



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS PENGARUH DOPING NITROGEN PADA
KARBON GRAFITIK BERKATALIS FE DAN FE-NI
BERBASIS CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI
MATERIAL ANODA BATERAI ION LITUM**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Fitroh Al Marsitoh
NIM. 2202431053**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ANALISIS PENGARUH DOPING NITROGEN PADA KARBON GRAFITIK BERKATALIS FE DAN FE-NI BERBASIS CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL ANODA BATERAI ION LITUM

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Fitroh Al Marsitoh
NIM. 2202431053**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSEMBAHAN





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH DOPING NITROGEN PADA KARBON GRAFITIK BERKATALIS FE DAN FE-NI BERBASIS CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL ANODA BATERAI ION LITUM

Oleh:

Fitroh Al Marsitoh

NIM. 2202431053

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skrripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Dr. Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.
NIP. 199306062019032030

Pembimbing 2

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.
NIP. 199107212018032001

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Arifia Ekayuliana, S.T., M.T.
NIP. 199107212018032001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH DOPING NITROGEN PADA KARBON GRAFITIK
BERKATALIS FE DAN FE-NI BERBASIS CANGKANG KELAPA SAWIT
SEBAGAI MATERIAL ANODA BATERAI ION LITIUM**

Oleh:

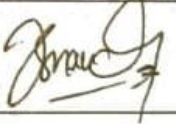
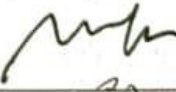
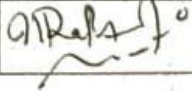
Fitroh Al Marsitoh

NIM. 2202431053

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 30 Juni 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dr. Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T. NIP. 199306062019032030	Ketua		13 Juli 2026
2	Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. NIP. 197312282008121001	Anggota		8 Juli 2026
3	Tia Rahmiati, S.T., M.T. NIP. 198001252006042001	Anggota		9 Juli 2026

Depok, 13 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik mesin


Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fitroh Al Marsitoh

NIM : 2202431053

Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang ditulis di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 13 Juli 2026



Fitroh Al Marsitoh

NIM. 2202431053



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS PENGARUH DOPING NITROGEN PADA KARBON GRAFITIK BERKATALIS FE DAN FE-NI BERBASIS CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL ANODA BATERAI ION LITUM

Fitroh Al Marsitoh¹⁾, Isnanda Nuriskasari¹⁾, Arifia Ekayuliana¹⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: fitroh.al.marsitoh.tm22@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya permintaan akan material anoda baterai ion litium berkelanjutan telah mendorong pengembangan karbon grafit yang berasal dari biomassa sebagai alternatif grafit komersial. Studi ini menyelidiki pengaruh doping nitrogen pada karbon grafit yang berasal dari cangkang kelapa sawit yang disintesis menggunakan sistem grafitisasi katalitik Fe dan Fe-Ni. Material karbon grafit disiapkan melalui proses impregnasi-aktivasi menggunakan sistem katalis K_2FeO_4 -KOH dan K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan 0 dan 0,5 g urea sebagai prekursor nitrogen, diikuti dengan pirolisis pada suhu 800°C. Sifat struktural dan elektrokimia dikarakterisasi menggunakan analisis *XRD*, *Raman Spectroscopy*, *BET*, *EIS*, *CD*, dan *CV*. Doping nitrogen meningkatkan struktur grafit karbon yang dikatalisis Fe, meningkatkan rasio IG/ID dari 1,17 menjadi 2,41, dan kapasitas spesifik dari 255,46 menjadi 302,07 mAh/g pada 0,1C, serta mengurangi resistansi transfer muatan dari 30,08 menjadi 25,30 Ω . Sebaliknya, katalis Fe-Ni menghasilkan karbon yang sangat tergrafitisasi tanpa doping nitrogen, menunjukkan rasio IG/ID sebesar 6,65, resistansi transfer muatan rendah sebesar 15,7 Ω , dan kapasitas spesifik tertinggi sebesar 418,88 mAh/g. Temuan ini menunjukkan bahwa katalis bimetal Fe-Ni secara efektif mendorong grafitisasi, sedangkan doping nitrogen lebih bermanfaat untuk karbon yang dikatalisis Fe dalam meningkatkan kapasitas anoda baterai ion litium.

Kata kunci: Biomassa Karbon Grafit; Cangkang Kelapa Sawit; Doping Nitrogen; Grafitisasi Katalitik; Anoda Baterai Ion Litium.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALYSIS OF THE EFFECT OF NITROGEN DOPING ON PALM KERNET SHELL BASED FE AND FE-NI CATALYZED GRAPHITIC CARBON AS AN ANODE MATERIAL FOR LITHIUM ION BATTERIES

Fitroh Al Marsitoh¹⁾, Isnanda Nuriskasari¹⁾, Arifia Ekayuliana¹⁾

¹⁾Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: fitroh.al.marsitoh.tm22@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRACT

The growing demand for sustainable lithium-ion batteries anode materials has driven the development of biomass-derived graphitic carbon as an alternative to commercial graphite. This study investigates the influence of nitrogen doping on palm kernel shell-derived graphitic carbon synthesized using Fe and Fe-Ni catalytic graphitization systems. Graphitic carbon materials were prepared through an impregnation-activation process employing K_2FeO_4 -KOH and K_2FeO_4 -Ni(NO₃)₂-KOH catalyst systems with 0 and 0.5 g urea as the nitrogen precursor, followed by pyrolysis at 800°C. Structural and electrochemical properties were characterized using XRD, Raman spectroscopy, BET, EIS, CV, and CD analyses. Nitrogen doping improved the graphitic structure of Fe-catalyzed carbon, increasing the IG/ID ratio from 1.17 to 2.41, and the specific capacity from 255.46 to 302.07 mAh/g at 0.1C, while reducing the charge-transfer resistance from 30.08 to 25.30 Ω. In contrast, the Fe-Ni catalyst produced highly graphitized carbon without nitrogen doping, exhibiting an IG/ID ratio of 6.65, a low charge-transfer resistance of 15.7 Ω, and the highest specific capacity of 418.88 mAh/g. These findings demonstrate that Fe-Ni bimetallic catalysts effectively promote graphitization, whereas nitrogen doping is more beneficial for Fe-catalyzed carbon in enhancing the capacity of lithium-ion batteries anodes.

Keywords: *Graphitic Carbon Biomass; Palm Kernel Shell; Nitrogen Doping; Catalytic Graphitization; Lithium Ion Batteries Anode.*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menempuh pendidikan hingga menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Analisis Pengaruh Doping Nitrogen pada Karbon Grafitik Berkatalis Fe dan Fe-Ni Berbasis Cangkang Kelapa Sawit sebagai Material Anoda Baterai Ion Litium”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi sarjana terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Syamsurizal, S.E., M.M. selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Ibu Dr. Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan arahan, masukan, dukungan, dan bimbingan yang menjadi pembelajaran berharga bagi penulis selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Arifia Ekayuliana, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 dan Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia Syahrial, M.Sc. selaku Kepala Laboratorium Material Energi Penelitian Baterai Ion Litium di Gedung *Manufacturing Research Center (MRC)* Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia yang telah memberikan kesempatan, pengalaman, dan memfasilitasi penelitian ini.
6. Seluruh anggota Laboratorium Material Energi Penelitian Baterai Ion Litium *MRC* Universitas Indonesia, khususnya Mba Fiona Angellinnov, Mas Adit, dan



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ibu Vita yang telah memberikan bantuan, arahan, dan ilmu yang bermanfaat selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

7. Bapak dan Ibu Dosen, serta seluruh staf Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan ilmu yang berharga selama masa perkuliahan.
8. Seluruh staf dan pihak yang terlibat dalam mengurus beasiswa KIP-K yang telah memberikan bantuan dan kesempatan yang sangat berharga kepada penulis untuk bisa menempuh pendidikan Sarjana Terapan di Politeknik Negeri Jakarta ini.
9. Kedua orang tua tercinta, Bapak Slamet Pramono dan Ibu Maryanih serta seluruh keluarga penulis yang selalu mengiringi langkah penulis dengan doa, kasih sayang, motivasi, dan semangat dalam menempuh pendidikan hingga proses penyelesaian skripsi ini.
10. Arum Kusumawati selaku rekan yang selalu kebersamai dan saling bertukar pikiran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman Energi B angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan, selalu kebersamai, serta memberikan warna baru di hidup penulis, khususnya Alfina Anjarwati, Tyas Rahmawati, Salsya Mika Lova, dan Carelita Maulidi Agnia.
12. Seluruh anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Lembaga Dakwah Kampus Forum Ilmiah & Kreativitas Islam (UKM LDK FIKRI) kabinet Rajut Ukhuwah, Pembaharu, dan Harakah yang telah memberikan pengalaman berharga dan kehangatan lingkungan yang sangat berkesan bagi penulis selama masa perkuliahan.
13. Semua pihak yang penulis temui selama masa perkuliahan yang telah memberikan doa, dukungan, pengalaman, dan ilmu berharga yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
14. Fitroh Al Marsitoh, diri saya sendiri. Terima kasih telah bertahan ketika proses ini terasa berat, tetap melangkah meskipun banyak rintangan, dan tetap percaya bahwa setiap usaha akan menemukan hasilnya. Skripsi ini menjadi salah satu bukti bahwa diri ini mampu melewati setiap tahap yang sebelumnya terasa



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

berat. Semoga langkah ini menjadi awal yang baik dari perjalanan yang lebih besar di masa depan.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak khususnya pada bidang teknologi rekayasa konversi energi serta dapat menjadi referensi bagi penelitian yang akan datang.

Depok, 13 Juli 2026

Fitroh Al Marsitoh
NIM. 2202431053





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	18
1.1 Latar Belakang	18
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	22
1.3 Pertanyaan Penelitian	22
1.4 Tujuan Penelitian.....	22
1.5 Manfaat Penelitian	23
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	23
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	26
2.1 Landasan Teori	26
2.1.1 Baterai Ion Litium.....	26
2.1.2 Material Anoda Karbon Grafit	27
2.1.3 Biomassa Cangkang Kelapa Sawit	28
2.1.4 Grafitisasi Katalik	29
2.1.5 Doping Nitrogen	30
2.1.6 XRD (X-Ray Diffraction).....	31
2.1.7 Raman Spectroscopy	32
2.1.8 BET (Brunauer Emmett Teller)	33
2.1.9 EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)	34
2.1.10 CD (Charge-Discharge).....	35
2.1.11 CV (Cyclic Voltammetry).....	35
2.2 Kajian Literatur	36
2.3 Kerangka Pemikiran	42
2.4 Hipotesis	43
BAB III METODE PENELITIAN	44



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1	Jenis Penelitian	44
3.2	Objek Penelitian	44
3.2.1	Bahan Penelitian.....	45
3.2.2	Alat Penelitian.....	46
3.3	Metode Pengambilan Sampel	46
3.4	Jenis dan Sumber Data Penelitian	50
3.5	Metode Pengumpulan Data Penelitian	50
3.6	Metode Analisa Data	50
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		52
4.1	Pengaruh Doping Nitrogen terhadap Karakteristik Struktur dan Sifat Fisikokimia Karbon Grafitik Berbasis Cangkang Kelapa Sawit	52
4.1.1	Analisis <i>XRD (X-Ray Diffraction)</i>	52
4.1.2	Analisis <i>Raman Spectroscopy</i>	56
4.1.3	Analisis <i>BET (Brunauer Emmett Teller)</i>	61
4.2	Pengaruh Doping Nitrogen terhadap Kinerja Elektrokimia Karbon Grafitik Berbasis Cangkang Kelapa Sawit	66
4.2.1	Analisis <i>EIS (Electrochemical Impedance Spectroscopy)</i>	66
4.2.2	Analisis <i>CD (Charge-Discharge)</i>	70
4.2.3	Analisis <i>CV (Cyclic Voltammetry)</i>	74
BAB V PENUTUP		77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....		79
DAFTAR LAMPIRAN		88



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Cangkang Kelapa Sawit [14].....	20
Tabel 2. 1 Kajian Literatur Penelitian Terdahulu	36
Tabel 3. 1 Bahan Penelitian.....	45
Tabel 3. 2 Alat Penelitian	46
Tabel 3. 3 Nama Sampel	48
Tabel 4. 1 Parameter Struktural <i>XRD</i> Karbon Grafitik dari CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH, Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen, dan Karbon Tanpa Katalis Katalis	54
Tabel 4. 2 Parameter <i>Raman Spectroscopy</i> Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen	57
Tabel 4. 3 Rct Setiap Sampel	69

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Target Buaran Energi [1]	18
Gambar 1. 2 Ketersediaan Kelapa Sawit di Indonesia [12]	19
Gambar 2. 1 Baterai Ion Litium [27]	26
Gambar 2. 2 Skema Cara Kerja Baterai Ion Litium [29]	27
Gambar 2. 3 Material Anoda Karbon [31]	27
Gambar 2. 4 Grafit [32].....	28
Gambar 2. 5 Cangkang Kelapa Sawit [34]	29
Gambar 2. 6 Skema Jalur Grafitisasi Biomassa [38]	30
Gambar 2. 7 <i>Nitrogen Doped Biochar</i> [44].....	31
Gambar 2. 8 Pengujian <i>XRD</i> [45]	32
Gambar 2. 9 Pengujian <i>Raman Spectroscopy</i> [49].....	33
Gambar 2. 10 Pengujian <i>BET</i> [51]	33
Gambar 2. 11 Pengujian <i>EIS</i>	34
Gambar 2. 12 Pengujian <i>Charge-Discharge</i>	35
Gambar 2. 13 Pengujian <i>CV</i>	36
Gambar 2. 14 Kerangka Berpikir Penelitian	42
Gambar 3. 1 Proses Pengambilan Cangkang Kelapa Sawit.....	44
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian Grafitisasi Biomassa Cangkang Kelapa Sawit	47
Gambar 3. 3 Skematik Diagram Proses Sintesis Grafitik Karbon CKS terdoping N sebagai Anoda Baterai Ion Litium.....	49
Gambar 4. 1 Pola <i>XRD</i> Karbon Grafis dari CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH, Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen, dan Karbon Tanpa Katalis (CKS 400).....	53
Gambar 4. 2 Spektrum <i>Raman Spectroscopy</i> Karbon Grafis CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen	57
Gambar 4. 3 Lebar Setengah Maksimum (<i>FWHM</i>) Band G pada Karbon Grafis CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen	59
Gambar 4. 4 Adsorpsi/Desorpsi Isothermal Nitrogen pada Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen.....	61
Gambar 4. 5 Grafik <i>Pore Distribution</i> Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen	62
Gambar 4. 6 Grafik Hasil <i>BET</i> Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen.....	63
Gambar 4. 7 Grafik S_{BET} Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen	64
Gambar 4. 8 Kurva <i>Nyquist EIS</i> Sampel Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen	67
Gambar 4. 9 Kurva <i>Nyquist EIS</i> Gabungan Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen	68
Gambar 4. 10 Kinerja Siklus pada Densitas Arus 0.1C	70



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 11 Spektrum Spesifik Kapasitas Masing-Masing Sampel Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis $K_2FeO_4-Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen	73
Gambar 4. 12 Grafik Voltammetri (<i>CV</i>) Masing-Masing Sampel Karbon Grafit CKS Katalis K_2FeO_4 -KOH dan Katalis $K_2FeO_4-Ni(NO_3)_2$ -KOH dengan Variasi Doping Nitrogen.....	75





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Karbonisasi Cangkang Kelapa Sawit dengan Suhu 400°C ...	88
Lampiran 2 Proses <i>Ball Milling</i> untuk Menghaluskan Cangkang Kelapa Sawit.	88
Lampiran 3 Proses <i>Pre-Treatment</i> HCl Karbon CKS menggunakan HCl 2M selama 6 jam pada suhu 60°C dan putaran 500 rpm	88
Lampiran 4 Proses Filtrasi setelah <i>Pre-Treatment</i> HCl dibiarkan overnight hingga pH netral menggunakan aquades kemudian dioven dan dihaluskan.....	89
Lampiran 5 Proses Impregnasi Katalis Karbon CKS dengan Suhu 80°C dan putaran 500 rpm hingga kering selama ±2-3 hari	89
Lampiran 6 Proses Pirolisis dan Hasil Sampel Karbon Grafitisasi Katalik CKS	90
Lampiran 7 Hasil Lembaran <i>Slurry</i>	90
Lampiran 8 Proses Fabrikasi Pembuatan Baterai Ion Litium	90
Lampiran 9 Karakterisasi <i>Raman Spetroscopy</i> Sampel C_K ₂ FeO ₄ (0.11)_KOH_N(0 g urea)_800	91
Lampiran 10 Karakterisasi <i>Raman Spetroscopy</i> Sampel C_K ₂ FeO ₄ (0.11)_KOH_N(0.5 g urea)_800	92
Lampiran 11 Karakterisasi <i>Raman Spetroscopy</i> Sampel C_K ₂ FeO ₄ (0.11)_Ni(NO ₃) ₂ (0.3)_KOH_N(0 g urea)_800	93
Lampiran 12 Karakterisasi <i>Raman Spetroscopy</i> Sampel C_K ₂ FeO ₄ (0.11)_Ni(NO ₃) ₂ (0.3)_KOH_N(0.5 g urea)_800	94
Lampiran 13 Karakterisasi <i>Multi Point BET</i> Sampel C_K ₂ FeO ₄ (0.11)_KOH_N(0 g urea)_800.....	95
Lampiran 14 Karakterisasi <i>Multi Point BET</i> Sampel C_K ₂ FeO ₄ (0.11)_KOH_N(0.5 g urea)_800	96
Lampiran 15 Karakterisasi <i>Multi Point BET</i> Sampel C_K ₂ FeO ₄ (0.11)_Ni(NO ₃) ₂ (0.3)_KOH_N(0 g urea)_800	97
Lampiran 16 Karakterisasi <i>Multi Point BET</i> Sampel C_K ₂ FeO ₄ (0.11)_Ni(NO ₃) ₂ (0.3)_KOH_N(0.5 g urea)_800	98
Lampiran 17 Hasil Turnitin Cek Plagiasi.....	99

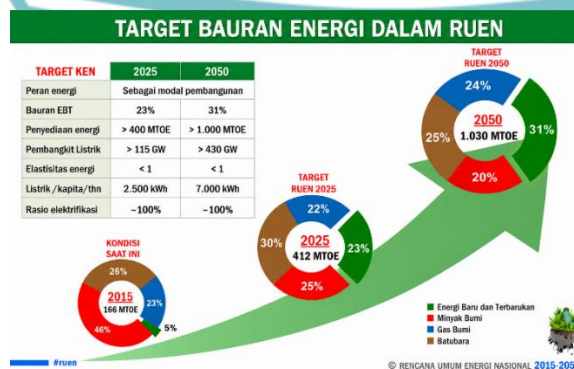
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penurunan energi fosil yang ada di Indonesia menyebabkan pemerintah menetapkan target buaran Energi Baru dan Terbarukan [1]. Transisi menuju Energi Baru dan Terbarukan merupakan strategi utama dalam menghadapi krisis energi global [2]. Pemanfaatan sumber energi terbarukan memerlukan sistem penyimpanan energi yang andal untuk menjaga kontinuitas pasokan energi [3]. Baterai ion litium (*LiBs*) saat ini masih menjadi teknologi penyimpanan energi yang paling banyak digunakan karena memiliki efisiensi tinggi (90–95%), densitas energi besar, dan siklus hidup yang cukup panjang [3]. Baterai ion litium harus dibuat menggunakan bahan baku yang melimpah sehingga dapat dipasok secara andal dan memiliki sumber daya masa depan yang aman [4]. Salah satu komponen utama baterai ion litium adalah material anoda, yang hingga kini masih didominasi grafit komersial. Grafit komersial memiliki keterbatasan, seperti biaya produksi yang relatif tinggi, ketergantungan pada sumber daya tidak terbarukan, serta proses sintesis yang membutuhkan suhu tinggi dan energi besar [5]. Kondisi ini mendorong pengembangan material alternatif yang biayanya lebih rendah dan ramah lingkungan. Indonesia saat ini sedang mengembangkan industri baterai nasional, namun rantai pemasok grafit saat ini di dominasi oleh China, sehingga menimbulkan tantangan ketahanan pasokan material yang strategis [6].



Gambar 1. 1 Target Buaran Energi [1]



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Salah satu alternatif yang banyak dikembangkan adalah pemanfaatan karbon grafit dari biomassa sebagai bahan baku untuk anoda baterai ion litium [7]. Grafit adalah bahan yang digunakan sebagai anoda pada baterai ion litium karena keunggulannya dalam menampung ion litium pada tegangan rendah, konduktivitas listrik yang baik, serta kestabilan termal dan kimia [4][8][9]. Namun, grafit komersial umumnya berasal dari material karbon tidak terbarukan yang melibatkan teknologi kompleks, konsumsi energi tinggi, dan kurang ramah lingkungan [10]. Oleh sebab itu, diperlukan sumber grafit yang terbarukan dan proses grafitisasi yang lebih cepat dan sederhana pada suhu rendah untuk menghasilkan grafit [11]. Berbagai penelitian terkini sedang mengembangkan sintesis grafit berbahan dasar biomassa dengan menggunakan katalis logam transisi untuk menurunkan suhu grafitisasi [4].



Gambar 1. 2 Ketersediaan Kelapa Sawit di Indonesia [12]

Indonesia memiliki potensi sumber daya alam biomassa yang melimpah sebagai prekursor karbon untuk grafit, salah satunya berasal dari limbah industri minyak kelapa sawit dengan persentase cangkang kelapa sawit (CKS) 6,5% setiap 1 ton kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit 23%, lumpur sawit 4%, dan serabut sawit 13% [13]. Limbah kelapa sawit mengandung komponen dominan seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon [8]. Penelitian sebelumnya oleh Isnanda Nuriskasari dkk. pada tahun 2024 telah berhasil mengubah karbon *amorfus* dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

grafitik karbon dengan metode katalitik satu langkah menggunakan K_2FeO_4 dan KOH (optimum pada 0,11 g K_2FeO_4 untuk setiap 1 g karbon) pada suhu $800^\circ C$ menghasilkan karakteristik grafitik unggul, dengan rasio IG/ID sebesar 2,42, luas permukaan $787,76 \text{ m}^2/\text{g}$, dan kinerja optimal sebagai anoda baterai ion litium dengan kapasitas pengisian $330,3 \text{ mAh/g}$ pada $0,1 \text{ C}$, serta stabilitas siklus hingga 100 kali dengan retensi 68,2% [8]. Penggantian jenis biomassa dari TKKS menjadi CKS berpotensi memengaruhi karakteristik karbon grafitik yang dihasilkan karena kandungan lignin pada CKS 29,4%, lebih tinggi dibandingkan TKKS yang hanya sekitar 25,8%, detail komposisi komponen TKKS dan CKS ditunjukkan pada Tabel 1 [14]. Namun, karakteristik dan performa material karbon grafitik tidak hanya dipengaruhi oleh jenis biomassa, tetapi juga oleh sistem katalis yang digunakan selama proses grafitisasi.

Tabel 1. 1 Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Cangkang Kelapa Sawit [14]

Komponen	Nilai (%)	
	Tandan Kosong Kelapa Sawit	Cangkang Kelapa Sawit
Selulosa	33,25	26,6
Hemiselulosa	23,25	27,7
Lignin	25,83	29,4
Kadar Air	8,56	8
Zat ekstraktif	4,19	4,2

Metode grafitisasi katalik merupakan teknik konversi karbon *amorfus* menjadi struktur grafitik menggunakan katalis untuk menurunkan suhu grafitisasi karbon [15]. Pendekatan katalisis yang dapat dilakukan adalah dengan kombinasi K_2FeO_4 , $Ni(NO_3)_2$, dan KOH. K_2FeO_4 dan $Ni(NO_3)_2$ berperan sebagai katalis logam transisi yang mempercepat restrukturisasi atom karbon menuju susunan grafitik [16][17]. KOH berfungsi sebagai aktivator kimia yang meningkatkan luas permukaan dan porositas material [18]. Oleh karena itu, kajian mengenai perbedaan sistem katalis *single metal* K_2FeO_4 -KOH dan bimetal K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH menjadi penting untuk memahami pengaruh mekanisme grafitisasi terhadap karakteristik karbon grafitik berbasis biomassa kelapa sawit [19].



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Selain melalui pengaturan sistem katalis, strategi lain yang banyak dikembangkan untuk memodifikasi sifat karbon grafitik sebagai anoda baterai ion litium adalah doping heteroatom seperti nitrogen [20]. Material karbon terdoping nitrogen diketahui dapat memengaruhi struktur elektronik, konduktivitas, dan situs aktif pada material karbon karena perbedaan elektronegativitas dan ukuran atom nitrogen dibandingkan karbon [21][22]. Salah satu sumber nitrogen yang dapat digunakan adalah urea karena kandungan nitrogennya yang tinggi [23]. Dengan demikian, doping nitrogen berpotensi memengaruhi karakteristik struktur dan kinerja elektrokimia material karbon grafitik sebagai anoda baterai ion litium [24].

Berdasarkan uraian tersebut, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh doping nitrogen terhadap struktur dan kinerja elektrokimia karbon grafitik berbasis cangkang kelapa sawit. Penelitian ini masih sangat terbatas, khususnya dalam membandingkan pengaruhnya pada sistem katalis *single metal* K_2FeO_4 -KOH dan sistem katalis bimetal K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH. Padahal, struktur dasar karbon yang dihasilkan dari masing-masing sistem katalis berpotensi berbeda akibat mekanisme grafitisasi yang berbeda, sehingga dapat memengaruhi efektivitas doping nitrogen. Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dilakukan sintesis grafit dari cangkang kelapa sawit terdoping nitrogen dengan menerapkan metode impregnasi-aktivasi satu tahap menggunakan katalis K_2FeO_4 -KOH dan K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH pada kondisi optimum yang telah ditetapkan pada penelitian sebelumnya sebagai pendekatan pemecahan masalah dan keterbaharuan penelitian. Material grafitik karbon yang dihasilkan tersebut akan diuji kinerja elektrokimia sebagai anoda baterai ion litium. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan karbon grafit terdoping nitrogen berbasis biomassa untuk anoda baterai ion litium berpeforma tinggi serta sebagai alternatif grafit komersial yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah yang ada pada penelitian ini yaitu:

1. Pengaruh doping nitrogen terhadap karakteristik struktur dan sifat fisikokimia karbon grafitik berbasis cangkang kelapa sawit yang disintesis melalui proses grafitisasi menggunakan sistem katalis *single metal* K_2FeO_4 -KOH dan bimetal K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH pada suhu $800^\circ C$.
2. Pengaruh doping nitrogen terhadap kinerja elektrokimia karbon grafitik berbasis cangkang kelapa sawit hasil grafitisasi menggunakan sistem katalis *single metal* K_2FeO_4 -KOH dan bimetal K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH pada suhu $800^\circ C$ sebagai anoda baterai ion litium.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan penelitian yaitu :

1. Bagaimana pengaruh doping nitrogen terhadap karakteristik struktur dan sifat fisikokimia karbon grafitik berbasis cangkang kelapa sawit hasil grafitisasi menggunakan katalis *single metal* K_2FeO_4 -KOH dan bimetal K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH pada suhu $800^\circ C$?
2. Bagaimana pengaruh doping nitrogen terhadap kinerja elektrokimia karbon grafitik berbasis cangkang kelapa sawit hasil grafitisasi menggunakan katalis *single metal* K_2FeO_4 -KOH dan bimetal K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH pada suhu $800^\circ C$ sebagai anoda baterai ion litium?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Menganalisis pengaruh doping nitrogen terhadap karakteristik struktur dan sifat fisikokimia karbon grafitik berbasis cangkang kelapa sawit hasil grafitisasi menggunakan katalis *single metal* K_2FeO_4 -KOH dan bimetal K_2FeO_4 - $Ni(NO_3)_2$ -KOH pada suhu $800^\circ C$.
2. Menganalisis pengaruh doping nitrogen terhadap kinerja elektrokimia karbon grafitik berbasis cangkang kelapa sawit hasil grafitisasi menggunakan katalis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

single metal K_2FeO_4 –KOH dan bimetal K_2FeO_4 – $Ni(NO_3)_2$ –KOH pada suhu 800°C sebagai anoda baterai ion litium.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material anoda baterai ion litium berbasis biomassa, khususnya terkait pengaruh grafitisasi katalitik dan doping nitrogen terhadap karakteristik struktur serta kinerja elektrokimia karbon. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang material energi terbarukan dan penyimpanan energi berbasis karbon dari limbah biomassa.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan alternatif material anoda baterai ion litium yang lebih ramah lingkungan dan berbiaya rendah dengan memanfaatkan limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan baku. Selain itu, penelitian ini mendukung upaya pemanfaatan limbah biomassa kelapa sawit sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan nilai tambah limbah industri perkebunan melalui pengembangan produk bernilai tinggi di bidang penyimpanan energi.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Berikut ini adalah sistematika penulisan skripsi, yaitu :

a. Bagian Awal

1. Halaman Sampul
2. Halaman Judul
3. Halaman Persembahan
4. Halaman Persetujuan
5. Halaman Pengesahan
6. Halaman Pernyataan Orisinilitas



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Abstrak dalam Bahasa Indonesia
8. Abstrak dalam Bahasa Inggris
9. Kata Pengantar
10. Daftar Isi
11. Daftar Tabel
12. Daftar Gambar
13. Daftar Lampiran
14. Daftar Istilah
15. Daftar Notasi

b. Bagian Isi

1. **BAB I PENDAHULUAN**

- 1.1 Latar Belakang Penelitian
- 1.2 Rumusan Masalah Penelitian
- 1.3 Pertanyaan Penelitian
- 1.4 Tujuan Penelitian
- 1.5 Manfaat Penelitian
- 1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

- 2.1 Landasan Teori
- 2.2 Kajian Literatur
- 2.3 Kerangka Pemikiran dan Pengembangan Hipotesis (jika ada hipotesis)

3. **BAB III METODE PENELITIAN**

- 3.1 Jenis Penelitian
- 3.2 Objek Penelitian
- 3.3 Metode Pengambilan Sampel
- 3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian
- 3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian
- 3.6 Metode Analisis Data



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.2 Pembahasan

5. BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

5.2 Saran

c. Bagian akhir

DAFTAR PUSTAKA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Doping nitrogen memengaruhi karakteristik struktur dan sifat fisikokimia karbon grafitik berbasis cangkang kelapa sawit. Pada katalis K_2FeO_4-KOH , doping nitrogen meningkatkan kualitas struktur karbon dengan meningkatkan nilai DG dari 49,66% menjadi 84,37% dan IG/ID dari 1,17 menjadi 2,41, serta meningkatkan luas permukaan spesifik melalui pembentukan situs aktif. Sementara itu, pada katalis $K_2FeO_4-Ni(NO_3)_2-KOH$, karbon tanpa doping nitrogen telah mencapai kondisi grafitisasi optimal dengan nilai DG 85,82% dan IG/ID 6,65. Penambahan nitrogen pada sistem Fe-Ni tidak memberikan peningkatan lebih lanjut dan cenderung menurunkan kualitas struktur akibat *defect* berlebih, sehingga doping nitrogen lebih efektif diterapkan pada sistem katalis Fe.
2. Doping nitrogen memengaruhi kinerja elektrokimia karbon grafitik sebagai anoda baterai ion litium. Pada katalis K_2FeO_4-KOH , doping nitrogen meningkatkan performa elektrokimia melalui penurunan resistansi transfer muatan dan peningkatan kapasitas spesifik akibat adanya peningkatan keteraturan struktur serta penambahan situs aktif untuk penyimpanan ion litium. Namun, pada katalis $K_2FeO_4-Ni(NO_3)_2-KOH$, sampel tanpa doping nitrogen menunjukkan performa terbaik dengan resistansi transfer muatan terendah sebesar $15,70 \Omega$ dan kapasitas spesifik tertinggi sebesar 418,88 mAh/g pada 0,1C. Hal ini menunjukkan bahwa pada sistem Fe-Ni, efek katalis bimetal dalam meningkatkan grafitisasi lebih dominan dibandingkan efek doping nitrogen.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan penggunaan sistem bimetal Fe-Ni tanpa penambahan urea dalam sintesis karbon aktif berbasis biomassa cangkang kelapa sawit untuk aplikasi anoda baterai ion litium. Kondisi



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ini menghasilkan performa elektrokimia yang paling baik dibandingkan variasi lain yang diteliti, yang ditunjukkan oleh karakteristik struktur karbon yang lebih optimal, hambatan transfer muatan yang lebih rendah, serta kemampuan penyimpanan muatan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, sintesis karbon aktif dengan sistem bimetal Fe–Ni tanpa urea dapat dijadikan sebagai kondisi optimum dalam pengembangan material anoda baterai ion litium pada penelitian ini. Sedangkan, untuk pengembangan selanjutnya bisa menggunakan variasi suhu 900°C atau 1000°C karena masih dibawah suhu komersial atau penggantian sumber nitrogen dari urea menjadi melamin karena kandungan nitrogennya yang lebih tinggi.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. A. Wahyudi, “ESDM Pastikan Capaian Target Bauran Energi Terbarukan 23% pada 2025 Meleset,” *ekonomi.espos.id*. [Online]. Available: <https://ekonomi.espos.id/esdm-pastikan-capaian-target-bauran-energi-terbarukan-23-pada-2025-meleset-1796664>
- [2] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, “Indonesia Energy Outlook 2019,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [3] R. D. Kurniawan, M. P. Hsb, and R. A. Sitompul, “Studi Literatur Sistem Penyimpanan Energi Berbasis Baterai: Jenis, Kinerja dan Aplikasinya di Sistem Energi Terbarukan,” *Perwira J. Sci. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 165–169, 2025, [Online]. Available: <https://ejournal.unperba.ac.id/index.php/pjse/article/view/547%0Ahttps://ejournal.unperba.ac.id/index.php/pjse/article/download/547/349>
- [4] Y. Nakayasu, Y. Goto, Y. Katsuyama, T. Itoh, and M. Watanabe, “Highly crystalline graphite-like carbon from wood via low-temperature catalytic graphitization,” *Carbon Trends*, vol. 8, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.cartre.2022.100190.
- [5] G. B. Choi, J. R. Ahn, J. Kim, T. H. Seo, and S. W. Lee, “Unraveling the Catalytic Graphitization Mechanism of Ni-P Electroless Plated Cokes via In Situ Analytical Approaches,” *ACS Omega*, vol. 9, no. 6, pp. 6741–6748, Feb. 2024, doi: 10.1021/acsomega.3c07692.
- [6] T. Greitemeier, A. Kampker, J. Tübke, and S. Lux, “China’s hold on the lithium-ion battery supply chain: Prospects for competitive growth and sovereign control,” *J. Power Sources Adv.*, vol. 32, no. January, p. 100173, 2025, doi: 10.1016/j.powera.2025.100173.
- [7] D. Puspitasari, “Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Karakteristik Keratin Sebagai Anoda Baterai Ion Lithium,” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2019. [Online]. Available: <http://etheses.uin->



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

malang.ac.id/15727/1/14640031.pdf

- [8] I. Nuriskasari *et al.*, “Synthesis of graphitic carbon from empty palm oil fruit bunches through single-step graphitization process using K_2FeO_4 -KOH catalyst as lithium ion battery anode,” *Results Eng.*, vol. 24, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2024.103273.
- [9] J. Lu *et al.*, “Atomic-Scale Mechanisms in Microwave-Enhanced Iron-Catalyzed Graphitization of Amorphous/Microcrystalline Carbon,” *Small*, 2025, doi: 10.1002/sml.202510099.
- [10] F. Destyorini *et al.*, “Formation of nanostructured graphitic carbon from coconut waste via low-temperature catalytic graphitisation,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 24, no. 2, pp. 514–523, 2021, doi: 10.1016/j.jestch.2020.06.011.
- [11] J. Li, Z. Zhang, Z. Wang, Q. Cao, F. Guo, and Q. Cao, “Low temperature graphitization and electrochemical properties of porous carbon catalyzed with bimetal Ni-Mo,” *ELSEVIER*, vol. 123, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2022.108862>
- [12] “10 Provinsi dengan Lahan Sawit Terluas di Indonesia,” @nusantara_maps. [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=ketersediaan+kelapa+sawit+di+indonesia+%40nusantara+maps&sca_esv=8661daf777ee415a&udm=2&sxsrf=APpeQnv2D2H7lbo-pqKpi_8iOtZ2rIerA%3A1783170252871&ei=zARJatzbNJmsseMP69rWoA0&biw=1366&bih=607&ved=0ahUKEwj8fvrirmVAXUZVmwGHWutFdQQ4dUDCBE&uact=5&oq=ketersediaan+kelapa+sawit+di+indonesia+%40nusantara+maps&gs_lp=Egtn3Mtd2l6LWltZyI2a2V0ZXJzZWRpYWYFuIGtIbGFwYSBzYXdpdCBkaSBpbmRvbmVzaWEgQG51c2FudGFyYSBtYXBzSJgeUM0GWKoccAF4AJABAJgBbqAB_gmqAQQxMy4zuAEDyAEA-AEBmAIAoAIAmAMAIAYBkgcAoAfAAbIHALgHAMIHAMgHAIAIA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Q&sclient=gws-wiz-

img#sv=CAMSURoyKhBILXBucmdoWm5zY0F5dUhNMg5wbnJnaFpuc
2NBeXVITToOMmVqUUInc1AwRExUOU0gBCoXCgFzEhBILXBucmdo
Wm5zY0F5dUhNGAEwARgHIIev04EOSggQARgBIAEoAQ

- [13] V. Adriana, "Prosiding 6 th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2022 Bidang Ilmu Teknik Kimia."
- [14] L. Ni'Mah, M. F. Setiawan, and S. P. Prabowo, "Utilization of Waste Palm Kernel Shells and Empty Palm Oil Bunches as Raw Material Production of Liquid Smoke," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 366, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/366/1/012032.
- [15] I. Nuriskasari, A. H. Hutasuhut, B. Yuwono, and N. Hidayati, "Desain Cetakan Elektroda Grafit Menggunakan Biomassa sebagai Prekursor Karbon," vol. 2, no. 1, pp. 323–329.
- [16] A. Guo, X. Zhang, B. Shao, S. Sang, and X. Yang, "Catalytic graphitization assisted synthesis of Fe₃C / Fe / graphitic carbon with advanced," pp. 7935–7940, 2022, doi: 10.1039/d1ra08834c.
- [17] O. Access, "Catalytic Graphitization by Nickel Nitrate and Characterization on Palm Oil Solid Waste Graphite Catalytic Graphitization by Nickel Nitrate and Characterization on Palm Oil Solid Waste Graphite", doi: 10.1088/1755-1315/1354/1/012031.
- [18] H. E. N. O. V. I. K. Urnianti, A. D. I. M. U. S. Upriatna, and D. A. N. V. I. N. A. A. Malia, "Pemanfaatan Limbah Biomassa Kulit Bawang Putih (Allium sativum L) sebagai Adsorben Karbon Aktif menggunakan Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Krom Total (Cr)," 2024.
- [19] S. Xia *et al.*, "Fe–Co based synergistic catalytic graphitization of biomass: Influence of the catalyst type and the pyrolytic temperature," *ScienceDirect*, vol. 239, 2022, [Online]. Available:



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122262>

- [20] R. Zainul, *Elektrokimia dalam Pembuatan dan Karakterisasi Bahan Berbasis Karbon*, 1st ed. Depok: PT RajaGrafindo Persada, 2023. [Online]. Available:
https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=AuINEQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=heteroatom+meningkatkan+elektrokimia+anoda+baterai&ots=liJFpk8OBE&sig=I5xh0cmrKz94I2hiPV33b9MrJO8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [21] S. W. Park, J. C. Kim, M. A. Dar, H. W. Shim, and D. W. Kim, "Superior lithium storage in nitrogen-doped carbon nanofibers with open-channels," *Chem. Eng. J.*, vol. 315, pp. 1–9, 2017, doi: 10.1016/j.cej.2017.01.005.
- [22] R. N. Zakaria, "Pengaruh Doping Nitrogen pada Arang Aktif Eceng Gondok terhadap Kinerja Baterai Lithium Sulfur," Website Kandaga Unpad. [Online]. Available:
<https://kandaga.unpad.ac.id/koleksi/repository/item/140310190004>
- [23] M. Karbon *et al.*, "Chimica et Natura Acta," vol. 11, no. 2, pp. 52–58, 2023.
- [24] H. Wan and X. Hu, "Nitrogen doped biomass-derived porous carbon as anode materials of lithium ion batteries," *Solid State Ionics*, vol. 341, no. May, p. 115030, 2019, doi: 10.1016/j.ssi.2019.115030.
- [25] P. Rasio, L. Tio, P. Elektrolit, and E. Baterai, "Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi," vol. 22, no. 4, pp. 136–142, 2019.
- [26] P. Studi, T. Elektro, F. T. Industri, U. Islam, and S. Agung, "Pengujian Kapasitas Baterai Lithium-ion 18650 Menggunakan Metode Charge dan Discharge 18650 Lithium-ion Battery Capacity Testing Using the Charge and Discharge Method," 2024.
- [27] "Baterai isi ulang Baterai Lithium-Ion 26650-5000mAh Baterai Lithium Ion 3.7V Ternate," id.made-in-china.com.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [28] Tio Putra Wendari, “Peranan Elektroda dalam Meningkatkan Kinerja Baterai Litium,” kumparan.com.
- [29] P. U. Nzereogu, A. D. Omah, F. I. Ezema, E. I. Iwuoha, and A. C. Nwanya, “Applied Surface Science Advances Anode materials for lithium-ion batteries : A review,” *Appl. Surf. Sci. Adv.*, vol. 9, no. March, p. 100233, 2022, doi: 10.1016/j.apsadv.2022.100233.
- [30] N. S. Seroka, H. Luo, and L. Khotseng, “Biochar-Derived Anode Materials for Lithium-Ion Batteries: A Review,” May 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/batteries10050144.
- [31] “What are the anode materials for lithium-ion batteries?,” lithium.alpapowder.com. [Online]. Available: <https://lithium.alpapowder.com/what-are-the-anode-materials-for-lithium-ion-batteries/>
- [32] “Grafit Alami - Karakteristik, Produksi, dan Aplikasi,” jinsuncarbon. [Online]. Available: <https://jinsuncarbon.com/id/grafit-alami/>
- [33] X. Jiat, L. Yee, S. Gan, S. Thangalazhy-gopakumar, and H. Kiat, “Bioresource Technology Biochar potential evaluation of palm oil wastes through slow pyrolysis : Thermochemical characterization and pyrolytic kinetic studies,” *Bioresour. Technol.*, vol. 236, pp. 155–163, 2017, doi: 10.1016/j.biortech.2017.03.105.
- [34] “Cangkang Kelapa Sawit,” Perusahaan Perdagangan Indonesia (Persero). [Online]. Available: <https://www.ptppi.co.id/product/detail/82>
- [35] N. S. Rosli, S. Harun, J. M. Jahim, and R. Othaman, “Pencirian kimia dan fizikal bagi tandan kosong buah kelapa sawit,” *Malaysian J. Anal. Sci.*, vol. 21, no. 1, pp. 188–196, Feb. 2017, doi: 10.17576/mjas-2017-2101-22.
- [36] D. A. N. Konduktivitas, L. Karbon, D. Serabut, F. Mahmudah, D. H. Kusumawati, and F. Destyorini, “Pengaruh penambahan katalis nikel terhadap homogenitas fasa dan konduktivitas listrik karbon dari serabut



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

kelapa 1),” vol. 09, pp. 119–124, 2020.

- [37] G. Gökçeli, S. Bozoğlu, and N. Karatepe, “Cobalt-molybdenum bimetallic catalyst effect on biomass-derived graphitic carbon,” *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 174, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.jaap.2023.106152.
- [38] V. Pusarapu, R. N. Sarma, P. Ochonma, and G. Gadikota, “Sustainable co-production of porous graphitic carbon and synthesis gas from biomass resources,” pp. 1–10, 2024, doi: 10.1038/s44296-024-00020-0.
- [39] J. T. Kimia, F. T. Industri, and U. K. Parahyangan, “P ERAN N-D OPING T ERHADAP K ARAKTERISTIK P ORI K ARBON A KTIF YANG D IHASILKAN DARI L IMBAH D ESTILASI A KAR W ANGI,” pp. 59–68, 2021.
- [40] P. Molaiyan, G. S. Dos Reis, D. Karuppiah, C. M. Subramaniam, F. García-Alvarado, and U. Lassi, “Recent Progress in Biomass-Derived Carbon Materials for Li-Ion and Na-Ion Batteries—A Review,” Feb. 01, 2023, *MDPI*. doi: 10.3390/batteries9020116.
- [41] D. A. Safitri, D. Susanti, and H. Nurdiansyah, “Analisis Pengaruh Doping Nitrogen Terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Berbahan Graphene,” vol. 6, no. 1, pp. 90–95, 2017.
- [42] S. Wahyuningsih, A. H. Ramelan, M. Fuad, and Q. Awliya, “Sintesis Grafena Oksida Tereduksi Terdoping Nitrogen Dan Sulfur Dari Amonium Tiosianat Sebagai Elektroda Lawan Pada Sistem Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Selain sebagai reduktor , amonium thiosianat yang mengandung N dan S yang aktif karbon berbasis grafena (Su et al ., 2013). Substitusi doping heteroatom ini (N dan S) banyak situs aktif secara katalitik . Penelitian Yu et al . (2016) menunjukkan bahwa GO,” vol. 16, no. 1, pp. 126–139, 2020, doi: 10.20961/alchemy.16.1.34587.126-139.
- [43] S. Swify, R. Mažeika, J. Baltrusaitis, and D. Drapanauskait, “Review : Modified Urea Fertilizers and Their Effects on Improving Nitrogen Use



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Efficiency (NUE),” 2024.

- [44] Y. Sun, J. Jia, L. Huo, and L. Zhao, “Heteroatom-doped biochar for CO₂ adsorption: a review of heteroatoms, doping methods, and functions,” *ResearchGate*, 2023, doi: 10.1007/s13399-022-03640-5.
- [45] “Melihat Lebih Dekat: Teknik Karakterisasi Material,” HMTK UNS. [Online]. Available: <https://www.hmtk.ft.uns.ac.id/2024/11/butena-9-melihat-lebih-dekat-teknik.html>
- [46] Y. Jiang *et al.*, “Supporting Information Reuse of Spent Industrial Graphite in Batteries by Green Recycling and Interphase Functionalization,” pp. 1–15, 2024.
- [47] Y. Zhao and X. Zhang, “In situ activation graphitization to fabricate hierarchical porous graphitic carbon for supercapacitor,” *Sci. Rep.*, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1038/s41598-021-85661-0.
- [48] X. Cheng, H. Li, Z. Zhao, Y. Wang, and X. Wang, “The use of in-situ Raman spectroscopy in investigating carbon materials as anodes of alkali metal-ion batteries,” *New Carbon Mater.*, vol. 36, no. 1, pp. 93–105, 2021, doi: 10.1016/S1872-5805(21)60007-0.
- [49] “Spektrometer Raman,” TORONTECH. [Online]. Available: <https://www.torontech.com/id/raman-spectrometers/>
- [50] T. Evila, P. Sri, M. Nurhilal, and R. Dwityaningsih, “Analisis Porositas , Tekstur , dan Morfologi Karbon Tempurung Nipah Hasil Pirolisis Suhu Tinggi Untuk Anoda Baterai Sekunder,” vol. 14, no. 01, pp. 119–129, 2023, doi: 10.35970/infotekmesin.v14i1.1666.
- [51] “BET (Brunauer Emmett Teller),” UI SOLUTION. [Online]. Available: <https://solution.ui.ac.id/laboratory/17-bet-brunauer-emmett-teller>
- [52] A. Mahendra *et al.*, “SEBUAH REVIEW : SPEKTROSKOPI IMPEDANSI ELEKTROKIMIA DAN APLIKASINYA DALAM BATERAI LITHIUM-



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ION,” vol. 10, 2021.

- [53] H. Zhang, Y. Yang, D. Ren, L. Wang, and X. He, “Graphite as anode materials : Fundamental mechanism , recent progress and advances,” *Energy Storage Mater.*, vol. 36, no. December 2020, pp. 147–170, 2021, doi: 10.1016/j.ensm.2020.12.027.
- [54] Z. Nie, Y. Huang, B. Ma, X. Qiu, N. Zhang, and X. Xie, “Nitrogen-doped Carbon with Modulated Surface Chemistry and Porous Structure by a Stepwise Biomass Activation Process towards Enhanced Electrochemical Lithium-Ion Storage,” *Sci. Rep.*, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1038/s41598-019-50330-w.
- [55] A. Vesel, R. Zaplotnik, G. Primc, and M. Mozetič, “A Review of Strategies for the Synthesis of N-Doped Graphene-Like Materials,” 2020.
- [56] H. L. Andersen, L. Djuandhi, U. Mittal, and N. Sharma, “Strategies for the Analysis of Graphite Electrode Function,” vol. 2102693, pp. 1–21, 2021, doi: 10.1002/aenm.202102693.
- [57] S. Karbon, T. Jagung, and L. Metoda, “ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia,” vol. 21, no. 2, pp. 358–368, 2025, doi: 10.20961/alchemy.21.2.96235.358-368.
- [58] W. Trisunaryanti and Triyono, *KATALIS CERDAS BERMATRIKS MATERIAL MESOPORI TERCETAK GELATIN: Sintesis dan Aplikasinya*. Gadjah Mada University Press, 2022.
- [59] L. Lei *et al.*, “Defects engineering of bimetallic Ni-based catalysts for electrochemical energy conversion,” *Coord. Chem. Rev.*, vol. 418, p. 213372, 2020, doi: 10.1016/j.ccr.2020.213372.
- [60] Z. Zhao, H. Chen, W. Zhang, S. Yi, and H. Chen, “Materials Advances electrochemical energy storage and,” *Mater. Adv.*, vol. 4, no. January, pp. 835–867, 2023, doi: 10.1039/D2MA01009G.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [61] J. Zhu and S. Mu, "Defect Engineering in the Carbon-Based Electrocatalysts : Insight into the Intrinsic Carbon Defects," vol. 2001097, pp. 1–19, 2020, doi: 10.1002/adfm.202001097.
- [62] L. Batteries, L. Noerochim, A. T. Wibowo, A. Subhan, and B. Prihandoko, "Direct Double Coating of Carbon and Nitrogen on Fluoride-Doped Li 4 Ti 5 O 12 as an Anode for," 2022.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN



Lampiran 1 Proses Karbonisasi Cangkang Kelapa Sawit dengan Suhu 400°C



Lampiran 2 Proses *Ball Milling* untuk Menghaluskan Cangkang Kelapa Sawit



Lampiran 3 Proses *Pre-Treatment* HCl Karbon CKS menggunakan HCl 2M selama 6 jam pada suhu 60°C dan putaran 500 rpm



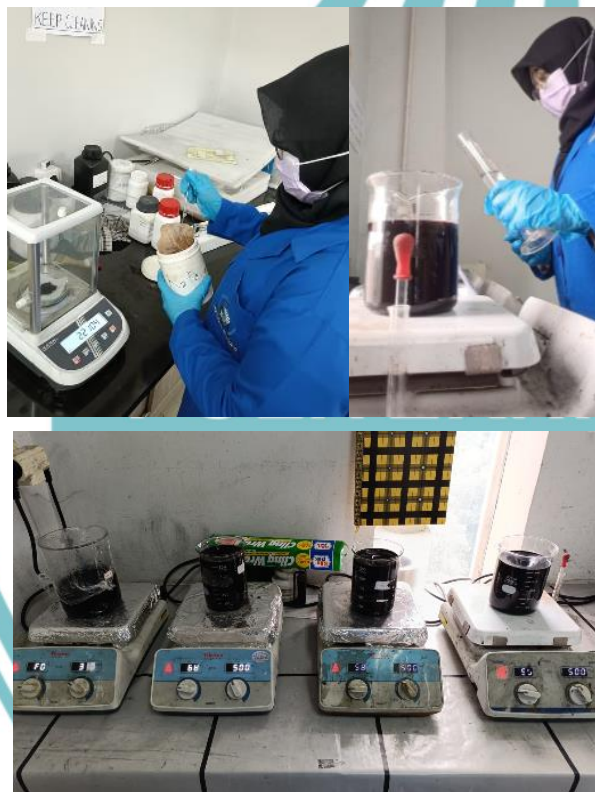
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 4 Proses Filtrasi setelah *Pre-Treatment* HCl dibiarkan overnight hingga pH netral menggunakan aquades kemudian dioven dan dihaluskan.



Lampiran 5 Proses Impregnasi Katalis Karbon CKS dengan Suhu 80°C dan putaran 500 rpm hingga kering selama $\pm 2-3$ hari



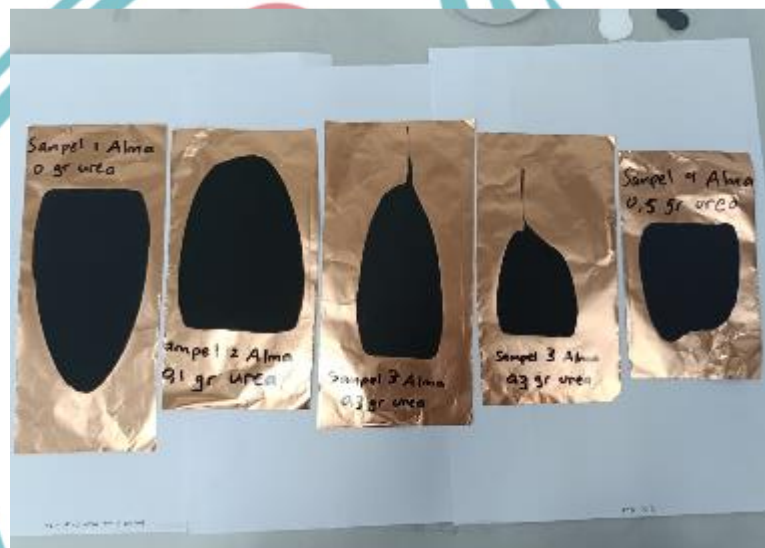
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 6 Proses Pirolisis dan Hasil Sampel Karbon Grafitisasi Katalik CKS



Lampiran 7 Hasil Lembaran Slurry



Lampiran 8 Proses Fabrikasi Pembuatan Baterai Ion Litium



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

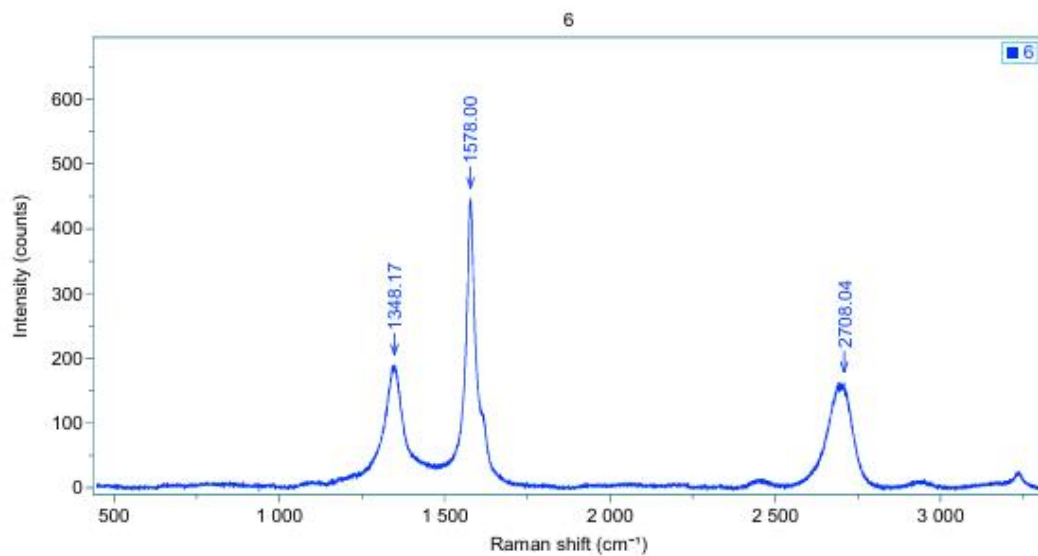
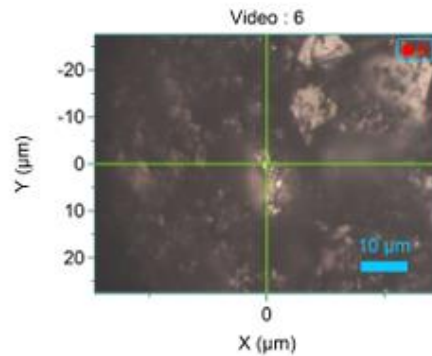
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probitas, Justitia

Powered by
LabSpec 6



Instrument	LabRAM HR Evol	Acq. time (s)	11	Accumulations	13
Laser	532nm_Edge	Hole	499.984	Grating	1800 (450-850nm)
ND Filter	10%	Objective	x100_VIS	Range (cm⁻¹)	448...3300

Lampiran 9 Karakterisasi Raman Spectroscopy Sampel C_K₂FeO₄(0.11)_KOH_N(0 g urea)_800

JAKARTA



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

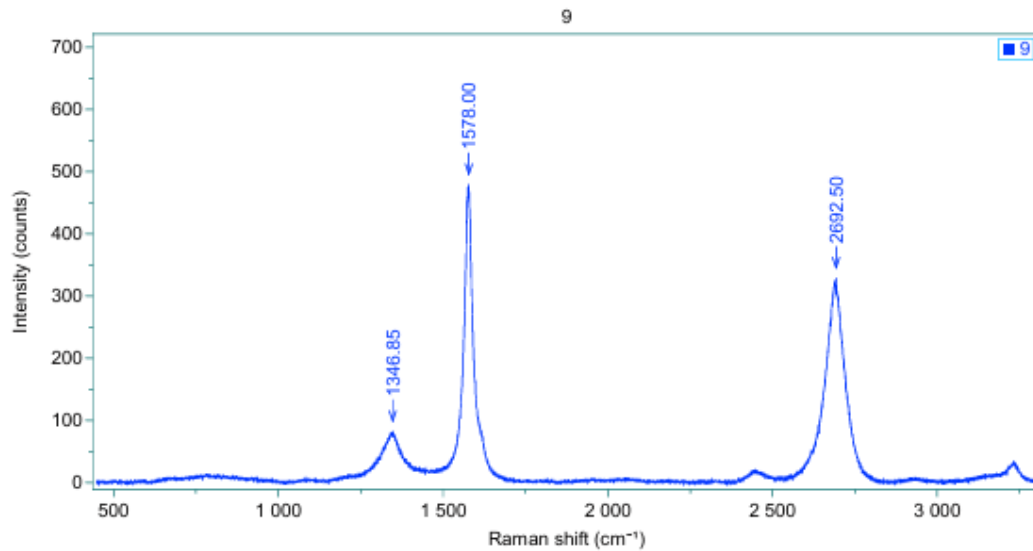
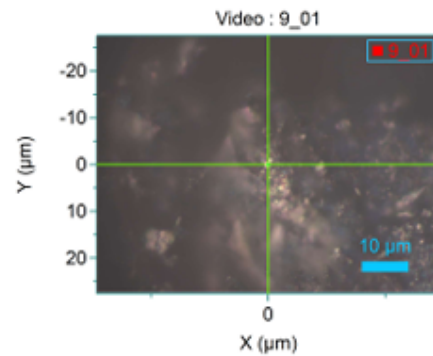
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probatas, Justitia

Powered by
LabSpec 6



Instrument	LabRAM HR Evol	Acq. time (s)	11	Accumulations	13
Laser	532nm_Edge	Hole	499.984	Grating	1800 (450-850nm)
ND Filter	10%	Objective	x100_VIS	Range (cm⁻¹)	448...3300

Lampiran 10 Karakterisasi Raman Spectroscopy Sampel C_K₂FeO₄(0.11)_KOH_N(0.5 g urea)_800



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

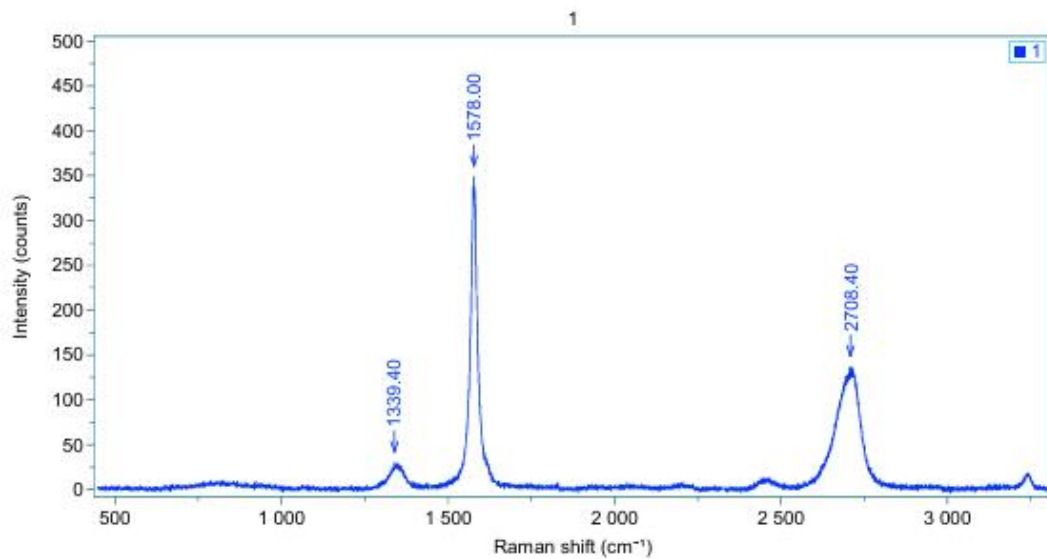
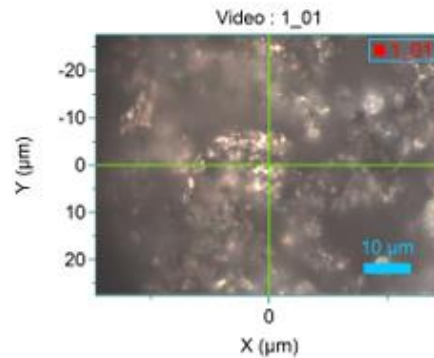
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



UNIVERSITAS
INDONESIA
Veritas, Probitas, Justitia

Powered by
LabSpec 6



Instrument	LabRAM HR Evol	Acq. time (s)	11	Accumulations	13
Laser	532nm_Edge	Hole	499.984	Grating	1800 (450-850nm)
ND Filter	10%	Objective	x100_VIS	Range (cm⁻¹)	448...3300

Lampiran 11 Karakterisasi *Raman Spectroscopy* Sampel
C_K₂FeO₄(0.11)_Ni(NO₃)₂(0.3)_KOH_N(0 g urea)_800



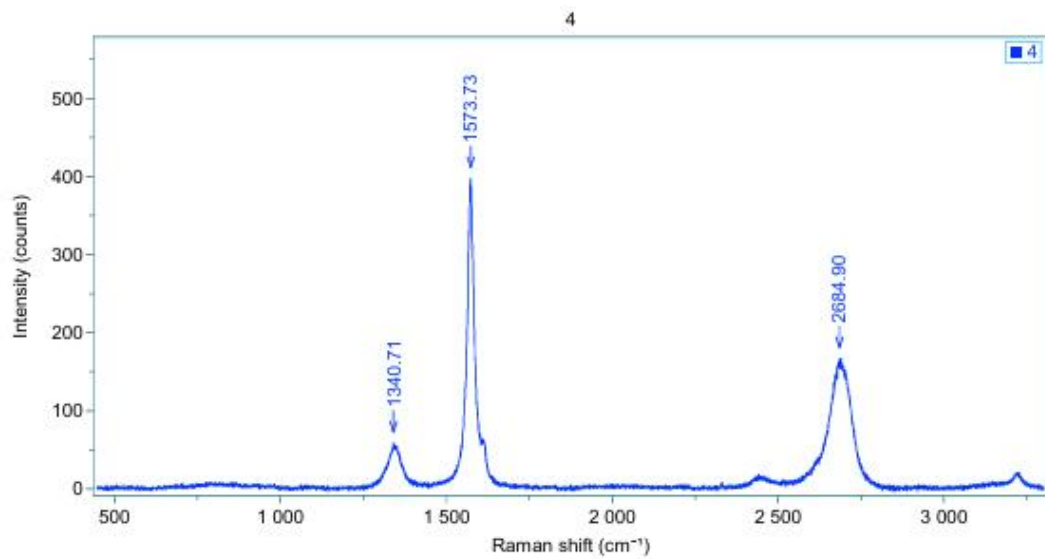
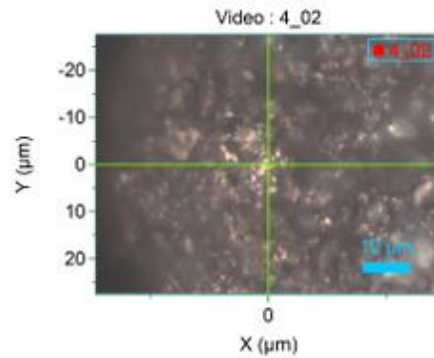
Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Powered by
LabSpec 6



Instrument	LabRAM HR Evol	Acq. time (s)	8	Accumulations	11
Laser	532nm_Edge	Hole	499.984	Grating	1800 (450-850nm)
ND Filter	10%	Objective	x100_VIS	Range (cm⁻¹)	448...3300

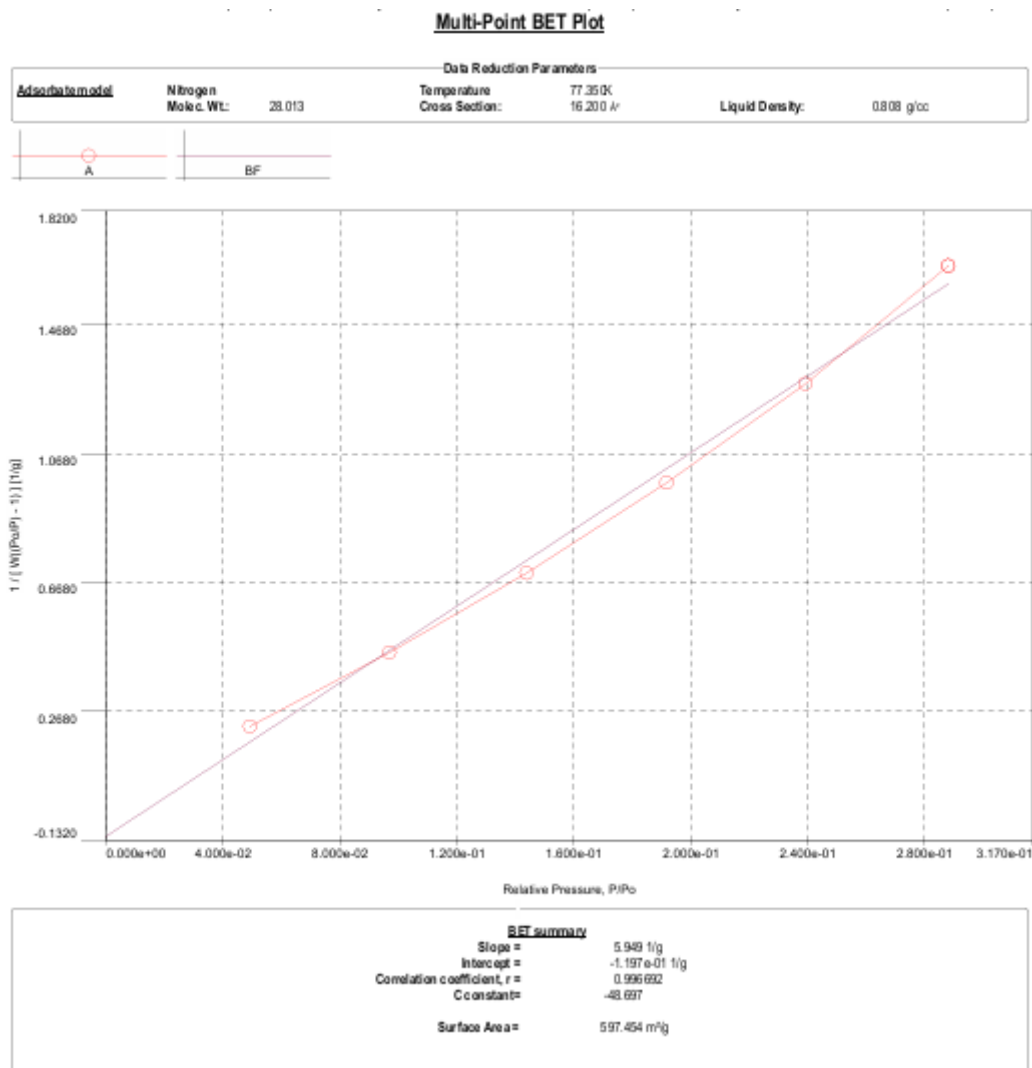
Lampiran 12 Karakterisasi *Raman Spectroscopy* Sampel
C_K₂FeO₄(0.11)_Ni(NO₃)₂(0.3)_KOH_N(0.5 g urea)_800



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



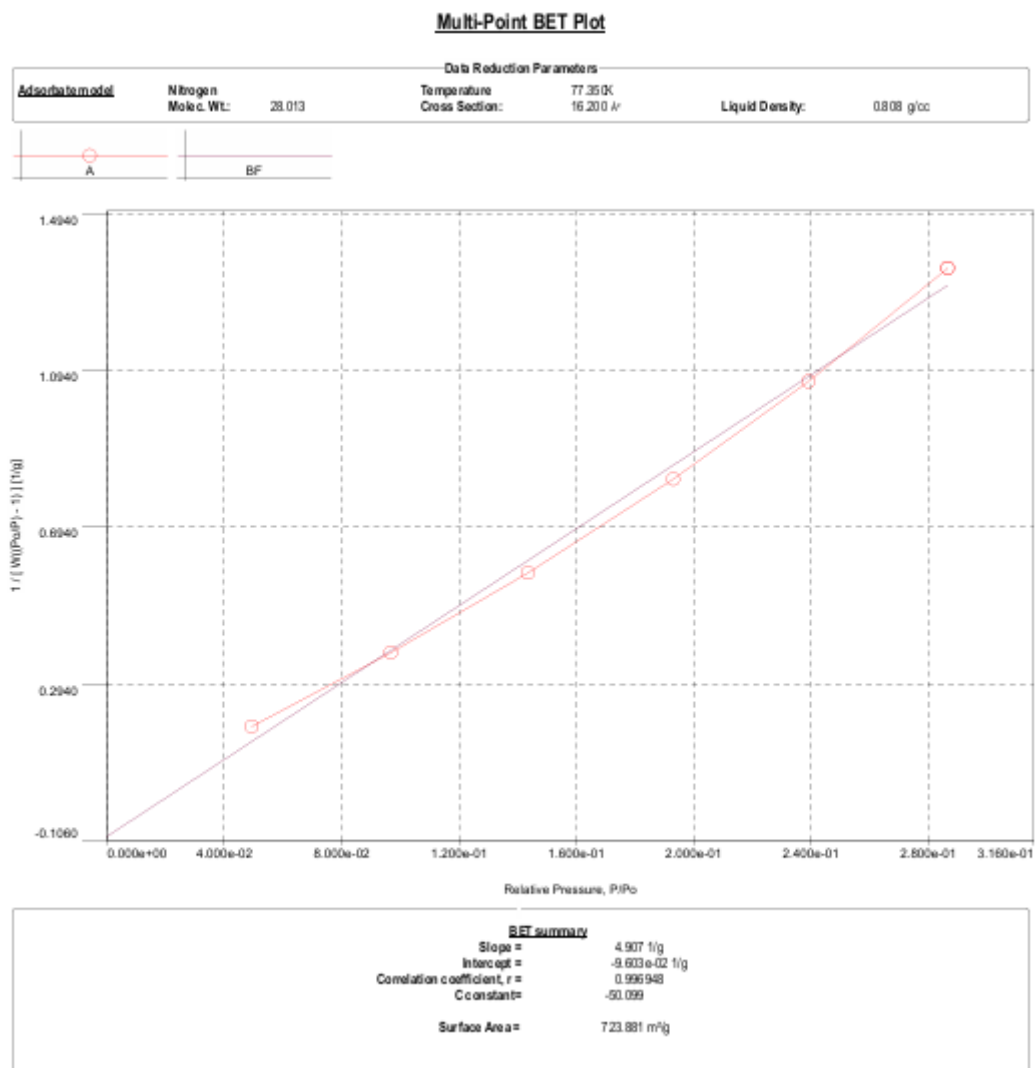
Lampiran 13 Karakterisasi *Multi Point BET* Sampel C_K₂FeO₄(0.11)_KOH_N(0 g urea)_800



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



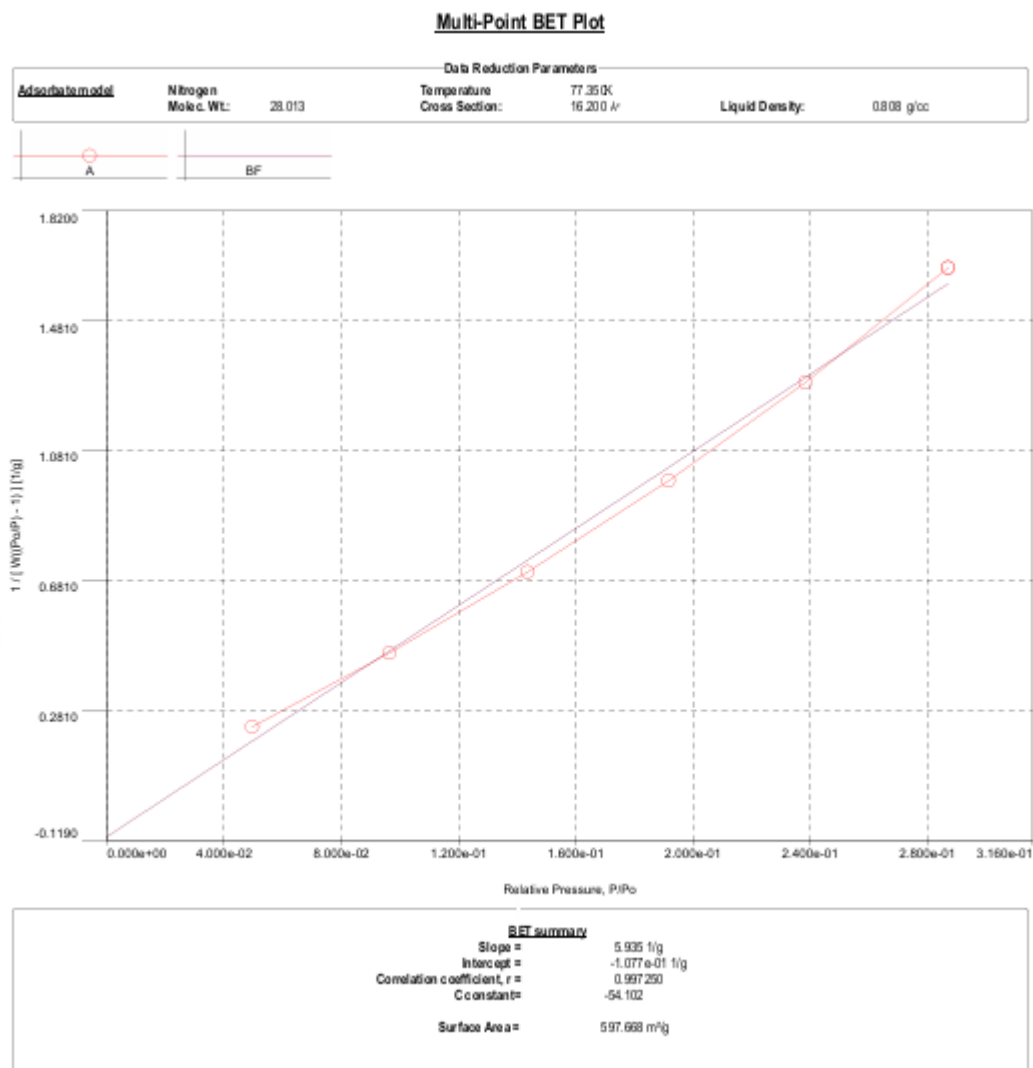
Lampiran 14 Karakterisasi *Multi Point BET* Sampel C_K₂FeO₄(0.11)_KOH_N(0.5 g urea)_800



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



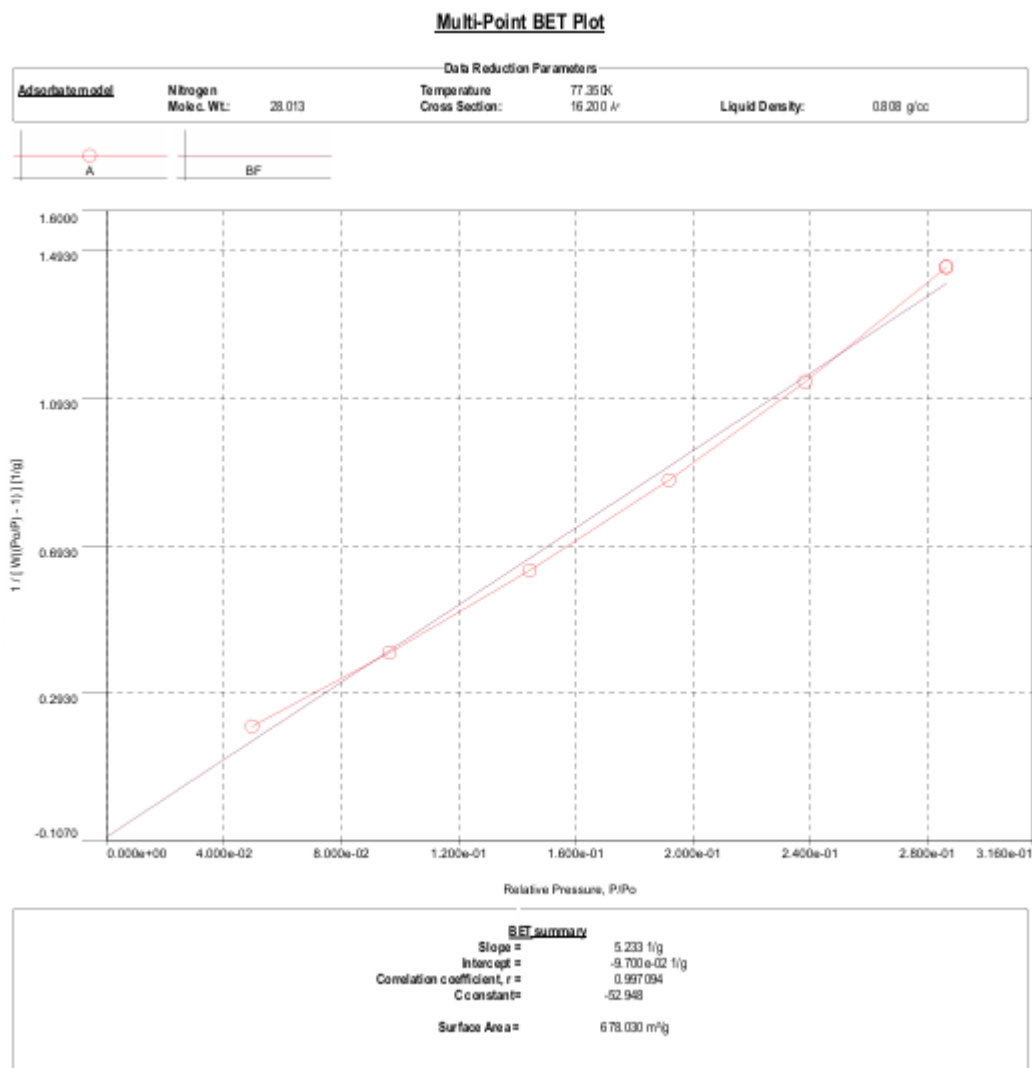
Lampiran 15 Karakterisasi *Multi Point BET* Sampel C_K₂FeO₄(0.11)_Ni(NO₃)₂(0.3)_KOH_N(0 g urea)_800.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 16 Karakterisasi *Multi Point BET* Sampel C_K₂FeO₄(0.11)_Ni(NO₃)₂(0.3)_KOH_N(0.5 g urea)_800



Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SKRIPSI - FITROH AL MARSITOH rev__sc_mrbcxokd_omj7

ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.pnj.ac.id Internet	253 words — 2%
2	jurnal.poliupg.ac.id Internet	108 words — 1%
3	repository.unissula.ac.id Internet	80 words — 1%

EXCLUDE QUOTES ON

EXCLUDE SOURCES < 1%

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE MATCHES OFF

Lampiran 17 Hasil Turnitin Cek Plagiasi

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**