

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi semakin hari semakin meningkat, yang tidak dapat dipenuhi oleh sumber energi tak terbarukan. Pemakaian energi listrik yang terus meningkat membuat para peneliti harus mencari sumber energi alternatif baru, seperti matahari atau angin yang bersifat ramah lingkungan [1]. Masyarakat membutuhkan energi listrik untuk kebutuhan utama diberbagai bidang kehidupan seperti telepon seluler, laptop dan lain sebagainya. Seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia, bertambah pula jumlah kebutuhan akan barang-barang elektronik. Manfaat maksimal dari sumber energi ramah lingkungan ini dapat tercapai, jika energi yang diperoleh dari sumber daya tersebut dapat disimpan dengan baik. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan inovasi baru dalam sistem penyimpanan energi yang mumpuni seperti baterai dan superkapasitor [2]. Dewasa ini superkapasitor menjadi salah satu material yang sangat dibutuhkan untuk penyimpanan energi, seperti baterai dan kendaraan listrik. Superkapasitor juga merupakan suatu media penyimpan energi yang sedang dikembangkan saat ini.

Mobilitas pengguna berdampak pada diperlukannya peralatan portabel yang dapat digunakan dimana saja dan kapan saja, maka dari itu penggunaan baterai lebih disukai karena pemakaian energi baterai lebih mudah dalam hal pengisian ulang energinya [3]. Namun, dalam konteks penyimpanan skala besar mereka mengalami berbagai kelemahan, seperti kepadatan daya yang rendah, rentang hidup yang terbatas, dan pengurangan kapasitas yang cepat. Kelemahan ini dapat diatasi dengan mengimplementasikan teknologi superkapasitor [2].

Superkapasitor juga dikenal dengan beberapa nama lain seperti EDLC (*Electric/Electrochemical Double Layer Capacitor*), electrochemical capacitor, maupun *ultracapacitor* [4]. Berbeda dengan kapasitor konvensional, superkapasitor memiliki nilai kapasitansi yang sangat tinggi, sampai dengan ribuan Farad (F). Karakteristik superkapasitor bersifat komplemen dengan baterai, misalnya kerapatan daya yang tinggi dan durasi pengisian yang lebih cepat. Usia

superkapasitor juga lebih panjang dan resiko termalnya lebih rendah. Sifat yang komplementer ini menyebabkan superkapasitor sering digunakan bersama baterai menjadi suatu media penyimpang energi hybrid (hybrid energy storage). Adanya superkapasitor yang dipasang pada baterai akan meningkatkan performa dan umur pakai baterai [5]. Superkapasitor juga merupakan terobosan yang menarik di bidang energi, karena piranti ini salah satu media penyimpanan energi yang memiliki densitas energi yang lebih besar dari pada kapasitor dan daya yang lebih besar dari pada baterai, karena memiliki konduktivitas elektrik yang tinggi, murah dan mudah diperoleh [6]. Aplikasi penyimpanan energi yang terbuat dari karbon aktif diharapkan memiliki ukuran mesopore [7][8], karena volume mesopore yang besar mampu memberikan kapasitansi yang stabil saat terjadi peningkatan arus. Prinsip kerja dari superkapasitor ini adalah memanfaatkan bahan-bahan yang memiliki permukaan aktif sangat luas sebagai pengisi elektroda sehingga bisa meningkatkan performanya [9].

Biomassa yang mengandung unsur karbon, seperti kulit kopi dapat mengalami proses karbonisasi. Kriteria bahan karbon aktif diantaranya memiliki logam anorganik, mudah didapat dan biaya murah, memiliki daya tahan yang baik, dan mudah untuk diaktivasi [10], [11]. Penggunaan bahan biomassa untuk dijadikan karbon menjadi perhatian saat ini karena mempunyai beberapa keuntungan secara ekonomi, lingkungan dan sosial [12]. Beberapa material superkapasitor berbahan dasar karbon dari biomassa seperti ampas kacang, ampas kopi, kulit durian, cangkang kelapa sawit, dan kulit kopi. Kopi merupakan salah satu komoditas yang populer didunia saat ini. Di Indonesia sendiri, terdapat akumulasi limbah perkebunan dan kopi yang tinggi. Studi pendahuluan telah melaporkan bahwa limbah perkebunan kopi merupakan bahan bakar yang potensial [13], [14]. Hingga saat ini limbah kulit kopi belum dimanfaatkan dengan baik dan biasanya dibiarkan menumpuk di atas tanah perkebunan yang mengandung beberapa zat kimia beracun seperti alkaloid, tannin dan polifenol jika dibiarkan dalam jangka waktu yang lama dapat menjadi media pertumbuhan bakteri pathogen [15].

Menurut laporan Statistik Indonesia 2023 dari Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia dikenal sebagai negara penghasil kopi terbesar ke-3 didunia pada tahun 2022/2023 yang telah memproduksi kopi sebanyak 11,85 juta kantong. Dimana didalamnya terdapat 1,3 juta kantong kopi arabika dan 10,5 juta kantong kopi robusta. Khususnya di Aceh, produksi kopi juga terus meningkat setiap tahunnya, sehingga komoditas pertanian ini menghasilkan limbah kopi yang tinggi. Limbah yang dihasilkan berupa limbah kulit kopi sebanyak 43%, sekam kopi sebanyak 6,1%, dan lendir kopi sebanyak 12% [16]. Berdasarkan hasil persentase tersebut, kulit kopi memiliki persentase tertinggi yang seharusnya dapat dimanfaatkan oleh masyarakat.

Pada penelitian ini limbah kulit kopi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Pemanfaatan limbah kulit kopi yang berupa biomassa dapat dilakukan dengan konversi termokimia yaitu dengan mengubah limbah padat menjadi karbon aktif dengan proses karbonisasi dan aktivasi [13]. Karbon aktif merupakan material karbon berpori yang memiliki porositas dan luas permukaan yang besar, yaitu berkisar antara 300-3500 m²/g dan volume pori berkisar antara 0,7-1,8 cm³/g [17]. Karbon aktif berpori juga salah satu material yang memiliki sifat yang dapat dijadikan sebagai bahan dasar superkapasitor karena memiliki struktur morfologi yang unik, luas permukaan spesifik, distribusi ukuran pori yang cocok, stabilitas kimia yang baik dan proses preparasi yang relatif mudah.

Peningkatan kepadatan energi pada sebuah superkapasitor membutuhkan bahan karbon yang berpori diantaranya mikropori, mesopori dan makropori. Ketiga pori saling terhubung untuk mencapai kinerja superkapasitor dengan kerapatan energi yang tinggi. Aplikasi karbon aktif pada umumnya digunakan sebagai adsorben, support katalis, penyimpanan energi (superkapasitor) dan lainnya [17]. Sehingga kulit kopi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dalam hal penyimpanan larutan elektrolit dan merupakan bahan baku dalam pembuatan material superkapasitor [18].

Penelitian ini sintesa karbon aktif dari kulit kopi untuk material superkapasitor menggunakan proses *hydrothermal*. Beberapa peneliti yang menggunakan karbon

aktif sebagai penyangga elektrolit untuk superkapasitor seperti pada penelitian Boamaha, 2023 [19] dengan limbah buah jambu mete sebagai bahan baku utama pembuatan karbon aktif untuk aplikasi superkapasitor. Metode yang digunakan yaitu *hydrothermal* dengan kondisi operasi 140°C selama 12 jam menggunakan larutan KMnO_4 dan MnSO_4 . Kemudian dilakukan aktivasi fisika pada suhu 700-900°C menggunakan KOH selama 1 sampai 2 jam. Ditunjukkan bahwa sampel karbon aktif pada suhu yang lebih rendah memiliki struktur kristal berpori dan lebih amorf dibandingkan suhu yang lebih tinggi yaitu 900°C.

Telah dilakukan penelitian terkait dengan pembuatan karbon aktif dari berbagai sumber biomassa. Mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhammad, dkk [20] tentang karakterisasi karbon aktif. Dalam penelitian tersebut, digunakan gula pasir sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Gula telah dianggap sebagai sumber karbon yang tersedia dan berkelanjutan dan memiliki karbohidrat rantai pendek dan larut yang dapat diekstraksi dari sebagian besar tanaman, terutama tebu. Karbon aktif diperoleh melalui proses dehidrasi gula menggunakan larutan H_2SO_4 dan aktivasi kimia menggunakan NaOH. Penelitian lain yang dilakukan oleh Rozanna, dkk [21] yang menggunakan kulit pinang sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif melalui dua tahapan yaitu karbonisasi dan aktivasi dengan KOH sebagai aktivatornya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh temperatur *hydrothermal* terhadap properties *hydrochar* yang dihasilkan dari limbah kopi dan potensi penggunaannya untuk aplikasi superkapasitor?
2. Apakah mayoritas mesopori karbon aktif dari kulit kopi bisa diperoleh dengan cara *hydrothermal*?

3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi aktivator larutan KOH dan lama waktu aktivasi terhadap kadar air, kadar abu, serapan iodin, morfologi permukaan, adsorpsi-desorpsi nitrogen dan nilai kapasitansi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari pengaruh temperatur *hydrothermal* terhadap properties *hydrochar* yang dihasilkan dari limbah kopi dan potensi penggunaannya untuk aplikasi superkapasitor
2. Mengevaluasi ukuran pori-pori dan luas permukaan karbon aktif kulit kopi.
3. Mempelajari pengaruh variasi konsentrasi aktivator larutan KOH dan lama waktu aktivasi terhadap kadar air, kadar abu, serapan iodin, morfologi permukaan, adsorpsi-desorpsi nitrogen dan nilai kapasitansi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diperoleh pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Pemanfaatan limbah kulit kopi agar menjadi limbah dengan nilai jual lebih tinggi.
2. Perkembangan Iptek di bidang bio-energi berbahan baku limbah kulit kopi
3. Membantu pemerintah dalam mencari alternatif piranti penyimpan energi yang ramah lingkungan sehingga bisa memenuhi kebutuhan energi dimasa mendatang