melaporkan bahwa 2024 merupakan tahun terpanas dengan peningkatan rata-rata suhu global di dekat permukaan melampaui batas 1,5°C akibat gas emisi yang sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil dan hasil gas buangan dari proses industri sehingga terjadinya kenaikan permukaan air laut, cuaca ekstrem, hingga gangguan ekosistem (WMO, 2024).

Strategi mitigasi yang efektif melalui teknologi penangkapan dan penyimpanan karbon (*Carbon Capture and Storage*, CCS) untuk mengurangi emisi CO₂. CCS merupakan teknologi yang dirancang untuk menangkap dan menyimpan CO₂ dari sumber emisi agar tidak dilepaskan ke atmosfer (Prasetyo dan Windarta, 2022). Berbagai pendekatan CCS yang tersedia menawarkan keunggulan masing-masing dan salah satu yang menarik perhatian adalah

metode adsorpsi menggunakan adsorben berupa material berpori karena efisiensi dan biaya operasional yang relatif rendah.

Karbon aktif merupakan material berpori yang potensial sebagai adsorben karena memiliki struktur porositas tinggi, luas permukaan yang besar, dan kapasitas adsorpsi yang kuat (Ifa dkk., 2021). Pemanfaatan sumber daya terbarukan dapat dimaksimalkan untuk memproduksi karbon aktif dari limbah bahan pertanian yang memiliki kandungan karbon tinggi seperti tempurung kelapa (Lubis dkk., 2020). Tempurung kelapa mengandung komponen utama organik seperti karbon sebesar 74,3%, oksigen sebesar 21,9%, selulosa sebesar 34%, hemiselulosa sebesar 21%, dan lignin sebesar 27% (Nandari dkk., 2024). Kandungan karbon yang tinggi pada tempurung kelapa berpotensi besar sebagai bahan dasar karbon aktif, sedangkan kandungan selulosa dan lignin sangat membantu dalam pembentukan struktur mikropori karbon aktif. Rashidi dkk. (2014) pada penelitiannya melaporkan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa menunjukkan luas permukaan sebesar 370,72 m²/g dengan kapasitas adsorpsi gas CO₂ sebesar 1,79 mmol/g pada suhu operasi terendah. Ketersediaan yang melimpah, sifat terbarukan, dan potensi nilai tambah yang tinggi menjadikan tempurung kelapa sebagai bahan baku adsorben karbon aktif yang berkelanjutan dan ekonomis.

Proses aktivasi yang tepat diperlukan untuk mengoptimalkan kinerja adsorben karbon aktif dari tempurung kelapa. Selama ini, penggunaan aktivator kimia dalam pembuatan karbon aktif seperti NaOH, KOH, H₂SO₄, dan H₃PO₄ telah umum digunakan untuk meningkatkan porositas dan luas permukaan, akan

tetapi penggunaan bahan kimia dapat menimbulkan masalah kesehatan dan lingkungan. Hatibie dkk. (2022) pada penelitiannya membuktikan bahwa karbon dari tongkol jagung yang telah teraktivasi ekstrak belimbing wuluh dapat mengurangi limbah iodium dengan daya serap sebesar 1002,51 mg/g. Temuan ini menunjukkan bahwa ekstrak bahan alam dapat digunakan sebagai alternatif aktivator alami yang lebih ramah lingkungan karena memiliki kandungan senyawa bioaktif metabolit sekunder yang kaya akan gugus fungsional. Salah satu bahan alam seperti daun sirsak mengandung metabolit sekunder alkaloid, flavonoid, saponin, dan fenol (Moghadamtousi dkk., 2015) dapat dijadikan aktivator yang diperlukan untuk aktivasi karbon.

Modifikasi adsorben karbon aktif dengan berbagai material menggunakan sumber daya terbarukan telah menjadi fokus penelitian untuk meningkatkan selektivitas dan kapasitas adsorpsi CO₂ beberapa tahun terakhir. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hatta dkk. (2023) menunjukkan bahwa adsorben karbon aktif yang dimodifikasi dengan asam amino dapat meningkatkan persentase adsorpsi CO₂ hingga 76%. Gil-Lalaguna dkk. (2022) juga melaporkan bahwa karbon hasil pirolisis dari limbah protein menyerap CO₂ secara *reversible* sekitar 40 mg CO₂/gram. Karbon aktif yang dimodifikasi dengan gugus fungsional seperti amina telah terbukti meningkatkan kapasitas adsorpsi CO₂, akan tetapi penggunaan asam amino komersial masih terbatas karena biaya produksi yang mahal sehingga menjadi tantangan dalam aplikasi skala besar.

Bahan alternatif pengganti asam amino yang dapat diperoleh dari sumber alami salah satunya yaitu putih telur. Putih telur dari limbah industri kosmetik ataupun pangan yang tidak ditangani dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian Hatta dkk. (2024) telah membuktikan bahwa modifikasi karbon aktif terimpregnasi putih telur dapat meningkatkan kinerja adsorpsi CO₂ sebesar 31% dibandingkan dengan karbon aktif komersil. Keunggulan ini disebabkan oleh kandungan protein dalam putih telur yang kaya akan gugus fungsi seperti amina (-NH₂) dan karboksil (C=O) sehingga memungkinkan terjadinya interaksi elektrostatik dengan molekul CO₂ (Hatta dkk., 2024). Meskipun demikian, penelitian tersebut mengungkapkan adanya keterbatasan berupa pengurangan luas permukaan dan volume pori adsorben akibat larutan putih telur yang mengisi dan menyumbat pori-pori karbon aktif sehingga diperlukan pengembangan metode modifikasi untuk mengoptimalkan kapasitas adsorpsi.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, maka diperoleh inovasi penelitian berupa pemanfaatan tempurung kelapa sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif dengan aktivator alami ekstrak daun sirsak yang selanjutnya dilakukan pengembangan material komposit karbon aktif dengan limbah putih telur sebagai agen modifikasi untuk adsorben CO₂ melalui pendekatan *green chemistry*. Sintesis komposit ini diharapkan dapat menghasilkan material dengan kapasitas adsorpsi CO₂ yang tinggi sehingga dapat memberikan kontribusi dalam pengelolaan limbah dan pengembangan teknologi penangkapan CO₂ yang ramah lingkungan serta mendukung upaya pemerintah dalam mencapai target

penurunan emisi gas rumah kaca. Material komposit tersintesis dilakukan pengujian adsorpsi terhadap CO₂ dan dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Brunauer-Emmet-Teller* (BET), *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), dan *Particle Size Analyzer* (PSA).

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat karbon aktif dari tempurung kelapa yang diaktivasi dengan ekstrak daun sirsak.
2. Membuat komposit karbon aktif/putih telur untuk diaplikasikan sebagai adsorben karbon dioksida.
3. Menganalisis kemampuan komposit karbon aktif/putih telur untuk mengadsorpsi karbon dioksida.