

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman yang serba modern ini, teknologi berpengaruh besar dalam menunjang kehidupan manusia sebagai piranti penyimpanan energi listrik. Contohnya laptop, television, dan telepon yang biasa kita gunakan sehari-hari. Teknologi ini membutuhkan baterai sebagai piranti penyimpanan energi (Riyanto, 2014). Selain baterai, para peneliti telah berusaha untuk mengembangkan energi yang berkelanjutan untuk menyimpan dan memanfaatkan energi secara efisien serta ramah lingkungan. Salah satu produk inovasi teknologi penyimpanan energi yang mampu menyimpan energi dalam jumlah yang besar dan memiliki waktu hidup yang lebih lama serta ramah lingkungan adalah superkapasitor.

Superkapasitor merupakan perangkat penyimpanan energi yang berbeda dari baterai, sel bahan bakar, dan kapasitor (Taer *et al.* 2018). Superkapasitor ini telah menarik banyak perhatian karena kerapatan daya yang tinggi, laju *charge-discharge* yang cepat, dan siklus hidup yang panjang (Chiu dan Lin, 2019). Prinsip kerja dari superkapasitor ini adalah memanfaatkan bahan-bahan yang memiliki luas permukaan yang besar sebagai elektroda sehingga dapat meningkatkan performanya. Berbagai kategori bahan berbasis karbon, seperti *carbon nanotube* (He *et al.* 2017), *carbon nanofibers* (Wang *et al.* 2017) dianggap sebagai elektroda yang menjanjikan untuk sel superkapasitor (Boyjoo *et al.* 2017).

Bahan karbon banyak digunakan sebagai bahan aktif untuk superkapasitor karena prekursor karbon berbiaya rendah dan melimpah dialam (Baojun dan Chang, 2016), selain itu karbon aktif juga memiliki luas permukaan yang besar, porositas tinggi dan konduktivitas listrik yang baik. Karbon Aktif juga dapat menyimpan muatan melalui adsorpsi fisik dan desorpsi ion elektrolit pada permukaan elektroda (Chiu dan Lin, 2019).

Selama beberapa tahun terakhir, sejumlah literatur telah diterbitkan mengenai penggunaan bahan karbon berpori berbasis biomassa (Inal *et al.* 2015) sebagai bahan elektroda superkapasitor (Zhong *et al.* 2015). Beberapa contoh bahan biomassa yang telah digunakan yaitu cangkang kelapa sawit (Aziz *et al.* 2016), cangkang biji karet (Pagketananga *et al.* 2015), batang jagung (Yuhe dan Keliang,

2016), serat kelapa (Yin dan Chen, 2016) dan masih banyak lainnya. Para peneliti selalu fokus pada peningkatan kemampuan penyimpanan energi yang dihasilkan dari biomassa baru (Chiu dan Lin, 2019), karena masih terdapat beberapa limbah lain yang penggunaannya belum dimaksimalkan sebagai bahan elektroda superkapasitor. Salah satu bahan yang memiliki peluang besar sebagai sumber karbon aktif berpori adalah ampas biji kopi *Robusta*, karena selama ini penelitian tentang pemanfaatan ampas biji kopi *Robusta* sebagai elektroda superkapasitor belum optimal. Selain bersifat alami dan tidak beracun, ampas biji kopi juga merupakan salah satu limbah yang paling banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari (Chiu dan Lin, 2019).

Secara umum, pemanfaatan ampas biji kopi *robusta* dipilih karena provinsi Aceh sudah terkenal sebagai provinsi dengan produksi dan konsumsi kopi *robusta* terbesar di negara ini. Ini bisa dilihat dari banyaknya kedai kopi yang tersebar di setiap provinsi di Indonesia. Setiap hari, kedai-kedai tersebut menghasilkan limbah biji kopi dalam jumlah yang besar tanpa adanya upaya untuk mengubahnya menjadi berbagai produk berharga. (Mariana *et al.* 2018). Selain itu, secara teoritis ampas biji kopi juga mengandung karbohidrat (38–42%), melanoidin (23%), lipid (11–17%), dan komponen lainnya. Senyawa ini sangat cocok dijadikan sebagai sumber pembuatan karbon aktif sebagai elektroda superkapasitor (Esquivel dan Jimenez, 2012).

Sebelumnya, pemanfaatan ampas biji kopi sebagai bahan dasar elektroda superkapasitor telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Salah satunya oleh Philipp *et al.* pada tahun 2021 mengenai pembuatan karbon aktif yang *didopping* menggunakan oksida logam dari limbah roti dan ampas biji kopi. Karbon aktif yang *didopping* oleh oksida logam disintesis menggunakan Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , dan MnO_2 . Untuk karbon aktif yang dihasilkan dari limbah roti didapatkan nilai kapasitansi spesifik sebesar $40,3 \text{ Fg}^{-1}$ sedangkan untuk karbon aktif yang dihasilkan dari ampas biji kopi, didapatkan nilai kapasitansi spesifik sebesar 87 Fg^{-1} . Namun, nilai kapasitansi yang didapatkan perlu ditingkatkan menggunakan serangkaian metoda aktivasi yang berbeda agar dapat meningkatkan kinerja elektrokimia dari superkapasitor (Philipp *et al.* 2021).

Pada tahun 2019, Yi Han Chiu dkk melakukan penelitian mengenai pembuatan elektroda superkapasitor dari karbon aktif ampas biji kopi menggunakan 6 aktivator yang berbeda yaitu H_3PO_4 , HCl , FeCl_3 , ZnCl_2 , NaOH dan KOH . Peneliti juga mengamati sifat fisik dari gugus fungsi hidrofobik dan hidrofilik, luas permukaan dan volume pori untuk karbon aktif yang dibuat menggunakan aktivator yang berbeda. Elektroda karbon aktif yang dibuat menggunakan aktivator KOH menghasilkan nilai kapasitansi spesifik tertinggi yaitu sebesar $105,3 \text{ Fg}^{-1}$ dengan luas permukaan spesifik $1250 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Bisa dilihat bahwa kinerja elektrokapasitif KOH lebih baik dibandingkan dengan aktivator lainnya (Chiu dan Lin, 2019).

Pada tahun 2021, Alberto dkk juga memanfaatkan karbon aktif dari ampas biji kopi sebagai elektroda superkapasitor menggunakan aktivator KOH pada perbandingan massa sampel dan KOH sebesar 1 : 1,5. Karbonisasi yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan menggunakan gas inert N_2 . Dari pengukuran sifat elektrokimia yang dilakukan menggunakan metode *cyclic voltammetry*, didapatkan nilai kapasitansi spesifik sebesar 84 Fg^{-1} dengan luas permukaan sebesar $585 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ (Alberto *et al.* 2021).

Selain biomassa ampas biji kopi, beberapa penelitian telah dilakukan mengenai pembuatan elektroda superkapasitor dari beberapa biomassa yang berbeda menggunakan aktivator KOH . Menurut (Li *et al.* 2018), dibandingkan dengan zat pengaktif lainnya, kalium hidroksida (KOH) merupakan zat pengaktif yang paling efektif dan ramah lingkungan sehingga lebih disukai dalam proses aktivasi kimiawi untuk pembuatan karbon aktif berpori.

Salah satu penelitian mengenai pembuatan elektroda superkapasitor menggunakan aktivator KOH dilakukan oleh Taer dkk pada tahun 2018. Penelitian ini menggunakan karbon aktif monolit dari biomassa batang bambu yang diaktivasi dengan variasi konsentrasi aktivator ZnCl_2 dan KOH sebesar 0,1 M, 0,3 M, 0,5 M, dan 0,7 M. Untuk aktivator ZnCl_2 didapatkan nilai kapasitansi spesifik tertinggi pada konsentrasi 0,3 M yaitu sebesar 63 Fg^{-1} sedangkan untuk aktivator KOH didapatkan nilai kapasitansi spesifik tertinggi pada konsentrasi 0,5 M yaitu sebesar 73 Fg^{-1} . Hal ini dikarenakan terjadinya perubahan ukuran pori

rata-rata paling optimal dari mikropori ke mesopori pada konsentrasi tersebut (Taer *et al.* 2018).

Pada tahun 2019, Perdana dkk juga melakukan penelitian menggunakan biomassa cangkang kelapa sawit yang diaktivasi oleh KOH pada perbandingan 1:3, 1:4, 1:5. Didapatkan nilai kapasitasansi spesifik tertinggi pada perbandingan 1:5 yaitu sebesar $99,151 \text{ Fg}^{-1}$ dengan luas permukaan spesifik sebesar $793,326 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$. Hal ini disebabkan karena pembentukan mikropori oleh aktivator KOH pada perbandingan 1:5 lebih besar. Sedangkan pada perbandingan 1:3 dan 1:4, nilai kapasitasansinya menurun dikarenakan jumlah KOH yang sedikit menyebabkan jumlah pori yang terbentuk pada proses aktivasi belum sempurna dan luas permukaan yang dihasilkan kecil (Perdana *et al.* 2019). Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak struktur mikropori yang terbentuk maka akan semakin besar luas permukaan spesifik karbon aktif yang dihasilkan.

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan menggunakan beberapa bahan biomassa dan aktivator yang berbeda, kapasitasansi yang dihasilkan masih perlu ditingkatkan. Oleh karna itu, dibutuhkan penelitian lebih lanjut menggunakan metoda yang berbeda dari penelitian sebelumnya agar didapatkan nilai kapasitasansi yang lebih optimal. Pada penelitian ini, telah dilakukan pembuatan elektroda superkapasitor berbahan dasar karbon aktif dari ampas biji kopi *robusta* menggunakan variasi konsentrasi aktivator KOH sebesar 0,2 M, 0,3 M, dan 0,5 M. Hal ini bertujuan untuk melihat pengaruh konsentrasi aktivator KOH terhadap nilai kapasitasansi spesifik yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi aktivator KOH terhadap struktur pori dan luas permukaan dari karbon aktif ampas biji kopi *Robusta*?
2. Bagaimana kinerja dari karbon aktif ampas biji kopi *Robusta* yang dihasilkan sebagai bahan elektroda superkapasitor?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mempelajari kondisi pembuatan karbon aktif dari ampas biji kopi *Robusta* menggunakan variasi konsentrasi aktivator KOH dan hubungannya dengan karakteristik pori dari karbon aktif yang dihasilkan.
2. Mempelajari pengaruh penggunaan elektroda dari karbon aktif yang dihasilkan terhadap kinerja atau karakteristik elektrokimia sel superkapasitor.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengeksplorasi ampas biji kopi *Robusta* sebagai bahan dasar untuk membuat elektroda superkapasitor yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal serta memberikan metoda alternatif dalam pemenuhan alat penyimpan energi terbarukan dengan kapasitas dan rapat daya yang relatif tinggi.

