

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI AKTIVATOR KIMIA KOH
TERHADAP KAPASITANSI SPESIFIK ELEKTRODA KARBON
SUPERKAPASITOR DARI DAUN SUKUN (*Artocarpus Altilis*)**

Disusun dan diajukan oleh

CAHYA MUKHLISA AZDARANI

H21116308



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI AKTIVATOR KIMIA KOH
TERHADAP KAPASITANSI SPESIFIK ELEKTRODA KARBON
SUPERKAPASITOR DARI DAUN SUKUN (*Artocarpus Altilis*)**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

**CAHYA MUKHLISA AZDARANI
H21116308**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI AKTIVATOR KIMIA KOH
TERHADAP KAPASITANSI SPESIFIK ELEKTRODA KARBON
SUPERKAPASITOR DARI DAUN SUKUN (*Artocarpus Altilis*)**

Disusun dan diajukan oleh:

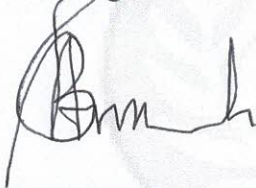
CAHYA MUKHLISA AZDARANI

H21116308

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
pada tanggal 15 Oktober 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

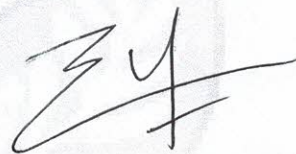
Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Bidayatul Arminah, MT

NIP. 196308301989032001


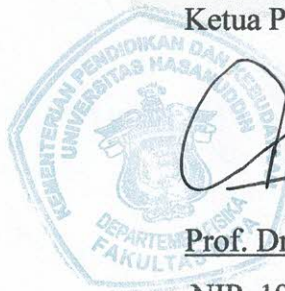
Pembimbing Pertama,



Prof. Dr. Erman Taer, M.Si

NIP.197109231995121002

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Arifin, M.T

NIP. 196705201994031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Cahya Mukhlisa Azdarani
NIM : H21116308
Program Studi: Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Pengaruh Variasi Konsentrasi Aktivator Kimia KOH Terhadap Kapasitansi
Spesifik Elektroda Karbon Superkapasitor Dari Daun Sukun (*Artocarpus
Altilis*)**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 15 Oktober 2021

Yang Menyatakan,



Cahya Mukhlisa Azdarani

ABSTRAK

Telah dibuat elektroda karbon superkapasitor dari daun sukun (*Artocarpus Altilis*) dengan proses tiga langkah berikut ini, yaitu: (i) aktivasi kimia, (ii) karbonisasi, dan (iii) aktivasi fisika. Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan agen pengaktif KOH dengan konsentrasi 0,3 M, 0,5 M dan 0,7 M. Karbonisasi dilakukan dalam lingkungan gas N₂ pada temperatur 600°C dan diikuti oleh aktivasi fisika pada temperatur 850°C menggunakan gas CO₂ selama 1 jam. Nilai densitas setelah proses karbonisasi dan aktivasi fisika menunjukkan penurunan seiring bertambahnya konsentrasi KOH. Karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa elektroda karbon superkapasitor memiliki struktur amorf yang ditunjukkan oleh dua puncak difraksi yang lebar yang bersesuaian dengan bidang (002) dan (100). Kapasitansi spesifik terbaik ditemukan pada elektroda karbon superkapasitor dengan konsentrasi 0,3 M yaitu 64,26 F.g⁻¹ dan kapasitansi spesifik terendah ditemukan pada elektroda karbon superkapasitor dengan konsentrasi 0,7 M yaitu 36,66 F.g⁻¹.

Kata Kunci : Daun sukun, karbon aktif, KOH, superkapasitor, kapasitansi spesifik

ABSTRACT

Supercapacitor carbon electrodes have been fabricated from breadfruit leaves (Artocarpus altilis) using a three-step process, i.e : (i) chemical activation, (ii) carbonization, and (iii) physical activation. Chemical activation was carried out using KOH activating agent with concentrations of 0,3 M, 0,5 M, and 0,7 M. The carbonization process is conducted out in an N₂ gas environment at a temperature of 600 °C and followed by physical activation at a temperature of 850 °C by using CO₂ gas for 1 hour. The density value after the carbonization process and physical activation showed a decrease with increasing KOH concentration. Characterization by XRD showed that the supercapacitor carbon electrode had an amorphous structure which is shown by two wide diffractions which corresponds to the plane (002) and (100), respectively. The best specific capacitance was found at the supercapacitor carbon electrode with a concentration of 0.3 M of 64.26 F.g⁻¹ and the lowest specific capacitance was found at the supercapacitor carbon electrode with a concentration of 0.7 M of 36.66 F.g⁻¹.

Keywords: *Breadfruit leaves, activated carbon, KOH, supercapacitor, specific capacitance*

KATA PENGANTAR

Tiada kata yang paling pantas diucapkan selain puji dan rasa syukur kepada Allah *Subhaanahu wata'ala*, yang telah menentukan segala sesuatu berada di tangan-Nya, sehingga pengerjaan skripsi yang semula terhambat pada saat pengambilan data akhirnya bisa terselesaikan walaupun telah melewati dari target penyelesaian diawal. Semua yang terjadi tidak lepas dari ketentuan dan ketetapan-Nya. Alhamdulillah berkat hidayah dan inayah-Nya penyusunan Skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Konsentrasi Aktivator Kimia KOH Terhadap Kapasitansi Spesifik Elektroda Karbon Superkapasitor Dari Daun Sukun (*Artocarpus Altilis*)**” dapat terselesaikan dengan baik, yang merupakan syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal tersebut disadari oleh penulis karena adanya keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Dalam penyelesaian skripsi ini penulis mengalami banyak hambatan di tiap prosesnya, penulis juga mendapat banyak pelajaran, dukungan motivasi, serta banyak bantuan dan bimbingan yang berharga dari berbagai pihak saat awal pelaksanaan penelitian hingga penyusunan laporan skripsi diselesaikan. Dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tuaku, Ayahanda (**Baharuddin Buraera**) dan Ibunda (**Yuliati**) yang saya cintai dan saya kasihi yang telah melahirkan serta membesarkan penulis tanpa mengenal lelah, mendidik, membimbing dan memotivasi penulis untuk menjadi lebih baik, tidak pernah memutuskan doanya untuk penulis, juga selalu mengingatkan, bahkan tidak pernah bosan untuk menanyakan perkembangan penelitian penulis hampir setiap hari serta memberikan semangat yang luar biasa dan juga memberikan dukungan moril maupun materil. Semoga Allah senantiasa memberikan rahmat kesehatan dan selalu meridhai penulis untuk senantiasa membahagiakan dan membanggakan beliau, Aamiin.

2. Kepada saudaraku yang saya kasihi dan cintai, kakakku (**Mitha Mughni Melati Azdarani**) dan adikku (**Khansa Kayyisah Buraera**) yang telah menjadi teman berbagi cerita dan berbagi banyak hal dengan penulis. Juga kepada kakak ipar saya (**Kakak Agus**). Terimakasih telah banyak memberi dukungan, semangat dan motivasi kepada penulis.
3. Kepada keluarga besar **Adjulu**, terkhusus kepada nenek saya (**Zamria**) yang senantiasa mendoakan, menasehati, dan mengingatkan penulis agar tidak lalai dari agama dan selalu memberi dukungan baik moril maupun materil. Juga kepada kakek saya (**alm. Adjulu**). Terimakasih pula kepada bibi dan paman saya (**Om Yusri, Bibi Yusra dan Bibi Yati**) yang banyak memberi nasihat, motivasi serta dukungan kepada penulis. Juga kepada sepupu-sepupu saya (**Izzah, Faiz, Hafizh, Fidhan, Afifah, Luthfia, Ain, Ayattul, Naura, Zafran, Rafa, dan Neira**) yang telah banyak membantu juga membangkitkan semangat penulis.
4. Kepada seluruh keluarga besar **Zariu**, terkhusus kepada **Kak Fani, Kak Ulan, Kak Intan, Wardah, Ima, Kak Reti, Kak Erma, Ari, dan Azizah** yang telah banyak membantu, menemani penulis, mendoakan, memberi semangat serta memberi dukungan baik moril maupun materil. Juga kepada seluruh keluarga besar **Buraera**, terkhusus kepada **Puang Aji, Kak Erwin, Kak Endar dan Arjun**.
5. Ibu **Dr. Ir. Bidayatul Arminah, MT**, selaku Pembimbing Utama juga sosok guru yang telah banyak memberi ilmunya kepada penulis, telah banyak meluangkan waktu juga pikiran untuk memberikan bimbingan, motivasi, dukungan serta saran-saran yang sangat membangun selama penulis melakukan penelitian, penulisan dan penyelesaian skripsi ini.
6. **Prof. Dr. Erman Taer, M.Si**, selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak membantu penulis agar penelitian ini dapat terselesaikan, yang telah meluangkan waktu juga pikiran dalam mengawasi serta memberikan arahan dan saran selama penulis melakukan penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.

7. **Prof. Dr. Arifin, M.T** dan **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si**, selaku tim penguji yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan serta saran-saran demi kesempurnaan skripsi ini.
8. **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng. Sc**, selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing juga memberi arahan dan saran-saran kepada penulis selama perkuliahan.
9. Seluruh **Bapak dan Ibu Dosen** Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin yang telah mendidik, membimbing dan banyak memberikan ilmu yang insyaallah bermanfaat kepada penulis.
10. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf Akademik** Departemen Fisika dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan urusan-urusan akademik.
11. Kepada **Laboratorium Fisika Material Universitas Riau**, terkhusus kepada **Pak Agustino, S.Si, M.Si** yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian, serta memberikan arahan dan saran kepada penulis dalam melakukan penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.
12. Kepada **Best Friend** Penulis (**Kiki, Dina, Fani dan Rizal**) juga kepada teman-teman **Palveso** yang telah bersama-sama sejak duduk di bangku sekolah, memberi banyak warna dalam hidup penulis, menasihati dan mengingatkan saat sedang salah, serta senantiasa mendoakan juga memberi semangat kepada penulis.
13. **Partner** Penulis dalam melakukan penelitian (**Erwinda**) yang telah bersama penulis sejak menyandang gelar mahasiswa sampai saat ini, banyak membantu dalam menyelesaikan penelitian, senantiasa mendoakan dan memberi semangat, serta menjadi teman berbagi suka dan duka dalam melewati lika-liku perjalanan penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.
14. Pihak-pihak yang banyak membantu penulis (**Pak Heryanto, S.Si, M.Si, Pak Taufik, Kak Andy, Ido, Kak Inayah, Roni, Fahri dan Fitriah**) dari penelitian hingga penyelesaian skripsi ini. Terimakasih telah banyak membantu, memberi saran dan masukan, memberi kemudahan pada penulis

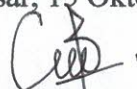
dalam menyelesaikan penelitian, juga menyuntikkan semangat kepada penulis. Semoga segala hal baik menghampiri tiap-tiap dari kita.

15. Kanda-kanda, teman-teman dan adik-adik anggota **Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi**, terkhusus kepada (**Afni, Arif, Firda, Ida, Lina, Mute, Muzul, Novi, Widy dan Winda**) yang menjadi *partner* asisten, berbagi informasi serta diskusi seputar elektronika dan banyak hal.
16. Kanda-kanda, teman-teman dan adik-adik anggota **Laboratorium Material dan Energi**, yang telah menjadi tempat bernaung penulis dalam melakukan penelitian, juga banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
17. Kepada teman-teman seperjuangan Fisika angkatan 2016 (**Muzul, Aldin, Wajan, Lina, Sita, Ida, Firda, Ekky, Widy, Winda, ACT, Hilda, Fina, Arya, Arif, Dewa, Ilham, Patrick, Angra, Evi, Novi, Ido, Dayah, Indri, Nidya, Mawar, Afni, Riri, Lili, Faras, Kevin, Rara, Aii dan Mute**) sengaja dijabarkan agar kelak berguna sebagai pengingat. Terimakasih telah mengukir banyak cerita bersama-sama sejak menyandang gelar mahasiswa hingga saat ini, berbagi suka dan duka, juga telah menemani dan membantu penulis selama menjalani studi di Fisika Universitas Hasanuddin hingga menyelesaikan skripsi.
18. Kepada keluarga besar **SALIWU MAKASSAR**, yang menjadi rumah ke dua bagi penulis selama berada di tanah rantau, yang telah menerima penulis dari sebelum menyandang gelar mahasiswa hingga saat ini, memberi bimbingan belajar, memberi banyak pengalaman dan cerita dalam hidup penulis, juga yang senantiasa membantu penulis saat mendapat kesulitan.
19. Kelompok **Tarbiyah, Tahsin dan Halaqoh**, terkhusus kepada para Murabbiyah, Mudarrisah dan Musrifah (**Kak Akra, Kak Atisah, Kak Indri, Fuadah, Iis, Ibu Hanifah, Kak Anti dan Kak Dams**). Terimakasih telah banyak memberi ilmu agama islam, selalu menasihati dan mengingatkan ketika salah, juga senantiasa menuntun untuk menjadikan islam sebagai pedoman hidup. Terimakasih pula kepada teman-teman dan adik-adik yang membersamai dalam kelompok ini (**Indri, Dayah, Angra, Nova, Kholidah, Fitri, dll**). Semoga kita senantiasa menjadikan hidup lebih bermakna dengan islam dan untuk islam.

20. Teman-teman perhimpunan **HIMAFI 2016** yang telah banyak memberikan pengalaman berharga selama penulis berproses dalam organisasi di HIMAFI FMIPA UNHAS. Salam “Melangkah Bersama Semangat”.
21. Teman-teman seperjuangan **MIPA 2016** yang menemani dan ikut mengisi kisah penulis dalam berproses di KM FMIPA UNHAS. Salam *Use Your Mind Be The Best*, MIPA 2016 “Seperti Seharusnya”.
22. Keluarga Besar **Mushalla Istiqamah FMIPA Unhas, LDK MPM UNHAS dan Back to Muslim Identity Unhas**. Terima kasih atas doa, nasihat dan semangat dakwah, juga kebersamaannya di jalan dakwah.
23. Teman-teman **KKN Tematik Infrastruktur PU-PR Gowa Gel.102 Tahun 2019 di Desa Taeng (Kak Muji, Kak Dinul, Kak Wiwi, Kak Zizi, Ayu, Afif dan Maul)**. Terimakasih telah bersama-sama mengukir banyak cerita, pengalaman juga kenangan dalam hidup penulis.
24. Semua pihak yang membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung dan yang telah banyak penulis repotkan baik secara terencana atau secara dadakan dalam seluruh proses perkuliahan di Universitas Hasanuddin dan proses penyelesaian skripsi.
25. *Last but not least, I wanna thank me, for believing in me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for always being a giver and tryna give more than I receive, tryna do more right than wrong, for just being me at all times*

Skripsi yang penulis buat ini masih jauh dari sempurna karena terbatasnya pengetahuan serta pengalaman yang dimiliki oleh penulis. Segala bentuk saran masukan bahkan kritikan yang bersifat membangun dari berbagai pihak diharapkan oleh penulis. Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tujuan dari pembuatan skripsi ini dapat tercapai sesuai dengan yang diharapkan dan bermanfaat khususnya untuk peneliti dibidang superkapasitor.

Makassar, 15 Oktober 2021


Cahya Mukhlisa Azdarani

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Superkapasitor	4
II.2 Karbon Aktif.....	6
II.3 Biomassa	7
II.4 Daun Sukun (<i>Artorcapus Altilis</i>).....	7
BAB III METODE PENELITIAN	8
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
III.2 Alat dan Bahan.....	8
III.3 Prosedur Penelitian.....	8
III.3.1 Pembuatan Sampel Karbon Aktif dari Daun Sukun	8
III.3.1.1 Persiapan Sampel dan Pra-Karbonisasi Daun Sukun	8
III.3.1.2 Penggilingan dengan Blender dan <i>Ball Milling</i>	9
III.3.1.3 Aktivasi Kimia.....	9
III.3.1.4 Pencetakan Pelet Karbon Aktif dari Daun Sukun	10

III.3.1.5 Karbonisasi	10
III.3.2 Pembuatan Separator Superkapasitor.....	11
III.3.3 Pembuatan Sel Superkapasitor	11
III.3.3 Karakterisasi Sifat Fisis.....	12
III.3.4 Karakterisasi Sifat Elektrokimia	12
III.4 Diagram Alir Penelitian	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
IV.1 Hasil Pengujian Sifat Termal Menggunakan <i>Thermo Gravimetry</i> (TG) dan <i>Differential Thermogravimetry</i> (DTG)	14
IV.2 Penyusutan Massa Daun Sukun Setelah Pra-Karbonisasi	16
IV.3 Analisa Ketebalan, Diameter, Massa dan Densitas	16
IV.4 Karakterisasi Sampel	20
IV.4.1 Karakterisasi dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	20
IV.4.2 Karakterisasi dengan <i>Cyclic Voltammetry</i>	22
BAB V PENUTUP	25
V.1 Kesimpulan	25
V.2 Saran.....	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kemampuan spesifik daya dan energi dari kapasitor konvensional, superkapasitor, baterai, dan sel bahan bakar	4
Gambar 2.2	Rangkaian superkapasitor secara umum	5
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	13
Gambar 4.1	Kurva TG dan DTG sampel serbuk daun sukun	14
Gambar 4.2	Perbandingan massa rata-rata elektroda sebelum dan setelah karbonisasi – aktivasi fisika.....	17
Gambar 4.3	Perbandingan tebal rata-rata elektroda sebelum dan setelah karbonisasi- aktivasi fisika	18
Gambar 4.4	Perbandingan diameter rata-rata elektroda sebelum dan setelah karbonisasi- aktivasi fisika	18
Gambar 4.5	Perbandingan densitas rata-rata elektroda sebelum dan setelah karbonisasi- aktivasi fisika	19
Gambar 4.6	Kurva XRD pada konsentrasi KOH 0,3 M, 0,5 M dan 0,7 M.....	20
Gambar 4.7	Kurva <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) elektroda sel superkapasitor dengan variasi konsentrasi KOH pada laju scan 1 mV/s.....	23

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Presentase penyusutan massa daun sukun.....	16
Tabel 4.2	Data nilai rata-rata ketebalan, massa, dan diameter elektroda sel superkapasitor sebelum dan setelah karbonisasi – aktivasi fisika.....	16
Tabel 4.3	Data nilai rata-rata densitas elektroda sel superkapasitor sebelum dan setelah karbonisasi aktivasi fisika	19
Tabel 4.4	Data parameter kisi karbon aktif daun sukun setelah aktivasi kimia	21
Tabel 4.5	Data nilai kapasitansi spesifik elektroda sel superkapasitor dari daun sukun	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat	30
Lampiran 2. Bahan	31
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian.....	32
Lampiran 4. Perhitungan Kapasitansi Spesifik Elektroda Sel Superkapasitor untuk Masing-masing Konsentrasi Aktivasi Kimia KOH.....	33

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dan semakin banyaknya jumlah pengguna teknologi menyebabkan kebutuhan energi pada saat ini semakin meningkat. Sumber energi yang banyak digunakan saat ini adalah yang berasal dari bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara. Bahan bakar fosil sebagai energi tak terbarukan tidak hanya mengalami krisis secara bertahap, seperti batu bara yang semakin habis dan minyak bumi yang jumlahnya semakin menipis, tetapi juga menimbulkan pencemaran udara dan akan berdampak terhadap mutu kehidupan dan kesehatan masyarakat. Biomassa yang mengandung berbagai sumber organik dapat digunakan sebagai energi alternatif, karena kemampuan terurainya secara alami dan emisi gas rumah kaca yang lebih rendah dapat mengurangi pencemaran lingkungan [1,2,3]. Energi listrik juga dapat dihasilkan dari sumber energi terbarukan, akan tetapi efektivitas penggunaannya membutuhkan penyimpanan energi listrik yang efisien [4].

Salah satu produk inovasi teknologi penyimpanan energi yang mampu menyimpan energi dalam jumlah yang besar, memiliki waktu hidup yang lebih lama dan ramah lingkungan adalah superkapasitor [5]. Superkapasitor merupakan alat penyimpan energi secara fisika yang hanya terjadi transfer muatan tanpa adanya reaksi kimia, sedangkan baterai merupakan penyimpan energi secara kimia yang berupa reaksi redoks untuk menghasilkan energi listrik. Secara teknis, superkapasitor memiliki jumlah siklus yang relatif banyak (>100000 siklus), kerapatan daya yang tinggi, kemampuan menyimpan energi yang besar, prinsip sederhana dan konstruksi yang mudah [6].

Salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat keefektifan superkapasitor adalah penggunaan bahan elektroda [4]. Ada dua jenis bahan utama yang biasa digunakan sebagai elektroda superkapasitor yaitu karbon dan oksida logam [5]. Oksida logam memiliki harga yang mahal serta konduktivitas listrik yang rendah, sedangkan bahan karbon memiliki banyak keuntungan dan keunggulan seperti,

ringan, luas permukaan spesifik yang tinggi, konduktivitas listrik yang tinggi serta biaya produksi yang relatif murah [7]. Sampai saat ini, beragam jenis bahan karbon yang digunakan sebagai bahan elektroda superkapasitor, termasuk karbon aktif, karbon *nanotube*, karbon *nanofiber* dan grafit [6]. Karbon aktif adalah material yang paling banyak digunakan sebagai elektroda superkapasitor karena tersedia secara luas, harga yang murah dan metode preparasi yang lebih mudah dibandingkan dengan karbon lainnya [8].

Daun sukun (*Artocarpus Altilis*) memiliki senyawa penyusun tannin dan flavonoid yang merupakan senyawa aktif sehingga berpotensi digunakan sebagai karbon aktif [9]. Selain itu, karbon aktif dari daun sukun bahannya lebih mudah didapat dan juga upaya pengelolaan terhadap limbah daun sukun yang saat ini pemanfaatannya belum optimal.

Pada penelitian sebelumnya, penggunaan daun sebagai sumber biomassa karbon aktif telah dilakukan oleh Armynah dkk. (2019) dengan menggunakan biomassa dari daun bambu yang divariasikan suhu aktivasi fisiknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada suhu aktivasi fisika 850°C merupakan suhu optimum untuk pembuatan sel superkapasitor dengan elektroda berbahan dasar daun bambu, dimana kapasitansi spesifiknya adalah 60 F.g⁻¹[1]. Natalia dan Taer (2019) juga melakukan penelitian dengan menggunakan sumber biomassa karbon aktif dari daun akasia yang divariasikan suhu aktivasi fisiknya. Kapasitansi spesifik terbaik ditemukan pada daun akasia dengan suhu aktivasi fisika tertinggi, yaitu 76 F.g⁻¹ [2]. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Taslim dkk. (2018) dimana pembuatan elektroda karbon aktif diperoleh dari mahkota nanas berdasarkan variasi waktu aktivasi fisiknya. Waktu aktivasi optimal ditemukan pada 2,5 jam yang ditunjukkan oleh sifat fisika dan elektrokimia yang baik, dengan kapasitansi spesifik tertinggi setinggi 134 F.g⁻¹ [10]. Penelitian lainnya dilakukan oleh Taer dkk. (2019). Pada penelitian tersebut, elektroda karbon aktif diperoleh dari mahkota nanas yang divariasikan suhu aktivasi fisiknya dan menghasilkan nilai kapasitansi spesifik maksimum sebesar 150 F.g⁻¹ [11]. Taer dkk. (2019) juga menggunakan daun jati sebagai sumber biomassa karbon aktif. Pada penelitian tersebut, proses karbonisasi - aktivasi menunjukkan perubahan

massa, diameter, ketebalan, dan kepadatan masing-masing 73,3%, 27%, 37%, dan 27%. Kapasitansi spesifik sel superkapasitor yang dihasilkan adalah 113,20 F.g⁻¹ [12].

Penelitian di atas menunjukkan bahwa biomassa karbon aktif dari daun dapat digunakan sebagai elektroda superkapasitor. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pemanfaatan biomassa daun sukun sebagai bahan dasar pembuatan elektroda karbon superkapasitor dengan variasi aktivator kimia KOH. Pembuatan elektroda karbon dari biomassa daun sukun dapat memperoleh sumber karbon yang murah, ramah lingkungan juga luas permukaan tinggi sehingga akan mempengaruhi performa superkapasitor.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana karakterisasi sifat fisika pada elektroda karbon aktif dari biomassa daun sukun ?
2. Bagaimana konsentrasi optimum aktivator KOH pada elektroda karbon aktif dari biomassa daun sukun ?
3. Bagaimana nilai kapasitansi spesifik pada sel superkapasitor dari elektroda karbon aktif daun sukun ?

I.3 Tujuan Penelitian

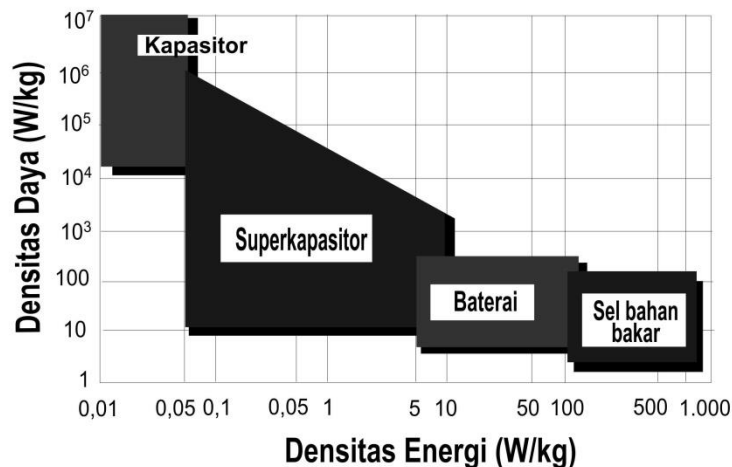
1. Mengkarakterisasi sifat fisika pada elektroda karbon aktif dari biomassa daun sukun.
2. Menentukan konsentrasi optimum aktivator KOH pada elektroda karbon aktif dari biomassa daun sukun.
3. Menentukan nilai kapasitansi spesifik pada sel superkapasitor dari elektroda karbon aktif daun sukun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Superkapasitor

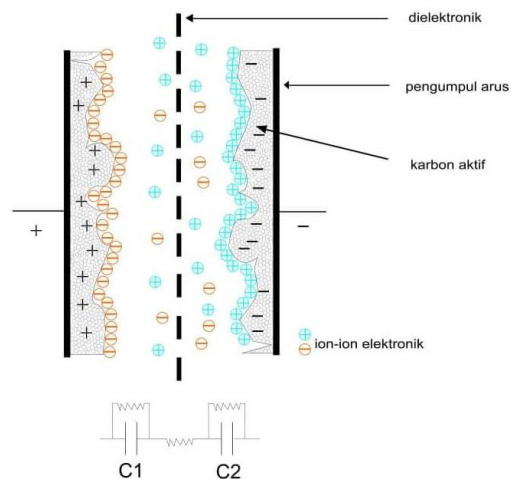
Superkapasitor merupakan alat penyimpanan energi secara fisika yang hanya terjadi transfer muatan tanpa adanya reaksi kimia. [5]. Superkapasitor hadir sebagai terobosan baru yang diciptakan untuk melengkapi kekurangan dari baterai, sel bahan bakar, dan kapasitor konvensional. Superkapasitor memiliki rapat daya dan rapat energi yang tinggi, waktu pengisian yang lebih pendek, dan siklus hidup yang lebih panjang [13]. Baterai memiliki rapat energi yang tinggi tetapi memiliki rapat daya yang rendah. Sel bahan bakar memiliki rapat energi lebih tinggi dibanding baterai tetapi rapat daya sel bahan bakar lebih kecil dibanding baterai. Sedangkan kapasitor konvensional pada umumnya memiliki rapat daya yang sangat tinggi namun memiliki rapat energi yang rendah. Gambar 2.1 memberikan perbandingan rapat daya dan rapat energi dari keempat perangkat penyimpanan energi [14].



Gambar 2.1 Kemampuan spesifik daya dan energi dari kapasitor konvensional, superkapasitor, baterai, dan sel bahan bakar [14].

Superkapasitor terdiri dari elektroda, pemisah ion (dielektrik), elektrolit dan pengumpul arus. Elektroda pada superkapasitor memiliki energi dan

kemampuan daya yang tinggi. Gambar 2.2 memberikan skema diagram superkapasitor dengan beberapa fitur fisiknya [11].



Gambar 2.2 Rangkaian superkapasitor secara umum [14].

Hal mendasar yang membedakan superkapasitor dengan kapasitor konvensional adalah pada strukturnya. Kapasitor konvensional menggunakan logam sebagai bahan elektroda yang dipisahkan dari bahan dielektrik, sedangkan pada superkapasitor, elektroda yang dipakai berbasis material karbon dan ketebalan bahan dielektrik dibuat jauh lebih tipis sehingga menurunkan jarak antara elektroda. Efek kapasitansi superkapasitor muncul akibat dua lapisan substrat karbon yang terpisah pada jarak yang sangat kecil yaitu skala nanometer. Luas permukaan elektroda dapat diperbesar karena jarak antar pelat pada superkapasitor berada pada skala nanometer, sehingga didapat suatu kapasitansi yang besar untuk ukuran divais yang sama dengan kapasitor konvensional [14].

Kapasitansi superkapasitor dapat didefinisikan sebagai perbandingan muatan (Q) yang diaplikasikan pada tegangan tertentu (V) (persamaan 2.1) [15].

$$C = \frac{Q}{V} \quad (2.1)$$

nilai kapasitansi, C juga sebanding dengan luas permukaan elektroda dan berbanding terbalik dengan jarak antar elektroda seperti yang dinyatakan secara matematis pada persamaan 2.2 [15].

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (2.2)$$

di mana $\epsilon_0 \epsilon_r$ konstanta, ϵ_0 adalah permivitas bahan dan ϵ_r adalah konstanta dielektrik, A adalah luas permukaan, dan d adalah jarak antar elektroda [15].

II.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorbsinya dengan proses aktivasi. Pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari suatu permukaan karbon sehingga dapat terjadinya perubahan fisik pada permukaan tersebut. Pada proses aktivasi juga terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan suatu atom karbon yang melalui oksidasi ataupun pemanasan. Berdasarkan dengan pengertiannya sendiri, dimana proses aktivasi merupakan proses perubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang memiliki daya serap yang tinggi. Karbon aktif juga merupakan salah satu jenis karbon amorf yang tersusun paralel berbentuk cincin heksagonal menyerupai struktur grafit. Sifat fisika dari karbon aktif terutama ditentukan oleh ukuran pori dan luas permukaannya. Karbon aktif mempunyai luas permukaan yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 300-3500 m²/g dan hal ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif memiliki sifat sebagai adsorben sehingga daya adsorpsinya juga semakin besar [14, 16]. Karena strukturnya yang berpori inilah, karbon aktif banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti adsorben zat warna [17], adsorben logam berat [18], adsorben gas [19], elektroda superkapasitor [20], dan lain-lain.

Karbon aktif dapat disintesis dari batu bara antrasit atau pun bituminous, akan tetapi penggunaan biomassa sebagai bahan baku karbon aktif semakin banyak diteliti. Secara umum, proses pembuatan karbon aktif terdiri atas dua tahap, yaitu proses karbonisasi dan proses aktivasi [21,22]. Karbonisasi merupakan proses pembakaran tidak sempurna dari bahan organik dengan jumlah oksigen yang sangat terbatas, sehingga menghasilkan arang. Proses pembakaran ini menyebabkan penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan baku seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin [23]. Proses aktivasi merupakan proses penting dalam pembuatan karbon aktif. Aktivasi karbon bertujuan untuk

memperbesar dan menghilangkan pengotor pada pori-pori karbon. Aktivasi dapat dilakukan melalui dua metode yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia [14].

II.3 Biomassa

Secara umum biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. Biomassa disebut juga “fitomassa” dan seringkali diterjemahkan sebagai *bioresource* atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Biomassa adalah sumber daya terbarukan dan energi yang diperoleh dari biomassa disebut energi terbarukan [24].

Biomassa meliputi limbah kayu, limbah pertanian, perkebunan, hasil hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga. Beberapa kandungan unsur kimia yang biasa terdapat pada biomassa, antara lain zat arang atau karbon (C), hidrogen (H), zat asam atau oksigen (O), zat lemas atau nitrogen (N), belerang (S), abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Sumber energi biomassa memiliki beberapa kelebihan dibandingkan energi fosil. Selain sifatnya dapat diperbaharui secara terus menerus juga lebih ramah terhadap lingkungan [25].

II.4 Daun Sukun (*Artocarpus Altilis*)

Tanaman sukun merupakan tanaman tropis, sehingga hampir semua daerah di Indonesia, sukun dapat tumbuh. Sukun hidup pada iklim tropis yang meliputi suhu 20° - 40°C. Tanaman sukun adalah tanaman serbaguna. Seluruh bagian tanamannya memiliki manfaat bagi kehidupan manusia. Daun sukun memiliki kandungan kimia antara lain *saponin*, *flavonoid*, dan *tanin*. Daun tanaman tersebut juga mengandung *quercetin*, *champorol*, dan *artoindonesianin*. *Quercetin* dan *artoindonesianin* adalah kelompok senyawa dari *flavonoid* [26].

Daun sukun (*Artocarpus Altilis*) yang memiliki senyawa penyusun tannin dan flavonoid tersebut merupakan senyawa aktif sehingga berpotensi digunakan sebagai karbon aktif [9].