

Skripsi

**PENGARUH SUHU AKTIVASI CO₂ TERHADAP KAPASITANSI
SPESIFIK SUPERKAPASITOR BERBASIS DAUN KAKAO**

SUCI INDAH SARI

H021181012



DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**PENGARUH SUHU AKTIVASI CO₂ TERHADAP KAPASITANSI
SPESIFIK SUPERKAPASITOR BERBASIS DAUN KAKAO**

SKRIPSI

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

SUCI INDAH SARI

H021181012

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

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH SUHU AKTIVASI CO₂ TERHADAP KAPASITANSI
SPESIFIK SUPERKAPASITOR BERBASIS DAUN KAKAO**

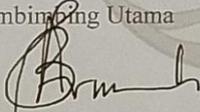
Disusun dan diajukan oleh:

**SUCI INDAH SARI
H021181012**

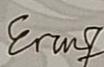
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
Pada 4 Agustus 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

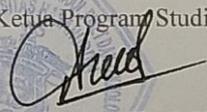
Pembimbing Utama


Dr. Ir. Bidayatul Arminah, MT.
NIP. 19630830 198903 2 001

Pembimbing Pertama


Prof. Dr. Eyma Taer, M.Si.
NIP. 19710923 199512 1 000

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Arifin, M.T.
NIP. 19670520 199403 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Suci Indah Sari

NIM : H021181012

Program Studi : Fisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

PENGARUH SUHU AKTIVASI CO₂ TERHADAP KAPASITANSI SPESIFIK SUPERKAPASITOR BERBASIS DAUN KAKAO

Adalah karya tulis berdasarkan hasil pemikiran dan penelitian saya, bukan merupakan hasil pengambil alihan tulisan maupun pemikiran orang lain. Jika terdapat karya orang lain dalam skripsi ini, maka akan dicantumkan sumber yang benar dan jelas. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika dikemudian hari terdapat ketidak benaran dan penyimpangan dalam pernyataan ini, maka saya berhak menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 4 Agustus 2023

Menyatakan



Suci Indah Sari

H021 18 1012

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Suhu Aktivasi CO₂ Terhadap Kapasitansi Spesifik Superkapasitor Berbasis Daun Kakao”** dengan baik. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan sumbangan ilmiah bagi perkembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang. Tak lupa, kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah senantiasa membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Tanpa dukungan mereka, pencapaian ini tidak akan mungkin terwujud. Terimakasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Bapak dan Mama yang telah berpengaruh besar sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan. Terimakasih karena telah mengajarkan penulis hidup menjadi orang yang bertanggung jawab, orang yang sabar dan tak mudah meyerah. Terimakasih karena selalu berada di sisi penulis menjadi support sistem terbesar dalam setiap perjalanan hidup penulis.
2. Dr. Ir. Bidayatul Arminah, MT dan Prof. Dr. Erman Taer, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam setiap proses penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
3. Prof. Dr. Arifin, M.T dan Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc, selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak saran dan masukan sehingga penulis dapat lebih belajar dan bisa menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Fisika Unhas yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan yang insya Allah akan sangat bermanfaat kepada penulis.
5. Pegawai dan Jajaran Staff Fisika Unhas yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan seluruh administrasi selama

perkuliahan.

6. Muh. Irlandi Hartono yang telah menjadi salah satu bagian terpenting dalam perjalanan pendidikan penulis, menjadi salah satu support sistem dalam hidup penulis, yang telah memberikan segala macam bantuan kepada penulis, yang selalau menemani penulis dalam suka maupun duka. Terimakasih karena telah hadir di hidup penulis.
7. Muh. Zidan Ramadhan, Zaskia Anggraeini, dan Muh. Khaysan Siddiq selaku adik kandung penulis yang telah menghibur dimasa sulit penulis dan banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih atas seluruh dukungan dan bantuan yang telah diberikan.
8. Dewi Nairanti yang telah menjadi partner penelitian penulis, yang juga memberikan arahan dalam setiap langkah pada penelitian penulis. Terimakasih atas semua kenangan selama menjalani penelitian bersama ini, tanpamu penulis tidak akan mudah menjalani penelitian ini. Terimakasih karna telah menjadi partner penelitian penulis.
9. Nur Hikmah Indah dan Shita Sukma Ningsi yang telah menjadi pendengar yang baik dan senantiasa mendengar keluh kesah penulis. Terimakasih telah memberikan saran dan semangat kepada penulis.
10. Syarifuddin yang telah mengajari penulis menggunakan Origin dan X'pert Highscore Plus, serta banyak membantu penulis pada masa penelitian.
11. Elins No karatan 2018 dan ciwi-ciwi buket yang telah memberi semangat kepada penulis. Terimakasih atas semua kebersamaan selama berada di Laboratorium Elektronika dan instrumentasi.
12. Himafi (Himpunan Mahasiswa Fisika) 2018 yang telah banyak mengajarkan arti kebersamaan dalam sebuah organisasi, yang telah bersama-sama melewati suka duka selama menjalankan organisasi ini, banyak hal yang tidak penulis bisa dapatkan di tempat lain. Semua

cerita akan selalu terkenang dalam hati dan ingatan penulis. Salam
“Satu Tekat Taklukan Waktu”.

13. Fisika 2018 yang telah bersama-sama menjalani kehidupan perkuliahan dan telah saling membantu dalam berbagi pengetahuan pada masa perkuliahan.
14. Cafe Ngopi Santai yang telah menerima dan memberi penulis kesempatan untuk bekerja, sehingga penulis terbantu dalam seluruh pembiayaan dalam masa penelitian.
15. Seluruh pihak yang telah membantu penulis yang tidak bisa penulis ucapkan satu per satu.

Makassar, 4 Agustus 2023

Suci indah sari

DAFTAR ISI

Halaman Sampul	i
Halaman Judul	ii
Halaman Pengesahan	iii
Halaman Keaslian	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Daftar Lampiran	xii
Abstrak	xiii
Abstrack	xiv
BAB I Pendahuluan	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan	2
BAB II Tinjauan Pustaka	3
II.1 Superkapasitor	3
II.2 Karbon Aktif	4
II.3 Biomassa Daun Kakao	6
BAB III Metode Penelitian	7
III.1 Tempat dan Waktu	7
III.2 Alat dan Bahan	7
III.2.1 Alat	7
III.2.2 Bahan	8
III.3 Prosedur Penelitian	8
III.3.1 Pra-Karbonisasi Daun Kakao	8
III.3.2 Penggilingan dengan Blender dan Ball Milling	8
III.3.3 Proses Aktivasi Kimia Daun Kakao	8
III.3.4 Pembuatan Pelet Elektroda Superkapasitor	9
III.3.5 Karbonisasi Pelet Dan Aktivasi Fisika	9

III.3.6 Pembuatan Separator Superkapasitor	9
III.3.7 Pembuatan Sel Superkapasitor	10
III.3.8 Karakterisasi Sampel	10
III.4 Diagram Prosedur Penelitian	11
III.5 Bagan Alir Penelitian	12
BAB IV Hasil Dan Pembahasan	13
IV.1 Penyusutan Massa Daun Kakao Setelah Pra-Karbonisasi	13
IV.2 Hasil Pengujian Sifat Termal Menggunakan Thermogavimetry (TG) Dan Differential Thermogavimetry (DTG)	13
IV.3 Analisa Massa jenis	15
IV.4 Hasil Pengujian Fourier Transform Infra-Red (FTIR)	17
IV.5 Hasil Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)	19
IV.6 Analisa Cyclic Voltametry (CV)	20
BAB V Penutup	22
V.1 Kesimpulan	22
V.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian superkapasitor secara umum.....	4
Gambar 3.1 Skema Susunan Superkapasitor	10
Gambar 3.2 Diagram Prosedur Penelitian.....	11
Gambar 4.1 Kurva TG-DTG sampel daun kakao	14
Gambar 4.2 Perbandingan massa jenis rata-rata elektroda sebelum dan setelah karbonisasi – aktivasi fisika.....	16
Gambar 4.3 Spektrum FTIR dari daun kakao sebelum dan sesudah karbonisasi -aktivasi fisika.....	17
Gambar 4.4 Pola difraksi daun kakao sebelum dan sesudah karbonisasi-aktivasi fisika.....	19
Gambar 4.5 Kurva Cyclic Voltammetry (CV) dengan variasi suhu aktivasi fisika 800°C, 850°C dan 900°C pada laju scan 1 mV/s	20

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Persentase susut massa daun kakao.....	13
Tabel 4.2	Data hasil nilai rata-rata ketebalan, massa dan diameter elektroda sebelum dan setelah karbonisasi – aktivasi fisika	15
Tabel 4.3	Data nilai rata-rata massa jenis elektroda sebelum dan setelah karbonisasi – aktivasi fisika	16
Tabel 4.4	Gugus fungsi dari elektroda daun kakao.....	18
Tabel 4.5	Nilai kapasitansi spesifik berdasarkan variasi suhu aktivasi fisika.....	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat.....	27
Lampiran 2. Bahan.....	27
Lampiran 3. Perhitungan Kapasitansi Spesifik untuk Masing-Masing Variasi Suhu Aktivasi Fisika.....	28

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitansi superkapasitor dengan memanfaatkan biomassa daun kakao sebagai elektroda. Pada suhu aktivasi fisika menggunakan CO₂ telah divariasikan pada tiga tingkat, yaitu 800°C, 850°C, dan 900°C. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa suhu aktivasi 850°C menghasilkan kapasitansi tertinggi, mencapai 65,333 F/g. Pengujian XRD (X-ray Diffraction) mengungkapkan bahwa struktur elektroda yang dihasilkan bersifat amorf. Pengujian FTIR (Fourier Transform infra-Red) juga mengungkapkan gugus fungsi yang dihasilkan oleh elektroda memiliki ikatan karbon. Penemuan ini menunjukkan bahwa penggunaan biomassa daun kakao dan pengaturan suhu aktivasi fisika dengan CO₂ dapat menjadi pendekatan yang efektif dalam meningkatkan kapasitansi superkapasitor dan menciptakan struktur elektroda yang menguntungkan.

Kata kunci ; Superkapasitor, karbon aktif, daun kakao.

ABSTRACT

This research aims to enhance the capacitance of supercapacitors by utilizing cocoa leaf biomass as the electrode. The physical activation temperature using CO₂ was varied at three levels, namely 800°C, 850°C, and 900°C. The experimental results showed that the activation temperature of 850°C yielded the highest capacitance, reaching 65.333 F/g. XRD (X-ray Diffraction) testing revealed that the resulting electrode structure was amorphous. FTIR (Fourier Transform Infra-Red) testing also unveiled the functional groups generated by the electrode, indicating carbon bonding. These findings demonstrate that the use of cocoa leaf biomass and the physical activation temperature control with CO₂ can be an effective approach to enhance the capacitance of supercapacitors and create favorable electrode structures.

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya populasi manusia yang semakin pesat membuat kebutuhan akan energi juga meningkat. Maka perlunya pengembangan perangkat energi sebagai piranti penyimpan energi yang baik [1]. Beberapa perangkat penyimpan energi seperti baterai, kapasitor biasa dan superkapasitor [2]. Baterai adalah perangkat penyimpan energi listrik yang memiliki kemampuan menyimpan energi yang besar, namun membutuhkan waktu yang lama dalam proses pengisiannya [1]. Sedangkan pada kapasitor biasa memiliki nilai kapasitansi yang lebih kecil dibandingkan dengan elektroda superkapasitor karena luas permukaan dari elektroda karbon superkapasitor lebih besar dan memiliki jarak antar muatan yang sangat kecil [3]. Oleh karena itu superkapasitor atau yang biasa disebut *electrochemical double layers capacitor* (EDLC) merupakan perangkat yang efektif karena memiliki massa jenis daya spesifik yang besar, efisien dalam menyimpan energi dan waktu pengisian/pengosongan yang cepat [4].

Dalam pembuatan karbon aktif superkapasitor, elektroda merupakan komponen yang memainkan peranan penting [5]. Berbagai macam bahan baku untuk mendapatkan elektroda unggul seperti grafena oksida, polimer konduktif, logam oksida, dan karbon berbasis biomassa. Namun, dibandingkan dengan bahan elektroda lainnya, bahan karbon berbasis biomassa lebih murah, mudah diperoleh dan tersedia melimpah [6]. Karbon aktif berbasis biomassa dapat menyimpan energi pada lapisan ganda listrik yang terjadi pada antarmuka elektroda karbon sehingga dapat menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang besar dengan luas permukaan spesifik yang tinggi [7].

Kakao menjadi barang ekspor utama dari banyak negara tropis, sekitar 5.3 juta ton biji kakao kering diproduksi secara global [8]. Banyaknya produksi buah kakao tentunya menghasilkan limbah produksi salah satunya daun kakao. Daun kakao memiliki kandungan lignin sebesar 49.78%, kandungan selulosa sebesar 59.40%, dan kandungan hemiselulosa sebesar 21.05% sehingga berpotensi

digunakan sebagai sumber karbon aktif [9].

Menurut hasil penelitian sebelumnya, sumber karbon biomassa khususnya daun dapat dijadikan sebagai superkapasitor. Seperti pada penelitian B. Armynah dkk. (2019) menggunakan limbah daun bambu sebagai sumber karbon dan hasil yang diperoleh menunjukkan nilai kapasitansi spesifik tertinggi sekitar 60 F/g pada suhu aktivasi 850°C [10]. Selain itu, E. Taer dkk (2021) juga melakukan penelitian dengan menggunakan limbah daun belimbing wuluh sebagai sumber karbon biomassa. Hasil yang diperoleh yaitu nilai kapasitansi spesifik tertinggi sebesar 149.04 F/g pada rapat arus konstan 1.0 A/g [11]. Dan pada penelitian lainnya dilakukan oleh Y. Mao dkk. (2021) dengan menggunakan daun kapas sebagai sumber biomassa karbon dan menggunakan air laut sebagai elektrolit. Hasil yang diperoleh oleh superkapasitor berbasis dua elektroda menunjukkan kapasitor yang tinggi sebesar 212 F/g dengan rapat arus 1,0 A/g [12].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa biomassa dari daun dapat digunakan sebagai elektroda sel superkapasitor. Maka pada penelitian ini daun kakao diolah dengan memberikan variasi aktivasi CO₂ dengan suhu 800°C, 850°C dan 900°C. Hal ini bertujuan untuk melihat hasil kapasitansi spesifik dari karbon aktif daun kakao.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik sifat fisis dan sifat elektrokimia dari elektroda sel superkapasitor daun kakao?
2. Bagaimana menentukan nilai optimum kapasitansi spesifik sel superkapasitor dari daun kakao?

I.3 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengkarakterisasi sifat fisis dan sifat elektrokimia dari elektroda sel superkapasitor daun kakao.
2. Menentukan suhu optimum elektroda sel superkapasitor berdasarkan nilai kapasitansi spesifik.

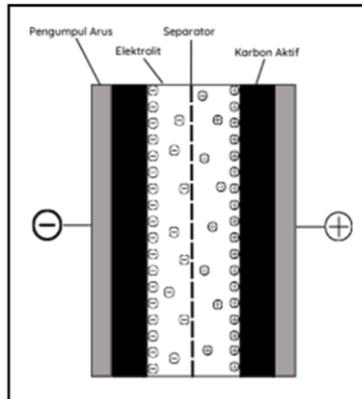
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Superkapasitor

Superkapasitor EDLC merupakan kapasitor elektrokimia yang mampu menyimpan muatan melalui proses kapasitif yang terjadi pada lapisan ganda listrik yang terbentuk pada antarmuka elektroda dan larutan elektrolit [13]. Luas permukaan elektroda yang besar ditambah dengan bahan elektroda berbasis karbon membuat ELDC mampu menyimpan jumlah energi yang cukup besar [14]. Superkapasitor merupakan salah satu perangkat penyimpanan energi yang efektif dibandingkan dengan kapasitor biasa dan baterai [2]. Pada superkapasitor memiliki kepadatan daya yang tinggi serta siklus daya tahan yang lebih lama dibandingkan dengan baterai [15]. Sedangkan pada kapasitor biasa memiliki nilai kapasitansi yang lebih kecil dibandingkan dengan superkapasitor karena luas permukaan dari elektroda karbon superkapasitor lebih besar dan memiliki jarak antar muatan yang sangat kecil [3]. Hal ini membuat superkapasitor muncul sebagai piranti penyimpanan energi [7].

Superkapasitor terdiri dari beberapa komponen yaitu elektroda, elektrolit, separator dan pengumpul arus [16]. Dalam superkapasitor elektroda merupakan bagian terpenting karena dapat mengirim muatan sehingga kinerja kapasitansi dapat meningkat [17]. Sedangkan, elektrolit berfungsi untuk menyimpan energi listrik ketika proses pengisian (*charging*) dan melepaskan energi listrik ketika proses pelepasan listrik (*discharging*) [18]. Separator merupakan komponen yang berfungsi untuk mencegah kegagalan karena menjaga isolasi listrik antara katoda dan anoda. Kehadiran separator dapat mencegah korsleting internal antara elektroda dan meningkatkan keamanan keseluruhan sistem penyimpanan energi. Peran penting lain dari separator adalah untuk memungkinkan ion diangkut melalui pori-pori yang berisi cairan elektrolit [19]. Pada pengumpul arus atau *current collector* biasanya terbuat dari aluminium tipis atau aluminium foil yang dilekatkan dengan elektroda. Rangkaian superkapasitor dapat dilihat seperti pada Gambar 2.1 [20].



Gambar 2.1. Rangkaian superkapasitor secara umum [20]

Prinsip penyimpanan energi pada superkapasitor adalah akumulasi muatan elektrostatis pada antarmuka elektroda dan elektrolit. Waktu pengisian dan pengosongan pada superkapasitor dipengaruhi oleh besar arus yang digunakan. Semakin kecil arus pengisian dan pengosongan maka waktu yang diperlukan untuk pengisian dan pengosongan superkapasitor semakin lama [21]. Selain itu, kemampuan rapat energi yang besar pada superkapasitor disebabkan juga oleh luas permukaan yang besar dari material elektroda. Kapasitansi bergantung pada akses ion mengisi pori-pori internal sehingga ukuran ion dan ukuran pori harus optimal. Superkapasitor merupakan perangkat penyimpan energi yang dapat memberikan daya keluaran tinggi sebesar lebih dari 10 kW/kg dengan siklus hidup yang lebih lama serta proses pengisian dan pengosongan yang singkat [22].

Persamaan kapasitansi dapat dilihat pada persamaan 2.1 dimana muatan (Q) dibagi dengan tegangan tertentu (V) dan pada persamaan 2.2 permitivitas ruang hampa (ϵ_0) dikalikan dengan (ϵ_r) dan luas pelat kapasitor (A) dibagi dengan jarak antara dua pelat (d) [23].

$$C = \frac{Q}{V} \quad [2.1]$$

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad [2.2]$$

II.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa amorf dengan pori-pori yang banyak [24]. Keunggulan karbon aktif yaitu memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi dan konduktivitas yang baik, sehingga dapat meningkatkan kapasitansi spesifik yang

lebih tinggi dan dapat menjadi bahan elektroda yang ideal. Bahan dari karbon aktif ini telah digunakan sebagai superkapasitor dalam skala besar karena pemrosesannya yang mudah dengan biaya yang lebih murah [25]. Kandungan karbon pada karbon aktif berkisar antara 85%-95% yang dihasilkan melalui proses aktivasi dengan pemanasan pada suhu tinggi antara 700°C-1100°C, sehingga mengalami perubahan sifat kimia dan sifat fisika [26].

Aktivasi fisika dilakukan untuk memperbesar ukuran pori karbon agar dapat meningkatkan kemampuan daya serap, sedangkan aktivasi kimia dilakukan untuk meningkatkan kerapatan pori agar kapasitas adsorpsi meningkat [24]. Karbon aktif memiliki luas permukaan 300-3500 m²/g dengan daya serap sebesar 251,000% terhadap berat karbon aktif [26]. Terdapat tiga tahap dalam pembuatan karbon aktif yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi.

- a. Dehidrasi merupakan tahapan sebelum proses karbonisasi, yaitu menghilangkan kadar air yang ada pada bahan baku karbon dengan cara dikeringkan di bawah sinar matahari atau dengan cara di oven pada suhu yang tidak terlalu tinggi [27].
- b. Karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku. Pembentukan karbon dilakukan dengan cara pembakaran material organik pada bahan baku. Proses ini membuat struktur pori-pori pada karbon terbentuk dan unsur non-karbon akan hilang. Proses karbonisasi sempurna pada suhu 400°C-600°C, karena pada suhu yang terlalu tinggi seperti di atas suhu 1000°C akan mengakibatkan pori-pori pada karbon tertutupi dan membuat luas permukaan berkurang serta daya adsorpsinya menurun karena banyaknya abu yang terbentuk [27, 26].
- c. Aktivasi dilakukan pada proses karbonisasi, proses ini mengubah karbon dengan daya serap yang rendah menjadi daya serap yang tinggi, karena membersihkan residu yang menutupi permukaan pori-pori dan menyempurnakan pembentukan pori-pori. Pada proses aktivasi ini senyawa organik, tar dan hidrokarbon dilepaskan, sehingga luas permukaan dan daya adsorpsi dapat meningkat. Proses aktivasi sendiri terbagi menjadi dua yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia [27].

II.3 Biomassa Daun Kakao

Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Sumber biomassa banyak ditemukan di alam seperti, limbah pertanian dan kehutanan (contohnya serutan kayu, serbuk gergaji, dll.), limbah hewan (peternakan), limbah ganggang, dan limbah tanaman air [28]. Biomassa dapat digunakan sebagai salah satu sumber energi alternatif pengganti bahan bakar, karena dapat diproses menjadi bahan bakar gas, cair, dan padat yang dapat diperbaharui [29].

Untuk membuat karbon aktif dari bahan biomassa kandungan bahan lignoselulosa seperti lignin, selulosa, hemiselulosa sangat dibutuhkan dalam membangun struktur karbon aktif [30]. Daun kakao memiliki kandungan lignin sebesar 49,78%, kandungan selulosa sebesar 59,40%, dan kandungan hemiselulosa sebesar 21,05% sehingga berpotensi digunakan sebagai sumber karbon aktif pada elektroda sel superkapasitor [9].