

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik telah menjadi peranan yang penting dalam kehidupan masyarakat dan memberikan pengaruh besar pada hampir seluruh sektor kehidupan. Berdasarkan data penggunaan listrik nasional, konsumsi energi listrik selalu meningkat dari tahun ke tahun (Prayogatama et al., 2022). Apabila kondisi ini tidak diimbangi dengan pengelolaan yang tepat, maka berpotensi menimbulkan krisis energi di masa mendatang. Salah satu solusi yang dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan.

Efektivitas penggunaan energi terbarukan membutuhkan penyimpanan energi listrik yang efisien yang dipengaruhi oleh kinerja penyimpanan. Akibatnya, para peneliti mulai mengembangkan perangkat penyimpanan energi berkinerja tinggi, seperti superkapasitor yang dapat dibuat dari material dengan harga murah dan ramah lingkungan (Mohamedkhair et al., 2020). Superkapasitor dapat menjadi alternatif sebab memiliki konstruksi dan prinsip yang sederhana, memiliki kepadatan energi yang tinggi, serta kemampuan menyimpan energi yang besar. Kapasitor juga memiliki siklus yang panjang tanpa mengalami degradasi sehingga cocok sebagai perangkat penyimpanan energi (Reza et al., 2022).

Komponen utama dari rangkaian superkapasitor yaitu permukaan elektroda yang luas, elektrolit yang memberikan muatan ion, separator sebagai pemisah antara permukaan elektroda dan pengumpul arus. Semua superkapasitor terdiri dari dua elektroda yang direndam dalam larutan konduktif atau polimer konduktif yang disebut elektrolit. Elektroda dipisahkan oleh pemisah/separator berbahan dielektrik yang bukan hanya untuk mencegah agar tidak terjadi tumpang tindih muatan pada kedua elektroda tetapi juga memiliki sifat listrik yang mempengaruhi kinerja superkapasitor serta pengumpul arus yang dapat menangkap muatan ion (Tetra et al., 2018).

Berdasarkan mekanisme penyimpanan energinya, superkapasitor terbagi menjadi *electrode double layer capacitor* (EDLC) dan *pseudocapacitor*. Superkapasitor EDLC terdiri dari beberapa susunan material di antaranya elektroda, pengumpul arus, larutan elektrolit, dan separator. Dalam pembuatan superkapasitor, elektroda memiliki peran penting sebab berperan sebagai media penyimpanan energi berbasis superkapasitor. Hal ini terjadi sebab elektroda dapat bereaksi secara langsung terhadap elektrolit. Bahan utama yang umum digunakan dalam pembuatan elektroda superkapasitor yaitu karbon aktif, polimer konduksi, oksida logam/ nitrida, *graphene* dan *carbon nanotube* (Prayogatama et al., 2022).



menjadi bahan yang paling banyak digunakan sebagai elektroda karbon aktif tersedia secara luas, harganya yang murah, memiliki kapasitas yang tinggi, nilai konduktivitas listrik baik, dan stabilitas tinggi (Reynol Tumimomor & Christin Palilingan, 2018). Salah satu alasan untuk membuat elektroda karbon aktif yaitu biomassa. Salah satu sumber energi terbarukan yang keberadaannya sangat

melimpah di alam. Biomassa dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan karbon aktif melalui pemanasan pada suhu tinggi dan aktivasi secara fisika dan kimia. Aktivasi dilakukan untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan karbon sehingga dapat meningkatkan porositas karbon. Aktivasi karbon aktif dapat dilakukan melalui proses aktivasi secara fisika dan proses kimia. Proses aktivasi secara fisika dapat dilakukan dengan pemberian uap air atau gas CO_2 , sedangkan secara kimia dilakukan dengan penambahan zat kimia tertentu (Sahara et al., 2017).

Weru (*Albizia Procera*) biasanya dimanfaatkan untuk pertanian, pengobatan, kontruksi dan peneduh jalan. Di beberapa negara, daun weru dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan biji weru dimanfaatkan untuk budidaya. Kayu weru juga cocok untuk perabotan rumah tangga, furnitur, dll (Sivakrishnan & Kavitha, 2018).

Pohon weru mengandung karbohidrat, alkaloid, flavonoid, saponin, steroid, tanin, fenol (Hossen & Kato-Noguchi, 2022). Di Indonesia sendiri, weru banyak ditanam sebagai pohon peneduh jalan sehingga daun dan buahnya banyak yang berjatuhan dan hanya menjadi limbah. Pemanfaatan kulit buah weru sebagai biomassa karbon aktif diharapkan dapat membantu penanganan limbah.

Pembuatan karbon aktif menggunakan limbah biomassa telah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penelitian menggunakan daun *albizia procera* tanpa aktivasi dan proses aktivasi kimia dengan NaHCO_3 dan ZnCl_2 , kemudian dipanaskan dengan temperatur 850°C selama 5 jam. Nilai kapasitasansi spesifik yang tertinggi yaitu 231 F/g dengan aktivasi NaHCO_3 (Mohamedkhair et al., 2020). Penelitian menggunakan kulit jengkol (*Pithecellobium Jiringa*) dengan aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi fisika dilakukan dengan variasi temperatur yang berbeda. Hasil kapasitasansi spesifik menunjukkan nilai tertinggi yaitu 220 F/g dengan temperatur aktivasi 850°C (Taer et al., 2021). Penelitian tentang kulit buah kakao dengan aktivasi kimia KOH dengan dua konsentrasi yang berbeda, kemudian dikarbonisasi dan dilakukan aktivisasi fisika. Kapasitasansi spesifik maksimum ditemukan pada konsentrasi 0,4 M dan temperatur 700°C dengan nilai 140,2 F/g yang diaktifkan selama 2,5 jam (Nuradi et al., 2022). Penelitian lainnya juga dilakukan dengan kulit kentang. Aktivasi kimia pada penelitian ini menggunakan ZnCl_2 dengan konsentrasi yang berbeda lalu dilanjutkan dengan karbonisasi dan aktivasi fisika. Kapasitasansi spesifik tertinggi terdapat pada konsentrasi 0,3 M yaitu 195,66 F/g, kemudian konsentrasi 0,5 M dengan kapasitasansi spesifik 147,03 F/g, dan terakhir pada konsentrasi 0,1 M dengan kapasitasansi spesifik 82,82 F/g (Pertiwi et al., 2022).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pembuatan karbon aktif dari kulit buah weru sangat mungkin dilakukan. Pada penelitian ini, pembuatan karbon aktif akan menggunakan aktivator KOH pada aktivasi kimia dilanjutkan dengan karbonisasi dan aktivasi fisika dilakukan variasi temperatur (800°C , 850°C , dan 900°C) untuk mendapatkan hasil kapasitasansi spesifik yang tinggi agar karbon aktif dapat menyimpan energi yang besar.



1. Membuat elektroda karbon aktif sebelum dan setelah pirolisis
2. Mengkarakterisasi sifat fisis dan aktivasi fisika setelah karbonisasi

1.3 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang, maka manfaat dari penelitian ini, yaitu penelitian ini diharapkan mampu memberi kontribusi berupa data dan analisis terkait kinerja elektroda karbon aktif superkapasitor serta dapat menjadi referensi untuk riset lanjutan atau pengembangan produk superkapasitor di industri.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan November 2022 – Mei 2025, di Laboratorium Material dan Energi, Laboratorium Superkapasitor, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah.

1. Timbangan Digital
2. Gelas Ukur
3. Oven
4. Blender
5. *Ball Milling*
6. Ayakan 200 mesh dan 400 mesh
7. Sendok
8. *Magnetic stirrer*
9. Mortar
10. Jangka sorong digital
11. *Hydraulic Press*
12. Kertas Saring
13. Pinset
14. *Furnace*
15. Aluminium foil
16. Kertas lakmus
17. Sarung tangan lateks
18. Cawan petri
19. Corong kaca

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah.

1. Kulit Buah Weru (*Albizia Procera*)
2. Aktivator KOH
3. Larutan Aquades

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pembuatan Sampel dan Pra-Karbonisasi Kulit Buah Weru



digunakan sebagai sampel merupakan kulit buah weru (*Albizia* yang telah dikumpulkan kemudian dicuci dengan air dan sinar matahari. Setelah kering, sampel kemudian dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke dalam larutan aquades. Setelah itu, sampel dikeringkan pada suhu 225°C pada rentang waktu 1 jam. Hal ini dilakukan

untuk mengurangi kandungan air dari sampel dan mempermudah proses penghancuran sampel menjadi serbuk.

Sampel yang telah dikeringkan di dalam oven kemudian dihancurkan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Pengayakan ini bertujuan untuk mendapatkan serbuk sampel yang bersifat homogen. Setelah diayak, sampel kemudian digiling menggunakan *ball milling* selama ± 20 jam. Penggilingan ini berfungsi untuk menghancurkan sampel agar menjadi serbuk yang lebih halus. Proses *ball milling* yaitu dengan memasukkan sampel sebanyak 50 gram ke dalam botol dan juga bola-bola besi dengan ukuran heterogen. Bola-bola besi berfungsi untuk menghancurkan sampel. Kemudian, sampel akan diayak menggunakan ayakan 400 mesh, selanjutnya sampel akan diuji menggunakan alat *Thermogravimetric* (TG) dan *Differential Thermogravimetry* (DTG) untuk mengetahui nilai perubahan dan laju penyusutan massa sampel kulit buah weru.

2.3.2 Aktivasi Kimia

Pada proses aktivasi kimia, karbon hasil pembakaran dicampur dengan larutan kimia yang berperan sebagai agen aktivasi. Larutan aktivasi agen yang digunakan adalah KOH dengan konsentrasi 0,3 M.

Dalam menghitung massa KOH digunakan persamaan 2.1 (Saputro & Rangkuti, 2018).

$$\text{Massa KOH} = \frac{M \times V_{\text{aquades}} \times Mr_{\text{KOH}}}{1000} \quad (2.1)$$

Dimana M adalah molaritas (mol/L), V aquades adalah volume aquades (mL), dan Mr KOH adalah massa molekul relatif KOH (g/mol).

Sebanyak 5,1 gram larutan KOH dengan larutan aquades akan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* di suhu 80°C selama 1 jam, kemudian 60 gram sampel kulit buah weru diaduk dengan kedua larutan yang sudah tercampur tersebut di suhu yang sama selama 3 jam. Sampel kemudian dikeringkan di dalam oven dengan temperatur 75°C - 100°C selama 24 jam. Setelah dikeringkan, sampel akan dihaluskan menggunakan mortal dan diayak kembali menggunakan ayakan 400 mesh.

2.3.3 Pencetakan Pelet Karbon Aktif dari Kulit Buah Weru

Sampel yang telah diaktivasi kimia ditimbang sebanyak 0.7 gram. Lalu, dicetak menjadi pelet menggunakan *hydraulic press* pada tekanan standar yaitu 8 ton selama 3 menit dengan hasil pelet berupa kepingan cakram. Sampel kemudian dipersiapkan untuk proses karbonisasi dan aktivasi fisika.



ujuan untuk menghilangkan bahan-bahan non karbon dengan l pada temperatur tinggi. Pada penelitian ini, menggunakan raskan sampel pada temperatur 600°C dengan dialiri atmosfer)°C dipilih sebab diharapkan mampu menghasilkan luas ktif yang optimal dan di atas batas suhu tahan sampel.

2.3.5 Aktivasi Fisika

Setelah proses karbonisasi, dilakukan proses aktivasi fisika. Aktivasi fisika bertujuan meningkatkan luas permukaan elektroda karbon aktif. Proses aktivasi fisika sampel dipanaskan di *furnace* dengan dialiri atmosfer CO₂ pada temperatur 800°C, 850°C, 900°C selama 1 jam. Setelah aktivasi fisika, pelet akan direndam dengan larutan aquades agar pH pelet menjadi netral. Setelah itu, pelet sampel kulit buah weru akan dikarakterisasi secara fisis.

2.3.6 Karakterisasi Sampel

2.3.6.1 Karakterisasi Sifat Fisis

Karakterisasi sifat fisis meliputi pengukuran densitas, TG-DTG (*Thermogravimetric - Differential Thermogravimetry*), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

2.3.6.1.1 TG-DTG (*Thermogravimetric – Differential Thermogravimetry*)

TG-DTG bertujuan untuk mengetahui laju penyusutan massa dan stabilitas termal sampel. Pada pengujian ini pula diketahui suhu tahanan sampel yang dapat digunakan dalam proses pirolisis (karbonisasi dan aktivasi fisika).

2.3.6.1.2 Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas meliputi pengukuran diameter dan ketebalan sampel menggunakan jangka sorong digital serta massa yang diukur menggunakan timbangan digital. Pada pengukuran densitas, akan dibandingkan hasil pengukuran untuk setiap variasi suhu pada pelet baik setelah maupun setelah pirolisis, serta akan dibandingkan pula massa jenisnya.

2.3.6.1.3 FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

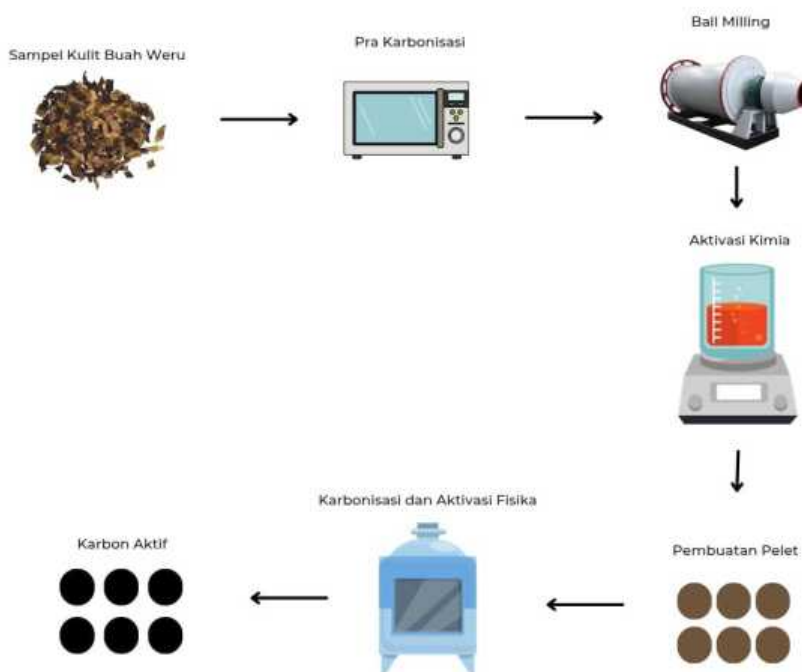
Pengujian FTIR digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi yang mengandung unsur karbon pada elektroda karbon aktif kulit buah weru. Uji FTIR dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu sebelum dan setelah pirolisis.

2.3.6.1.4 XRD (*X-Ray Diffraction*)

Pengujian XRD digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan derajat kristalinitas sampel. Uji XRD dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu sebelum dan setelah pirolisis.



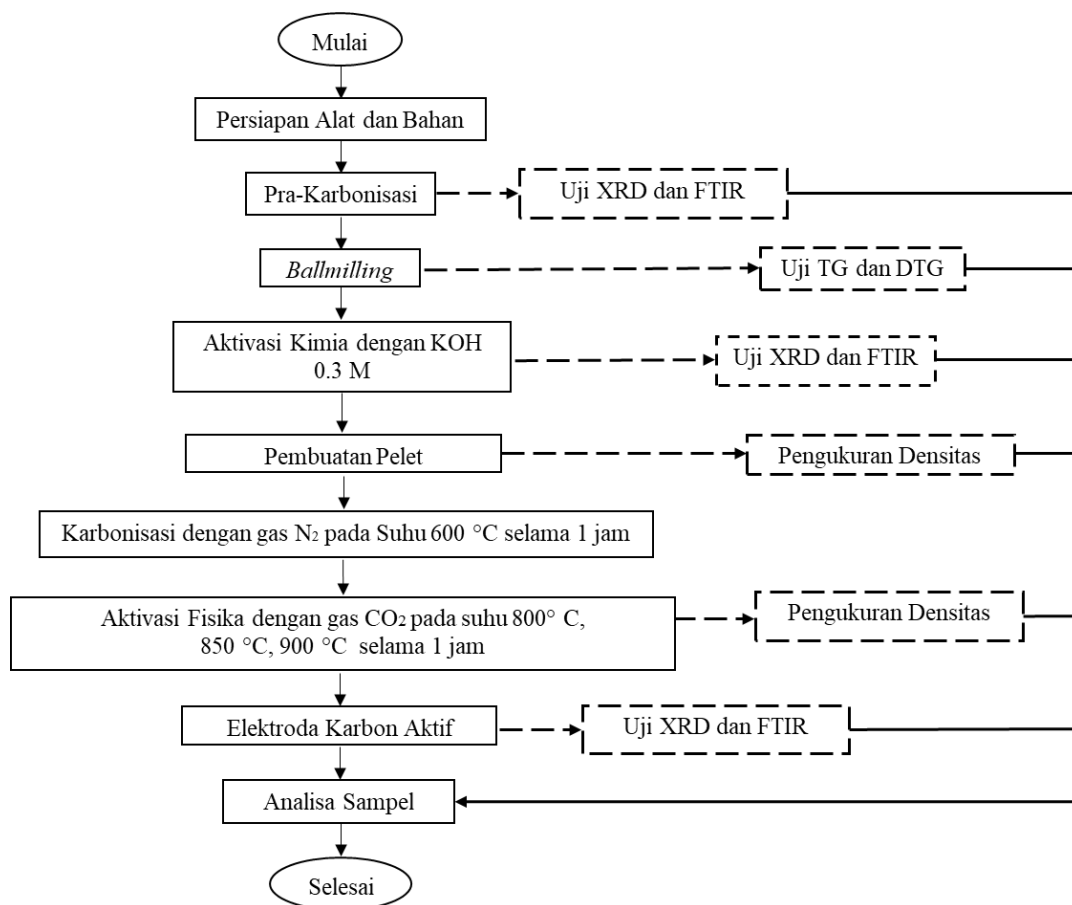
2.3.7 Diagram Prosedur Penelitian



Gambar 1. Diagram Prosedur Penelitian



2.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

