

**PENGARUH TEMPERATUR KARBONISASI DAN GAS N<sub>2</sub> TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT ELEKTROKIMIA DARI KULIT BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) KERING SEBAGAI SEL SUPERKAPASITOR**



**ANDI MUHAMMAD AYAD MUAYYAD**

**H031 18 1 332**



**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2024**

**PENGARUH TEMPERATUR KARBONISASI DAN GAS N<sub>2</sub> TERHADAP SIFAT  
FISIS DAN SIFAT ELEKTROKIMIA DARI KULIT BIJI KELOR (*Moringa  
oleifera*) KERING SEBAGAI SEL SUPERKAPASITOR**

**ANDI MUHAMMAD AYAD MUAYYAD**

**H031181332**



**DEPARTEMEN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2024**

**PENGARUH TEMPERATUR KARBONISASI DAN GAS N<sub>2</sub> TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT ELEKTROKIMIA DARI KULIT BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) KERING SEBAGAI SEL SUPERKAPASITOR**

ANDI MUHAMMAD AYAD MUAYYAD  
H031181332

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana  
Program Studi Kimia

pada

**PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2024**

**SKRIPSI****PENGARUH TEMPERATUR KARBONISASI DAN GAS N<sub>2</sub> TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT ELEKTROKIMIA DARI KULIT BIJI KELOR (*Moringa oleifera*) KERING SEBAGAI SEL SUPERKAPASITOR**

yang disusun dan diajukan oleh:

**ANDI MUHAMMAD AYAD MUAYYAD**  
**H031181332**

Skripsi,

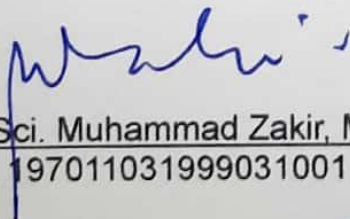
telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi  
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Hasanuddin pada Agustus 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan pada

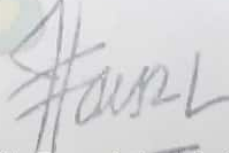
Program Studi Kimia  
Departemen Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Makassar

Menyetujui,


Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

  
Dr. Sci. Muhammad Zakir, M. Si.  
NIP. 197011031999031001

  
Dr. St. Fauziah, M. Si.  
NIP. 197202021999032002

Ketua Program Studi

  
Dr. St. Fauziah, M. Si.  
NIP. 197202021999032002

**PERNYATAAN KEASLIAN**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Muhammad Ayad Muayyad

NIM : H031181332

Program Studi : Kimia

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul "Pengaruh Temperatur Karbonisasi dan Gas N<sub>2</sub> terhadap Sifat Fisis dan Sifat Elektrokimia dari Kulit Biji Kelor (*Moringa oleifera*) Kering sebagai Sel Superkapasitor" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa Sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 12 Agustus 2024



Yang Menyatakan,

Handwritten signature of Andi Muhammad Ayad Muayyad.

Andi Muhammad Ayad Muayyad

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT. Yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul "**Pengaruh Temperatur Karbonisasi Dan Gas N<sub>2</sub> Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Elektrokimia Dari Kulit Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Kering Sebagai Sel Superkapasitor**" yang diajukan sebagai salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Hasanuddin, Makassar.

Perjalanan panjang mulai dari perkuliah, proses penelitian, penyusunan revisi hingga perampungan penulisan skripsi berhasil melewati tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak terutama kedua orang tua, ayahanda tercinta **Ir. Syahir Mahmud M. T. (Alm.)** dan ibunda tersayang **Prof. Dr. Ir. Bidayatul Armynah, M.T.**, kakak-kakak saya **Andi Armynsyah Pangeran, S. Pi., M. Si.** Dan **dr. Andi Irfhamnia Sakinah, M. Biomed**, serta seluruh keluarga besar penulis terima kasih atas do'a, motivasi dan nasehat selama penulis menempuh studi di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Selain itu, dengan penuh kerendahan hati pada kesempatan ini patutlah kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak **Dr. Sci. Muhammad Zakir, M. Si.**, sebagai pembimbing utama yang senantiasa membimbing, memotivasi, dan memberikan arahan kepada penulis selama menjalani masa studi dan menyelesaikan skripsi.
2. Ibu **Dr. St. Fauziah, M. Si.**, sebagai pembimbing pertama dan sekaligus Ketua Program Studi Kimia yang telah meluangkan waktu membimbing, mengarahkan dan menasehati penulis selama penulis melakukan penelitian dan menyelesaikan skripsi.
3. Ibu **Prof. Dr. Hasnah Natsir, M. Si.** dan Ibu **Dr. Herlina Rasyid, S. Si.** sebagai tim Penguji skripsi yang telah banyak memberikan masukan dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini.
4. Seluruh **Dosen S1 Kimia Universitas Hasanuddin**. Terima kasih atas segala ilmu, didikan, dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan penulis.
5. **Jajaran Staf Departemen Kimia dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**. Terima kasih atas bantuannya kepada penulis selama proses pengurusan administrasi selama ini.
6. **Teman-teman Angkatan 2018 Program Studi Kimia**. Terima kasih telah mengenal, memotivasi, dan membantu penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
7. **Eiichiro Oda, Kohei Horikoshi, Tatsuya Endo**, dan **Seluruh Penulis Komik** yang memberikan bacaan, cerita, motivasi di setiap komiknya ketika penulis memiliki waktu luang.

8. **Angelina Christy** selaku oshimen dan **semua member JKT48** yang secara tidak langsung memberikan energi positif baik melalui interaksi media sosial ataupun interaksi langsung melalui lagu-lagu yang dibawakan tiap kesempatannya.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, semoga Allah SWT. melimpahkan karunia-Nya serta membalas setiap kebaikan dengan balasan yang setimpal. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya hingga dapat berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di jajaran perguruan tinggi.

Makassar, 12 Agustus 2024



Andi Muhammad Ayad Muayyad

## ABSTRAK

ANDI MUHAMMAD AYAD MUAYYAD. **pengaruh temperatur karbonisasi dan gas N<sub>2</sub> terhadap sifat fisis dan sifat elektrokimia dari kulit biji kelor (*moringa oleifera*) kering sebagai sel superkapasitor** (dibimbing oleh Muhammad Zakir dan St. Fauziah).

**Latar Belakang.** Banyak penelitian telah membuktikan bahwa tanaman kelor bermanfaat dalam pembuatan elektroda karbon pada sel superkapasitor tetapi bagaimana potensinya dengan kulit biji kelor menggunakan aktivator KOH 0,3M. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan mengetahui potensi dari kulit biji kelor kering untuk dibuat menjadi elektroda karbon sel superkapasitor dan mengetahui sifat fisis dan sifat kimia dari kulit biji kelor kering melalui proses karakterisasi. **Metode.** Penelitian ini dibagi dua tahap, yakni: 1) pembuatan sampel karbon aktif; dan 2) karakterisasi sampel. Pembuatan sampel karbon aktif melalui proses pra-karbonisasi, penggilingan, aktivasi kimia dengan KOH 0,3M dan pembuatan pelet elektroda karbon. Karakterisasi sampel meliputi analisis *Thermogravimetric/Differential Thermogravimetry*, analisis FTIR, analisis XRD, dan analisis massa jenis. **Hasil.** Elektroda karbon dapat dibuat dari kulit biji kelor kering melalui proses pra-karbonisasi dan pengujian TG/DTG. Sifat fisis dari kulit biji kelor kering ialah memiliki suhu tahan di 329°C, mengalami penyusutan massa sebesar 5,05 g, dan rata-rata massa jenis kulit biji kelor kering yang diperoleh sebesar 0,91 g/cm<sup>3</sup>. Adapun sifat kimia yang dimiliki dari kulit biji kelor ialah gugus fungsi yang terbentuk menunjukkan adanya ikatan C serta struktur yang dihasilkan bersifat amorf baik sebelum aktivasi ataupun sesudah aktivasi. **Kesimpulan.** Kulit biji kelor kering berpotensi sebagai bahan pembuatan elektroda karbon aktif sel superkapasitor.

**Kata Kunci:** Aktivasi, Elektroda Karbon, Karakterisasi, Karbon Aktif, Kelor



## ABSTRACT

ANDI MUHAMMAD AYAD MUAYYAD. **The effect of carbonization temperature and N<sub>2</sub> gas on the physical and electrochemical properties of dry *Moringa oleifera* seeds skin as a supercapacitor cell.** (supervised by Muhammad Zakir and St. Fauziah).

**Background.** *Moringa oleifera* is beneficial for producing carbon electrodes for supercapacitor cells as demonstrated by numerous research. However, does the plant have potential when *Moringa* seed skin is activated with 0,3M KOH. **Aim.** This study aims to determine the potential of dried moringa seed skin to be made into carbon electrodes for supercapacitor cells and to determine the physical and chemical properties of dried moringa seed skin through a characterization process. **Methods.** This research is divided into two stages: 1) making activated carbon samples; and 2) sample characterization. Making activated carbon samples through pre-carbonization, milling, chemical activation with 0.3M KOH and making carbon electrode pellets. Sample characterization includes Thermogravimetric/Differential Thermogravimetry analysis, FTIR analysis, XRD analysis, and density analysis. **Results.** Carbon electrode can be made from dried moringa seed skin through pre-carbonization process and TG/DTG testing. The physical properties of dried moringa seed skin are that it has a temperature resistance of 329°C, experiences a mass shrinkage of 5.05 g, and the average density of dried moringa seed skin obtained is 0.91 g/cm<sup>3</sup>. The chemical properties of moringa seed skin are that the functional groups formed show the presence of C bonds and the resulting structure is amorphous both before and after activation. **Conclusion.** Dried moringa seed skin has the potential to be used as a material for making activated carbon electrodes for supercapacitor cells.

**Keywords:** Activation, Activated Carbon, Carbon Electrode, Characterization, *Moringa*

**DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. METODOLOGI PENELITIAN.....	5
2.1 Bahan Penelitian.....	5
2.2 Alat Penelitian.....	5
2.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	5
2.4 Prosedur Penelitian.....	5
2.4.1 Pembuatan Sampel Karbon Aktif.....	5
2.4.2 Karakterisasi Sampel.....	6
2.5 Prosedur Penelitian Untuk Elektroda Karbon Sel Supercapacitor.....	7
2.6 Alur Penelitian.....	8
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	9
3.1 Penyusutan Massa Kulit Biji Kelor Kering Setelah Pra-Karbonisasi.....	9

3.2 <i>Thermogravimetric dan Differential Thermogravimetry</i> .....	9
3.3 Analisis Massa Jenis.....	10
3.4 Analisis <i>Fourier Transform Infrared</i> .....	11
3.5 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> .....	13
BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN .....	14
4.1 Kesimpulan.....	14
4.2 Saran.....	14
DAFTAR PUSTAKA .....	15
LAMPIRAN.....	18

**DAFTAR TABEL**

Nomor urut	Halaman
1. Penyusutan massa kulit biji kelor kering .....	9
2. Hasil pengukuran rata-rata massa, tebal, dan diameter pelet elektroda karbon .....	11

**DAFTAR GAMBAR**

Nomor urut	Halaman
1. Ilustrasi dan komponen superkapasitor .....	1
2. Grafik perbandingan superkapasitor dengan perangkat penyimpanan energi lainnya .....	2
3. Ilustrasi Biji Kelor dan Kulit Biji Kelor .....	3
4. Diagram Prosedur Penelitian .....	7
5. Bagan Alir Penelitian .....	8
6. Kurva TG dan DTG sampel kulit biji kelor kering terhadap temperatur.....	10
7. Grafik rata-rata massa jenis elektroda karbon.....	11
8. Spektrum FTIR kulit biji kelor sebelum aktivasi .....	12
9. Spektrum FTIR kulit biji kelor sesudah aktivasi .....	12
8. Spektrum XRD kulit biji kelor kering sebelum dan sesudah aktivasi.....	13

**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor urut	Halaman
1. Bagan Kerja .....	18
2. Perhitungan .....	21
3. Dokumentasi Penelitian.....	24
4. Elektroda Karbon .....	25
5. Hasil Analisis FTIR .....	27
6. Hasil Analisis TG/DTG.....	29
7. Hasil Analisis XRD.....	30

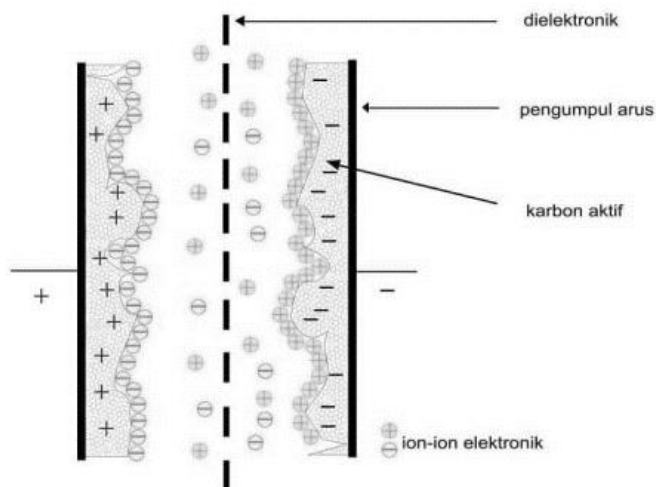
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

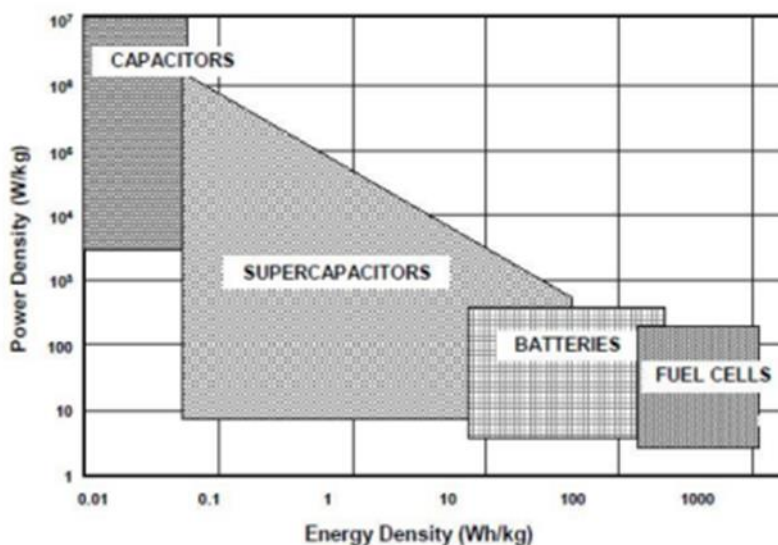
Perkembangan teknologi industri dewasa ini, dapat meningkatkan permintaan energi maka diperlukan adanya sumber energi alternatif untuk membantu memenuhi kebutuhan energi saat ini. Energi alternatif sedang dikembangkan di berbagai negara untuk menggantikan penggunaan energi bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil, yang telah digunakan selama lebih dari 100 tahun untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia harus mulai ditinggalkan karena dapat berbahaya bagi kehidupan dan harus dibuang. Berbagai dampak negatif bahan bakar fosil seperti masalah lingkungan dan kesehatan menyebabkan banyak negara beralih ke sumber energi alternatif. Indonesia merupakan salah satu negara yang membahas pemanfaatan energi alternatif. Energi alternatif yang saat ini banyak digunakan adalah energi matahari dan juga energi angin. Kedua energi alternatif tersebut dapat dimanfaatkan secara terus-menerus namun tidak dapat berjalan secara optimal dikarenakan angin tidak berhembus terus-menerus dan juga matahari tidak bersinar pada malam hari. Oleh karena itu, diperlukan perangkat penyimpan energi yang dapat menyimpan energi dalam jumlah yang besar serta bersifat kontinyu untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut dalam waktu yang singkat (Agustino, 2016; CNN Indonesia, 2021). Salah satu perangkat penyimpanan energi yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut adalah superkapasitor (Kongthong, dkk., 2022).

Superkapasitor adalah perangkat penyimpanan energi dengan kinerja dan kepadatan energi yang lebih tinggi daripada kapasitor konvensional. Superkapasitor dapat diaplikasikan ke dalam perangkat elektronik, kendaraan listrik, dan manajemen energi industri (Kongthong, dkk., 2022). Kinerja dan kepadatan energi yang tinggi tersebut dikarenakan prinsip kerja dari superkapasitor itu unik dan juga dipengaruhi oleh bahan yang digunakan sebagai elektroda superkapasitor (Ajay, dkk., 2021). Berdasarkan Gambar 1, superkapasitor tersusun dari beberapa komponen seperti elektrolit, elektroda, dielektronik, dan pengumpul arus.



**Gambar 1.** Ilustrasi dan komponen superkapasitor (Azdarani, 2021)

Salah satu kriteria penting yang diperlukan untuk pemilihan bahan elektroda adalah porositas dari bahan tersebut dikarenakan dengan adanya luas permukaan yang efektif maka kinerja superkapasitor tersebut terpengaruhi. Bahan-bahan yang umum digunakan sebagai elektroda superkapasitor ialah karbon aktif, karbon nanotube, grafin, polimer konduktor, oksida logam, dan lain-lain (Ajay, dkk., 2021). Superkapasitor memiliki kapasitas yang jauh lebih tinggi untuk menyimpan energi daripada baterai ataupun kapasitor konvensional seperti yang terlihat pada Gambar 2 sehingga dapat digunakan berulang kali tanpa kehilangan kinerjanya (Maulana, 2021).



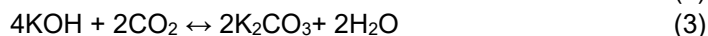
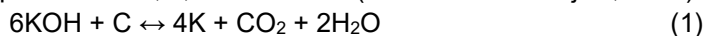
**Gambar 2.** Grafik perbandingan superkapasitor dengan perangkat penyimpanan energi lainnya (Kötz dan Carlen, 2000 dalam Pradana, 2017).

Gambar 2 menunjukkan densitas daya berbagai perangkat penyimpanan energi dibandingkan dengan densitas energinya. Dalam gambar tersebut diperlihatkan bahwa superkapasitor berada di daerah antara kapasitor konvensional dan baterai. Dijelaskan juga bahwa kapasitansi dari superkapasitor itu lebih besar daripada kapasitor namun memiliki rapat energi yang lebih kecil daripada baterai dan juga fuel cells (Pradana, 2017). Sehingga superkapasitor dapat diaplikasikan untuk perangkat yang membutuhkan densitas daya yang tinggi namun kapasitas penyimpanan energi tinggi tidak diperlukan (González, dkk., 2016).

Dalam pembuatan superkapasitor diperlukan adanya karbon aktif sebagai elektroda superkapasitor. Karbon aktif adalah senyawa amorf yang dapat diperoleh dari material atau bahan yang mengandung banyak karbon. Karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu tergantung pada besar atau volume pori-pori (Putri, 2021). Salah satu proses yang sangat penting dalam pembuatan karbon aktif yaitu proses aktivasi. Proses ini bertujuan untuk memperbesar pori-pori dan menghilangkan pengotor yang ada pada karbon. Aktivasi dapat dilakukan melalui dua metode yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Azdarani, 2021). Aktivasi kimia merupakan metode aktivasi yang dilakukan pada penelitian ini yang bertujuan untuk merusak bagian dalam karbon sehingga



bertambahnya jumlah pori yang lebih besar, selain itu beberapa karbon juga hilang selama aktivasi kimia karena terbentuknya gas CO<sub>2</sub>. Dalam aktivasi diperlukan adanya aktivator, KOH merupakan salah satu aktivator karbon yang dapat digunakan. Reaksi kimia yang terjadi mengikuti persamaan 1, 2, dan 3 berikut (Rohmah dan Redjeki, 2014):



Karbon aktif yang berperan sebagai elektroda superkapasitor tersebut dapat berasal dari biomassa. Biomassa dapat berasal dari tanaman, pepohonan, rumput, umbi-umbian dan juga limbah pertanian (Reza, dkk., 2022).

Biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan dipercaya dapat menggantikan sumber energi dari bahan bakar fosil (Goyal, dkk., 2008). Biomassa dapat digunakan sebagai bahan pembuatan karbon aktif superkapasitor jika memiliki komponen-komponen biomassa seperti kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar karbon tetap dan kadar abu (Ragland dan Bryden, 2011). Selain keempat komponen tersebut, kestabilan termal dari suatu biomassa menjadi salah satu sifat fisis yang perlu dianalisis dalam pembuatan elektroda sel superkapasitor untuk memperoleh hasil yang maksimal pada tahap karbonisasi. Metode yang digunakan untuk analisis kestabilan termal disebut dengan *Thermogravimetric* (TG) dan *Differential Thermogravimetry* (DTG). Kurva TG memperlihatkan persentase penyusutan massa pada interval suhu yang berbeda sedangkan kurva DTG menunjukkan penurunan massa sampel per satuan waktu pada tiap interval suhu (Taer, dkk., 2021B).

Tanaman kelor adalah pohon cepat tumbuh yang banyak ditanam di daerah tropis dan subtropis. Akar, daun, batang, dan buahnya telah banyak digunakan dalam bidang adsorpsi logam berat, pemurnian air, dan ekstraksi obat. Oleh karena itu, pengembangan bahan karbon bernilai tinggi berbahan dasar kelor memiliki potensi aplikasi yang luas terutama dalam pemanfaatannya sebagai superkapasitor (Zhang, dkk., 2021). Tanaman kelor sudah dimanfaatkan sebagai elektroda sel superkapasitor khususnya di bagian biji, hal ini dikarenakan biji kelor mengandung selulosa, hemiselulosa, dan juga lignin yang merupakan komponen penting dari prekursor untuk produksi karbon aktif berpori yang sangat cocok untuk aplikasi penyimpanan energi dan elektrokimia (Palisoc, dkk., 2019). Akan tetapi beberapa bagian dari biji kelor tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal misalnya seperti kulit biji kelor itu sendiri. Kulit biji kelor sendiri memiliki kadar abu sebesar 3.1±0.02% dan kadar air sebesar 7.78±0.62 % (Gharsallah, 2020). Berdasarkan data tersebut, kulit biji kelor berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan aktif elektroda karbon pada sel superkapasitor.



**Gambar 3.** Ilustrasi Biji Kelor (a) dan Kulit Biji Kelor (b)

Para peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian superkapasitor dari biomassa tanaman kelor. Pada penelitian yang dilakukan oleh Palisoc, dkk. di tahun 2019, cangkang buah kelor digunakan sebagai bahan karbon aktif untuk pembuatan superkapasitor dengan aktivasi pada temperatur 600°C, 700°C, 800°C, dan 900°C dengan kapasitansi spesifik maksimum yang diperoleh yaitu 122 Farad per gram (F/g). Pada penelitian Zhang dkk. di tahun 2021 menggunakan ranting pohon tanaman kelor sebagai bahan karbon aktif yang diaktivasi dengan KOH bantuan KCl sehingga diperoleh nilai kapasitansi spesifik maksimum sebesar 421 F/g. Pada tahun 2022, Raj meneliti daun tanaman kelor yang diaktivasi menggunakan nanokomposit RGO/V2O5 sehingga didapatkan kapasitansi spesifik maksimum sebesar 906 F/g. Berdasarkan referensi tersebut, elektroda sel superkapasitor berbahan kulit biji kelor layak untuk dikembangkan sebagai karbon aktif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan biomassa kulit biji kelor sebagai bahan karbon aktif untuk melihat karakterisasi sifat fisik dan kimia biomassa kulit biji kelor dengan aktivasi KOH 0,3 M dan dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya sebagai elektroda karbon sel superkapasitor.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana membuat elektroda karbon dari kulit biji kelor kering dari proses pra karbonisasi dan uji TG/DTG?
2. Bagaimana karakteristik sifat fisis dan sifat kimia dari kulit biji kelor kering setelah proses pra-karbonisasi dan setelah aktivasi.

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat fisis dan kimia dari kulit biji kelor kering.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Membuat karbon dari kulit biji kelor kering dari proses pra karbonisasi dengan menguji DTG/TG.
2. Menganalisis karakteristik sifat fisis dan sifat kimia dari kulit biji kelor kering sebelum dan sesudah aktivasi dengan menguji gugus fungsi dan fasa kristalin.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Menambah khasanah ilmu pengetahuan tentang potensi biomassa kulit biji kelor kering sebagai elektroda karbon sel superkapasitor.
2. Diharapkan mampu menghasilkan karbon aktif setelah pra-karbonisasi yang nantinya dapat dimanfaatkan dalam pembuatan elektroda karbon aktif sel superkapasitor.

## **BAB II METODOLOGI PENELITIAN**

### **2.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit biji kelor kering, KOH, KBr, kertas pH universal, gas N<sub>2</sub> dan akuades.

### **2.2 Alat Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah furnace, oven, blender, gelas kimia, ballmilling, neraca analitik, timbangan digital, spatula, mortar, ayakan 100 mesh, ayakan 200 mesh, hydraulic press, magnetic stirrer, gelas ukur, cawan porselin, desikator, tang jepit, jangka sorong, mikrometer sekrup, gelas stainless steel, instrumen Fourier transform infrared (FTIR) Shimadzu IRPrestige-21, instrumen Thermogravimetric (TG) - Differential Thermogravimetry (DTG), instrumen X-Ray Diffraction (XRD) Shimadzu 7000.

### **2.3 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini telah dilaksanakan mulai 11 Oktober 2023 sampai Mei 2024. Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Fisika Departemen Kimia dan di Laboratorium Fisika Material dan Energi Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

### **2.4 Prosedur Penelitian**

#### **2.4.1 Pembuatan Sampel Karbon Aktif**

##### **2.4.1.1 Preparasi Sampel dan Pra-Karbonisasi**

Menyiapkan biji kelor kering, KOH, dan akuades. Biji kelor yang sudah kering dipisahkan dari kulitnya lalu kulit tersebut dikeluarkan biji dalamnya kemudian kulit biji kelor dibersihkan menggunakan akuades. Massa 400 g akan dibagi menjadi 40 g pada tiap proses pra-karbonisasi menggunakan suhu  $2 \times 125^{\circ}\text{C}$  tiap 30 menit selama 1 jam.

##### **2.4.1.2 Penggilingan Sampel**

Setelah melalui proses pra-karbonisasi, sampel kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan sampel yang lebih halus. Selanjutnya sampel digiling menggunakan ballmilling selama  $\pm 24$  jam hingga didapatkan bubuk kulit biji kelor. Bubuk kulit biji kelor tersebut kemudian diayak kembali menggunakan ayakan 200 mesh dan diambil sebanyak 5 g untuk diuji menggunakan alat *Thermogravimetric* dan *Differential Thermogravimetry*, uji FTIR dan Uji XRD.

##### **2.4.1.3 Aktivasi Kimia**

Sampel yang telah melalui proses pengayakan kemudian diaktivasi menggunakan bahan aktivasi KOH. Aktivasi kimia pada karbon biji kelor menggunakan zat pengaktif KOH 0,3M. Sebanyak 2,52 g KOH dilarutkan ke dalam 150 mL akuades. Larutan kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer pada temperatur 80°C selama

1 jam. Ditambahkan 30 g bubuk biji kulit kelor ke dalam larutan KOH secara perlahan agar larutan dapat tercampur secara merata dan pengadukan dilanjutkan dengan suhu tetap selama 2 jam. Sampel kemudian didiamkan hingga mencapai suhu ruang dan dinetralkan hingga pH normal. Setelah itu, sampel dikeringkan dalam oven dengan temperatur 75°C sampai 90°C selama 24 jam. Sampel kemudian dihaluskan dengan mortar dan diayak hingga didapatkan 200gram dengan 74  $\mu\text{m}$  (200 mesh).

#### **2.4.1.4 Pembuatan Pelet Elektroda Karbon Superkapasitor**

Sampel karbon aktif yang telah diaktivasi kimia, selanjutnya ditimbang sebanyak 0,7 g, di cetak menjadi pelet menggunakan hydraulic press pada tekanan 10ton dan ditahan selama 5 menit. Pelet yang telah jadi kemudian ditimbang massa dan diukur diameter serta ketebalan menggunakan jangka sorong digital.

### **2.4.2 Karakterisasi Sampel**

#### **2.4.2.1 Analisis Thermogravimetric dan Differential Thermogravimetry**

Sebanyak 0,025 g sampel dimasukkan ke dalam instrumen TG/DTG. Sampel kemudian dialiri gas N<sub>2</sub> dengan laju peningkatan suhu sebesar 10°C per menit. Hasil analisis ditampilkan pada layar komputer.

#### **2.4.2.2 Analisis FTIR**

Sebanyak 0,0020 g sampel sebelum aktivasi ditambahkan 0,1980 g KBr kemudian dicetak membentuk pelet. Sampel kemudian dibaca menggunakan alat FTIR. Hasil analisis ditampilkan pada layar komputer.

Sebanyak 0,0020 g sampel sesudah aktivasi ditambahkan 0,1980 g KBr kemudian dicetak membentuk pelet. Sampel kemudian dibaca menggunakan alat FTIR. Hasil analisis ditampilkan pada layar komputer.

#### **2.4.2.3 Analisis XRD**

Instrumen XRD dinyalakan terlebih dahulu lalu bagian jendela dibuka kemudian sebanyak 2 g sampel sebelum aktivasi dipasang dan kolimator dipasang di sebelah kiri bagian dalam. Setelah sampel dan kolimator kecil telah dipasang, langkah selanjutnya adalah jendela ditutup dengan rapat. Setelah itu instrumen XRD dioperasikan melalui komputer dengan program measure. Cara menjalankannya adalah klik start lalu klik measure. Komputer akan menampilkan tampilan awal program kemudian klik ok. Selanjutnya klik file kemudian klik Newmeasurement. Kemudian muncul tampilan di monitor lalu diisi data sampel yang akan diuji, penggunaan daya, domain yang diukur dan penggunaan kolimator atau filter. Setelah semuanya diisi dengan benar lalu klik Continue. Untuk mulai pengukuran klik start measurement. Setelah selesai kemudian klik stop measurement. Setelah pengukuran selesai, data yang diperoleh disimpan. Selanjutnya dilakukan analisis kedua yakni mengganti sampel sebelum aktivasi dengan sampel setelah aktivasi. Langkah yang dilakukan sama halnya dengan analisis yang pertama.

#### **2.4.2.4 Analisis Massa Jenis Elektroda Karbon**

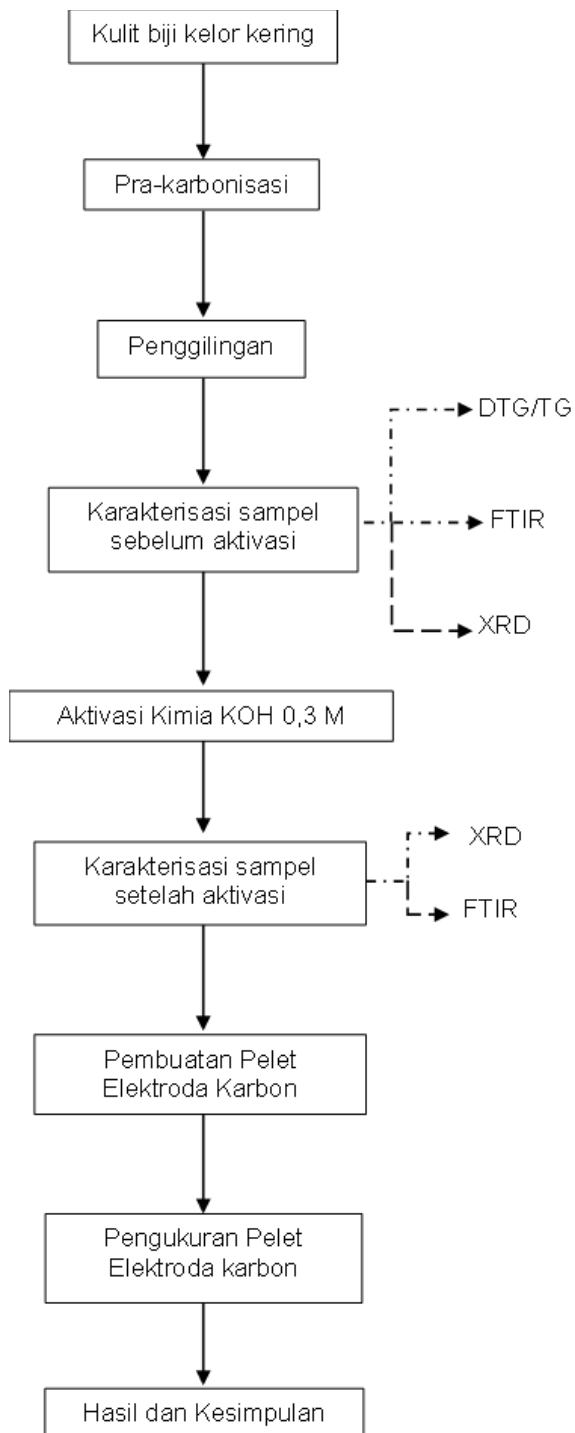
Diukur diameter dan tebal setiap elektroda karbon menggunakan jangka sorong. Lalu dihitung volume dan ditimbang massa elektroda karbon. Setelah itu, massa jenis elektroda karbon dihitung menggunakan data massa dan data volume.

## 2.5 Prosedur Penelitian Untuk Elektroda Karbon Sel Superkapasitor



**Gambar 4.** Diagram prosedur penelitian

## 2.6 Alur Penelitian



**Gambar 5.** Bagan alir penelitian.