

**SINTESIS GRAFIT DARI LIGNIN HASIL ISOLASI LIMBAH
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN KATALIS
NIKEL NITRAT**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



OLEH:

SISKA RAHMADINI

08031282025027

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2024

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS GRAFIT DARI LIGNIN HASIL ISOLASI LIMBAH
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN KATALIS
NIKEL NITRAT**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**

Oleh :

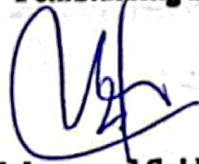
Siska Rahmadini

08031282025027

Indralaya, 18 Juli 2024

Menyetujui,

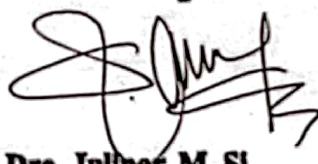
Pembimbing I



Dr. Muhammad Said, M. T.

NIP. 197407212001121001

Pembimbing II



Dra. Julnar, M. Si.

NIP. 196507251993032002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Hermansyah, S.Si., M. Si., Ph.D

NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi Siska Rahmadini (08031282025027) dengan judul " Sintesis Grafit dari Lignin Hasil Isolasi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Nikel Nitrat" telah disidangkan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 18 Juli 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 18 Juli 2024

Ketua :

1. Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph. D.
NIP. 196704191993031001



Sekretaris :

2. Dr. Addy Rachmat, M. SI.
NIP. 197409282000121001



Pembimbing :

1. Dr. Muhammad Said, M.T.
NIP. 197407212001121001
2. Dra. Julinar, M. SI.
NIP. 196507251993032002



Penguji :

1. Dr. Nova Yullasari, M. SI.
NIP. 197307261999032001
2. Dr. Nurlika Hidayati, M. SI.
NIP. 197211092000032001



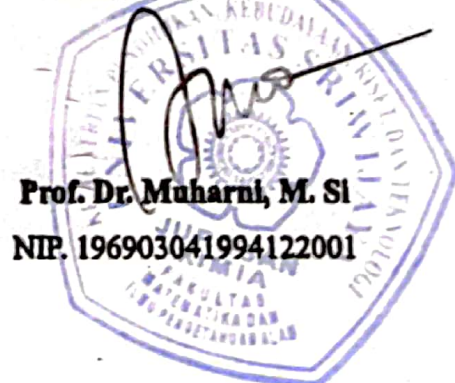
Mengetahui,

Dekan FMIPA



Prof. Hermansyah, S.SI, M. SI, Ph.D
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia



Prof. Dr. Muharni, M. SI
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Siska Rahmadini

NIM : 08031282025027

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan starata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 18 Juli 2024

Penulis:



Siska Rahmadini

NIM. 08031282025027

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

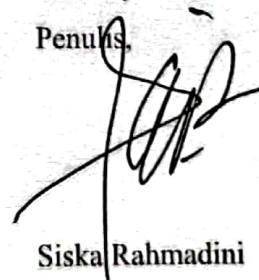
Nama mahasiswa : Siska Rahmadini
NIM : 0803128202027
Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "hak bebas royalti non-eksklusif (non-exclusively royalty-free right) atas karya ilmiah saya yang berjudul; Sintesis Grafit dari Lignin Hasil Isolasi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Nikel Nitrat". Dengan hak bebas royalti non-eksklusif in Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 18 Juli 2024

Penulis,



Siska Rahmadini

NIM. 08031282025027

ABSTRACT

SYNTHESIS OF GRAPHITE FROM LIGNIN RESULTING FROM THE ISOLATION OF EMPTY PALM BUNCH WASTE USING NICKEL NITRATE CATALYST

Siska Rahmadini: Supervised by Dr. Muhammad Said, M.T and Dra. Julinar, M. Si
Departement of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya
University

x + 61 pages, 14 figures, 7 tables, 13 attachments

Graphite is widely used in various industrial applications, but Indonesia still often imports graphite so alternative sources are needed. Lignin, as one of the components in empty oil palm fruit bunch waste and which is usually ignored, has the potential to be used as a raw material for graphite synthesis because of its high carbon content. The lignin isolation process in this study used the alkaline method (NaOH) with varying settling times of 12, 24 and 36 hours. Graphite synthesis involves carbonization and graphitization stages using a nickel nitrate catalyst. The highest lignin yield was found in 36 hours of deposition at 14.424%. Lignin was characterized using FTIR and XRD instruments. FTIR results show that lignin has phenolic O-H, aliphatic and aromatic C-H, C=C arene, and C=O ketone functional groups. XRD results show that lignin is slightly amorphous with several crystal peaks. Based on the yield and characterization results, lignin with a settling time of 36 hours was selected for the graphite synthesis process. Graphitization produces relatively little graphite with a yield of 0.003%. Activated carbon and synthetic graphite were characterized by XRD and SEM-EDX. The XRD results of activated carbon have the highest peak intensity at an angle of 2θ 25.98°. SEM results of activated carbon have a variety of irregular structures, round shape and there are pores on the surface with the highest constituent elements C (72.20%) and O (12.79%). Comparison of synthetic graphite and commercial graphite shows quite good results. XRD results of synthetic graphite have a sharp peak shift at an angle of 2θ 25.9°, while commercial graphite has a sharp peak at an angle of 2θ 26.42°. SEM-EDX characterization results on synthetic graphite show round-shaped particles, a layered structure with wide and thick particles with the highest constituent elements C (82.24%) and O (15.69%), while commercial graphite shows a layered structure. , the particles are denser and more orderly with the constituent element C (100%).

Keywords: EOPB waste, Lignin, Graphite, Nickel

Citations: 65 (2006 – 2023)

ABSTRAK

SINTESIS GRAFIT DARI LIGNIN HASIL ISOLASI LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN KATALIS NIKEL NITRAT

Siska Rahmadini: Dibimbing oleh Dr. Muhammad Said, M.T dan Dra. Julinar, M. Si
Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
x + 61 halaman, 14 gambar, 7 tabel, 13 lampiran

Grafit banyak dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi industri, namun Indonesia masih sering mengimpor grafit sehingga diperlukan sumber alternatif. Lignin sebagai salah satu komponen dalam limbah tandan kosong kelapa sawit dan biasanya diabaikan, memiliki potensi dijadikan bahan baku sintesis grafit karena kandungan karbon yang tinggi. Proses isolasi lignin pada penelitian ini menggunakan metode alkali (NaOH) dengan variasi waktu pengendapan selama 12, 24, dan 36 jam. Sintesis grafit melibatkan tahapan karbonisasi dan grafitisasi yang menggunakan katalis nikel nitrat. Rendemen lignin terbanyak terdapat pada pengendapan 36 jam sebesar 14,424%. Lignin dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR dan XRD. Hasil FTIR menunjukkan lignin memiliki gugus fungsi O-H fenolik, C-H alifatik dan aromatik, C=C arena, dan keton C=O. Hasil XRD menunjukkan lignin bersifat sedikit amorf dengan beberapa puncak kristal. Berdasarkan rendemen dan hasil karakterisasi, lignin dengan waktu pengendapan 36 jam dipilih untuk proses sintesis grafit. Grafitisasi menghasilkan grafit yang terbilang sedikit dengan rendemen 0,003%. Karbon aktif dan grafit sintesis dikarakterisasi dengan XRD dan SEM-EDX. Hasil XRD karbon aktif memiliki intensitas puncak tertinggi pada sudut 2θ 25,98°. Hasil SEM karbon aktif memiliki struktur yang beragam tidak beraturan, berbentuk bulat dan terdapat pori-pori pada permukaan dengan unsur penyusun tertinggi C (72,20%) dan O (12,79%). Perbandingan grafit sintesis dan grafit komersial menunjukkan hasil yang cukup baik. Hasil XRD grafit sintesis memiliki pergeseran puncak yang tajam pada sudut 2θ 25,9°, sedangkan grafit komersial memiliki puncak tajam pada sudut 2θ 26,42°. Hasil karakterisasi SEM-EDX pada grafit sintesis menunjukkan partikel yang berbentuk bulat, struktur yang berlapis dengan partikel yang lebar dan tebal dengan unsur penyusun tertinggi C (82,24%) dan O (15,69%), sedangkan grafit komersial menunjukkan struktur yang berlapis, partikel lebih rapat dan lebih teratur dengan unsur penyusun C (100%).

Kata Kunci : Limbah TKKS, Lignin, Grafit, Nikel

Sitasi : 65 (2006 – 2023)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini sebagai salah satu bentuk syukur saya kepada Allah SWT.

Nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

- *Kedua orang tua saya (Bapak Juminan dan Ibu Lastri) yang telah banyak berkorban, memberikan kasih sayang dan senantiasa mendoakan.*
- *Saudara/i saya Mas Dian dan Dek Nisa yang selalu mendukung saya.*
 - *Sahabat-sahabatku tersayang dan seperjuangan*
 - *Almamaterku Universitas Sriwijaya*
- *Masyarakat seluruh Indonesia yang cinta tanah air*

Chemistry teaches us that even the smallest particles can create profound change. In life, every small effort you make contributes to a greater achievement.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Sintesis Grafit dari Lignin Hasil Isolasi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Nikel Nitrat". Tidak lupa shalawat beserta salam yang selalu dicurahkan kepada baginda rasullah Muhammad SAW. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak **Dr. Muhammad Said, M. T** dan ibu **Dra. Julinar, M. Si** yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, pengajaran yang tulus, pengalaman, nasehat, petunjuk, motivasi, masukan, semangat, serta saran yang sangat membantu kepada penulis sejak awal penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan ditambah dengan referensi dari jurnal dan buku yang berkaitan dengan penelitian ini. Penulis sangat menyadari mungkin masih banyak kekurangan dari skripsi ini. Ucapan rasa syukur dan terima kasih juga penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat, kasih sayang dan hidayah-Nya terhadap penulis yang sungguh tak terhitung jumlahnya hingga terselesainya skripsi ini.
2. Bapak Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M. Si selaku ketua jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M. Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dr. Nova Yuliasari, M. Si, Ibu Dr. Nurlisa Hidayati, M. Si, Ibu/bapak Dr... dan Bapak/Ibu Dr.. selaku pembahas dan penguji sidang yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan saran-saran yang sangat

membantu dalam menyempurnakan skripsi ini. Terima kasih atas bimbingan dan masukannya serta menjadi bagian terpenting dari penulis. Saya juga berterima kasih kepada Ibu Dra. Julinar, M. Si yang juga sebagai dosen Pembimbing Akademik telah memberikan bimbingan terbaik untuk penulis dikala penulis kurang mengerti dalam perkuliahan. Terima kasih juga kepada Prof. Drs. Dedi Rohendi, M.T., Ph. D. dan Dr. Addy Rachmat, M. Si selaku sebagai ketua dan sekretaris sidang sarjana penulis yang telah membantu lancarnya jalan sidang.

6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih telah mengajar, mendidik, meluangkan waktu serta memberikan banyak ilmu dan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama proses perkuliahan.
7. Seluruh staff analis dan pegawai civitas Akademik jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungan. Terkhusus kepada Mba Novi dan Kak Iin yang selalu sabar dalam melayani dan membantu kelancaran administrasi selama perkuliahan, selalu mengajak bersenda gurau, tenang dan santai saat hendak seminar ataupun sidang.
8. Terkhusus untuk Bapak Jumingan dan Mamak Lastri yang tanpa henti selalu mendoakan, memberikan kasih sayang, motivasi, serta dukungan moril dan materil kepada penulis. Bapak dan mamak adalah sumber inspirasi dan motivasi terbesar bagi penulis dalam menyelesaikan setiap tahap pendidikan, termasuk dalam menyusun skripsi ini.
9. Saudara dan Saudari ku tersayang. Mas Dian dan Dek Nisa yang selalu memberi dukungan. Terima kasih atas segala canda tawa, semangat dan kasih sayang yang kalian berikan.
10. Seluruh keluarga besarku yang senantiasa selalu mendoakan kelancaran selama perkuliahan, terutama yang menanyakan perihal 'kapan lulus' telah menjadi motivasi saya untuk lebih cepat menyelesaikan masa studi.
11. Seluruh jajaran Laboratorium Kimia FKIP Universitas Sriwijaya, terkhusus untuk Kak Daniel yang selalu siap memberikan bantuan dan dukungan dari awal hingga selesai penelitian. Terima kasih banyak atas kesabaran, arahan

dan bimbingan yang sangat berarti. Tanpa Kak Daniel mungkin pencapaian ini akan sangat sulit terwujud. Semoga kebaikan dan dedikasi Kak Daniel selalu mendapat balasan yang setimpal. Sukses selalu ya kakak.

12. Sulis, Dina, Alya, dan Syirrin terima kasih telah memberikan warna dan berbagi kebersamaan selama perkuliahan. Kalian jangan banyak-banyak overthinking
13. Teruntuk Ani terima kasih selalu membangkitkan semangat dan menerima keluh kesah penulis, selalu memberii dorongan agar cepat lulus dan ternyata kita bisa lulus bareng. Semoga ani sehat-sehat selalu dan dilimpahkan rezeki.
14. Temen-temen Risshan Squad (Risma, Nadiah, Sandi, dan Husnil) terima kasih atas semangat, optimis, kebersamaan dan tawa selama masa perkuliahan ini. Terima kasih banyak atas bantuannya selama masa perkuliahan maupun diluar perkuliahan.
15. Temen-temen Philosopher (Ijah, Olga, Putri, Laila, Renita, Rahma, Nida, dan Dwil). Terima kasih telah menjadi penghibur atas lelucon-lelucon receh, tempat berkeluh kesah dan membagi semangat selama perjalanan ini.
16. Temen-temen BPH Baswara Satya terima kasih atas pengalaman dan juga kebersamaannya selama satu periode yang tberkesan.
17. Temen-temen seperjuangan Kimia Angkatan 2020 Einstenium terima kasih atas kebersamaan dan kekeluargaannya selama masa perkuliahan. Maafkan selama ini jika ada perbuatan yang jelek atau kurang disukai dari penulis.
18. Kakak-kakak kimia 2018 dan 2019 yang telah banyak memberikan pengalaman dan motivasi.
19. Adik-adik kimia 2021, 2022, 2023, dan 2024 yang luar biasa, selalu semangat untuk kuliahnya. Terutama kepada adik-adik saya (Cingka, Putri Kerja, Reinaldo, Zakky, dan Ale) terima kasih dukungan dan semangat yang diberikan. Semangat dan sukses buat semuanya.
20. Semua penghuni kost keysha, terima kasih atas kebersamaan-kebersamaan yang hangat dan tidak rusuh terhadap urusan satu sama lain. Terima kasih juga kepada ibu Ari dan ibu Waliyah yang sangat mengayomi, melindungi dan membuat penulis merasa memiliki orang tua ketika berada di dunia perantauan ini.

21. Semua pihak yang telah membantu semasa perkuliahan dan penelitian yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas dedikasi dan bantuannya semoga menjadi amal ibadah bagi kalian.
22. Kepada diri saya sendiri, terima kasih banyak telah berjuang sejauh ini dan memilih untuk tidak menyerah dalam kondisi apapun. Terima kasih telah bertahan dan bisa menyelesaikan ini dengan penuh lika liku kehidupan yang dijalani.

Demikian skripsi ini penulis persembahkan sebagai sebuah karya yang diharapkan dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis mengharap saran dan kritik yang membangun dari para pembaca sehingga skripsi ini menjadi lebih sempurna.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabaraktuh.

Indralaya, 18 Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Limbah Kelapa Sawit	4
2.2 Lignin	5
2.3 Isolasi Lignin	7
2.3.1 Metode Organosolv	7
2.3.2 Metode <i>Alkaline</i>	8
2.4 Grafit	9
2.5 Sintesis Grafit	10
2.5.1 Karbonisasi	11
2.5.2 Grafitisasi dengan Katalis	11
2.6 Karakterisasi Hasil Isolasi dan Grafitisasi	12
2.6.1 FT-IR	12
2.6.2 SEM-EDX	14
2.6.3 XRD	15

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat.....	17
3.2 Alat dan Bahan.....	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	17
3.3 Prosedur Kerja.....	17
3.3.1 Pretreatment Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	17
3.3.2 Isolasi Lignin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	18
3.3.2.1 Proses Isolasi Lignin	18
3.3.2.2 Karakterisasi Lignin dari TKKS	18
3.3.3 Sintesis Grafit	19
3.3.3.1 Karbonisasi dari Lignin Hasil Isolasi TKKS	19
3.3.3.2 Grafitisasi Karbon Aktif dari Hasil Karbonisasi	19
3.3.3.3 Karakterisasi Karbon Aktif dan Grafit.....	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Isolasi Lignin dari Limbah TKKS.....	20
4.2 Karakterisasi Lignin	21
4.2.1 Hasil Karakterisasi Isolat Lignin dengan FTIR.....	21
4.2.2 Hasil Karakterisasi Isolat Lignin dengan X-Ray Diffraction (XRD)	24
4.3 Sintesis Grafit hasil isolasi lignin dari TKKS	25
4.4 Karakterisasi Karbon Aktif dan Grafit Sintesis.....	26
4.4.1 Karakterisasi XRD Karbon Aktif dan grafit dari Lignin TKKS	27
4.4.2 Karakterisasi SEM-EDX Karbon Aktif dan Grafit dari Lignin TKKS	29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tandan Kosong Kelapa Sawit	4
Gambar 2. Struktur Lignin	6
Gambar 3. Komponen utama monomer lignin.....	7
Gambar 4. Mekanisme Reaksi Lignoselulosa dengan NaOH	9
Gambar 5. Struktur Grafit	9
Gambar 6. Hasil FT-IR Isolat Lignin	13
Gambar 7. Struktur Morfologi dari (a) Karbon Aktif dan (b) Grafit.	15
Gambar 8. Pola XRD dari grafit.	16
Gambar 9. (a) Lindi Hitam dan (b) Lignin.....	20
Gambar 10. Spektra Gugus Fungsi Lignin dengan variasi Pengendapan (a) 12 jam, (b) 24 jam dan (c) 36 jam.....	21
Gambar 11. Difraktogram dari Lignin dengan Waktu Pengendapan (a) 12 jam, (b) 24 jam dan (c) 36 jam.....	24
Gambar 12. (a) Karbon Aktif dan (b) Grafit Sintesis.....	26
Gambar 13. Difraktogram dari (a) Karbon Aktif, (b) Grafit Sintesis dan (c) Grafit Komersial	27
Gambar 14. Morfologi SEM Perbesaran 5000x pada Permukaan (a) Karbon Aktif, (b) Grafit Sintesis dan (c) Grafit Komersial.	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada beberapa Limbah Pertanian	5
Tabel 2. Bilangan Gelombang pada Lignin	13
Tabel 3. Perolehan rendemen lignin setelah isolasi	20
Tabel 4. Perbandingan gugus fungsi lignin isolasi dengan waktu pengendapan 12 jam, 24 jam, 36 jam dan Lignin Standar.	22
Tabel 5. Sudut 2θ , intensitas puncak, dan ukuran kristal isolat lignin.	25
Tabel 6. Sudut 2θ , Intensitas Puncak, dan Ukuran Kristal Karbon Aktif, Grafit Sintesis dan Grafit Komersial.....	28
Tabel 7. Komposisi Unsur-Unsur Penyusun Karbon Aktif dan Grafit.....	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Prosedur Penelitian	40
Lampiran 2. Perhitungan Rendemen.....	43
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi FTIR Isolat Lignin	44
Lampiran 4. Hasil Karakterisasi XRD Lignin dengan waktu pengendapan 12 Jam.....	46
Lampiran 5. Hasil Karakterisasi XRD Lignin dengan waktu pengendapan 24 Jam.....	48
Lampiran 6. Hasil Karakterisasi XRD Lignin dengan waktu pengendapan 36 Jam.....	50
Lampiran 7. Hasil Karakterisasi XRD Karbon Aktif dari Lignin TKKS.....	52
Lampiran 8. Hasil Karakterisasi XRD Grafit dari Lignin TKKS	54
Lampiran 9. Hasil Karakterisasi XRD Grafit komersial.....	56
Lampiran 10. Hasil Karakterisasi SEM-EDX Karbon Aktif.....	58
Lampiran 11. Hasil Karakterisasi SEM-EDX Grafit Sintesis	59
Lampiran 12. Hasil Karakterisasi SEM-EDX Grafit Komersial.....	60
Lampiran 13. Gambar penelitian.....	61

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Grafit adalah salah satu bahan alami tertua dan yang paling banyak digunakan dalam dunia industri material. Grafit (*graphite*) dikenal sebagai karbon dengan susunan struktur seperti sarang lebah yang bertumpuk-tumpuk dan membentuk kristal karbon. Sumber karbon yang paling banyak untuk pembentukan grafit tersedia dalam bentuk biomassa yang berasal dari tanaman, baik sebagai produk (*bio-product*) atau limbah (*bio-waste*) (Darminto & Baqiya, 2018). Salah satu biomassa yang ketersediaannya melimpah di Indonesia dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produk bernilai tinggi yaitu limbah kelapa sawit yang berupa tandan kosong kelapa sawit (Larasati *et al.*, 2021).

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah padat yang dihasilkan oleh pabrik minyak sawit dan belum banyak dimanfaatkan secara komersial. Saat ini penggunaannya hanya terbatas sebagai bahan bakar di pabrik minyak sawit atau digunakan sebagai pupuk kompos di perkebunan kelapa sawit (Miller *et al.*, 2021). Khusus untuk limbah tandan kosong kelapa sawit ada beberapa kendala dan hambatan pada pengolahan limbahnya terutama terkait dengan tingginya kandungan air hingga mencapai 60% (Falah & Nelza, 2019). Meskipun begitu, limbah tandan kosong kelapa sawit memiliki potensi untuk didaur ulang menjadi bahan bakar biosintetis seperti bioetanol dan produk biokomposit (Miller *et al.*, 2021). TKKS mengandung lignoselulosa dengan struktur yang terdiri dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Sindhuwati *et al.*, 2021). Salah satu komponen TKKS terbanyak kedua setelah selulosa adalah lignin (Duval & Lawoko, 2014).. Lignin dapat digunakan untuk keperluan dibidang kesehatan atau juga sebagai sumber karbon pada sintesis material (Snowdon *et al.*, 2014).

Berdasarkan hal tersebut, lignin sangat berpotensi untuk diisolasi dan digunakan sebagai sumber karbon yang baik, khususnya pada sintesis grafit dari biomassa. Selain biomassa, material grafit bisa didapatkan melalui grafit sintesis yang berasal dari batubara dan juga limbah plastik. Penelitian Maulana & Anggara (2020) melakukan sintesis grafit dari batubara dengan proses pemanasan yang sangat tinggi pada temperatur diatas 2000°C, dan *pretreatment* batubara terbilang

sulit karena batubara yang sulit dihaluskan (Maulana & Anggara, 2020). Penelitian Ko *et al.* (2020) mengubah limbah botol PET (Polietilen-tereftalat) menjadi grafit melalui proses grafitisasi dengan katalis boron pada 2400°C. Penelitian tentang konversi PET menjadi grafit masih sangat terbatas karena sifat PET yang sulit untuk dijadikan grafit, dan kesulitan pada *pretreatment* dari botol PET yang cukup keras (Ko *et al.*, 2020). Penelitian sintesis grafit dari biomassa lebih menjadi pertimbangan daripada menggunakan batubara ataupun botol PET.

Sintesis biografit atau grafit dari biomassa umumnya sama dengan sintesis grafit komersial lainnya yang berupa proses karbonisasi dan grafitisasi. Proses karbonisasi diperoleh dengan metode *heat treatment* yang menggunakan pemanasan diatas 400°C. Proses grafitisasi dalam hal ini menggunakan metode grafitisasi katalitik dengan pemanasan pada temperatur yang tinggi. Grafit sintesis hasil penelitian Hunter *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penggunaan katalis Fe menghasilkan grafit dengan kristalinitas yang lebih rendah dibandingkan dengan nikel. Penelitian ini memanfaatkan salah satu logam transisi berupa Ni sebagai katalis. Nikel dipilih karena diketahui mudah didapatkan, sangat efektif dan sering digunakan untuk menghasilkan struktur grafit dengan kristalinitas yang relatif tinggi (Chen *et al.*, 2018).

Grafit sampai saat ini masih sering mengimpor karena di Indonesia belum ditemukan daerah berpotensi sumber grafit. Sebagai salah satu cara alternatif dalam pengembangan grafit dilakukan penelitian tentang sintesis grafit dari lignin hasil isolasi limbah tandan kosong kelapa sawit menggunakan katalis nikel nitrat. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan kebaruan grafitisasi dalam pembuatan biografit. Hasil isolat dan grafit sintesis dari lignin tandan kosong kelapa sawit akan dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD, FTIR, SEM-EDS, dan perbandingan dengan grafit komersial.

1.2 Rumusan Masalah

1. Manakah pilihan waktu antara 12, 24 dan 36 jam untuk pengendapan pada proses isolasi yang menghasilkan lignin terbanyak dan bagaimana karakteristik lignin yang dihasilkan?
2. Bagaimana karakteristik karbon aktif dari lignin hasil isolasi tandan kosong kelapa sawit?

3. Bagaimana karakteristik produk grafit dari karbon aktif hasil karbonisasi lignin dan perbandingannya dengan grafit komersial?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menentukan waktu antara 12, 24 dan 36 jam untuk pengendapan pada proses isolasi yang menghasilkan lignin terbanyak dan karakterisasi lignin dari tandan kosong kelapa sawit menggunakan FTIR dan XRD.
2. Menentukan karakter karbon aktif dari lignin hasil isolasi tandan kosong kelapa sawit menggunakan karakterisasi XRD dan SEM-EDX.
3. Menentukan karakter produk grafit dari karbon aktif hasil karbonisasi lignin dan perbandingannya dengan grafit komersial menggunakan karakterisasi XRD dan SEM-EDX.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pembuatan grafit dari biomassa tandan kosong kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinur, & Yusrizal. (2021a). Eksplorasi Jamur Asal Tongkol Kosong Kelapa Sawit yang Berpotensi Sebagai Agen Pendegradasi Selulosa. *Jurnal Agrotek Tropika*, 9(3), 533–541.
- Agustinur, & Yusrizal. (2021b). Isolasi Bakteri Selulolitik Indigenous Pendegradasi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Isolation of Indigenous Cellulolytic Bacteria Degrading Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Journal of Biological Sciences*, 8(1), 150–155.
- Ailin, Anastasia, Yarangga, C., Danisworo, A., & Harjanto. (2017). Studi Grafit Berdasarkan Analisis Petrografi dan Sem/Edx pada Daerah Windesi Kabupaten Teluk Wondama, Provinsi Papua Barat. *Prosiding Seminar Nasional XII "Rekaya Teknologi Industri Dan Informasi 2017,"* 12(1), 185–191.
- Akhavan, O., Bijanzad, K., & Mirsepah, A. (2014). Synthesis of Graphene from Natural and Industrial Carbonaceous Wastes. *Journal Royal Society of Chemistry Advances*, 4(39), 20441–20448.
- Alomari, R., Esaifan, M., Hourani, M. K., Amayreh, H. Al, Amayreh, M., & Khoury, H. (2019). Synthesis of Electroconducting Hydroxy-Sodalite/Graphite Composite: Preparation and Characterization. *Advances in Materials Physics and Chemistry*, 09(03), 25–36.
- Ancastami, Azwar, E., Lismeri, L., & Santoso, R. (2020). Pengaruh Konsentrasi Asam Formiat dan Waktu Reaksi pada Proses Delignifikasi Metode Organosolv dari Limbah Batang Pisang (*Musa Parasidiaca*). *Jurnal Kelitbangan*, 08(02), 147–160.
- Aprilianti, R., Selviani, D., Lestari, D., & Aldila, H. (2023). Green Synthesis Nanopartikel Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Kelapa. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 4(1), 37–40.
- Chen, C., Sun, K., Wang, A., Wang, S., & Jiang, J. (2018). Catalytic Graphitization of Cellulose Using Nickel as Catalyst. *Journal BioResources*, 13(2), 3165–3176.
- Christyaningsih, R. Y. (2020). *Aplikasi Fisika Kuantum-Hamburan Pada "X-Ray Diffraction (XRD)"*.
- Darminto, Baqiya, M. A., & Asih, R. (2018). *Pengembangan Bahan Karbon dari Biomassa*. ITS Press.
- Demir, M., Kahveci, Z., Aksoy, B., Palapati, N. K. R., Subramanian, A., Cullinan, H. T., El-Kaderi, H. M., Harris, C. T., & Gupta, R. B. (2015). Graphitic Biocarbon from Metal-Catalyzed Hydrothermal Carbonization of Lignin. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 54(43), 10731–10739.

- Dewi, R., Azhari, & Nofriadi, I. (2020). Aktivasi Karbon dari Kulit Pinang dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 12–22.
- Duval, A., & Lawoko, M. (2014). A Review on Lignin Based Polymeric, Micro and Nano Structured Materials. *Journal Reactive and Functional Polymers*, 85(1), 78–96.
- Falah, M., & Nelza, N. (2019). Pembuatan Biopellet dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Bahan Bakar Terbarukan. *Regional Development Industry & Health Science, Technology and Art of Life*, 2(1), 90–95.
- Gea, S., Siregar, A. H., Zaidar, E., Harahap, M., Indrawan, D. P., & Perangin-Angin, Y. A. (2020). Isolation and Characterisation of Cellulose Nanofibre and Lignin from Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Materials*, 13(10), 1–13.
- Haneda, N. F., & Sitrait, B. A. (2013). Keanekaragaman Fauna Tanah dan Peranannya terhadap Laju Dekomposisi Serasah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Silvikultur Tropika*, 03(03), 161–167.
- Harahap, M. F. M., Hidayati, S., & Subeki. (2020). Pemanfaatan Lindi Hitam Hasil Isolasi Lignin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Anti Mikroba. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 24(2), 122–128.
- Hardi, D. A., Joni, R., Syukri, & Aziz, H. (2020). Pembuatan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 9(4), 479–486.
- Hardiyanti, H., Pribadi, S., Dadang, & Setiawan, J. (2016). Karakterisasi Densitas Grafit sebagai Kandidat Bahan Reaktor Temperatur Tinggi. *Teknologi Bahan Bakar Nuklir*, 16(9), 37–43.
- Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T. C., Suparno, O., & Prasetya, B. (2015). Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu untuk Produksi Bioetanol. *Jurnal Litbang Pertanian*, 29(4), 121–130.
- Hunter, R. D., Ramírez-Rico, J., & Schnepf, Z. (2022). Iron-Catalyzed Graphitization for the Synthesis of Nanostructured Graphitic Carbons. In *Journal of Materials Chemistry A*, 10(9), 4489–4516.
- Jabarullah, N. H., Kamal, A. S., & Othman, R. (2021). A modification of palm waste lignocellulosic materials into biographite using iron and nickel catalyst. *Processes*, 9(6), 1–12.
- Jannah, A. M., Wibowo, Y. P., & Wahyudi, R. T. (2016). Pengaruh Alkali Terhadap Penurunan Lignin pada Pembuatan Bioetanol Berbahan Baku Sabut Kelapa. *Prosiding Seminar Nasional AVOER 8*, 289–296.
- Jazi, M. E., Narayanan, G., Aghabozorgi, F., Farajidizaji, B., Aghaei, A., Kamyabi, M. A., Navarathna, C. M., & Mlsna, T. E. (2019). Structure,

- Chemistry and Physicochemistry of Lignin for Material Functionalization. *Springer Nature Applied Sciences*, 1(9), 1-19.
- Julinawati, Marlina, Nasution, R., & Sheilatina. (2015). Applying SEM-EDX Techniques to Identifying the Types of Mineral of Jades (Giok) Takengoon, Aceh. *Jurnal Natural*, 15(2), 44–48.
- Kamal, A. S., Othman, R., & Jabarullah, N. H. (2020). Preparation and synthesis of synthetic graphite from biomass waste: A review. *Systematic Reviews in Pharmacy* 11(2), 881-894.
- Kamal, N. (2018). Karakterisasi dan Potensi Pemanfaatan Limbah Sawit. *Itenas Llibrary*, 1(1), 61–68.
- Khan, F. ullah, Mahmood, S., Ahmad, Z., Mahmood, T., & Nizami, Z. A. (2019). Graphene Oxide Synthesis by Facile Method and its Characterization. *Open Journal of Chemistry*, 2(1), 11–15.
- Ko, S., Kwon, Y. J., Lee, J. U., & Jeon, Y. P. (2020). Preparation of Synthetic Graphite from Waste PET Plastic. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 83(1), 449–458.
- Kresnawaty, I., Putra, S. M., Budiani, A., & Darmono, T. (2017). Konversi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Menjadi Arang Hayati dan Asap Cair. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian* , 14(3), 171–179.
- Kusumo, P., Biyono, S., & Tegar. (2020). Isolasi Lignin dari Serbuk Grajen Kayu Jati (*Tectona Grandis*) dengan Metode Klasson. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu Dan Aplikasi Teknik*, 19(02), 130–139.
- Larasati, T. D., Prakoso, T., & Rizkiana, J. (2021). Karbonisasi Limbah Kelapa Sawit dengan Proses Hidrotermal sebagai Bahan Baku Elektroda Superkapasitor. *Jurnal Chemurgy*, 05(1), 22–29.
- Laurichesse, S., & Avérous, L. (2014). Chemical Modification of Lignins: Towards Biobased Polymers. *Journal Progress in Polymer Science*, 39(7), 1266–1290.
- Lestari, A. S., & Sartika, D. (2018). Preparasi dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Menggunakan Metode Kopresipitasi. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, 11(1), 7–10.
- Lima, R. B., Raza, R., Qin, H., Li, J., Lindström, M. E., & Zhu, B. (2014). Direct Lignin Fuel Cell for Power Generation. *Journal The Royal Society of Chemistry Advances*, 3(15), 5083–5089.
- Lubis, R. A. F., Nasution, H. I., & Zubir, M. (2020). Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 3(2), 67–73.
- Mahmudah, F., Kusumawati, D. H., & Destyorini, F. (2020). Pengaruh Penambahan Katalis Nikel Terhadap Homogenitas Fasa dan Konduktivitas Listrik Karbon dari Serabut Kelapa. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 9(2), 119–124.

- Mardhiah, A., & Jannah, M. (2016). Pembuatan Kertas Kraft dari Ampas Tebu (Sacccharum Oficinarum) Menggunakan Metode Organosolv. *Jurnal Edukasi Kimia*, 1(1), 1–5.
- Masta, N. (2020). *Scanning Electron Microscopy*. Universitas Kristen Indonesia.
- Maulana, A., & Anggara, F. (2020). Karakteristik Batubara Terpengaruh Intrusi di Tambang Air Laya, Sumatra Selatan dan Potensinya Sebagai Material untuk Pembuatan Grafit Sintetis. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 15(3), 184–200.
- Miller, T., Waturangi, D. E., & Purwadaria, T. (2021). Screening and Characterization of Cellulolytic Molds from Empty Fruit Bunches and Soils in Palm Oil Plantation Area in Indonesia. *BMC Research Notes*, 14(249), 2–6.
- Mojoudi, N., Mirghaffari, N., Soleimani, M., Shariatmadari, H., Belver, C., & Bedia, J. (2019). Phenol Adsorption on High Microporous Activated Carbons Prepared from Oily Sludge: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Studies. *Scientific Reports*, 9(1), 1–13.
- Mudaim, S., Hidayat, S., & Risdiana. (2021). Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (Aleurites Moluccana) dengan Variasi Suhu Karbonisasi. *JIIF (Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika)*, 05(02), 157–163.
- Mujahid, Amin, A. A., Hariyadi, & Fahmi, M. R. (2017). Biokonversi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Trichoderma Sp. dan Larva Black Soldier Fly Menjadi Bahan Pakan Unggas. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 5(1), 5–10.
- Natsir, M., Ansharullah, A., Maulidiyah, M., Herikiswanto, H., Sari, A., Salim, L. O. A., & Nurdin, M. (2021). Decomposition of Lignin Compounds from Oil Palm Empty Fruit Bunch Using Ilmenite. *Journal of Physics: Conference Series*, 1899(1), 1–7.
- Natsir, Muh., Pratiwi, A. M., Azis, T., Nohong, Imran, Harlis, W. O., Alimin, Kadidae, L. O., Ruslan, Bijang, C., Kadir, L. O. A., & Nurliana, L. (2022). Efektivitas Fotodegradasi Lignin dari Limbah Ampas Sagu (Metroxylon sagu Rottb.) Menggunakan Katalis TiO₂. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(3), 258–265.
- Praevia, M. F., & Widayat. (2022). Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Cofiring pada PLTU Batubara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 3(1), 28–37.
- Pramana, A., Cahyanto, M. N., Adhianata, H., & Zalfiatri, Y. (2020). Karakteristik Fisik Lignin pada Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit PT. Tunggal Perkasa Plantataions Provinsi Riau Menggunakan Metode Organosolv. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(1), 43–49.

- Prihardani, F., Sari, N. M., & Triana, N. W. (2023). Pembuatan Tablet Arang Aktif dari Biji Salak dengan Proses Karbonisasi. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brothohardjono XIX*, 110–118.
- Ramos, A., Cameán, I., & García, A. B. (2013). Graphitization Thermal Treatment of Carbon Nanofibers. *Carbon*, 59(1), 2–32.
- Rampe, M. J. (2015). Konversi Arang Tempurung Kelapa Menjadi Elektroda Karbon. *Chem. Prog*, 8(2), 61–71.
- Ridhuan, K., & Suranto, J. (2016). Perbandingan Pembakaran Pirolisis dan Karbonisasi pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*, 5(1), 50–56.
- Sanjiwani, N. M. S., Paramitha, D. I. P., Wibawa, A. A. C., Ariawan, I. made D., Megawati, F., Dewi, N. W. T., Mariati, P. A. M., & Sudiarsa, I. W. (2020). Pembuatan Hair Tonic Berbahan Dasar Lidah Buaya dan Analisis dengan Fourier Transform Infrared. *Widyadari*, 21(1), 249–262.
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., & Kasmungin, S. (2016). Analisa Spektrum Infra Red pada Proses Sintesa Lignin Ampas Tebu Menjadi Surfaktan Lignosulfonat. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 1(1), 1–11.
- Sevilla, M., & Fuertes, A. B. (2006). Catalytic Graphitization of Templated Mesoporous Carbons. *Carbon*, 44(3), 468–474.
- Sevilla, M., & Fuertes, A. B. (2014). Graphitic Carbon Nanostructures from Cellulose. *Chemical Physics Letters*, 490(1), 63–68.
- Silviyah, S., Widodo, C. S., & Masruroh. (2019). Penggunaan Metode FT-IR (Fourier Transform Infra Red) untuk Mengidentifikasi Gugus Fungsi pada Proses Pembaluran Penderita Mioma. *Pharmaceutical Research*, 247(1), 1–9.
- Sindhuwati, C., Mustain, A., Rosly, Y. O., Aprijaya, A. S., Mufid, Suryandari, A. S., Hardjono, & Rulianah, S. (2021). Review: Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol dengan Metode Fed Batch pada Proses Hidrolisis. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(2), 128–144.
- Singh, S. K., & Dhepe, P. L. (2016). *ESI Ionic liquids catalyzed lignin liquefaction Mechanistic*.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., & Astuti, P. (2015). Aplikasi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Pengamatan Pembengkakan Genital pada Spesies Primata, Lutung Jawa (*Trachypithecus Auratus*) untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan*, 9(2), 156–161.
- Snowdon, M. R., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2014). A Study of Carbonized Lignin as an Alternative to Carbon Black. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2(5), 1257–1263.

- Trisanti, P. N., Setiawan, S. H. P., Nura'ini, E., & Sumarno. (2018). Ekstraksi Selulosa dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon Melalui Proses Delignifikasi Alkali Ultrasonik. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 19(3), 113–119.
- Wijayanto, S. O., & Bayuseno, A. P. (2014). Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin (JTM) S-1*, 2(1), 33–39.
- Yap, Y. W., Mahmed, N., Norizan, M. N., Abd Rahim, S. Z., Ahmad Salimi, M. N., Abdul Razak, K., Mohamad, I. S., Abdullah, M. M. A. B., & Mohamad Yunus, M. Y. (2023). Recent Advances in Synthesis of Graphite from Agricultural Bio-Waste Material: A Review. *Materials* 16(9), 1-26.
- Yuwita, E. P., & Ardianti, D. A. (2019). Efek Dopan Mangan (Mn) Terhadap Struktur dan Sifat Optik Nanopartikel $Zn_{1-x}Mn_xO$. *Inventor Journal of Science and Technology*, 2(1), 8–12.