

**PENGEMBANGAN MATERIAL AKTIF KOMPOSIT
 $\text{CuCoFe}_2\text{O}_4@AC$ SEBAGAI ELEKTRODA
SUPERKAPASITOR ASIMETRIK**

Skripsi

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains**



Aprilia Pramu Dhita

1306622021

**PROGRAM STUDI S1 FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGEMBANGAN MATERIAL AKTIF KOMPOSIT $\text{CuCoFe}_2\text{O}_4/\text{AC}$ SEBAGAI ELEKTRODA SUPERKAPASITOR ASIMETRIK

Nama : Aprilia Pramu Dhita

No. Registrasi : 1306622021

Jabatan

Nama



Tanggal

Penanggung Jawab:

Dekan : Dr. Hadi Nasbey, S.Pd., M.Si.
NIP. 197909162005011004

03/08/2026

Wakil Penanggung Jawab

Wakil Dekan I : Dr. Meiliasari, S.Pd., M.Sc.
NIP. 197905042009122002

03/08/2026

Ketua Sidang : Riser Fahdiran, M.Sc.
NIP. 198307172009121008

28/07/2026

Sekretaris : Siti Julia, M.Si
NIP. 199205282025062007

28/07/2025

Anggota:

Pembimbing I : Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si.
NIP. 197910102008011018

27/07/2026

Pembimbing II : Prof. Dr. Rike Yudianti, M.Sc
NIP. 196807211994032003

29/07/2026

Penguji : Marisa Ulfa, M.Si.
NIP.199003042024062001

29/07/2026

Dinyatakan lulus pada tanggal 21 Juli 2026.

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan material aktif Komposit $\text{CuCoFe}_2\text{O}_4@\text{AC}$ Sebagai Elektroda Superkapasitor Asimetrik” yang disusun sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada program studi Fisika Universitas Negeri Jakarta, merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri yang disusun dengan arahan dosen pembimbing.

Seluruh sumber yang di kutip dari penulis lain telah dipublikasikan yang disebutkan dalam teks skripsi ini, telah dicantumkan dalam Daftar Pustaka sesuai dengan norma, kaidah dan penulisan ilmiah. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau seluruh isi skripsi ini bukan merupakan karya asli saya pada bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik yang telah saya peroleh serta sanksi lain sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT karena telah memberikan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Material Aktif Komposit $\text{CuCoFe}_2\text{O}_4@AC$ Sebagai Elektroda Superkapasitor Asimetrik” sebagai syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana (S1) dalam Program Sarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam program studi Fisika.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak sekali hambatan dan rintangan yang penulis hadapi namun akhirnya penulis bisa melaluinya hal ini karena adanya bantuan, dukungan dan juga bimbingan dari berbagai pihak baik moral maupun spiritual. Untuk itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Iwan Sugihartono, M.Si selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis, memberikan semangat dan motivasi selama menyusun tugas akhir.
2. Prof. Dr. Rike Yudianti selaku Dosen Pembimbing II yang telah dengan sabar mendampingi penulis, memberikan ruang diskusi, kritik yang membangun, semangat, motivasi, serta contoh teladan yang menginspirasi.
3. Dr. Teguh Budi Prayitno, M.Si., selaku Koordinator Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta.
4. Seluruh dosen program studi S1 Fisika yang telah memberikan ilmu penulis dalam menempuh pendidikan sarjana.
5. Saudari Riyani Tri Yulianti, M.Si., yang selalu mendampingi penulis dalam menjalani penelitian. Terima kasih atas diskusi – diskusi teknis, arahan, motivasi, dan bantuan selama penelitian.
6. Keluarga tercinta, *Mimi*, Kakak Aditya Herlambang, Adik Amira Nahdhifa Zulfa, serta mendiang Bapak. Terima kasih atas pengorbanan, dukungan materi dan moril yang tiada henti, tempat pulang paling nyaman yang selalu memeluk dan memberikan doa serta kasih sayang yang tak terhingga.

7. Auliya Rahmawati, rekan seperjuangan dalam menjalani masa perkuliahan. Terima kasih telah menjadi tempat berkeluh kesah, bertukar pikiran, berbagi suka dan duka serta selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan studi. Semoga langkah Auliya selanjutnya selalu dipermudah dalam menghadapi apapun.
8. Teruntuk Jehan, Auliyatul, Tara Naya, dan Devika yang selalu memberikan dukungan, semangat serta selalu percaya kepada penulis lebih dari dirinya sendiri. Terima kasih telah menjadi rumah kedua bagi penulis untuk berbagi suka maupun duka.
9. Terima kasih untuk Viero, Ezalicha, Ndari, Arini, Devin serta teman-teman Fisika A 2022 yang sudah menemani selama berkuliah di UNJ. Terima kasih atas semua canda, tawa, dan semua kelas yang kita lalui hingga sampai di penghujung masa studi ini.
10. Kawan – kawan progresif, Iva, Siti, dan Laila. Terima kasih atas segala diskusi dan dukungan yang membangun sehingga penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Teman – teman laboratorium LDM dan Pusat Riset Elektronika yaitu Lisna, Jati, Kak Suci dan Kak Erika yang mewarnai proses riset berlangsung.
12. Batavia Team, tempat penulis berkembang selama menjalani kuliah. Terima kasih atas pengalaman, kebersamaan serta pertemanan yang melengkapi masa – masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih memiliki kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam penulisan laporan ini, dan dengan rendah hati menerima segala kritik dan saran dari para pembaca. Penulis berharap agar Skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan juga menjadi penambah ilmu pengetahuan bagi penulis.

Jakarta, Juli 2026

Aprilia Pramu Dhita

ABSTRAK

APRILIA PRAMU DHITA. Pengembangan Material Aktif Komposit $\text{CuCoFe}_2\text{O}_4@\text{AC}$ Sebagai Elektroda Superkapasitor Asimetrik Skripsi, Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Jakarta. Juli 2026. Di bawah bimbingan IWAN SUGIHARTONO dan RIKE YUDIANTI.

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi komposit Copper Cobalt Ferrite ($\text{CuCoFe}_2\text{O}_4$) dengan karbon aktif berbasis tandan kosong kelapa sawit ($\text{CCF}@\text{AC}$) sebagai elektroda superkapasitor. Penambahan karbon aktif berperan meningkatkan luas permukaan komposit, sementara ferit spinel memberikan kontribusi aktivitas elektrokimia tambahan. Kombinasi keduanya memperkuat kinerja elektroda secara keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektroda $\text{CCF}@\text{AC}$ dengan perbandingan 20:1 menghasilkan kapasitansi spesifik tertinggi, yaitu 0035 F/g pada sistem tiga elektroda, yang menunjukkan potensi komposit $\text{CCF}@\text{AC}$ sebagai material elektroda superkapasitor dengan kinerja penyimpanan energi yang baik.

Kata Kunci: superkapasitor asimetrik, logam oksida, elektroda, karbon aktif, biomassa

ABSTRACT

APRILIA PRAMU DHITA. Development of $\text{CuCoFe}_2\text{O}_4@\text{AC}$ Active Composite Material as an Electrode for Asymmetric Supercapacitors. An Undergraduate Thesis submitted to the Physics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Negeri Jakarta, July 2026. Under the supervision of IWAN SUGIHARTONO and RIKE YUDIANTI.

This work presents the synthesis and characterization of a Copper Cobalt Ferrite ($\text{CuCoFe}_2\text{O}_4$)/activated carbon composite (CCF@AC) prepared from empty oil palm fruit bunches as a high-performance supercapacitor electrode. The introduction of activated carbon enhances the composite by providing a larger surface area, while the $\text{CuCoFe}_2\text{O}_4$ spinel ferrite contributes additional electrochemical activity. As a result, the composite exhibits improved charge storage performance. The CCF@AC electrode with a 20:1 mass ratio demonstrated the best electrochemical performance, achieving a specific capacitance of 0035 F/g in a three-electrode system confirming the suitability of the CCF@AC composite for high-performance energy storage devices.

Keywords: asymmetric supercapacitor; metal oxide; electrode; activated carbon; biomass.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR SINGKATAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	5
A. Superkapasitor.....	5
B. <i>Copper Cobalt Ferrite</i>	7
C. Karbon Aktif dari Biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit	9
D. Komposit Karbon Aktif dan Logam Oksida	10
E. Karakterisasi Elektrokimia.....	11
F. Karakterisasi Material	14
G. Penelitian Tedahulu	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20

A. Waktu dan Tempat Kegiatan	20
B. Metode Penelitian.....	20
C. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
A. Hasil Sintesis Material	26
B. Karakterisasi Difraksi Sinar-X pada Material.....	32
C. Karakterisasi <i>Field Emission Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> pada Material	34
D. Karakterisasi N ₂ Adsorpsi-desorpsi pada Material	35
E. Pengujian Elektrokimia pada Variasi Rasio Komposit	37
BAB V KESIMPULAN	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (A) Struktur Superkapasitor (B) Struktur Kapasitor (C) Struktur Baterai	5
Gambar 2. 2 Mekanisme Penyimpanan Superkapasitor	6
Gambar 2. 3 Klasifikasi Superkasitor Berdasarkan Material Elektroda	7
Gambar 2. 4 Struktur Spinel Umum (Ab_2O_4).....	8
Gambar 2. 5 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit	9
Gambar 2. 6 Kurva Cyclic Voltrammetri Pada Superkapasitor	11
Gambar 2. 7 Skematik Pengujian Bet Dan Bjh.....	15
Gambar 2. 8 Skematik Pengujian Xrd.....	18
 Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian.....	 23
Gambar 4. 1 Proses Sintesis Ccf Dengan Metode Koprespitasi (A) Sebelum Ditambahkan Naoh (B) Setelah Ditambahkan Naoh	27
Gambar 4. 2 (A) Proses Kalsinasi Selama 5 Jam (B) Hasil Sampel Ccf Yang Sudah Di Kalsinasi.....	27
Gambar 4. 3 Tandan Kosong Kelapa Sawit Yang Sudah Di Cuci Dan Di Potong-Potong	28
Gambar 4. 4 Karbon Setelah Di Impregnasi Dengan Koh Dan Evaporasi	29
Gambar 4. 5 Karbon Aktif Dari Tkks.....	30
Gambar 4. 6 Proses Hidrotermal Untuk Komposit Ccf@Ac	31
Gambar 4. 7 Proses Filtrasi Setelah Hidrotermal.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan	20
----------------------------------	----



DAFTAR LAMPIRAN

lampiran 1. Perhitungan Stoikiometri $\text{CuCoFe}_2\text{O}_4$	49
Lampiran 2. Alat – Alat Sintesis	50
Lampiran 3. Bahan - Bahan Sintesis	52
Lampiran 4. Pengujian Elektrokimia	53
Lampiran 5. Pengolahan Data.....	54



DAFTAR SINGKATAN

CCF	: Copper Cobalt Ferrite
AC	: <i>Activated Carbon</i>
CCF@AC	: Komposit Copper Cobalt Ferrite dan Activated Carbon
ASC AC/CCF@AC	: Asimetrik superkapasitor activated carbon dan komposit activated carbon dengan copper cobalt ferrite
CV	: Cyclic Voltammtery
GCD	: Galvanostatic Charge Discharge
EIS	: Electrochemical Impedance Spetroscopy
XRD	: X-Ray Diffraction
BET	: Bernaurer Emmet Teller
BJH	: <i>Barrett Joyner Halenda</i>
FESEM	: Field Emission Scanning Electron Microscopy
EDX	: Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy
hkl	: Indeks Miller
TKKS	: Tandan Kosong Kelapa Sawit
F/g	: Farad per gram
mV	: mili volt
Ω	: Ohm
A/g	: Ampere per gram



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Aprilia Pramu Dhita
NIM : 1306622021
Fakultas/Prodi : FMIPA / Fisika
Alamat email : pramudhitaaprilia@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Pengembangan Material Aktif Komposit $\text{Cu-Lo Fe}_2\text{O}_4$ @AG
sebagai Elektroda Supercapacitor Asimetrik

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 13 Agustus 2021

Penulis

(
nama dan tanda tangan