

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keberlanjutan setiap aktivitas kehidupan manusia di era modern dengan perkembangan teknologi sekarang ini, berdampak pada meningkatnya kebutuhan energi listrik sebagaimana pada Tabel 1. Secara umum penggunaan bahan bakar dalam energi listrik berasal dari perut bumi yang telah diproduksi dari jutaan tahun lalu sehingga bisa digunakan sekarang ini seperti minyak bumi, gas serta batu bara (Gendut Suprayitno, 2015).

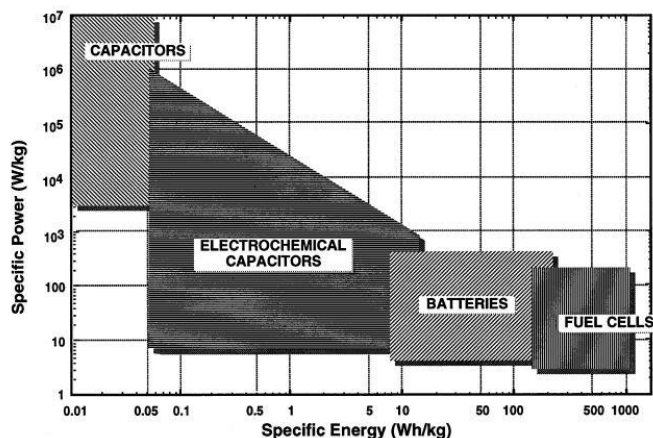
Tabel 1. Data Umum Penyediaan Ketenaga Listrik Tahun 2016 – 2020

Jenis Pembangkit	Tahun 2016 – 2020				
	2016	2017	2018	2019	2020
PLTU	13.790,00	14.308,00	14.586,10	15.148,60	15.204,23
PLTG	3.488,16	3.493,16	3.799,36	3.799,36	3.799,36
PLTGU	8.965,37	8.965,37	9.676,00	10.207,53	10.548,83
PLTD	3.695,52	4.076,47	4.311,02	4.354,50	4.438,36

Melihat banyaknya kebutuhan energi mengakibatkan kesediaan minyak bumi hasil alam semakin terbatas, dikarenakan hasil alam yang digunakan tidak dapat diperbaharui kembali, oleh karena itu dibutuhkan alternatif yang dapat menghasilkan energi terbarukan dengan memanfaatkan sumber daya alam biomassa yang melimpah dan dapat diperbaharui Kembali, sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang serta berkelanjutan. Salah satu potensi terbarukan yang dapat dimanfaatkan ialah penggunaan biomassa. Sebagaimana yang diketahui bahwa Indonesia merupakan salah satu negara agraria terbesar di dunia, sehingga memiliki ketersediaan biomassa dengan angka yang sangat besar dan melimpah. Biomassa adalah bahan material yang berasal dari alam maupun makhluk hidup yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar maupun bahan industri (Maulana & Maulana, 2015). Melihat ketersediaan biomassa yang cukup melimpah serta proses pengolahan konversi biomassa yang mudah, sehingga menarik minat untuk dijadikan sebagai alternatif cadangan energi yang berbasis minyak atau fosil kepada produk yang dapat menyimpan listrik, panas maupun *biofuel* (Sa'don et al., 2017).

Salah satu pemanfaatan biomassa yang sering ditemui ialah dijadikan sebagai piranti penyimpanan energi yang berbahan dasar dari biomassa. Dasar utama pengembangan piranti penyimpanan energi ialah dapat menyimpan energi dalam jumlah yang besar dengan waktu yang singkat untuk pengisian energi. Secara umum dimasyarakat, Piranti penyimpanan energi yang sangat dikenal ialah Baterai, Kapasitor dan *Fuel cell*.

Kapasitor merupakan salah satu piranti penyimpanan energi yang cukup rendah tetapi mempunyai daya yang tinggi seperti pada gambar 1, berbeda halnya dengan *fuel cell* memiliki penyimpanan energi yang besar tetapi mempunyai daya yang rendah. Seiring dengan perkembangan teknologi dan terus dilakukan riset berkaitan dengan piranti penyimpanan energi maka diperoleh piranti penyimpanan energi yang memiliki penyimpanan energi yang besar serta daya yang tinggi yang diberi nama Superkapasitor.

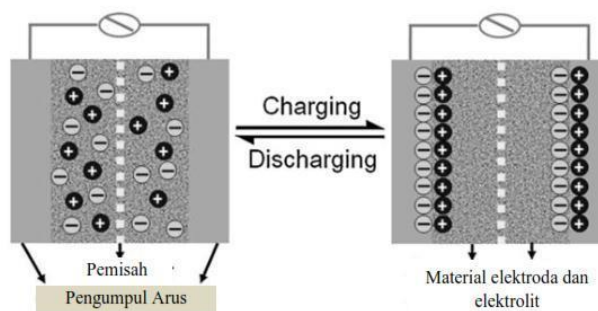


Gambar 1. Grafik Ragone yang menunjukkan perbandingan antara berbagai perangkat penyimpanan energi.

Superkapasitor merupakan salah satu piranti penyimpanan energi dengan kualitas yang sangat baik dikarenakan mampu menyimpan muatan listrik dengan kapasitas yang lebih besar ketika dibandingkan dengan piranti penyimpanan energi pada umumnya. Superkapasitor telah mengikuti prinsip prinsip dari kapasitor konvensional sebelumnya. Namun ada beberapa hal yang dijadikan pembeda antara superkapasitor maupun kapasitor konvensional, diantaranya pembuatan luas permukaan elektroda pada superkapasitor dibuat lebih besar serta ketebalan dielektrik dibuat jauh lebih kecil atau tipis sehingga memungkinkan menurunnya jarak D antara elektroda. Hal ini berdampak pada kerapatan daya lebih tinggi, pengisian dengan waktu

yang relatif sedikit serta memiliki siklus hidup penyimpanan yang lama. Superkapasitor terdiri atas elektroda, separator atau pemisah, pengumpul muatan (*Current Collector*) serta elektrolit yang semuanya memiliki peran yang sangat penting dalam sebuah superkapasitor. Proses yang dilakukan ialah menempelkan dua elektroda sehingga terlihat seperti susunan *sandwich* yang ditengahnya diberikan separator yang berfungsi sebagai bagian pemisah (Aziz et al. 2017). Nilai kapasitansi yang dihasilkan dari sebuah superkapasitor dipengaruhi oleh besarnya luas permukaan dari setiap elektroda (Jayalashmi et al, 2008) sehingga setiap umumnya bahan elektroda harus memiliki luas permukaan yang tinggi sehingga berdampak pada penyimpanan muatan yang tinggi pula (Kwon et al 2014). Elektrolit merupakan bagian yang digunakan untuk melakukan penghantaran elektron dan menghasilkan elektron yang digunakan untuk menjalankan sel elektrokimia (Rossi et al 2014). Secara umum elektrolit yang sering digunakan dalam superkapasitor adalah elektrolit yang memiliki sifat cair seperti H_2SO_4 (Olivares et al 2014) KOH (Mochizuki et al 2011) Asam Fosfat atau H_3PO_4 (Aziz et al., 2017) Proses kerja dari sebuah kapasitor sangat memiliki ketergantungan pada ion yang memiliki muatan listrik. Potensi yang akan diberikan oleh elektroda saling berhadapan akan menyebabkan terjadinya proses tarik ion ke permukaan kedua elektroda sehingga berdampak pada terjadi proses pengisian (*Charging*). Begitupun sebaliknya apabila ion bergerak menjauh dari superkapasitor maka terjadi peroses pelepasan energi (*Discharging*) (Taer et al, 2020).

Prinsip kerja dari superkasiotor sebagaimana terlihat pada gambar 2, Ion ion yang terdapat pada setiap elektroda terdiri dari ion positif atau kation serta ion negatif atau anion. Ketika terjadi proses beda potensial yang diberikan antara kedua elektroda dalam sel elektrokimia maka Anion akan mengalami proses pergerakan menuju elektroda yang memiliki muatan positif. Dan untuk kation akan mengalami pergerakan menuju elektroda yang memiliki muatan negative. Elektroda yang dihasilkan dipengaruhi oleh luas permukaan yang tinggi serta ukuran diameter pori yang dapat mempengaruhi berjalannya mekanisme tersebut. Secara maksimal ukuran pori yang dihasilkan dari elektroda hendaknya memiliki ukuran yang lebih besar dari ukuran diameter ion sehingga mekanisme proses adsorpsi dan desorpsi dapat berjalan dengan Maksimal.



Gambar 2. Prinsip Kerja Superkapasitor (Chen & Dai, 2013)

Pemanfaatan Biomassa yang digunakan sebagai elektroda pada superkapasitor telah banyak dilakukan penelitian sebelumnya diantaranya Kulit durian (Febriyanto et al., 2019) Bahan karbon disintesis dari limbah kulit durian menggunakan reaktor hidrotermal pada suhu 275°C selama 1 Jam serta memiliki kandungan carbon sebesar 50 % sampai 60 % . Luas permukaan karbon aktif yang diperoleh adalah $1327 \text{ m}^2/\text{g}$. Kapasitansi spesifik yang diperoleh adalah 18 mF/g . Selanjutnya Penggunaan Pelepeh Nipah (Farma et al., 2020) dimana elektroda Karbon berasal dari pelepeh nipah dilakukan Prakarbonasi pada suhu 250°C dan diaktivasi kimia menggunakan KOH sebagai Aktivator dengan konsentrasi 1 M. Pengujian *Termogravimetri Analysis* (TGA) pada elektroda Karbon berasal dari pelepeh nipah mengalami tiga kali penyusutan, penyusutan pertama terjadi pada suhu $100,9^{\circ}\text{C}$ dengan persentase susut massa 6,49%, penyusutan kedua terjadi pada suhu $350,0^{\circ}\text{C}$ dengan persentase susut massa 29,53% pada penyusutan ini hemiselulosa, selulosa dan lignin terurai secara bersamaan. Penyusutan ketiga terjadi pada suhu $550,8^{\circ}\text{C}$ dengan persentase susut massa 26,97%. Hasil karakterisasi struktur mikro juga menunjukkan bahwa sampel dengan Proses Karbonasi dengan suhu 650°C memiliki nilai L_c tertinggi yaitu sebesar 7,947 nm. Bahan lain yang digunakan Kulit buah kakao (Nuradi, 2022) menggunakan aktivasi kimia dengan larutan KOH konsentrasi 0,3 M dan 0,4 M serta melakukan karbonisasi pada 600°C diikuti dengan aktivasi fisika pada suhu 600°C , 700°C , 800°C dan 900°C dengan variasi waktu 4 jam dengan kadar carbon yang dihasilkan sebesar 60% - 70%. Pengukuran sifat elektrokimia yang dilakukan dengan metode voltametri siklik menghasilkan kapasitansi spesifik optimum sebesar $140,2 \text{ F/g}$ didapatkan pada waktu aktivasi 2,5 jam. Dari banyaknya material biomassa yang telah dijadikan sebagai bahan pada superkapasitor peneliti tertarik memanfaatkan biomassa yang belum pernah dilakukan penelitian pada superkapasitor dengan memanfaatkan limbah kulit pada tanaman

tebu telur atau nama lain dari *saccharum edule* yang merupakan jenis tanaman sayuran khas Sulawesi dan Ternate.

Beberapa metode yang digunakan dalam Mengkarakterisasikan elektroda karbon seperti Pengukuran densitasnya, dimana Densitas Berfungsi untuk mengetahui besaran masa benda dengan volume benda baik sebelum dan sesudah karbonisasi (Sefentry & Iii, n.d.). FTIR atau yang dikenal dengan *Four Transform Infrared Spectroscopy* digunakan dalam hal menganalisis senyawa kimia pada material sampel dengan menggunakan bantuan radiasi sinar Infra Merah (Parkia & Polimer, 2022). XRD bagian dari Teknik karakterisasi material yang bertujuan untuk mendeteksi senyawa kristal dalam bahan serta menentukan struktur kristal (Hakim & Dirgantara, 2019). SEM EDX bertujuan untuk menghasilkan gambar struktur permukaan sampel dengan bantuan sinar electron yang berfokus dengan perbesaran hingga skala tertentu sementara untuk EDX atau Energy Dispersive X Ray digunakan untuk analisis element kimia yang terkandung dalam bahan material (Sahdiah & Kurniawan, 2023). BET adalah Teknik karakterisasi yang digunakan untuk menentukan luas permukaan karbon (Riski Kurniawan, Musthofa Lutfi, 2014) sementara terkait pengukuran besar nilai kapasitansi yang di dapatkan dari elektroda superkapasitor menggunakan metode CV dan GCD (Riski Kurniawan, Musthofa Lutfi, 2014). Cyclic Voltametry (CV) merupakan teknik yang digunakan dalam menganalisis sifat elektrokimia dari suatu sampel. Nilai kapasitansi Spesifik data dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) (Aini *et al*, 2020):

$$C_{sp} = \frac{I_c - I_d}{s \cdot m} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana C_{sp} : kapasitansi Spesifik (F/g), s : Laju Scan (mV/s) m : Massa total Karbon (g), I_c : arus Charge (A) dan I_d : Arus discharge (A). Sementara itu untuk mengukur rapat energi E (Wh/Kg) dan rapat daya P (W/Kg) dari superkasitor data dihitung menggunakan Persamaan (2) dan (3) (Aini *et al*, 2020)

$$E_{sp} = \frac{1}{2} C_{sp} V^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$P_{sp} = \frac{E}{\Delta t} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana; E : Rapat Energi (Wh/kg), C_{sp} :Kapasitansi spesifik (F/g), ΔV :Jendela tegangan (V), P : Rapat Daya (W/kg), Δt : waktu dicharger (s). Lebih lanjut, sifat elektrokimia sampel karbon juga dianalisis dengan metode galvanostatic charge discharge (GCD) pada rapat arus yang konstan 1 A/g. Berdasarkan data GCD, kapasitansi spesifik (C_{sp}), dari masing-masing elektroda superkapasitor dapat dihitung dengan persamaan (4) (Liang *et al.*, 2020; Miller *et al.*, 2018).

$$C_s = \frac{I\Delta t}{m\Delta V} \dots\dots\dots(4)$$

I adalah rapat arus saat gcd (A/g), ΔV adalah tegangan saat pengosongan (V), m adalah massa sampel (g) dan Δt adalah waktu saat pengosongan (s).

Penelitian berkaitan dengan pemanfaatan biomassa dalam pembuatan superkapasitor telah menarik perhatian peneliti didunia, dibuktikan dengan meningkatnya publikasi jurnal, berkaitan dengan hal tersebut, pemanfaatan kulit tebu telur sebagai bahan baku dalam pembuatan superkapasitor menjadi hal yang baru dan cukup menantang hal ini dikarenakan sejauh reverensi yang telah saya telusuri bahwa belum pernah dilakukan penelitian pemanfaatan limbah kulit tebu telur sebagai bahan pembuatan superkapasitor, serta mengingat bahwa limbah dari kulit tebu telur yang jumlahnya cukup banyak diberapa wilayah di Sulawesi Tengah dan tidak dimanfaatkan secara optimal, sehingga Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian ini dengan menggunakan bahan dasar limbah kulit tebu telur sebagai bahan dasar pembuatan elektroda superkasitor.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjabaran latar belakang diatas sehingga yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini ialah

- 1) Bagaimana Karakterisasi sifat fisis dan sifat elektrokimia aktivasi KOH dan $ZnCl_2$ pada elektroda kulit tebu telur?
- 2) Bagaimana pengaruh aktivasi senyawa KOH dan $ZnCl_2$ pada limbah kulit tebu telur terhadap karakteristik karbon aktif pada elektroda superkapasitor terhadap nilai kapasitansinya?
- 3) Bagaimana menentukan temperatur optimum dari jenis aktivasi KOH dan $ZnCl_2$ limbah kulit tebu telur pada elektroda kimia superkapasitor terhadap nilai kapasitansinya?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian pembuatan karbon aktif dari biomassa pada elektroda superkapasitor dilakukan dengan tujuan untuk :

- 1) Menganalisis Karakterisasi Sifat Fisis dan sifat Elektrokimia aktivasi KOH dan $ZnCl_2$ Pada Elektroda Kulit tebu telur.
- 2) Menganalisis pengaruh aktivasi senyawa KOH dan $ZnCl_2$ pada limbah kulit tebu telur terhadap karakteristik karbon aktif pada elektroda superkapasitor terhadap nilai kapasitansinya.
- 3) Menentukan temperatur optimum dari jenis aktivasi KOH dan $ZnCl_2$ limbah kulit tebu telur pada elektroda kimia superkapasitor terhadap nilai kapasitansinya.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari Penelitian ini ialah

- 1) Sebagai alternatif bahan biomassa menjadi karbon aktif yang dijadikan elektroda superkapasitor untuk cadangan penyimpanan energi yang baik dan efisien.
- 2) Mendapatkan salah satu alternatif yang digunakan dalam mengatasi masalah lingkungan dengan mendaur ulang limbah kulit tebu telur menjadi elektroda dengan luas permukaan yang tinggi.
- 3) Mencari sumber material alternatif yang murah dan multifungsi sehingga bisa digunakan untuk menyimpan energi listrik.
- 4) Sebagai referensi dari Ilmu pengetahuan mengenai Alternatif penggunaan Biomassa sebagai karbon aktif pada elektroda superkapasitor.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Adapun waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan pada bulan November 2022 sampai dengan April tahun 2024 dengan tempat pelaksanaan penelitian berkaitan dengan sintesis biomassa karbon aktif pada elektroda superkapasitor di Laboratorium Fisika Material dan Energi Universitas Hasanuddin Makassar, karkaterisasi hasil penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Maju Badan riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan pengukuran nilai kapasitansi dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material dan Nanoteknologi di Universitas Riau Pekanbaru.

2.2. Alat dan Bahan

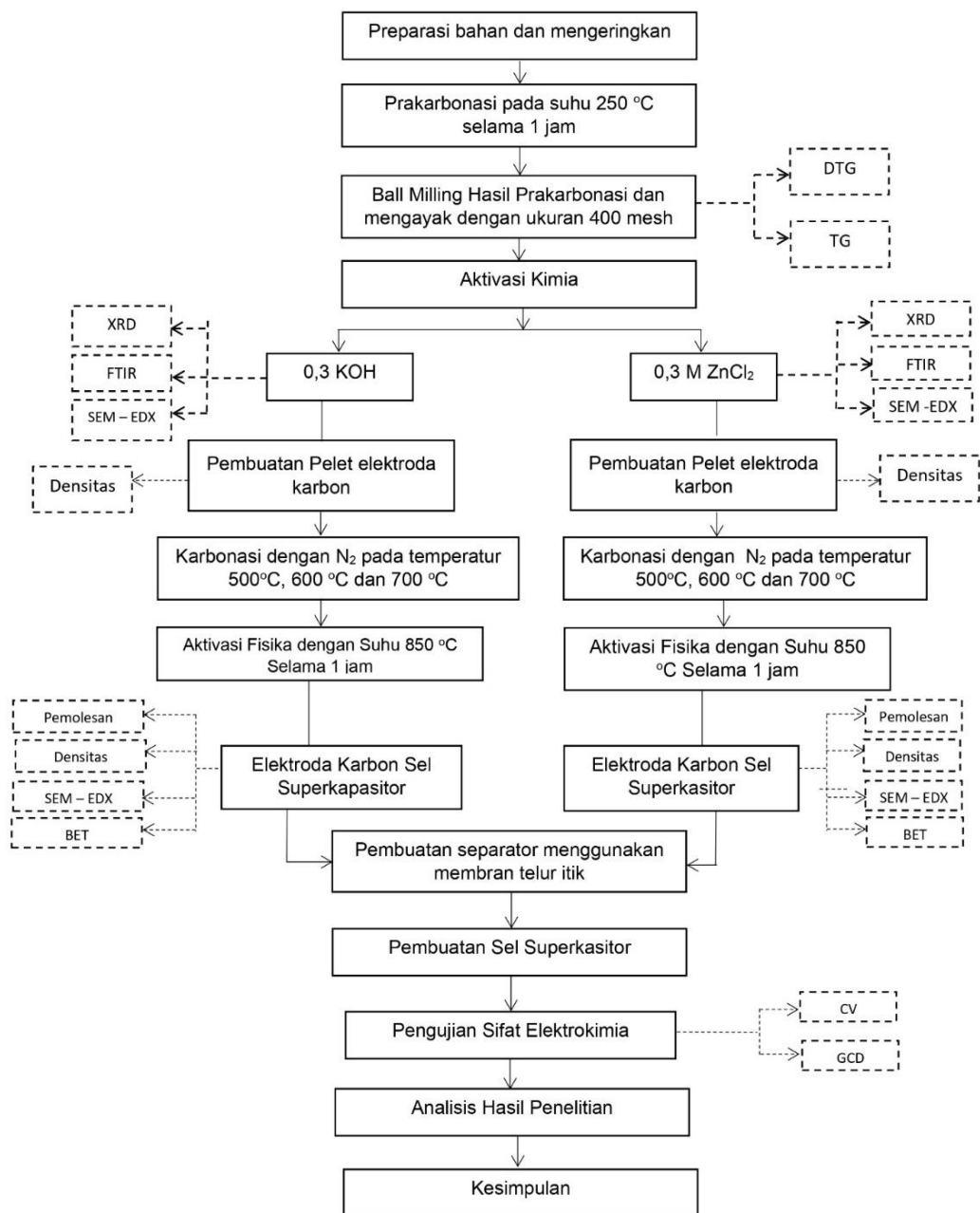
Alat dan bahan yang digunakan dalam sitensis biomassa karbon aktif pada elektroda superkapasitor diuraikan pada tabel dibawah ini beserta fungsinya

Tabel 2 Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Limbah kulit Tebu Telur	Digunakan sebagai bahan dasar untuk karbon aktif
2	KOH 0,3 M	Sebagai aktivator
3	ZnCl ₂ 0,3 M	Sebagai activator
4	Oven	Digunakan untuk mengeringkan sampel setelah pengaktifan
5	Ball Milling	Digunakan dalam Proses menggiling arang
6	Rantang Vakum	Wadah untuk sampel setelah prakarbonasi
7	Timbangan	Mengukur berat massa sampel
8	Gelas Kimia	Wadah yang digunakan aktivasi karbon
9	Batang pengaduk	Digunakan untuk mengaduk sampel larutan
10	Kertas pH	Mengkur pH netral karbon setelah dilakukan aktivasi

11	Air suling	Sebagai Pencucian karbon aktif setelah dilakukan aktivasi
12	Ayakan	Mengayak karbon setelah penggilingan
13	Gelas ukur	Mengukur volume larutan
14	Timbangan digital	Mengukur besar massa sampel
15	<i>Magnetic stirrer</i>	Pengaduk magnet
16	Kantong plastik	Sebagai tempat sampel
17	<i>Hydraulic Prees</i>	Digunakan untuk melakukan press tekanan pencetakan
18	<i>Hot Plate stirrer</i>	Memanaskan elektroda saat pengaktifan
19	<i>Furnance</i>	Tempat karbonasi elektroda karbon
20	Masker	Sebagai pelindung pernafasan
21	Sarung tangan	Pelindung Tangan saat memegang sampel
22	Botol plastic	Sebagai wadah penyimpanan sampel
23	Jarum suntik	Digunakan untuk menyedot kandungan air saat penetralan pada saat aktivasi kimia

2.3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

2.4. Prosedur Penelitian

1) Pra Karbonasi

Prakarbonasi yang dilakukan dalam hal ini diawali dengan membersihkan bahan daun kulit tebu telur dari batangnya serta dilakukan penjemuran dengan sinar matahari selama 2 – 3 hari. Kemudian dilanjutkan dengan proses karbonasi dengan oven pada suhu 220 °C selama 60 menit. Hasil yang diperoleh dalam prakarbonasi dilakukan penghancuran menggunakan blender dan dilakukan pengayakan dengan ukuran 400 mesh. Selanjutnya dikarakterisasikan dengan metode DTG dan TG.

2) Proses Aktivasi Kulit Tebu Telur

Hasil dari Kulit tebu telur yang telah dilakukan prakarbonasi ditimbang, diaktivasi menggunakan larutan KOH dan $ZnCl_2$ Masing masing 0,3 M dalam 100 mL Aquades. Dilakukan pengadukan sampai homogen pada temperatur 80 °C dan dilanjutkan Proses Aktivasi Fisika yang dilakukan pada Penelitian ini menggunakan metode Aktivasi gas CO_2 selama 60 menit dengan temperatur 850 °C. Selanjutnya dilanjutkan dengan proses karakterisasi sampel dengan metodel XRD, FTIR Serta densitas sebelum karbonasi serta SEM- EDX , BET dan densitas setelah dilakukan proses karbonasi.

3) Proses Karbonasi Pelet Elektroda Superkapasitor

Konversi bahan organik menjadi elemen karbon (Karbonasi/Pengarangan) berfungsi untuk mengubah bahan organis menjadi elemen karbon. Proses karbonasi yang di lakukan dalam penelitian ini menggunakan variasi temperatur yaitu 500 °C, 600 °C dan 700 °C dengan waktu pemanasan selama 60 menit dengan menggunakan Gas N_2 .

4) Preparasi Sel Kapasitor

Pelet karbon aktif kulit tebu telur ditimbang dan diukur diameter serta ketebalan, kemudian dicuci dengan aquades hingga pH netral, dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 24 jam. Kemudian Pelet kering dipoles dengan amplas hingga ketebalan sekitar 0,2 mm dan diameter sekitar 8 mm, selanjutnya ditimbang massanya kembali.

5) Pembuatan Separator

Sediakan 1 butir telur itik, selanjutnya dipecahkan dan dibuang isinya, cangkang telur itik dimasukkan kedalam gelas beker dan di isi akuades hingga cangkang tenggelam, teteskan larutan HCL 1M kedalam beker 10 - 15 tetes, kemudian diaduk, diamkan selama

kurang lebih 1 hari hingga terlihat membrane telur itik terlepas dari cangkangnya. Ambil membrane itik yang telah terkelupas, kemudian potong sesuai ukuran sel superkapasitor

6) Pengukuran Sifat Elektrokimia dari Sel Superkapasitor

Pengukuran sifat elektrokimia diukur dengan menggunakan *galvanostatic charge-discharge* (GCD) dan *cyclic voltammetry* (CV) dengan menggunakan dua elektroda yang diapit dengan *plat stainless* Sebagai *Current collector*. Kedua elektroda ini di susun berlapis sehingga terlihat seperti *Sandwich* dengan bagian tengahnya diberikan separator sebagai pemisah. Pengukuran sifat elektrokimia ini diukur dengan laju pemindahan 1 mV/s dengan rentang potensial 0 – 1 Volt (Taer et al., 2016) dengan menggunakan persamaan (1) untuk metode *cyclic voltammetric* (CV) dan Persamaan (4) untuk pengukuran menggunakan *galvanostatic charge-discharge* (GCD).