

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi listrik di Indonesia semakin meningkat, dimana pada tahun 2022 mencapai sebesar 1.173 kWh/kapita (Kemen ESDM). Hal ini menunjukkan sangat perlu dilakukan penyimpanan energi agar penggunaan energi lebih efisien. Media penyimpan energi sangat dibutuhkan setiap negara, apalagi untuk negara dengan kebutuhan konsumsi listrik yang terus meningkat[1]. Penyimpanan energi memainkan peran penting untuk memenuhi kebutuhan global dan ekonomi umat manusia. Perkembangan penggunaan jenis penyimpanan energi cukup beragam, misalnya ada yang menggunakan baterai, kapasitor, dan superkapasitor[2].

Salah satu komponen utama dari superkapasitor adalah elektroda. Material elektroda yang berpeluang besar untuk terus dikembangkan adalah karbon aktif. Kelebihan dari penggunaan karbon aktif adalah karena memiliki luas permukaan spesifik yang besar, mudah dibuat, dan memiliki porositas yang baik. Selain itu karbon aktif juga memiliki keunggulan yang mudah didapatkan, biaya lebih murah, memiliki konduktivitas listrik yang tinggi dan luas permukaan yang sesuai[3].

Analisis tekno-ekonomi menyoroti hal-hal penting potensi ekonomi dari memasukkan produksi karbon aktif ke dalam biomassa pengolahan. Semua proses dihitung berdasarkan keseimbangan material dan energi, dan analisis arus kas menyeluruh dilakukan untuk memperkirakan metrik profitabilitas. Hasilnya akan menunjukkan bahwa semua kasus menghasilkan nilai bersih sekarang (NPV) yang positif, dan menunjukkan profitabilitas[4].

Energi memainkan peranan penting dalam kehidupan sehari-hari, dan memastikan produksi yang cukup dan berkelanjutan akan menjadi hal yang paling penting di masa depan. Saat ini, lebih dari 80% energi di masyarakat berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak, batu bara, dan gas alam[5].

Baru-baru ini, telah terjadi peningkatan eksplorasi elektroda potensial untuk superkapasitor menggunakan karbon aktif yang baru dikembangkan yang berasal dari bahan limbah biomassa, karena ketersediaannya yang luas dan efektivitas biaya[6]. Varian karbon aktif ini menjanjikan sebagai alternatif berkelanjutan untuk kinerja elektroda yang efisien, sangat

penting untuk mengganti bahan bakar fosil dengan bahan bakar alternatif yang berkelanjutan dan terbarukan, yang menggarisbawahi kebutuhan mendesak akan solusi penyimpanan energi yang efektif dan cerdas[7].

Badan Pusat Statistik tahun 2020 mencatat bahwa Indonesia telah memproduksi kopi sebanyak 762 ton[8]. Paska panen, saat pengolahan kopi banyak menghasilkan limbah berupa kulit dari buah kopi. Rata-rata limbah kulit kopi yang dihasilkan mencapai 16,37% atau setiap pengolahan kopi akan menghasilkan 45% kulit kopi, 10% lendir, 5% kulit ari dan 40% biji kopi[9]. Berdasarkan data yang didapat, selama ini kulit kopi dianggap sebagai limbah yang selalu menjadi masalah dalam penanganannya. Proses pengolahan yang dilakukan dari limbah kulit kopi hanya akan ditumpuk pada tempat pembuangan dan dibiarkan membusuk atau dibakar[9]. Dari paparan tersebut ada peluang yang sangat mungkin untuk menggunakan limbah kulit kopi tersebut sebagai salah satu biomassa yang dapat digunakan untuk memproduksi karbon aktif untuk aplikasi elektroda superkapasitor.

Produksi karbon aktif (AC) dari limbah biomassa telah menjadi solusi inovatif dalam mendukung keberlanjutan ekonomi dan lingkungan. Salah satu limbah yang potensial adalah kulit kopi, yang dihasilkan dalam jumlah besar sebagai produk sampingan dari industri kopi. Kulit kopi kaya akan lignoselulosa, sehingga menjadikannya bahan baku yang ideal untuk produksi karbon aktif dengan sifat fisikokimia yang unggul. Pendekatan ini tidak hanya memanfaatkan limbah yang melimpah tetapi juga memberikan nilai tambah pada material yang sebelumnya tidak dimanfaatkan[10]. Penelitian ini juga akan dilakukan Penilaian teknis dan ekonomi (*Techno-Economic Assessment*, TEA) dan menjadi langkah penting untuk mengevaluasi kelayakan finansial proses produksi ini. TEA melibatkan analisis biaya produksi, investasi modal awal, harga jual minimum (*Minimum Selling Price*, MSP), dan nilai sekarang bersih (*Net Present Value*, NPV)[4].

Pada penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang pembuatan karbon aktif dengan berbagai jenis biomassa, Diketahui kulit kopi ini masih banyak menyimpan potensi luar biasa yang sangat patut untuk terus diteliti. Penelitian sebelumnya menjelaskan kulit kopi berpotensi besar dijadikan sebagai karbon aktif karena kulit kopi yang telah diaktivasi kimia menggunakan ZnCl_2 mampu dipanaskan pada suhu tinggi. Hal ini mengindikasikan arang aktif kulit kopi bisa dijadikan sebagai penyimpan energi, meskipun ukuran pori-pori masih tergolong kecil, yaitu 0,7 nm[11]. Pada prinsipnya bahan elektroda superkapasitor dari karbon aktif

memiliki parameter yang perlu diperhitungkan, diantaranya bentuk dan ukuran pori, luas permukaan, dan stabilitas termal. Berdasarkan penelitian sebelumnya, ukuran pori yang baik bisa diperoleh dari penggunaan temperatur saat aktivasi fisika[12]. Selain itu bisa juga karena proses pre-treatment yang dilakukan, misalnya pre-treatment pengeringan bahan baku dengan metode *freeze-drying*. Metode ini cukup efektif dilakukan untuk menghasilkan karbon aktif, karena hasil dari metode ini menunjukkan pori-pori yang terdapat dalam bahan baku tetap bisa dipertahankan[13]. Hal serupa disampaikan pada penelitian sebelumnya, bahwa metode freeze-drying ini mampu meningkatkan struktur pori pada biomassa[14]. Yang menjadi kebaruan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan *pre-treatment* pengering beku atau *freezdrying* pada bahan baku yaitu kulit kopi, dari literatur yang dipelajari penggunaan metode tersebut dengan bahan baku kulit kopi belum ada.

Pada penelitian ini juga akan dikembangkan perhitungan strategis terkait dengan analisis tekno ekonomi dalam pembuatan karbon aktif dari kulit kopi Arabika Gayo. Dimana pada studi sebelumnya menunjukkan bahwa produksi karbon aktif berbasis biomassa menghasilkan NPV positif di berbagai skala produksi, dengan biaya produksi yang dapat ditekan melalui optimalisasi proses. Berdasarkan uraian diatas bahwa ketersediaan kulit kopi sangat melimpah seiring dengan jumlah produksi kopi, analisis ekonomi dalam kajian penelitian ini diambil dari penelitian pembuatan karbon aktif dengan bahan baku kulit kopi dari dua perbandingan dengan metode *freez drying* dan oven yang melalui proses pirolisis dan perlakuan aktivasi fisika-kimia, hingga menjadi produk akhir. Tujuan dari penelitian ini akan dilakukan ekonomi *assesment* sehingga dapat menunjukkan potensi profitabilitas, bahkan untuk skala produksi.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana proses pembuatan karbon aktif dari limbah kulit kopi Gayo arabika dengan metode *freezdrying* dan oven?
2. Apakah limbah kulit kopi Gayo arabika layak dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif dalam produksi karbon aktif?
3. Bagaimana pengaruh variasi metode preparasi terhadap karakteristik karbon aktif?
4. Metode manakah antara *freezdrying* dan oven yang lebih menguntungkan secara finansial?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menghasilkan karbon aktif dari limbah kulit kopi Gayo arabika dengan metode *freez drying* dan oven.
2. Mengevaluasi kelayakan limbah kulit kopi Gayo arabika menjadi produk karbon aktif.
3. Menganalisis variasi metode preparasi dalam produksi karbon aktif.
4. Menganalisa profitabilitas dari dua metode preparasi *freez drying* dan oven.

1.4 Batasan Masalah

1. Bahan baku merupakan limbah kulit kopi arabika Gayo.
2. Evaluasi performa karbon aktif untuk aplikasi elektroda superkapasitor.
3. Analisis ekonomi dan profitabilitas dilakukan skala laboratorium.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui proses produksi arang aktif berbahan baku kulit kopi.
2. Memanfaatkan limbah kulit kopi menjadi produk karbon aktif bernilai tambah.
3. Mengidentifikasi metode produksi karbon aktif yang lebih efisien dan ekonomis.
4. Memberikan data dan informasi teknis serta ekonomis (NPV, MSP, BEP) yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengembangan industri karbon aktif berbasis biomassa.