

***HYDROCHAR FIBER* KELAPA SAWIT TERAKTIVASI H_3PO_4
UNTUK PENGOLAHAN MINYAK JELANTAH**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si) dalam Ilmu Kimia



CICI MEIYANTI

2108036005

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

***HYDROCHAR FIBER* KELAPA SAWIT TERAKTIVASI H_3PO_4
UNTUK PENGOLAHAN MINYAK JELANTAH**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si) dalam Ilmu Kimia**

**Cici Meiyanti
NIM 2108036005**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini

Nama : Cici Meiyanti

NIM : 2108036005

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**HYDROCHAR FIBER KELAPA SAWIT TERAKTIVASI H_3PO_4
UNTUK PENGOLAHAN MINYAK JELANTAH**

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 14 Juli 2025

Pembuat Pernyataan



Cici Meiyanti

NIM.2108036005

NOTA DINAS

Semarang, 14 Juli 2025

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Uin Walisongo Semarang

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 untuk Pengolahan Minyak Jelantah*

Nama : Cici Meiyanti

NIM : 2108036005

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam sidang Munaqosyah.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Pembimbing I



Dr. Ervin Tri Suryandari, S.Si, M.Si

NIP. 199401022019032015

LEMBAR PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Hydrochar Fiber Kelapa Sawit Teraktivasi
 H_3PO_4 Untuk Pengolahan Minyak Jelantah**

Penulis : Cici Meiyanti

NIM : 2108036005

Jurusan : Kimia

Telah diajukan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia.

Semarang, 20 Agustus 2025

DEWAN PENGUJI

Ketua Penguji

Sekretaris Penguji

Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Pd

NIP.197407162009122001

Deni Ebit Nugroho, M.Pd

NIP.198507202019031007

Penguji I

Penguji II

Wirda Udaibah, M.Sc

NIP.198501042009122003

Ang. Anissa Adiwena P, M.Sc

NIP.198504052011012015

Dosen Pembimbing

Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si

NIP.197407162009122001

ABSTRAK

Minyak jelantah yang digunakan berulang kali akan mengalami penurunan kualitas, ditandai dengan peningkatan kadar air, asam lemak bebas, bilangan peroksida, serta perubahan warna dan aroma, yang dapat membahayakan kesehatan jika dikonsumsi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik *hydrochar fiber* kelapa sawit (FKS) sebelum dan setelah teraktivasi H_3PO_4 10% serta mengetahui pengaruh adsorpsi terhadap kualitas minyak jelantah yang dapat mengurangi bau tengik, mengurangi warna, menurunkan kadar air, asam lemak bebas dan bilangan peroksida. Adsorpsi dilakukan menggunakan variasi massa adsorben sebesar 3 g, 5 g, dan 7 g. Sampel yang digunakan meliputi minyak goreng baru (fortune), minyak jelantah (fortune), dan minyak hasil adsorpsi. Hasil karakterisasi *hydrochar* FKS H_3PO_4 10% memiliki kadar air 3%; kadar abu 3%; kadar zat mudah menguap 8,5%; kadar karbon terikat 85,5%, morfologi permukaan yang menunjukkan terbukanya pori-pori, serta luas permukaan 4.006 m^2/g . Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses adsorpsi terbaik diperoleh pada massa 5 g *hydrochar* FKS teraktivasi H_3PO_4 10% menunjukkan kadar air sebesar 0,096%, FFA sebesar 0,27%, dan bilangan peroksida sebesar 9,2 meq O_2/kg . Hasil tersebut sesuai dengan SNI 7709-2109 minyak goreng. Oleh karena itu, *hydrochar* FKS teraktivasi H_3PO_4 10% berpotensi sebagai adsorben ramah lingkungan dalam proses pengolahan minyak jelantah.

Kata kunci: *Hydrochar*, *Fiber* Kelapa Sawit, H_3PO_4 , Adsorpsi, Kualitas Minyak

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga skripsi ini diselesaikan tepat waktu dengan judul **“Hydrochar Fiber Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 Untuk Pengolahan Minyak Jelantah”**, sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana (S1) Sains Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo. Sholawat serta salam kita haturkan kepada junjungan kita serta panutan kita dalam segala bidang yaitu Nabi agung Muhammad SAW. Semoga kita pantas untuk mendapat syafaat beliau kelak sebagai umatnya, aamiin.

Dalam Pelaksanaan dan penyusunan Skripsi ini penulis menyadari bahwa kegiatan tidak dapat berjalan dengan baik karena dukungan, bimbingan, bantuan, dan nasihat dari beberapa pihak. Sehingga pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah Swt. yang telah memberikan kemudahan dengan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar.
2. Prof. Dr. Nizar, M. Ag selaku Rektor Univesitas Negeri Walisongo Semarang.

3. Prof. Dr. Musahadi, M. Ag sebagai Dekan Fakultas sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo
4. Ibu Mulyatun, M. Si selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
5. Ibu Dr. Ervin Tri Suryandari, M. Si selaku dosen pembimbing yang senantiasa membimbing dan memberikan arahan dengan sabar serta motivasi dalam proses penulisan.
6. Ibu Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd., selaku dosen wali yang memberikan motivasi kepada penulis.
7. Seluruh dosen jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah membekali, memberikan bekal ilmu pengetahuan dan informasi kepada penulis.
8. Bapak Karyono dan Ibu Suhartini selaku orang tua yang senantiasa memberikan dukungan serta selalu mendoakan atas kelancaran dan kemudahan yang tiada henti kepada penulis.
9. Kakak Cholis, Kakak Ani, Nabila, dan saudara lainnya selaku saudara yang selalu memberikan motivasi dan semangat.
10. Nizam afifuddin, Khofifah, Fadhila, Wafiq, Diajeng, Avira, Elisa, Alya, Windi dan Hanik selaku teman dekat yang sudah menemani, membantu, menghibur, dan memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi.

11. Abidah Romadlona, Azlal Azkiyah, Rahma, Safitri Rahmawati selaku teman dekat yang berada dirumah yang selalu memberikan dukungan dan memberikan semangat.
12. Teman-teman seperjuangan jurusan Kimia A 2021 Fakultas Sains dan Teknologi Angkatan 2021 yang telah bekerja sama sampai pada titik ini.
13. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu terima kasih atas segala dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis.

Allah SWT membalasnya dengan pahala dan kebahagiaan yang berlipat ganda, Aamiin. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan laporan ini karena terbatasnya pengetahuan penulis. Penulis mohon maaf sebesar-sebesarnya apabila masih banyak kesalahan dalam penulisan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembacanya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
A. Kajian Teori	10
1. <i>Fiber</i> (Serat) Kelapa Sawit.....	10
2. <i>Hydrothermal Carbonization</i> (HTC).....	12
3. <i>Hydrochar</i>	14
4. Aktivasi.....	15
5. Karakteristik.....	18
6. Proses Adsorpsi	23

7. Minyak Jelantah	25
8. FTIR.....	32
9. SEM.....	36
10. SAA.....	39
B. Tinjauan Penelitian Relevan.....	40
C. Hipotesis	44
BAB III METODE PENELITIAN.....	45
A. Tempat Penelitian.....	45
B. Alat dan Bahan.....	45
C. Prosedur Penelitian	46
1. Pembuatan <i>Hydrochar Fiber</i> Kelapa Sawit.	46
2. Aktivasi <i>Hydrochar Fiber</i> Kelapa Sawit.	46
3. Karakterisasi	47
a. Kadar Air.....	47
b. Kadar Abu	48
c. Uji Zat Mudah Menguap.....	48
d. Kadar Karbon Terikat	49
e. Analisis Daya Serap dan Luas Permukaan berdasarkan Bilangan Iodin	49
f. Analisis Luas Permukaan dengan <i>Surface Area Analyzer</i> (Metode BET)	51
g. Identifikasi morfologi permukaan dengan <i>Scanning Electron Microscope</i>	52

h. Identifikasi Gugus Fungsi dengan <i>Fourier Transform-Infra Red</i>	52
4. Adsorpsi Minyak Jelantah.....	53
5. Analisis Kualitas Minyak.....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
A. Preparasi dan Pembuatan <i>Hydrochar</i> dengan HTC.....	60
B. Karakterisasi	64
1. Kadar air	64
2. Kadar Abu	65
3. Kadar Zat Mudah Menguap.....	67
4. Kadar Karbon Terikat	68
5. Daya Serap terhadap Iodium	70
6. Analisis Luas Permukaan Berdasarkan Bilangan Iodin.....	71
7. Analisis Luas Permukaan Menggunakan SAA Metode BET 72	
8. Analisis Morfologi Permukaan.....	74
9. Analisis Gugus Fungsi	76
C. Proses Adsorpsi.....	79
1. Uji Organoleptik.....	81
2. Kadar Air.....	88
3. Asam Lemak Bebas	90
4. Bilangan Peroksida	93
5. Analisis Gugus Fungsi Minyak dengan FTIR	95

BAB V PENUTUP.....	101
A. KESIMPULAN	101
B. SARAN	102
DAFTAR PUSTAKA.....	103
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Fiber Kelapa Sawit.....	11
Gambar 2. 3 Struktur Hydrochar	15
Gambar 2. 4 Reaksi Pembentukan Peroksida.....	31
Gambar 2. 5 Reaksi Pembentukan FFA.....	32
Gambar 2. 6 Spektra FTIR serat tandan kosong kelapa sawit	34
Gambar 2. 7 Spektra FTIR a) minyak goreng hasil pemurnian NaCl b) Minyak Goreng Bekas c) Minyak Goreng Sawit.....	35
Gambar 2. 8 Morfologi Permukaan TKKS a). sebelum dan b). sesudah aktivasi.....	39
Gambar 4. 1 Serbuk Fiber Kelapa Sawit	61
Gambar 4. 3 hydrochar fiber kelapa sawit.....	63
Gambar 4. 4 hydrochar fiber kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10 %	64
Gambar 4. 5 Spektra FTIR Hydrochar a). FKS	76
Gambar 4. 6 a). Minyak Goreng Baru, (b). Minyak Jelantah (MJ), (c). MJ + HFKS 3 g, (d). MJ + HFKS 5 g, (e). MJ + HFKS 7 g, (f). MJ + HFKS H_3PO_4 10% 3 g, (g). MJ+ HFKS H_3PO_4 10% 5 g, (h). MJ + H FKS H_3PO_4 10% 7 g.....	81
Gambar 4. 7 Hasil FTIR a). Minyak Goreng, b). Minyak jelantah (MJ), c). MJ + hydrochar FKS, d). MJ + hydrochar FKS H_3PO_4 10%.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat Mutu Karbon Aktif SNI (06-3730-1995).....	18
Tabel 2. 2 Syarat Mutu Minyak Goreng Berdasarkan SNI- 7709-2019.....	28
Tabel 3. 1 Analisis Organoleptik Terhadap Bau	55
Tabel 3. 2 Analisis Organoleptik Terhadap Warna	56
Tabel 4. 1 Hasil Kadar Air.....	65
Tabel 4. 2 Hasil Kadar Abu	66
Tabel 4. 3 Hasil Kadar Zat Mudah Menguap	68
Tabel 4. 4 Hasil Kadar Karbon Terikat	69
Tabel 4. 5 Hasil Daya Serap terhadap Larutan Iodium	71
Tabel 4. 6 Hasil Uji Luas Permukaan dengan Larutan Iodin ..	72
Tabel 4. 7 Hasil Luas Permukaan dengan SAA	73
Tabel 4. 8 Morfologi Permukaan	74
Tabel 4. 9 Hasil Gugus Fungsi dengan FTIR.....	79
Tabel 4. 10 Hasil Mean Uji Organoleptik Aroma	83
Tabel 4. 11 Hasil Mean Uji Organoleptik Warna	86
Tabel 4. 12 Hasil Analisis Kadar Air Pada Minyak Goreng, Minyak Jelantah dan Minyak Jelantah Hasil Adsorpsi.....	89
Tabel 4. 13 Hasil FFA Pada Minyak Goreng, Minyak Jelantah dan Minyak Jelantah Hasil Adsorpsi.....	91
Tabel 4. 14 Hasil Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng, Minyak Jelantah dan Minyak Hasil Adsorpsi.....	94
Tabel 4. 15 Spektra FTIR Minyak Goreng, Minyak Jelantah, Minyak hasil adsorpsi HC FKS & HC FKS H ₃ PO ₄ 10 %.....	97

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PEMBUATAN DAN PERHITUNGAN REAGEN.	119
LAMPIRAN 2 ANALISIS DATA	123
LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI	140

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Minyak goreng merupakan salah satu kebutuhan pokok yang selalu digunakan memasak sehari-hari masyarakat Indonesia. Minyak goreng sering digunakan secara berulang kali, baik oleh pedagang kaki lima maupun rumah tangga, minyak yang telah digunakan biasanya disaring dan dipakai kembali untuk menggoreng makanan berikutnya. Pemakaian minyak goreng yang digunakan secara terus-menerus memiliki potensi besar untuk membahayakan tubuh (Adiansyah et al., 2021).

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang sudah digunakan berkali-kali untuk memasak. Biasanya minyak ini memiliki warna yang lebih gelap, bau tengik, dan tekstur yang lebih kental. Kandungan utama minyak goreng yaitu trigliserida. Trigliserida dapat dibedakan asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Minyak jelantah mengalami proses pemanasan pada suhu $160^{\circ}\text{C} - 180^{\circ}\text{C}$ dalam waktu lama mengalami reaksi hidrolisis dan oksidasi. Reaksi hidrolisis yaitu trigliserida mengalami hidrolisis atau pecahnya ikatan trigliserida sehingga menyebabkan terurai menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Gliserol dapat berubah menjadi akrolein senyawa toksik yang bersifat iritatif dan

karsinogenik (pemicu kanker) (Erni et al., 2023). Proses oksidasi yang dihasilkan dari minyak jelantah yaitu menghasilkan radikal bebas yang menyebabkan pembentukan bilangan peroksida dan hidroperoksida. Peroksida dibentuk karena asam lemak tidak jenuh dapat mengikat oksigen pada rangkapnya. Selain itu, kualitas minyak akan menurun ketika bilangan peroksida semakin tinggi (Nasrun et al., 2017). Penggunaan minyak jelantah secara terus menerus dapat membahayakan kesehatan manusia seperti menyebabkan penyakit kanker dan menurunkan kecerdasan generasi penerus bangsa. Oleh karena itu, sebagai penghematan namun tidak membahayakan kesehatan dan mudah dilakukan. Jika dikelola dengan benar, minyak jelantah masih bisa dimanfaatkan kembali salah satunya yaitu proses penjernihan minyak jelantah dengan cara adsorpsi (Oko et al., 2020)

Pengolahan minyak jelantah dilakukan dengan cara adsorpsi bertujuan untuk meningkatkan kembali kualitas minyak jelantah seperti menurunkan kadar asam lemak bebas, mengurangi bau tidak sedap, mengurangi warna gelap, mengurangi kandungan senyawa berbahaya (peroksida, akrolein, dan senyawa karsinogenik hasil degradasi minyak). Adsorpsi adalah proses pemurnian yang terjadi ketika zat

pengotor dalam cairan menempel di permukaan zat padat (adsorben). Adsorpsi merupakan suatu proses di mana partikel-partikel dari zat tertentu, baik berupa molekul, ion, maupun senyawa terlarut, menempel pada permukaan zat padat yang disebut sebagai adsorben. Mekanisme ini terjadi karena adanya gaya tarik fisik atau kimia antara permukaan adsorben dan partikel yang akan diikat (adsorbat). Metode adsorpsi memiliki kelebihan yaitu metode yang efektif dengan biaya yang terjangkau, prosesnya sederhana, dan adsorbennya dapat diregenerasi (Fauziyati, 2019). Dalam praktiknya, proses adsorpsi sangat bergantung pada luas permukaan adsorben, ukuran pori-pori, jenis gugus fungsi permukaan, suhu, waktu kontak, dan pH larutan. Adsorben dengan permukaan luas dan struktur pori yang baik, seperti *hydrochar* mampu mengikat lebih banyak senyawa pencemar secara efektif.

Hydrochar adalah suatu bentuk padatan karbon yang dihasilkan dari proses *Hydrothermal Carbonization* (HTC) terhadap bahan organik atau biomassa. Keunggulan dari metode *Hydrothermal Carbonization* antara lain adalah menghasilkan partikel dengan ukuran nano, tingkat kemurnian yang tinggi, serta distribusi partikel yang lebih homogen. Selain itu, *hydrochar* memiliki stabilitas kimia yang tinggi, struktur berpori, sifat fisik dan kimia, serta luas

permukaan tidak kalah dengan biochar (Zulfajri et al., 2021). *Hydrochar* bisa dihasilkan dari sumber daya alam seperti sekam padi, biji alpukat, lumpur, tempurung kelapa, limbah kopi, kulit jeruk bali dan kulit jeruk, hal ini mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya (Masoumi et al., 2021). *Hydrochar* yang berasal dari limbah organik disebut biosorben atau adsorben alami. Salah satu limbah organik atau biomassa yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah *fiber* (serat) kelapa sawit. Limbah *fiber* kelapa sawit, limbah yang paling besar dalam perkebunan sawit selain tandan kosong kelapa sawit (Haryanti et al., 2014). *Fiber* kelapa sawit memiliki potensi dijadikan biopot, keset, dan bahan bakar. Selain itu, bisa dijadikan adsorben berupa *hydrochar fiber* kelapa sawit. *Fiber* kelapa sawit memiliki kandungan 20-30% hemi-selulosa, 59,6% selulosa, 28,5% lignin, 3,6% protein kasar, 1,9% lemak, 5,6% abu, dan 8% zat pengotor (Ilmannafian et al., 2023). Kandungan lignoselulosa pada strukturnya mendukung pembentukan pori-pori dan luas permukaan tinggi setelah proses karbonisasi atau aktivasi. Pori-pori akan menyediakan luas permukaan yang besar, tempat zat pengotor dalam cairan terperangkap. Struktur yang berpori memungkinkan adsorben menyerap berbagai molekul seperti partikel, ion, dan senyawa organik dari minyak jelantah. Pada lignin membantu komponen

aromatik yang memberikan kekakuan dan stabilitas termal pada adsorben yang membantu terhadap suhu tinggi dan kondisi kimia saat proses pemurnian minyak (Darmawan, Ilmannafian, Kiptiah, & Sari, 2024). Cara untuk meningkatkan kemampuan kapasitas adsorpsi pada *hydrochar* salah satunya yaitu dengan dilakukan pengaktifasian. Tujuan dari aktivasi yaitu untuk menghilangkan serta melarutkan sisa-sisa pengotor atau tar yang terbentuk selama proses pemanasan secara langsung yang terdapat di dalam arang dan menghilangkan zat pengotor yang masih terkandung dalam bahan sehingga dapat meningkatkan proses adsorpsi dengan mengoptimalkan struktur pori-porinya. Aktivasi kimia adalah aktivasi yang dilakukan dengan mencampurkan senyawa kimia. Bahan kimia yang digunakan yaitu bersifat asam, oksidator, atau larutan alkali. Biasanya senyawa yang paling banyak digunakan adalah seng klorida (ZnCl_2), asam fosfat (H_3PO_4), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), kalium hidroksida (KOH), dan kalium karbonat (K_2CO_3) (Masoumi et al., 2021).

H_3PO_4 merupakan salah satu senyawa kimia yang digunakan untuk bahan aktivasi suatu karbon. H_3PO_4 berfungsi sebagai mengikat zat pengotor yang terdapat pada *hydrochar* yang semakin membuat terbukanya pori-pori. Proses aktivasi ini mengakibatkan bertambah besarnya jari-

jari pori dan luas permukaan kontak (Batdjedelik & Sumardiyono, 2024). Penggunaan senyawa tersebut dapat menghambat senyawa volatile dalam proses aktivasi, sehingga dapat meningkatkan hasil yang lebih tinggi dari proses pembuatan *hydrochar*. Syahrir et al. (2019) melakukan penelitian yang menyatakan bahwa pengaktifan karbon aktif pada sabut kelapa menggunakan senyawa H_3PO_4 10% dapat membuat suatu permukaan dan pori-porinya karbon aktif yang semula tertutup menjadi terbuka. Hal ini dapat membuat suatu karbon aktif tersebut volume maupun diameter pori menjadi bertambah luas yang dapat mempengaruhi peningkatan kualitas pada minyak jelantah yang dapat menurunkan bilangan peroksida dan bilangan asam. Maka dari itu, limbah *fiber* kelapa sawit dapat digunakan alternatif sebagai adsorben.

Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Darmawan et al. (2024) pada pemanfaatan bioadsorben limbah *fiber* kelapa sawit tanpa proses pengarangan. Serbuk *fiber* kelapa sawit diaktivasi menggunakan NaOH 1 N. Parameter yang digunakan pada pemurnian minyak jelantah yaitu kadar air, bilangan asam, asam lemak bebas, dan bilangan peroksida. Kualitas tersebut pada penambahan serbuk *fiber* kelapa sawit yang teraktivasi NaOH 1 N menurunkan kadar air yang sesuai SNI-7709:2019. Selain itu,

bilangan asam, asam lemak bebas, dan bilangan peroksida juga mengalami penurunan namun belum memenuhi standar SNI-7709-2019. Selanjutnya pada penelitian Darmawan et al. (2024) memanfaatkan *fiber* kelapa sawit untuk pemurnian minyak jelantah dan menganalisis kualitasnya. Pembuatan bioadsorben pada penelitian ini yaitu menghilangkan ligninya terlebih dahulu, selanjutnya dilakukan tahap pengarangan menggunakan metode karbonisasi suhu 250°C selama 1 jam dan mengaktivasi dengan larutan H_3PO_4 . Namun pada saat proses adsorpsi selesai dilakukan, efektivitas penurunan terhadap asam lemak bebas, bilangan peroksida, dan kadar air pada minyak jelantah belum memenuhi standar sesuai SNI-7709: 2019.

Berdasarkan penelitian terdahulu penelitian ini akan dilakukan pembuatan *hydrochar fiber* kelapa sawit yang teraktivasi H_3PO_4 10% yang sebelumnya belum pernah dilakukan. *Hydrochar* aktif H_3PO_4 10% sebagai adsorben diharapkan mampu meningkatkan kualitas pada minyak jelantah yang dapat mengurangi aroma tengik, penjernihan warna, menurunkan kadar air, bilangan peroksida, dan asam lemak bebas.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik *hydrochar* dari *fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah teraktivasi H_3PO_4 10%?
2. Bagaimana pengaruh aktivasi H_3PO_4 10% *hydrochar fiber* kelapa sawit dalam menurunkan kadar air, asam lemak bebas, dan bilangan peroksida pada minyak jelantah?
3. Bagaimana perubahan warna minyak jelantah sebelum dan setelah proses adsorpsi berdasarkan uji organoleptik?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui karakteristik *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah teraktivasi H_3PO_4 10 %.
2. Untuk mengetahui pengaruh aktivasi H_3PO_4 10% pada *hydrochar fiber* kelapa sawit dalam menurunkan kadar air, kadar asam lemak bebas (ALB), dan bilangan peroksida pada minyak jelantah.
3. Untuk menganalisis perubahan warna minyak jelantah sebelum dan sesudah proses adsorpsi berdasarkan uji organoleptik.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah referensi ilmiah terkait pemanfaatan limbah biomassa (*fiber* kelapa sawit) sebagai bahan dasar adsorben

2. Memberikan data ilmiah tentang pengaruh aktivasi kimia (H_3PO_4) terhadap karakteristik dan performa hydrochar.
3. Kualitas minyak jelantah dapat ditingkatkan sehingga berpotensi untuk digunakan kembali secara lebih aman dan mengurangi resiko kesehatan akibat penggunaan minyak terkontaminasi senyawa berbahaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. *Fiber* (Serat) Kelapa Sawit

Tanaman perkebunan terbesar di Indonesia yang dijadikan salah satu sumber minyak nabati yaitu kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan utama di Indonesia yang menghasilkan dua produk utama, yaitu minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil/CPO*) dan minyak inti sawit (*Palm Kernel Oil*). Selama proses ekstraksi minyak dari buah kelapa sawit, dihasilkan limbah padat dalam jumlah besar seperti cangkang, tandan kosong, dan *fiber* (serat) kelapa sawit. *Mesocarp fiber* adalah sisa padatan yang dihasilkan setelah buah sawit diperas untuk diambil minyaknya (Darmawan, Ilmannafian, Kiptiah, & Sari, 2024). Setiap tahun, produksi kelapa sawit mengalami peningkatan, yang secara langsung berdampak pada bertambahnya jumlah limbah yang dihasilkan. Limbah kelapa sawit merupakan sisa dari tanaman kelapa sawit atau produk sampingan dari proses pengolahannya. Limbah padat yang dihasilkan meliputi cangkang, serabut, dan tandan kosong. Dari setiap 1 ton kelapa sawit yang diolah, akan diperoleh sekitar 65 kg (6,5%) cangkang, 130 kg

(13%) serabut, dan 230 kg (23%) tandan kosong kelapa sawit (Haryanti et al., 2014). *Fiber* (serat) kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *Fiber Kelapa Sawit*
(Hikmawan et al., 2020)

Fiber (serat) kelapa sawit berasal dari bagian mesokarp buah sawit yang telah melalui proses pengepresan menggunakan *screw press*. Ukuran ini cenderung pendek, menyesuaikan dengan dimensi buah sawit itu sendiri. Limbah padat berupa *fiber* ini memiliki bentuk menyerupai rambut, berwarna coklat muda, dan terletak pada lapisan kedua buah kelapa sawit (Rahardja et al., 2022). Semakin banyaknya limbah serat kelapa sawit yang dihasilkan, maka limbah ini umumnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar di industri pengolahan kelapa sawit. Selain itu, serat kelapa sawit juga digunakan sebagai bahan keset dan media tanam seperti biopot (Patitis et al., 2024).

Fiber kelapa sawit merupakan biomassa lignoselulosa kaya serat yang mengandung 59,6% kandungan selulosa, 28,5% lignin, 20-25 % hemiselulosa 3,6% protein kasar, 1,9% lemak, 5,6% abu, dan 8% zat pengotor. Dilihat dari kadar lignoselulosa yang tinggi *fiber* kelapa sawit berpotensi besar sebagai pembuatan adsorben dan memiliki struktur molekul yang kaku dan kuat, sehingga dapat memberikan ketahanan pada adsorben (Darmawan, Ilmannafian, Kiptiah, & Sari, 2024).

2. *Hydrothermal Carbonization (HTC)*

HTC merupakan metode konversi termokimia biomassa basah menjadi produk padat yang kaya akan karbon. Proses ini berlangsung pada suhu antara 180 hingga 260°C, di mana biomassa dicampurkan dengan air dan dipanaskan dalam sistem tertutup di bawah tekanan (sekitar 2–6 MPa) selama 5 hingga 240 menit. Air dalam proses ini berperan sebagai medium reaksi hidrotermal yang memungkinkan biomassa basah dapat diubah menjadi hydrochar secara optimal. Umumnya, tekanan dalam reaktor tidak dikendalikan secara khusus dan bersifat autogenik, mengikuti tekanan uap jenuh air (air subkritis) yang sesuai dengan suhu proses. Selama tahap hidrolisis, air membantu memecah ikatan glikosidik pada selulosa dan hemiselulosa dalam biomassa, sehingga mendukung

pembentukan hydrochar berpori dalam jumlah yang lebih besar sebagai produk karbon.

Selama proses karbonisasi, biosorben mengalami beberapa reaksi yaitu hidrolisis, dehidrasi, dekarboksilasi, repolimerisasi dan aromatisasi. Reaksi hidrolisis terjadi pada molekul-molekul besar seperti selulosa, hemiselulosa, dan protein dipecah menjadi senyawa kecil karena suhu dan keberadaan air. Reaksi dehidrasi terjadi penghilangan gugus H_2O dari struktur senyawa organik, menghasilkan peningkatan kadar karbon relative dalam padatan. Reaksi dekarboksilasi yaitu pada senyawa organik akan melepaskan gugus karboksil ($COOH$) dalam bentuk gas CO_2 , yang juga meningkatkan kandungan karbon dalam produk padat. Repolimerisasi dan aromatisasi yaitu fragmen kecil hasil reaksi kemudian mengalami penggabungan ulang membentuk struktur karbon aromatik kompleks yang membentuk *hydrochar* (Kambo & Dutta, 2015).

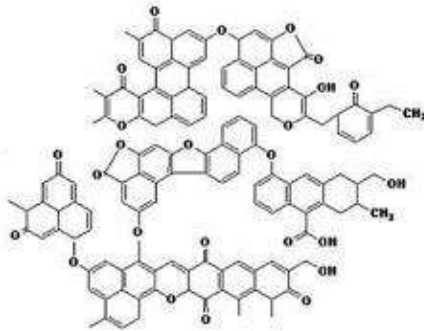
Pada proses HTC selain menggunakan air, dia juga menggunakan autoklaf yang dimana bekerja pelarut atau bahan yang terkandung di dalamnya dapat dipanaskan hingga suhu di atas titik didihnya (Retwan et al., 2024). Karena volumenya konstan sesuai dengan hukum gas ideal, tekanan di dalam autoklaf meningkat seiring dengan pemanasan. Pada proses HTC selain memiliki padatan

berpori dan mengandung karbon, kemampuan adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi yang aktif. Karena proses HTC terjadi pada suhu yang lebih rendah, sehingga menghasilkan rasio atom H/C dan O/C. Gugus inilah yang merupakan kelebihan melalui metode HTC (Askaputra & Yuliansyah, 2020).

3. *Hydrochar*

Hydrochar adalah padatan berkarbon berasal dari konversi biomassa melalui metode karbonisasi hidrotermal. *Hydrochar* adalah struktur ramah lingkungan yang dihasilkan dari dekomposisi hidrotermal dan termokimia biomassa, tidak seperti batu bara dan kokas yang dihasilkan dari bahan yang berasal dari *hydrochar* yang tidak terbarukan. *Hydrochar* memiliki posisi istimewa dibandingkan dengan biokarbon karena penghapusan prosedur pirolisis lambat, yang memerlukan konsumsi energi tinggi (Zhang et al., 2019). *Hydrochar* diproduksi melalui reaksi hidrotermal biomassa (180°-260 °C) selama 5 menit hingga 4 jam di bawah tekanan air subkritis (Masoumi et al., 2021). Mengingat karbonisasi hidrotermal terjadi pada suhu yang lebih rendah daripada biokarbon (pirolisis berlangsung dari 350°-650 °C), rasio H/C dan O/C lebih tinggi pada *hydrochar* daripada pada biokarbon. Hasil ini berarti *hydrochar* mengandung lebih banyak gugus

fungsi dalam struktur karbonnya daripada biokarbon. Jumlah gugus fungsi yang lebih tinggi sangat menguntungkan untuk penyerapan. Dengan pori dan permukaannya yang reaktif, *hydrochar* dapat digunakan sebagai adsorben murah untuk menghilangkan kontaminan logam berat dalam air (Liu & Zhang, 2009). Struktur *hydrochar* ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Struktur *Hydrochar*

4. Aktivasi

Hydrochar yang dihasilkan dari berbagai teknik hidrotermal melalui berbagai kondisi reaksi dapat menunjukkan sifat yang berbeda baik dari sifat fisik dan kimianya lebih efisien melalui berbagai modifikasi. *Hydrochar* umumnya menunjukkan luas permukaan dan porositas yang rendah karena terbentuknya hidrokarbon di permukaan, yang menghambat penerapannya sebagai

penyerap kontaminan dan katalis/penyangga katalis. Untuk meningkatkan sifat porositas permukaannya, dilakukan modifikasi/aktivasi fisik atau kimia dapat ditingkatkan (Tan et al., 2017). *Hydrochar* menunjukkan gugus fungsional permukaan dan dapat efektif untuk fungsionalisasi seperti sulfonasi atau dispersi logam pada karbon aktif yang berasal dari hidrokarbon setelah aktivasi fisik atau kimia untuk aplikasi katalitik.

Aktivasi kimia dilakukan dengan menggunakan campuran bahan kimia (misalnya asam, oksidator atau larutan alkali) dan dilanjutkan dengan proses aktivasi di reaktor fixed-bed dengan laju alir nitrogen (Ao et al., 2018). seng klorida (ZnCl_2), asam fosfat (H_3PO_4), natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCl), kalium hidroksida (KOH), dan kalium karbonat (K_2CO_3) adalah agen pengaktif kimia yang paling banyak digunakan untuk proses aktivasi kimia. Larutan alkali telah banyak dianggap sebagai agen kimia untuk mengaktifkan secara kimia hidrokarbon yang dihasilkan untuk menghilangkan zat-zat volatil yang mengakibatkan peningkatan keberadaan gugus fungsi hidrofilik, seperti gugus hidroksil dan karboksilat. Kehadiran gugus fungsi tersebut menyebabkan peningkatan penggabungan unsur-unsur logam pada permukaan padat (Azzaz et al., 2020).

Aktivator yang digunakan untuk mengaktivasi *hydrochar* yaitu H_3PO_4 . H_3PO_4 adalah senyawa yang larut dalam air dan memiliki sifat korosif terhadap logam besi dan persenyawaanya (Fakhrusy, 2015). Adapun sifat-sifatnya sebagai berikut:

Bentuk	: cair atau kristal dari tergantung dari konsentrasi dan suhu
Warna	: Tidak berwarna, beracun
Densitas	: 1,5325 gr/cm ³
Viskositas	: 2,1 cP
Titik Lebur	: 42,35 °C
Titik Didih	: 135°C
Titik Nyala	: 243,15 K
Berat Molekul	: 98 g/mol

Asam fosfat (H_3PO_4) berperan sebagai aktivator yang mampu meningkatkan kadar karbon serta membentuk struktur pori yang lebih dalam dan merata. Berdasarkan penelitian oleh Mentari et al. (2018), karbon aktif yang dibuat dari pelepah kelapa sawit menggunakan H_3PO_4 dengan konsentrasi 20% menunjukkan pola serapan pada spektrum FTIR dengan karakteristik ikatan O-H pada bilangan gelombang 3200–3500 cm^{-1} , ikatan C=O pada 1700–1820 cm^{-1} , dan ikatan C–O pada 1000–1300 cm^{-1} . Kehadiran gugus O-H, C=O dan C–O ini menandakan bahwa

bersifat lebih polar, sehingga efektif digunakan sebagai adsorben untuk senyawa-senyawa yang juga bersifat polar. Kandungan oksida yang tinggi dalam senyawa H_3PO_4 turut berkontribusi dalam memperluas luas permukaan adsorpsi, menjadikannya lebih unggul dibandingkan aktivator lain. (Hasanah et al., 2022).

5. Karakteristik

Hasil analisa *hydrochar* yang diperoleh dengan cara pemeriksaan kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat dan daya serap terhadap larutan iodin dengan metode SNI (06-3730-1995) yang bertujuan untuk mengetahui kualitas *hydrochar* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Syarat Mutu Karbon Aktif SNI (06-3730-1995)

No	Uraian	Persyaratan SNI (06-3730-1995)
1.	Kadar Air (%)	Maks. 15 %
2.	Kadar abu (%)	Maks. 10 %
3.	Kadar Zat Menguap (%)	Maks. 25 %
4.	Kadar Karbon Terikat (%)	Min. 65 %
5.	Daya Serap terhadap Iodium	Min 750 mg/g

a. Kadar Air

Perhitungan kadar air dilakukan untuk mengetahui tingkat higroskopisitas dari *hydrochar*. Sifat higroskopis

yang kuat ini menjadikan *hydrochar* efektif sebagai material adsorben. Suhu dan durasi proses karbonisasi berpengaruh besar terhadap jumlah air yang dapat diserap. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu karbonisasi, kadar air dalam *hydrochar* cenderung menurun. Aktivator yang digunakan membantu mengikat molekul air dalam *hydrochar*, sehingga memperbesar ukuran pori-porinya. Pori-pori yang lebih besar menyebabkan luas permukaan *hydrochar* meningkat, yang pada akhirnya memperkuat kemampuan adsorpsinya (Maulinda et al., 2017). Dalam analisis kadar air, tujuan utamanya adalah memperoleh *hydrochar* dengan kadar air yang rendah, karena kadar air yang tinggi dapat menurunkan kemampuan *hydrochar* dalam menyerap gas maupun uap cairan (Pari, 1996).

Uji kadar air perlu dilakukan untuk memastikan *hydrochar* tetap memiliki kualitas SNI 06.3730: 1995 maks. 15%. Jika *hydrochar* memiliki kadar air yang tinggi, maka akan menurunkan nilai kalor, sehingga mengurangi kinerjanya (Nyimas et al., 2014).

b. Kadar Abu

Kadar abu merupakan salah satu parameter yang memengaruhi kualitas *hydrochar*. Abu dianggap sebagai sisa mineral yang tertinggal setelah proses pembakaran.

Hal ini disebabkan karena bahan alami yang digunakan sebagai bahan baku *hydrochar* tidak hanya mengandung karbon, tetapi juga berbagai mineral. Sebagian mineral tersebut menguap atau hilang selama proses karbonisasi dan aktivasi, sementara sisanya diperkirakan tetap berada dalam struktur *hydrochar* (Arung et al., 2014). Penetapan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida logam yang terdapat dalam *hydrochar*. Oksida logam ini berasal dari mineral-mineral yang bersifat tidak mudah menguap (*nonvolatile*) selama proses karbonisasi. Kandungan abu yang tinggi dapat menurunkan kualitas *hydrochar*, karena abu tersebut dapat menyumbat pori-pori dan mengurangi luas permukaan karbon, sehingga menurunkan kemampuan adsorpsinya (R. Dewi et al., 2021).

Menurut standar baku SNI 06-3730:1995 kadar abu yaitu maks. 10%, jika kadar abu *hydorchar* tinggi, pori-pori akan tersumbat sehingga menjadikan luas permukaan semakin berkurang (Wilk et al., 2021)

c. Uji Zat Mudah Menguap

Kadar zat menguap pada *hydrochar* menunjukkan jumlah komponen yang dapat menguap dari suatu bahan. Zat-zat yang menguap ini umumnya berupa gas-gas mudah terbakar seperti hidrogen dan karbon monoksida,

serta sebagian kecil uap yang dapat mengalami kondensasi. Pengujian terhadap kadar zat menguap bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak senyawa volatil yang dilepaskan dari *hydrochar* (Meilianti, 2018).

Menurut SNI 06-3730:1995, kadar zat menguap (*volatile matter*) yang diperbolehkan maksimal adalah 25%. Semakin tinggi kadar zat volatil dalam *hydrochar* maka semakin rendah kualitasnya. Hal ini disebabkan karena senyawa-senyawa volatil tersebut dapat menutupi permukaan pori-pori *hydrochar* sehingga menghambat kemampuan adsorpsinya. Penurunan kadar volatil terjadi akibat terurainya senyawa-senyawa hidrokarbon padat akibat peningkatan suhu. Proses aktivasi juga berperan dalam menurunkan kandungan zat volatil pada permukaan *hydrochar* (Wilk et al., 2021).

d. Kadar Karbon Terikat

Penentuan kadar karbon terikat untuk mengetahui jumlah karbon murni yang terdapat dalam *hydrochar*. Fraksi karbon dalam *hydrochar* merupakan komponen utama hasil proses karbonisasi, selain kandungan air, abu, dan zat volatil. Oleh karena itu, kadar karbon dapat dihitung berdasarkan selisih dari total persentase komponen yang menyusun *hydrochar* (Manurung et al., 2019).

Kadar karbon terikat pada *hydrochar* sesuai SNI yaitu 06.3730: 1995 min. 65%. Tingginya kadar karbon terikat menunjukkan bahwa material memiliki kandungan karbon yang tinggi, yang berpengaruh langsung terhadap mutu adsorben, nilai kalor, dan kestabilan struktur karbon itu sendiri. Dengan demikian, analisis kadar karbon terikat menjadi aspek penting dalam menilai keberhasilan proses karbonisasi serta menentukan sejauh mana efektivitas material tersebut sebagai adsorben (Wilk et al., 2021)

e. Daya Serap terhadap Iod

Penetapan daya serap *hydrochar* terhadap iodin adalah untuk mengetahui seberapa baik *hydrochar* dapat menyerap larutan berwarna. Salah satu cara untuk menilai daya adsorpsi *hydrochar* terhadap larutan iod adalah dengan menggunakan metode titrasi iodometri. Kemampuan *hydrochar* untuk adsorpsi substrat menunjukkan keaktifannya. Angka iod yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod, menunjukkan daya adsorpsi adsorben. Semakin tinggi angka iod, semakin besar daya adsorpsi adsorben. Penambahan larutan iod bertindak sebagai adsorbat, yang akan diserap oleh *hydrochar* sebagai adsorben. Pengurangan konsentrasi larutan iod menunjukkan bahwa larutan iod terserap. Salah satu cara untuk

mengetahui daya adsorpsi *hydrochar* terhadap larutan iod adalah dengan menggunakan titrasi iometri. Kemampuan *hydrochar* untuk adsorpsi substrat menunjukkan keaktifannya. Angka iod, yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod, menunjukkan daya adsorpsi adsorben. Semakin tinggi angka iod, semakin besar daya adsorpsi adsorben. Pengurangan konsentrasi larutan iod menunjukkan penyerapan larutan iod oleh *hydrochar* sebagai adsorbatnya. Pengotor yang awalnya terletak di sekitar bagian pori dan menutupi pori terlepas atau teruapkan saat suhu meningkat, sehingga permukaan karbon aktif diperluas. Kemampuan untuk adsorpsi *hydrochar* berkorelasi positif dengan luas permukaan karbon aktif (R. Dewi et al., 2021)

6. Proses Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses menempelnya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain akibat adanya ketidakseimbangan gaya di permukaan tersebut. Zat yang menempel disebut sebagai adsorbat, sedangkan zat yang menjadi tempat menempelnya disebut adsorben. Terdapat dua jenis mekanisme adsorpsi, yaitu adsorpsi fisika (*physiosorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Pada adsorpsi fisika yaitu interaksi antara adsorbat dan adsorben

terjadi melalui gaya van der Waals. Sementara itu, adsorpsi kimia melibatkan pembentukan ikatan kimia yang disertai perubahan signifikan dalam distribusi elektron, yang dapat membentuk ikatan kovalen maupun ionik tergantung pada jenis interaksi yang terjadi antara permukaan adsorben dan molekul adsorbat (Lestari et al., 2016).

Adsorpsi merupakan suatu proses di mana molekul-molekul adsorbat terkonsentrasi pada permukaan adsorben yang terjadi di antara dua fasa berbeda. Proses ini berlangsung karena adanya gaya tarik antara permukaan padat (adsorben) dan molekul dari luar (adsorbat). Adsorpsi terjadi akibat adanya perbedaan muatan kecil antara kedua zat tersebut, yang menyebabkan partikel-partikel menempel pada permukaan dan membentuk lapisan tipis dari partikel halus di atasnya (Maulidah, 2015)

Adsorben dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu adsorben berpori (*porous sorbents*) dan adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*). Adsorben berpori memiliki luas permukaan antara 100 hingga 1000 m²/gram dan umumnya berbentuk butiran (*granular*). Jenis adsorben ini biasa dimanfaatkan sebagai penyangga katalis, pengering, serta pemisah komponen tertentu. Sementara itu, adsorben tidak berpori umumnya diperoleh melalui proses presipitasi endapan kristal, seperti pada proses

penghalusan padatan kristal atau senyawa BaSO_4 . Luas permukaan adsorben tidak berpori biasanya lebih kecil dari $10 \text{ m}^2/\text{gram}$, dengan kisaran umum antara 0,1 hingga $1 \text{ m}^2/\text{gram}$ (Miskah et al., 2018).

Beberapa faktor yang memengaruhi kemampuan adsorpsi yaitu luas permukaan pada adsorben, ukuran partikel adsorben, proses pengadukan antara adsorbat dan adsorben, dan waktu kontak pengadukan. Semakin luas permukaan adsorben maka jumlah adsorbat semakin besar daya serapnya. Semakin kecil ukuran partikelnya maka kecepatan adsorpsinya. Contoh ukuran partikel 60-200 *mesh*. Proses pengadukan dan waktu kontak mempengaruhi semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, maka semakin optimal proses difusi serta penempelan molekul adsorbat pada permukaan adsorben

7. Minyak Jelantah

Minyak goreng merupakan komponen penting dalam dunia kuliner yang umum digunakan dalam proses memasak, khususnya untuk menggoreng. Selain berfungsi sebagai penghantar panas, minyak ini juga berkontribusi terhadap rasa, tekstur, dan warna makanan yang diolah.

Minyak goreng tersusun trigliserida, yaitu senyawa kimia yang terdiri dari satu molekul gliserol yang terikat dengan tiga rantai asam lemak. Asam lemak tersebut

dibedakan menjadi dua jenis, yaitu asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh (Khuzaimah et al., 2021). Asam lemak jenuh adalah jenis asam lemak yang memiliki ikatan tunggal antar atom karbon dalam rantainya, sehingga lebih stabil dan tahan terhadap pemanasan pada suhu tinggi. Contoh dari asam lemak jenuh antara lain asam palmitat dan asam stearat. Sementara itu, asam lemak tak jenuh memiliki satu atau lebih ikatan rangkap dalam struktur molekulnya, yang membuatnya lebih rentan terhadap proses oksidasi. Meskipun demikian, asam lemak tak jenuh dianggap lebih menyehatkan, terutama yang mengandung omega-3 dan omega-6, seperti asam oleat dan asam linoleat.

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang telah digunakan berulang kali dalam proses penggorengan. Penggunaan berulang ini menyebabkan berbagai perubahan signifikan baik secara fisik maupun kimia, seperti perubahan warna, meningkatnya viskositas, munculnya bau tengik, serta terbentuknya senyawa-senyawa hasil degradasi yang berbahaya, seperti radikal bebas, FFA, aldehida, dan akrolein. Penggunaan minyak secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan akibat proses hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi. Kerusakan tersebut berdampak pada menurunnya mutu, kualitas, serta kandungan gizi makanan yang digoreng.

Selain itu, perubahan warna minyak menjadi lebih gelap juga dapat dijadikan indikator untuk menilai kualitas minyak goreng tersebut (Juhaerah et al., 2021).

Reaksi hidrolisis terjadi akibat interaksi antara air dan minyak, yang menyebabkan pemutusan ikatan asam lemak dari gliserol dalam molekul trigliserida. Proses ini menghasilkan asam lemak bebas (*Free Fatty Acid/FFA*) dan gliserol. Ketika minyak mengalami hidrolisis, bahan makanan yang digoreng akan berubah warna menjadi kecokelatan dan cenderung menyerap lebih banyak minyak.

Sementara itu, reaksi oksidasi dapat berlangsung selama penyimpanan, terutama ketika minyak terpapar udara. Kerusakan minyak atau lemak akibat oksidasi biasanya ditandai dengan timbulnya bau tengik. Hal ini disebabkan oleh reaksi oksidasi pada asam lemak tak jenuh yang dipicu oleh pemanasan, membentuk senyawa peroksida dan hidroperoksida. Tahapan berikutnya adalah pemecahan senyawa tersebut menjadi aldehida, keton, serta asam lemak bebas yang bersifat mudah menguap. Beberapa faktor yang mempercepat proses oksidasi lemak dan minyak meliputi paparan cahaya, suhu tinggi, keberadaan logam berat seperti tembaga (Cu), besi (Fe), mangan (Mn), dan kobalt (Co), logam porfirin seperti hematin, hemoglobin, mioglobin, klorofil, serta aktivitas

enzim lipoksidase. Reaksi polimerisasi juga dapat terjadi selama penggorengan, yaitu proses pembentukan senyawa dengan berat molekul tinggi yang menyebabkan minyak menjadi lebih kental. Polimerisasi ini terjadi melalui reaksi adisi antar molekul asam lemak tidak jenuh, dan biasanya ditandai dengan terbentuknya endapan menyerupai getah di dasar wajan bekas penggorengan (N. L. P. P. Dewi et al., 2022). Syarat mutu minyak goreng berdasarkan SNI-7709-2019 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Syarat Mutu Minyak Goreng Berdasarkan SNI-7709-2019

NO.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Bau	-	Normal
2.	Warna	-	Kuning – jingga
3.	Kadar air dan bahan menguap	Fraksi massa, %	Maks. 0,1
4.	Asam Lemak Bebas (dihitung sebagai asam Palmitate)	Fraksi massa, %	Maks. 0,3
5.	Bilangan Peroksida	Mek O ₂ /kg	Maks. 10

a. Organoleptik

Uji organoleptik adalah salah satu metode pengujian fisik pada minyak yang digunakan untuk menilai kualitas suatu bahan serta mengukur tingkat penerimaan terhadap suatu produk (Buluk et al., 2023). Warna merupakan salah satu komponen penting yang

menentukan kualitas dan tingkat penerimaan suatu produk pangan. Meskipun suatu bahan makanan memiliki rasa yang enak dan tekstur yang baik, tampilan warna yang kurang menarik dapat mengurangi daya tariknya dan memengaruhi penerimaan konsumen. Penilaian mutu bahan pangan dipengaruhi oleh berbagai faktor, namun secara visual, warna menjadi aspek pertama yang diperhatikan dalam menilai kualitas. Selain itu, aroma juga memiliki peran penting dalam evaluasi bahan pangan, terutama karena aroma sangat berkaitan erat dengan persepsi terhadap makanan dan minuman (Abdullah et al., 2021).

b. Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida adalah salah satu parameter kimia yang digunakan untuk mengukur tingkat kerusakan atau ketengikan pada minyak yang disebabkan oleh proses oksidasi lemak. Nilai ini menunjukkan jumlah senyawa peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk sebagai hasil awal dari oksidasi asam lemak tak jenuh dalam minyak atau lemak. Semakin tinggi angka bilangan peroksida, maka semakin besar kandungan senyawa peroksida, yang menunjukkan bahwa minyak tersebut telah mengalami degradasi dan penurunan mutu (Alkaff & Nurlela, 2020).

Bilangan peroksida muncul akibat proses oksidasi otooksidatif, yang biasanya dipicu oleh panas, cahaya, oksigen, dan adanya katalis logam seperti Fe atau Cu. Proses ini berlangsung dalam tiga tahap utama: inisiasi, propagasi, dan terminasi.

1. Proses Inisiasi (pembentukan radikal bebas)

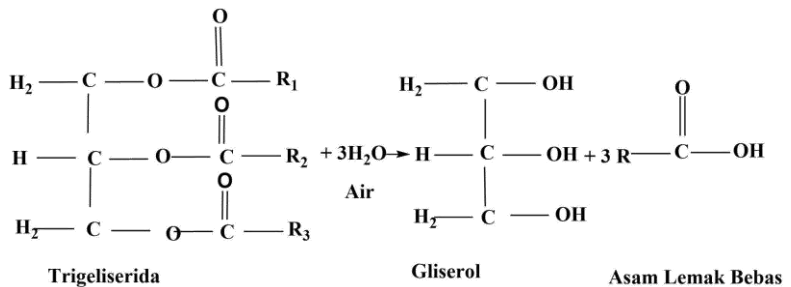
Asam lemak tak jenuh di dalam minyak mengalami penghilangan atom hidrogen akibat panas atau radikal bebas awal.

2. Propagasi (pembentukan peroksida)

Radikal alkil ($R\cdot$) bereaksi dengan oksigen (O_2) menghasilkan peroksil ($ROO\cdot$). Radikal peroksil ini kemudian menyerang molekul asam lemak lain menghasilkan senyawa hiperoksida ($ROOH$)

3. Terminasi (Penghentian Reaksi)

Dua radikal bertemu membentuk senyawa non-radikal, mengakhiri reaksi.



Gambar 2. 4 Reaksi Pembentukan FFA

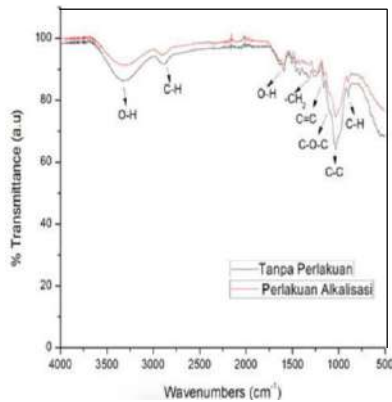
8. FTIR

Fourier transform infrared (FTIR) merupakan salah satu alat untuk merepresentasikan struktur molekul berdasarkan vibrasi atom. FTIR dapat menunjukkan sifat spesifik ikatan kimia dan struktur molekul dalam material, terutama saat menganalisis spesimen yang berkaitan dengan plastik, polimer, dan komponen organik. Puncak dan spektrum FTIR bertindak sebagai sidik jari struktur molekul dan ikatan kimia tertentu, yang memerlukan basis data referensi yang memadai untuk membedakannya (Nandiyanto et al., 2023).

Prinsip dasar FTIR adalah pengukuran serapan sinar inframerah oleh molekul suatu zat untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia yang terdapat di dalamnya. Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan teknik analisis menggunakan radiasi inframerah yang

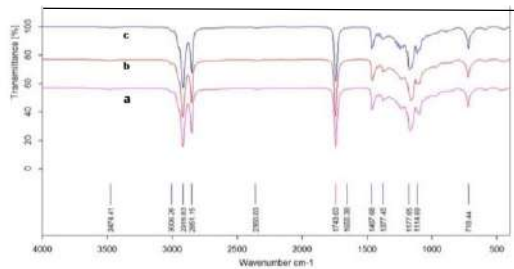
dikombinasikan dengan transformasi Fourier untuk memperoleh dan menganalisis spektrum hasil. Komponen utama dalam metode ini adalah *interferometer Michelson*, yang berfungsi untuk memecah dan menggabungkan sinyal cahaya guna mengidentifikasi frekuensi dari sinyal campuran yang dihasilkan. Cara membaca grafik pada analisis FTIR yaitu sumbu horizontal dilakukan untuk memetakan intensitas spectrum inframerah, puncak yang disebut pita absorbansi sesuai dengan berbagai getaran atom sampel saat terpapar pada daerah inframerah spectrum elektromagnetik untuk rentangnya sekitar $4.000 - 400 \text{ cm}^{-1}$. Pada sumbu vertical yaitu jumlah cahaya yang ditransmisikan atau diserap oleh bahan sampel yang dianalisis.

Pradana et al (2020) melakukan penelitian uji FTIR dengan serat tandang kosong kelapa sawit. Pada penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan lignin dengan metode alkalisasi. Pada grafik FTIR dilakukan perbandingan uji FTIR sebelum dan setelah dialkalisasi.



Gambar 2. 5 Spektra FTIR serat tandan kosong kelapa sawit
Pradana et al., 2020

Gambar 2.5 Serat tandan kosong kelapa sawit menunjukkan sebelum dan setelah alkalisasi munculnya gugus OH pada bilangan gelombang $3322,84\text{ cm}^{-1}$ dan $3333,30\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus hidroksil. Gugus C-H muncul pada bilangan gelombang $2918,62$ dan $2884,83\text{ cm}^{-1}$. O-H deformasi pada $1593,46$ dan $1592,74\text{ cm}^{-1}$. Gugus CH_2 deformasi pada $1420,29$ dan $1420,32\text{ cm}^{-1}$. Gugus $\text{C}=\text{C}$ cincin aromatik pada bilangan gelombang $1238,97$ dan $1264,50\text{ cm}^{-1}$. Gugus C-O-C *stretching* pada $1161,32$ dan $1161,69\text{ cm}^{-1}$. Gugus C-C *stretching* pada $1027,49$ dan $1028,63\text{ cm}^{-1}$. Gugus C-H deformasi pada $895,57$ dan $895,57\text{ cm}^{-1}$. Lignin ditunjukkan pada $1200\text{-}1300\text{ cm}^{-1}$ dengan gugus aromatik $\text{C}=\text{C}$.



Gambar 2. 6 Spektra FTIR a) minyak goreng hasil pemurnian NaCl b) Minyak Goreng Bekas c) Minyak Goreng Sawit
Bostan et al., 2024

Pada penelitian Bostan et al, (2024) Gambar 2.6 menunjukkan spektra FTIR minyak goreng baru, minyak goreng jelantah dan minyak jelantah yang dimurnikan dengan NaCl_2 . Pada bilangan gelombang 1743 cm^{-1} menunjukkan gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$ yaitu gugus karbonil. Terdapat bilangan gelombang pada 2851, 2916, dan 3038 cm^{-1} menunjukkan gugus C-H ($-\text{CH}_3$) metil dan ($-\text{CH}_2-$) metilen. Terdapat gugus C-O pada bilangan gelombang 1377 cm^{-1} yaitu senyawa organik seperti asam karboksilat, eter dan alkohol. Bilangan gelombang 1177 cm^{-1} menunjukkan metil ester yang termasuk dalam asam lemak rantai panjang.

9. SEM

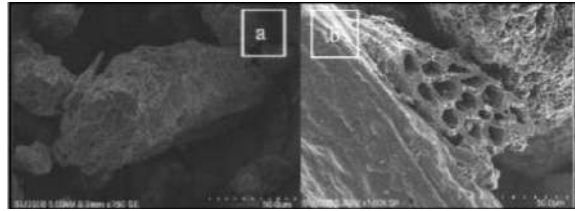
SEM (*Scanning Electron Microscopy*) adalah metode karakterisasi material yang digunakan untuk mengamati morfologi permukaan partikel hingga pada skala nanometer, mencapai ukuran sekitar 1 nm. Selain itu, SEM juga mampu mempelajari struktur dan bentuk mikroskopis pada permukaan objek yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang maupun mikroskop cahaya biasa, dengan memanfaatkan mikroskop elektron. Karakterisasi menggunakan SEM memberikan hasil visual yang lebih mudah dianalisis karena memiliki tingkat pembesaran yang tinggi serta mampu menghasilkan citra tiga dimensi (Masta, 2020).

Teknik SEM dimanfaatkan untuk mengamati berbagai aspek material seperti batas antar fasa, batas butir, distribusi partikel, tanda-tanda deformasi, serta komposisi kimianya. Dengan kemampuan pembesaran hingga 200.000 kali, SEM dapat digunakan untuk mengamati ketebalan lapisan mulai dari 200 Å hingga 0,5 µm. Perangkat utama dalam SEM terdiri dari electron gun yang menghasilkan berkas elektron, sejumlah lensa elektromagnetik untuk mengarahkan dan memfokuskan berkas tersebut, serta detektor yang menangkap berbagai jenis sinyal yang dihasilkan. Untuk memastikan berkas

elektron dapat mengenai sampel dengan maksimal, pengoperasian mikroskop ini dilakukan dalam kondisi ruang hampa (Adhika et al., 2019). Prinsip kerja SEM (Scanning Electron Microscopy) didasarkan pada sifat gelombang elektron, khususnya difraksi pada sudut yang sangat kecil. Ketika elektron diarahkan ke sampel, mereka akan tersebar akibat muatan listrik pada permukaan material. Jika sampel bersifat non-konduktif, maka perlu dilakukan pelapisan dengan logam, seperti emas (*coating*), agar dapat menghantarkan elektron secara optimal. Citra yang dihasilkan dari proses ini memperlihatkan struktur permukaan sampel yang dianalisis. Konsep awal SEM diperkenalkan oleh Max Knoll pada tahun 1935, yang juga dikenal sebagai penemu TEM (*Transmission Electron Microscopy*). SEM bekerja dengan memindai permukaan sampel menggunakan berkas elektron dan mengubah informasi hasil interaksi tersebut menjadi gambar visual. Dalam proses ini, gambar terbentuk dari deteksi elektron sekunder atau elektron pantulan (*backscattered electrons*) yang muncul dari permukaan sampel ketika terkena berkas elektron. Elektron-elektron ini kemudian diperkuat menjadi sinyal, di mana amplitudo sinyal tersebut ditampilkan dalam bentuk tingkat kecerahan atau kegelapan pada layar CRT (*cathode ray tube*). Melalui

layar ini, citra struktur permukaan objek yang telah diperbesar dapat dilihat secara jelas. Kelebihan SEM adalah kemampuannya untuk menampilkan objek dalam tampilan tiga dimensi tanpa perlu penipisan sampel, sehingga sangat efektif untuk mengamati permukaan, struktur mineral, serta bentuk dan ukuran partikel dalam material seperti batuan (Widiyastuti, 2016).

Larasati et al. (2021) melakukan penelitian tentang karbonisasi limbah kelapa sawit dengan proses hidrotermal sebagai bahan elektroda superkapasitor. Mereka menganalisis morfologi permukaan *pre-treatment* tandan kosong kelapa sawit dan setelah proses *hydrothermal carbonization* dicampur *activating agent* yaitu CaCl_2 menggunakan SEM. Hasil SEM pada gambar 2.7 menunjukkan bahwa sebelum melakukan proses *hydrothermal carbonization* dan campuran CaCl_2 menunjukkan memiliki permukaan kasar dan pori-pori tertutup dan setelah proses *hydrothermal* dan aktivasi pori-pori terbuka yang diberikan selama proses *hydrothermal carbonization* aktivasi.



Gambar 2. 7 Morfologi Permukaan TKKS a). sebelum dan b). sesudah aktivasi
Larasati et al., 2021

10. SAA

Surface Area Analyzer (SAA) merupakan salah satu instrumen penting dalam analisis karakteristik material. Alat ini digunakan untuk mengukur luas permukaan suatu bahan, distribusi ukuran pori, serta profil isoterm adsorpsi gas pada permukaan material. Prinsip kerja SAA didasarkan pada proses adsorpsi gas, seperti nitrogen, argon, atau helium, pada permukaan padatan pada suhu tetap biasanya pada titik didih gas yang digunakan. Data yang diperoleh berupa jumlah gas yang teradsorpsi pada berbagai tekanan dan suhu (dikenal sebagai isoterm) dimanfaatkan untuk menghitung parameter seperti luas permukaan spesifik, distribusi pori, dan volume pori dari material yang dianalisis (Rustanto et al., 2023).

Metode yang paling umum untuk mengetahui luas permukaan (*Surface Area Analyzer*) adalah metode

Brunauer–Emmett–Teller (BET), yang bekerja berdasarkan prinsip adsorpsi gas, umumnya menggunakan gas nitrogen (N_2) pada suhu sangat rendah, yaitu sekitar 77 Kelvin. Informasi yang diperoleh dari pengukuran ini sangat berguna untuk mengevaluasi sejauh mana suatu material dapat berfungsi secara efektif sebagai adsorben dalam berbagai aplikasi, seperti pemurnian air, pemisahan gas, maupun proses katalitik. Luas permukaan spesifik suatu material, yang dinyatakan dalam satuan m^2 per gram (m^2/g), memiliki keterkaitan langsung dengan kemampuannya dalam menyerap molekul zat terlarut. Semakin besar luas permukaan tersebut, maka semakin banyak pula situs aktif yang tersedia untuk proses adsorpsi.

B. Tinjauan Penelitian Relevan

Darmawan et al. (2024) melakukan penelitian dengan tujuan mengetahui kualitas bioadsorben dari limbah fiber kelapa sawit serta mengetahui kualitas pemurnian minyak jelantah setelah diadsorpsi dengan bioadsorben fiber kelapa sawit. Teknik pembuatan bioadsorben tidak menggunakan proses pengarangan. Serbuk *fiber* diaktivasi menggunakan larutan NaOH 1 N. Kualitas bioadsorben dari fiber kelapa sawit telah memenuhi standar SNI 06-373-1995. Penelitian ini menggunakan variasi massa bioadsorben dan waktu pengadukan tanpa pemanasan untuk proses adsorpsi

parameter minyak jelantah. Proses adsorpsi minyak jelantah mengalami penurunan pada waktu pengadukan yang lama dengan menghasilkan kadar air sebesar 0,1 %; bilangan asam sebesar 1,54 mg KOH/g; asam lemak bebas sebesar 0,77 %; dan bilangan peroksida sebesar 15,91 meq O²/kg. Proses adsorpsi tersebut mengalami penurunan pada minyak jelantah, namun belum memenuhi SNI-7709:1995 pada bilangan peroksida dan asam lemak bebas.

Ilmannafian et al. (2023) melakukan penelitian dengan tujuan mengetahui bioadsorben serabut kelapa sawit dan efektivitas dalam pemurnian minyak jelantah. Metode pembuatan bioadsorben pada penelitian ini tidak menggunakan proses pengarangan. Bioadsorben teraktivasi H₃PO₄ 0,25 N. Pada penelitian ini dihasilkan bioadsorben dalam proses adsorpsi minyak jelantah belum memenuhi standar sesuai SNI-7709:1995. Pada saat proses adsorpsi dilakukan variasi massa bioadsorben dan waktu kontak. Terjadi penurunan yang besar pada massa 5 g selama 60 menit dimana kadar air 0,20 %; bilangan asam 1,73 mg KOH/g; dan bilangan peroksida 1,97 meq O²/kg.

Husna et al. (2024) melakukan penelitian dengan tujuan menganalisis kualitas bioadsorben limbah fiber kelapa sawit dengan aktivasi NaOH 0,25 N dan penambahan *bleaching heart* sebagai adsorben minyak jelantah sesuai SNI-7709-

1995. Pada pembuatan bioadsorben menggunakan teknik pengarang dengan tanur 250°C selama 1 jam. Berdasarkan penelitian, minyak jelantah yang dilakukan proses adsorpsi belum memenuhi standar sesuai SNI, dimana kadar air sebesar 0,4 %; asam lemak bebas 1,175 %; bilangan asam 2,378 mg KOH/g; dan bilang peroksida 12,643 meq O₂/kg.

Jian et al. (2018) melakukan penelitian dengan tujuan memanfaatkan sekam padi sebagai biochar dengan menentukan metode karbonisasi hidrotermal (*hydrochar*) dengan pirolisis (pirochar) untuk penyerapan metilen biru, iodin, dan tembaga. Berdasarkan penelitian, didapatkan penghilangan ion metilen biru, iodium, dan tembaga dari, biochar secara karbonisasi hidrotermal menunjukkan afinitas yang lebih besar dari pada biochar pirolisis. Selain itu, banyaknya kandungan karbon pada *hydrochar* lebih tinggi, serta kandungan oksigen lebih rendah dari pirochar.

Askaputra & Yuliansyah (2020) melakukan penelitian efektivitas adsorpsi *hydrochar* tempurung kelapa sawit teraktivasi KOH 0,5 N terhadap limbah cair metilen biru. Pada penelitian ini menggunakan variasi suhu proses HTC, konsentrasi aktivasi serta waktu pengadukan proses adsorpsi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan nya, kapasitas adsorpsi limbah cair metilen biru sebesar 99,42%. Pengaruh suhu mempengaruhi daya adsorpsi, semakin tinggi

suhu proses pengarangan semakin turun daya adsorpsinya. Pada pengaruh konsentrasi dan waktu pengadukan dapat meningkatkan daya adsorpsinya.

Syahrir et al. (2019) melakukan penelitian efektivitas adsorben arang aktif sabut kelapa teraktivasi H_3PO_4 10 % dalam pemurnian minyak goreng. Berdasarkan hasil penelitian proses pemurnian minyak goreng dengan penambahan arang aktif sabut kelapa dengan variasi suhu perendaman 30°C, 60°C, 90°C, 110°C, dan 140°C dengan waktu 1 jam. Hasil menunjukkan efektivitas adsorben arang aktif sabut kelapa mampu menurunkan bilangan peroksida dan bilangan asam. Nilai tersebut sudah memenuhi standar SNI minyak goreng 3741: 2013.

Penelitian ini akan menggunakan *hydrochar fiber* kelapa sawit untuk dijadikan adsorben untuk pengolahan minyak jelantah. Kandungan selulosa yang terdapat pada *fiber* kelapa sawit mampu menyerap parameter minyak jelantah, karena memiliki karbon berpori yang berfungsi pada proses adsorpsi. Selain itu, *hydrochar fiber* kelapa sawit memiliki gugus aktif -OH yang berpotensi untuk penyerapan pada minyak jelantah untuk menurunkan parameternya. *Hydrochar fiber* kelapa sawit memiliki kapasitas adsorpsi masih rendah, ukuran partikel masing bersifat mikro, sehingga untuk meningkatkan adsorpsinya, dalam penelitian

ini dilakukan penggunaan aktivator H_3PO_4 . Penelitian ini dilakukan proses adsorpsi dengan pembuatan *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 untuk adsorpsi terbaik yang diharapkan dapat menurunkan kadar bilangan peroksida, dan asam lemak bebas

C. Hipotesis

Arang aktif berasal dari serabut kelapa yang diaktivasi dengan H_3PO_4 10% dapat digunakan untuk pemurnian minyak jelantah. Jika *hydrochar fiber* kelapa sawit diaktivasi dengan H_3PO_4 10% maka dapat digunakan juga untuk pemurnian minyak jelantah. Hal ini terjadi karena *hydrochar fiber* kelapa sawit yang diaktivasi memiliki pori lebih banyak dan luas permukaan lebih besar. Adanya pori-pori tersebut akan menunjang proses adsorpsi.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Kampus 2 UIN Walisongo Semarang.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik, gelas beaker (*pyrex*), oven, *furnace*, blender, ayakan 80 *mesh*, kertas saring, penguji pH, cawan porselein, cawan krus, desikator, erlenmeyer, corong, batang pengaduk, magnetic stirrer, satu set alat titrasi, corong pisah, puchner, neraca, stopwatch, *Fourier Transform- Infra Red* (FT-IR) (*Shimadzu type FT-IR-8201 PC*), *Scanning Electron Microscope* (SEM) (*Thermo Scientific Phenom Pro-X*), dan *Surface Area Analyzer* (SAA) (*Quantachrome instrument type nova 1200 e*).

Bahan yang digunakan yaitu, *fiber* kelapa sawit, minyak goreng, minyak jelantah, H_3PO_4 (p.a, Merck), aquades, larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (p.a, Merck), Indikator PP (p.a, Merck), iod (p.a, Merck), KI, asam asetat glasial (p.a, Smart-lab), kloroform (p.a, Smart-lab), amylum (p.a, Merck), NaOH (p.a, Merck), KI (p.a, Merck), etanol (p.a, Smart-lab) dan KI (p.a, Merck).

C. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit*.

Fiber kelapa sawit terlebih dahulu dicuci hingga bersih menggunakan air, kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama satu hari, Setelah itu, serat dikeringkan lebih lanjut dalam oven pada suhu 105°C selama satu jam. *Fiber* yang telah kering dihancurkan menggunakan blender dan diayak dengan saringan berukuran 80 *mesh*. Serbuk *fiber* kelapa sawit diambil 25 g ditambahkan air deionisasi sebanyak 75 mL (1:3) dimasukkan ke dalam *reactor autoclaf* dan dimasukkan dalam *furnace* pada suhu 180°C selama 1 jam. *Reactor autoclaf* didinginkan sampai suhu ruang dan produk yang dihasilkan disaring, kemudian keringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai massa konstan (Larasati et al., 2021). Padatan yang dihasilkan yaitu *hydrochar fiber* kelapa sawit (HC FKS). Karakterisasi *hydrochar fiber* kelapa sawit dengan menguji kualitas fisik yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, dan daya serap Iodium serta karakterisasi menggunakan FTIR, SEM, dan SAA.

2. Aktivasi *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit*.

Hydrochar fiber kelapa sawit diambil 10 g direndam dengan larutan H₃PO₄ 10 % (1:10) sebanyak 100 g dan

direndam selama 24 jam. Campuran yang terbentuk dipisahkan dan dibilas menggunakan aquades sampai pH netral (pH aquades). *Hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10% dikeringkan dalam oven suhu 105°C selama 4 jam, selanjutnya didinginkan dalam desikator (Lubis et al., 2023). Padatan yang dihasilkan yaitu *hydrochar fiber* kelapa sawit (HC FKS H_3PO_4 10%). Karakterisasi *hydrochar fiber* kelapa sawit H_3PO_4 10% teraktivasi dengan menguji kualitas fisik yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, kadar karbon terikat, dan daya serap Iodium serta karakterisasi menggunakan FTIR, SEM, dan SAA.

3. Karakterisasi

a. Kadar Air

Cawan porselein (W_1) ditimbang, kemudian diisi 1 g *hydrochar fiber* kelapa sawit dan *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10% (W_2) ke dalam cawan, selanjutnya dipanaskan pada suhu 105°C ke dalam oven. Sampel didinginkan dalam desikator kemudian timbang sampai massa konstan (W_3) (Lubis et al., 2023). Untuk penentuan kadar air dihitung dengan Persamaan 3.1.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dengan a yaitu kadar air (%), W_1 adalah massa cawan porselein (g), W_2 yaitu massa cawan porselein dan sampel awal, dan W_3 yaitu massa cawan porselein dan sampel akhir (g).

b. Kadar Abu

Sampel hasil uji kadar air (W_3) dimasukkan ke dalam cawan krus dan ditutup (W_1). Cawan krus dan isinya dipanaskan pada *furnace* pada suhu 600°C selama 2 jam. Cawan dimasukkan ke dalam desikator dan timbang (W_2) (Tani & Lumingkewas, 2022). Untuk penentuan kadar abu dihitung dengan Persamaan 3.2.

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{W_1 - W_2}{W_3} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dengan (b) yaitu kadar abu (%), W_1 adalah massa cawan krus dan sampel sebelum dikarbonisasi (g), W_2 adalah massa sampel akhir dengan cawan krus (g), dan W_3 adalah massa sampel analisis yang digunakan (g)

c. Uji Zat Mudah Menguap

Sampel hasil uji kadar abu didalam cawan krus (W_1) dipanaskan pada suhu 900°C selama 6 menit ke dalam *furnace*. Keluarkan dan dinginkan pada suhu ruang, selanjutnya masukkan ke dalam desikator dan timbang

(W_3) (Tani & Lumingkewas, 2022). Penentuan kadar zat menguap dihitung dengan Persamaan 3.3.

$$\% \text{ Kadar Zat Menguap} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dengan (c) yaitu kadar Zat mudah menguap (%), W_1 adalah massa cawan krus dan tutup (g), W_2 adalah massa cawan krus dan sampel sebelum dipanaskan (g), dan W_3 adalah massa cawan krus dan sampel sesudah dipanaskan (g).

d. Kadar Karbon Terikat

Untuk penentuan kadar karbon terikat dihitung dengan Persamaan 3.4.

$$\% \text{ Karbon Terikat} = 100\% - (a + b + c) \quad (3.4)$$

Dengan a yaitu kadar air (%), b yaitu kadar abu (%), dan c yaitu kadar zat mudah menguap (%).

e. Analisis Daya Serap dan Luas Permukaan berdasarkan Bilangan Iodin

Hydrochar fiber kelapa sawit dan *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10% diambil masing-masing sebanyak 0,5 g ke dalam Erlenmeyer dan tutup, di tambahkan 25 mL larutan iodin 0,1 N dan dikocok selama 15 menit pada suhu kamar. Masing-masing campuran dipindahkan ke dalam *centrifuge* sampai sampel turun dan cairannya bening. Cairan bening diambil sebanyak 10 mL

dan titrasi dengan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N. Jika sudah muncul warna kuning dari larutan samar tambahkan larutan amilum 1% sebagai indikator. Titrasi kembali sampai muncul warna biru hilang dan catat volume terakhir $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N (Huda et al., 2020). Untuk menentukan Daya Serap terhadap Iodium dihitung dengan Persamaan 3.5.

$$\text{mg/g Daya Serap } I_2 = \frac{\left(10 - \frac{T \times C_1}{C_2}\right) \times W_1 \times F_p}{\text{berat sampel hydrochar}} \quad (3.5)$$

Dengan 10 adalah sampel iod (mL), T adalah volume akhir titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ yang diperlukan (mL), C_1 adalah konsentrasi (M) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N), C_2 adalah konsentrasi Iodin (N), W_1 adalah berat iodin (126,93 mg/ml), F_p adalah faktor pengenceran (1).

Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan luas permukaan *hydrochar* sebelum dan setelah diaktivasi berdasarkan dari bilangan iodin (daya serap) dihitung dengan Persamaan 3.6.

$$S_1 = \frac{IN \cdot 10^{-3}}{M_1} N \omega_1 \quad (3.6)$$

Dengan S_1 adalah luas permukaan spesifik berdasarkan bilangan iodin, M_1 adalah massa molar iodium (I) = 126,92 gr/mol, IN adalah bilangan iodin (mg/g), N adalah bilangan Avogadro ($6,023 \times 10^{23}$

gr/mol) dan ω_1 adalah luas permukaan yang ditempati oleh 1 molekul iodine ($0,2096 \times 10^{-18} \text{ nm}^2$).

f. Analisis Luas Permukaan dengan *Surface Area Analyzer* (Metode BET)

Pada penentuan luas permukaan dilakukan pada sampel *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah teraktivasi H_3PO_4 10%. Sampel dimasukkan ke dalam sampel sel yang bersih, kemudian menyusun sel sampel ke dalam tempat *degassing*. Nyalakan *heating mantle*, atur suhu hingga 105°C selama 15 menit. Setelah load menu degass tekan tombol ESC. Atur kecepatan keluarnya gas N_2 2 gelembung/detik. Masukkan *metal flow tube* dalam sampel, tunggu sampai tidak ada uap yang keluar. Kemudian putar valve dan matikan heating mantle. Sampel dalam sel sampel yang mengalami degassing, dimasukkan dalam batang kuarsa. Kemudian di set pada holder station dengan urutan o-ring, adaptor slave dan knurled retainer ring. Tuangkan nitrogen cair kedalam dewar dan set alatnya. Jalankan file *Novawin* di start program dan *login* dengan user *Nova*, tekan operation dan pilih start analisis (Perwira et al., 2018).

g. Identifikasi morfologi permukaan dengan *Scanning Electron Microscope*

Pada penentuan morfologi permukaan dilakukan pada sampel *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan sesudah teraktivasi H_3PO_4 10%. Sampel dicoating terlebih dahulu, kemudian direkatkan ke dalam SEM specimen holder khusus, kemudian dilakukan pengamatan dan pengukuran secara kualitatif terhadap sampel yang dianalisis dengan menggunakan SEM (Maslahat et al., 2022).

h. Identifikasi Gugus Fungsi dengan *Fourier Transform-Infra Red*

Identifikasi gugus fungsi ini dilakukan untuk sampel sebagai berikut:

- 1) *Hydrochar fiber* kelapa sawit
 - 2) *Hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10%
 - 3) Minyak goreng baru
 - 4) Minyak jelantah sebelum proses adsorpsi
 - 5) Minyak jelantah setelah proses adsorpsi
- Sampel serbuk

Sampel diambil 1 mg dan dicampur dengan serbuk KBr sekitar 200 mg dan dibentuk menjadi pelet. Pelet sampelnya adalah kemudian analisis dengan panjang

gelombang (λ) 400-4000 cm^{-1} pada alat spektro FTIR (Kunusa et al., 2021).

➤ Sampel cair

Gunakan dua lempeng transparan terhadap sinar inframerah, seperti NaCl atau KBr, sebagai pelat sel cair. Sebelum digunakan, pelat dibersihkan menggunakan pelarut seperti etanol atau aseton, kemudian dikeringkan dengan kain lembut yang tidak meninggalkan serat. Jika diperlukan, pasang spacer (pembatas ketebalan) dari bahan seperti teflon di antara kedua pelat untuk mengatur ketebalan lapisan sampel. Setelah itu, teteskan sampel secara perlahan di tengah pelat bagian bawah, lalu tutup dengan pelat atas dengan hati-hati agar cairan merata dan membentuk lapisan tipis. Selanjutnya, pasang sel cair yang sudah berisi sampel padaudukan (holder) di jalur optik alat FTIR. Lakukan pemindaian dalam rentang bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} .

4. Adsorpsi Minyak Jelantah

Sebanyak 100 mL minyak jelantah yang telah disaring terlebih dahulu dipanaskan pada suhu 110°C. Setelah mencapai suhu tersebut, ditambahkan *hydrochar* FKS dan FKS H_3PO_4 10%, dengan variasi 3 g, 5 g, dan 7 g. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 250 mL dan diaduk menggunakan

magnetic stirrer selama 60 menit dengan kecepatan konstan (Wahyudi et al., 2023). Pisahkan campuran dengan kertas saring, selanjutnya filtrat dianalisis uji organoleptik seperti bau dan warna, serta kualitas minyak ditinjau dari kadar air, bilangan peroksida, asam lemak bebas dan analisis gugus fungsinya.

5. Analisis Kualitas Minyak

a. Uji Organoleptik

Uji fisik ini dilakukan dengan cara uji organoleptik terhadap bau dan warna minyak goreng.

1) Bau

Diambil sampel hasil dari adsorpsi minyak jelantah secukupnya dan letakkan di dalam gelas beaker. Lakukan analisis bau sampel dari jarak 5 cm dengan 25 orang panelis (Misrawati et al., 2015).

Tabel 3. 1 Analisis Organoleptik Terhadap Bau

No	Nama Sampel	Analisis Bau		
		Tidak berbau	Agak Tengik	Tengik
1.	Minyak Goreng Baru			
2.	Minyak Jelantah (MJ)			
3.	MJ + HC FKS 3 g			
4.	MJ + HC FKS 5 g			
5.	MJ + HC FKS 7 g			
6.	MJ + HC FKS H ₃ PO ₄ 10 % 3 g			
7.	MJ + HC FKS H ₃ PO ₄ 10 % 5 g			
8.	MJ + HC FKS H ₃ PO ₄ 10 % 7 g			

Sumber : (Ariani et al., 2017)

Keterangan : ✓ bila selesai menganalisis

2) Warna

Diambil sampel hasil dari adsorpsi minyak jelantah secukupnya dan letakkan di dalam gelas beaker. Lihat warnanya menggunakan 25 orang panelis. (Misrawati et al., 2015).

Tabel 3. 2 Analisis Organoleptik Terhadap Warna

Sampel	Analisis Warna					
	Kuning Jernih	Orange	Kuning Kecoklatan	Coklat kekuningan	Coklat	Coklat Kehitaman
Minyak Goreng Baru						
Minyak Jelantah (MJ)						
MJ + HC FKS 3 g						
MJ + HC FKS 5 g						
MJ + HC FKS 7 g						
MJ + HC FKS H ₃ PO ₄ 10 % 3 g						
MJ + HC FKS H ₃ PO ₄ 10 % 5 g						
MJ + HC FKS H ₃ PO ₄ 10 % 7 g						

Sumber : (Apriyani et al., 2023)

Keterangan : ✓ bila selesai menganalisis

b. Kadar Air dan Bahan Menguap

Cawan dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit, kemudian timbang (W_0). Minyak goreng baru, minyak jelantah, dan adsorpsi minyak jelantah dengan *hydrochar* sebelum dan setelah teraktivasi H₃PO₄ 10 % diambil 5 g ke dalam cawan, tutup, dan timbang (W_1). Cawan yang berisi sampel dan di tutup dimasukkan ke

dalam oven pada suhu 105°C selama 4 jam. Sampel dikeluarkan dan dinginkan dalam desikator. Lakukan percobaan ini sehingga diperoleh bobot konstan (Paputungan, 2018). Hitung kadar air dan bahan menguap dihitung dengan Persamaan 3.7.

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100 \% \quad (3.7)$$

Dengan W_0 adalah massa cawan kosong dan tutupnya (g), W_1 adalah massa cawan yang berisi sampel sebelum dikeringkan dan tutupnya (g), dan W_2 adalah massa cawan yang berisi sampel setelah dikeringkan dan tutupnya (g).

c. Asam Lemak Bebas (SNI 7709:2019)

Minyak goreng baru, minyak jelantah, dan minyak jelantah hasil adsorpsi diambil 5 g sampel hasil adsorpsi (W) ke dalam erlenmeyer. Larutkan dengan etanol sebanyak 10 mL dan tambahkan beberapa tetes indikator PP. Titrasi campuran tersebut dengan NaOH 0,1 N (N) sampai berubah warna merah muda dan dilakukan dengan cara menggoyangkan erlenmeyer selama titrasi. Catat volume NaOH yang sudah berubah warna (V) (Rostina et al., 2022). Untuk menentukan asam lemak bebas dihitung dengan Persamaan 3.8.

$$\% \text{ FFA} = \frac{256 \times V \times N}{W \times 1.000} \times 100\% \quad (3.8)$$

Dengan BM (Asam Lemak) adalah berat molekul NaOH, V adalah volume akhir titrasi larutan NaOH (mL), N adalah normalitas larutan NaOH (N), dan W adalah bobot sampel yang diuji (g).

d. Bilangan Peroksida

Minyak goreng baru, minyak jelantah, dan adsorpsi minyak jelantah dengan *hydrochar* sebelum dan setelah teraktivasi H_3PO_4 10% diambil 5 g kedalam erlenmeyer 250 mL tertutup, kemudian tambahkan 18 larutan asam asetat glasial dan 12 kloroform dan ditutup. Larutan di goyang-goyangkan sampai campuran terlarut semua, kemudian tambahkan 0,5 mL larutan KI jenuh. Larutan di kocok kurang lebih 1 menit, kemudian tambahkan aquades sebanyak 30 mL. Penentuan bilangan peroksida minyak, tambahkan larutan 0,5 mL amilum 1% dan titrasi. Di kocok secara kuat untuk menghilangkan semua iod dari lapisan pelarut hingga warna biru hilang. Selanjutnya, lakukan penetapan 3 kali (perlakuan ini sama dengan metode yang dilakukan sebelumnya (Rostina et al., 2022). Bilangan Peroksida dinyatakan sebagai meq O_2/kg menggunakan Persamaan 3.9.

$$(\text{mek } \text{O}_2/\text{kg}) \text{ BP} = \frac{1000 \times N \times (V_0 - V_1)}{W} \quad (3.9)$$

Dengan N adalah normalitas larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N (N), V_0 adalah volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N yang diperlukan pada titrasi sampel (mL), V_1 adalah volume larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01 N yang diperlukan pada blanko (mL), dan W adalah bobot minyak hasil adsorpsi (g).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil penelitian beserta pembahasannya mengenai pemanfaatan *hydrochar* dari *fiber* kelapa sawit yang diproses melalui metode *Hydrothermal Carbonization* (HTC) dan diaktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 10%. *Hydrochar* yang diperoleh, baik sebelum maupun sesudah proses aktivasi, kemudian dikarakterisasi melalui pengujian kadar air, kadar abu, zat volatil, kandungan karbon, serta uji daya serap terhadap iodium. Selain itu, karakterisasi lanjutan dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer FTIR, SEM, dan (SAA). Dalam penelitian ini, *hydrochar fiber* kelapa sawit diaplikasikan sebagai adsorben untuk menyerap kandungan dalam minyak jelantah, yang terbukti mampu menurunkan nilai bilangan peroksida dan kadar asam lemak bebas, serta memperbaiki warna dan menghilangkan bau tengik pada minyak. Penelitian ini juga membandingkan kemampuan adsorpsi antara *hydrochar* sebelum dan sesudah proses aktivasi dengan H_3PO_4 10%.

A. Preparasi dan Pembuatan *Hydrochar* dengan HTC

Fiber kelapa sawit yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Kalimantan Tengah di desa Pangkalan Bun. *Fiber* kelapa sawit dibersihkan menggunakan air bersih untuk menghilangkan pengotornya, setelah itu dilakukan

pengeringan di bawah sinar matahari dan pengovenan 4 jam bertujuan untuk menghilangkan kelembaban (kadar air) (Hermiati et al., 2016). *Fiber* kelapa sawit yang sudah kering dihaluskan untuk memperkecil ukurannya. *Fiber* kelapa sawit diayak menggunakan 80 mesh untuk mendapatkan ukuran yang seragam (Astari & Utami, 2018). Serbuk *fiber* kelapa sawit (FKS) yang dihasilkan berwarna coklat kehitaman dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Serbuk *Fiber* Kelapa Sawit

Serbuk *fiber* kelapa sawit di karbonisasi dengan metode (HTC) *Hydrothermal Carbonization* dengan memasukkan 25 g serbuk *fiber* kelapa sawit dilarutkan terlebih dahulu menggunakan air sebanyak 75 mL ke dalam gelas beaker bertujuan agar tercampur rata antara serbuk dan air, selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam *reactor autoclave* dan tutup rapat. Reaktor autoklaf dimasukkan ke dalam *furnace* pada suhu 180°C selama 1 jam. Pelarut air bertujuan sebagai pelarut dan reaktan (Fitasari et al., 2022).

Penggunaan suhu 180°C menyebabkan terjadinya penyusutan massa, jika semakin tinggi suhu dalam proses karbonisasi hidrotermal, maka akan merusak ikatan hidrogen, sehingga dapat membentuk gugus hidroksil dan berbagai gugus fungsi lainnya (Gao et al., 2021). Namun, jika karbonisasi dilakukan pada suhu yang terlalu tinggi, mineral-mineral yang terkandung dalam *fiber* kelapa sawit dapat hilang, kemudian menghasilkan abu, dan menurunkan jumlah karbon yang terbentuk. Proses ini melibatkan kandungan selulsa dan hemiselulosa terhidrolisis kemudian membentuk senyawa-senyawa terlarut dan partikel karbon, kemudian lignin mengalami kondensasi dan polimerisasi yang memperkaya struktur aromatik pada *hydrochar* dan akan terbentuk gugus fungsi fungsional seperti -OH, -COOH, dan C=O.

Hydrcohar yang dihasilkan kemudian dipisahkan dari filtratnya. Residu dikeringkan pada suhu 105°C selama 4 jam. Pengeringan ini bertujuan untuk menurunkan kadar air dan menghindari pertumbuhan jamur, sehingga *hydrochar* dapat disimpan dalam jangka waktu yang lebih lama dan tetap sesuai untuk digunakan dalam penelitian (Fitasari et al., 2022). *Hydrochar fiber* kelapa sawit yang dihasilkan berbentuk serbuk berwarna hitam kecoklatan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 *hydrochar fiber kelapa sawit*

Serbuk *hydrochar* 10 g diaktivasi dengan 100 mL larutan H_3PO_4 10% direndam selama 24 jam dengan yang bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang masih menutupi pori-pori *hydrochar* ikut terlepas (menguap). Campuran tersebut disaring yang bertujuan untuk mempertahankan keseragaman ukuran partikel. Proses aktivasi bertujuan untuk membersihkan atau melarutkan sisa-sisa senyawa hasil pemanasan yang masih tertinggal di dalam pori-pori arang. Menurut penelitian Esterlita dan Herlina, penggunaan aktivator H_3PO_4 mampu mengaktivasi bahan lignoselulosa karena kandungan oksigennya yang tinggi dan dapat bereaksi dengan gugus fungsi yang mengandung oksigen pada *hydrochar*. Campuran dicuci dengan aquades hingga pH-nya mendekati netral aquades. Proses pencucian ini dilakukan untuk menetralkan *hydrochar* pasca aktivasi serta menghilangkan pengotor yang masih tersisa pada *hydrochar fiber* kelapa sawit. Padatan hasil filtrasi dikeringkan dalam

oven pada suhu 105°C selama 4 jam untuk menghilangkan kandungan air sepenuhnya (Neolaka et al., 2022). Diperoleh padatan berbentuk pada Gambar 4.3 berwarna hitam.



Gambar 4. 3 *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10 %

B. Karakterisasi

1. Kadar air

Penentuan kadar air merupakan salah satu sifat kimia yang menunjukkan sifat kelembaban dari *hydrochar* sebelum maupun setelah diaktivasi. Prinsip penentuan kadar air yaitu dengan memanaskan *hydrochar fiber* sawit dan *hydrochar* aktif kelapa sawit di dalam oven pada suhu 105°C sampai ditemukannya hasil yang konstan. Tujuan dipanaskan pada suhu tersebut yaitu untuk menguapkan kandungan air yang ada di dalam *hydrochar* secara maksimal (Sari et al., 2023).

Tabel 4. 1 Hasil Kadar Air

Sampel	Hasil Uji	SNI 06-3730-1995
HC FKP	7%	
HC FKP + H ₃ PO ₄ 10%	3%	Maks. 15%

Berdasarkan Tabel 4.1 kadar air pada *hydrochar fiber* kelapa sawit tanpa aktivasi sebesar 7% dan setelah diaktivasi dengan H₃PO₄ 10% sebesar 3%. Hal ini menunjukkan kualitas *hydrochar* sebelum dan setelah diaktivasi memenuhi kualitas SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal 15%. Kandungan kadar air setelah aktivasi menggunakan H₃PO₄ 10% lebih kecil, dapat dibuktikan bahwa zat pengaktivasi juga mempengaruhi kadar air suatu *hydrochar*. Terikatnya molekul air yang ada pada *hydrochar* aktif oleh aktivator menyebabkan pori-pori *hydrochar* semakin besar. Semakin rendah kadar air menunjukkan sedikitnya air yang tertinggal dan menutupi pori *hydrochar* (Verayana et al., 2018).

2. Kadar Abu

Pengujian untuk mengetahui jumlah kandungan oksida logam yang masih tersisa dalam *hydrochar*, baik sebelum maupun sesudah aktivasi. Beberapa jenis oksida mineral yang umumnya terdapat dalam *hydrochar* meliputi silikon, sulfur, kalsium, serta unsur lainnya dalam konsentrasi kecil. Dalam pengujian kadar abu ini dilakukan pemanasan ke

dalam *furnace* pada *hydrochar fiber* kelapa sawit dan *hydrochar fiber* sawit teraktivasi H_3PO_4 10% suhu 600°C selama 2 jam dan didinginkan di dalam desikator dan ditimbang. Hasil yang didapatkan pada pemanasan tersebut yaitu berupa abu oksida oksida logam yang terdiri dari mineral yang tidak mudah menguap/hilang pada proses pengabuan dan tetap tertinggal dalam alat pengabuan (Lestari et al., 2016).

Tabel 4. 2 Hasil Kadar Abu

Sampel	Hasil Uji	SNI 06-3730-1995
HC FKP	4,3%	
HC FKP + H_3PO_4 10%	3%	Maks. 10%

Berdasarkan Tabel 4.2 *hydrochar* sebelum dan sesudah diaktivasi H_3PO_4 10% memenuhi kualitas SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal 10%, dimana kadar abu dari *hydrochar fiber* kelapa sawit 4,3% dan *hydrochar fiber* kelapa sawit H_3PO_4 10% sebesar 3%. *Hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10% memiliki kadar abu yang rendah dibandingkan sebelum diaktivasi, hal ini menunjukkan adanya activator asam yang mampu melarutkan oksida-oksida logam (Tani & Lumingkewas, 2022). *Hydrochar* yang telah melalui proses aktivasi memiliki struktur berlapis yang saling menumpuk dan membentuk pori-pori. Pada umumnya pori-pori sebelum

aktivasi masih mengandung kotoran berupa mineral anorganik dan oksida logam yang menyumbat permukaannya. Selama proses aktivasi, zat pengotor ini akan larut oleh agen aktivator, sehingga menyebabkan pori-pori menjadi lebih terbuka dan luas permukaannya meningkat (Nasution & Iriany, 2015).

3. Kadar Zat Mudah Menguap

Penentuan kadar zat menguap dilakukan untuk mengetahui jumlah senyawa, seperti sulfur dan nitrogen, yang masih tersisa dan belum menguap selama proses *Hydrothermal Carbonization* (HTC) dan aktivasi. Zat mudah menguap ini merupakan hasil dari dekomposisi komponen penyusun hydrochar akibat pemanasan. Selain sulfur dan nitrogen, zat yang termasuk mudah menguap juga mencakup gas-gas yang mudah terbakar, seperti hidrogen dan karbon monoksida. Kadar zat mudah menguap dilakukan pemanasan pada suhu 900°C selama 6 menit, pada suhu tersebut dapat menguapkan senyawa organik mudah menguap (*volatile matter*) dalam *hydrochar*, selain air (Tani & Lumingkewas, 2022).

Tabel 4. 3 Hasil Kadar Zat Mudah Menguap

Sampel	Hasil Uji	SNI 06-3730-1995
HC FKP	17%	
HC FKP + H ₃ PO ₄ 10%	8,5%	Maks. 25%

Berdasarkan Tabel 4.3 terlihat bahwa *hydrochar fiber* kelapa sawit dan yang teraktivasi H₃PO₄ 10% telah memenuhi persyaratan memenuhi SNI 06-3730-1995 maksimal 25%. *Hydrochar* yang diaktivasi menunjukkan rendahnya kadar zat mudah menguap, hal ini disebabkan kesempurnaan penguraian senyawa non karbon selama proses aktivasi. Semakin rendah kadar, hal tersebut berarti menguapkan senyawa volatile yang masih tertinggal terutama tar maka akan menyebabkan jumlah yang terbentuk banyak. Sehingga pada kemampuan *hydrochar* pada permukaanya tidak lagi ditutupi oleh senyawa polar sehingga memiliki kemampuan menyerap (R. Dewi et al., 2021).

4. Kadar Karbon Terikat

Pengujian kadar karbon merupakan penentuan fraksi karbon yang dihitung berdasarkan selisih antara total berat sampel (100%) dengan jumlah kadar air, kadar abu, dan kadar zat menguap yang terkandung di dalamnya. Kadar karbon merupakan kadar karbon murni yang terdapat pada *hydrochar* yang menunjukkan fraksi karbon yang

mengakibatkan luas permukaan sehingga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi (Tani & Lumingkewas, 2022).

Tabel 4. 4 Hasil Kadar Karbon Terikat

Sampel	Hasil Uji	SNI
		06-3730-1995
HC FKP	71,7%	
HC FKP + H ₃ PO ₄ 10%	85,5%	Min. 65%

Berdasarkan Tabel 4.4 menunjukkan kadar karbon terikat sebelum dan setelah aktivasi. Kadar karbon terikat pada *hydrochar* sebelum dan setelah diaktivasi memenuhi SNI 06-3730-1995 yaitu minimal 65%. *Hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H₃PO₄ 10% memiliki kadar karbon sebesar 85,5%, hal ini menunjukkan bahwa pengaruh aktivator H₃PO₄ 10% sehingga menyebabkan presentase kadar abu dan kadar zat menguap yang terdapat pada *hydrochar* sebelum dan setelah aktivasi (R. Dewi et al., 2021). Kadar karbon terikat meningkat setelah aktivasi karena proses ini menghilangkan air, zat volatil, dan senyawa non-karbon, serta mendorong pembentukan struktur karbon yang lebih stabil dan aromatik. Pada penelitian Yunus et al. (2021) menyatakan penggunaan aktivator H₃PO₄ mampu menghilangkan senyawa tar dan senyawa lainya sehingga memperbanyak kandungan karbon.

5. Daya Serap terhadap Iodium

Pengujian ini dilakukan mengetahui daya adsorpsi *hydrochar* sebelum dan setelah aktivasi terhadap iod memiliki korelasi dengan luas permukaan dari *hydrochar*. Semakin besar angka iod maka semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Salah satu metode yang digunakan dalam analisis daya adsorpsi *hydrochar* terhadap larutan iod adalah dengan metode titrasi iodometri. Kereaktifan dari *hydrochar* dapat dilihat dari kemampuannya mengadsorpsi substrat. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka iod yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod. Semakin besar nilai angka iod maka semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben. Penambahan larutan iod berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserap oleh *hydrochar* sebagai adsorbennya. Terserapnya larutan iod ditunjukkan dengan adanya pengurangan konsentrasi larutan iod. Pengukuran konsentrasi iod sisa dapat dilakukan dengan menitrasi larutan iod dengan natrium triosulfat 0,1 N dan indikator yang digunakan yaitu amilum (Idrus et al., 2013). Tabel 4.5 menunjukkan hasil daya serap terhadap larutan iodium pada *hydrochar* sebelum dan setelah aktivasi.

Tabel 4. 5 Hasil Daya Serap terhadap Larutan Iodium

Sampel	Daya Serap (m/g)	SNI 06-3730-1995
HC FKP	1.114,344	Min. 750 m/g
HC FKP + H ₃ PO ₄ 10%	1.177,9	

Pada Tabel 4.5 terlihat nilai bilangan iod *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah di aktivasi H₃PO₄ 10% memenuhi SNI 06-3730-1995. Peningkatan ini terjadi sebagai akibat semakin banyaknya pengotor yang terlepas dari permukaan *hydrochar*. Penggunaan aktivasi kimia yaitu larutan H₃PO₄ mampu meningkatkan daya serap.

6. Analisis Luas Permukaan Berdasarkan Bilangan Iodin

Penentuan ini mengidentifikasi kemampuan *hydrochar* dalam mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah. Iodium memiliki ukuran molekul yang kecil dan hanya diserap oleh pori-pori mikro, sehingga nilai daya serap iodium mencerminkan seberapa baik *hydrochar* dapat menyerap molekul-molekul kecil, sehingga *hydrochar* memiliki daya serap iodium yang tinggi cenderung memiliki lebih banyak mikropori dan luas permukaan yang besar dan menyerap senyawa kontaminan dari minyak jelantah yaitu asam lemak bebas, bilangan peroksida serta senyawa hasil degradasi minyak (Faisal & Pato, 2021).

Tabel 4. 6 Hasil Uji Luas Permukaan dengan Larutan Iodin

Sampel	Luas Permukaan (m²/g)
HC FKP	1.107,14
HC FKP + H ₃ PO ₄ 10%	1.171,526

Berdasarkan Tabel 4.6 *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah terjadi peningkatan. Penggunaan H₃PO₄ 10% sebagai aktivator dapat meningkatkan luas permukaan yang diuji menggunakan larutan iodium. Larutan H₃PO₄ 10% mampu membersihkan pori-pori, memperluas permukaan karbon, serta menyerap kandungan mineral pada *hydrochar* sehingga mencegah terbentuknya abu. H₃PO₄ 10% bereaksi dengan *hydrochar* kemudian membentuk mikropori, sehingga memiliki luas permukaan dan volume pori-pori yang besar yang mengakibatkan daya serap semakin tinggi.

7. Analisis Luas Permukaan Menggunakan SAA Metode BET

Karakterisasi luas permukaan dilakukan menggunakan metode adsorpsi gas nitrogen (N₂) berdasarkan teori *Brunauer-Emmett-Teller* (BET). Luas permukaan ini merupakan salah satu sifat fisik penting yang secara langsung mempengaruhi kemampuan *hydrochar* dalam proses adsorpsi.

Tabel 4. 7 Hasil Luas Permukaan dengan SAA

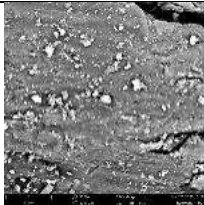
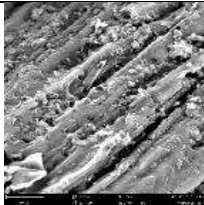
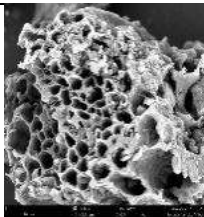
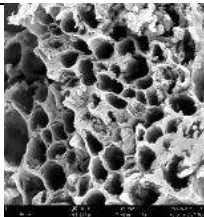
Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)	Referensi
HC FKP	3.703	Penelitian ini
HC FKP + H ₃ PO ₄ 10%	4.006	Penelitian ini
HC Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	8,3707	(Prasetyo et al., 2025)
HC Tandan Kosong Kelapa Sawit	11,21	(Sisuthog et al., 2024)
HC Tandan Kosong Kelapa Sawit + H ₂ SO ₄	76,10	(Sisuthog et al., 2024)

Berdasarkan Tabel 4.7 diketahui *hydrochar* tanpa proses aktivasi memiliki luas permukaan lebih kecil dibandingkan dengan *hydrochar* yang telah diaktivasi menggunakan larutan H₃PO₄ 10%. *Hydrochar* tanpa melalui aktivasi memiliki luas permukaan sebesar 3.703 m²/g, sedangkan setelah aktivasi dengan larutan H₃PO₄ 10% luas permukaannya meningkat menjadi 4.006 m²/g. Tabel 4.7 juga menginformasikan bahwa *hydrochar* pada penelitian sebelumnya memiliki luas permukaan lebih kecil daripada *hydrochar* dalam penelitian ini. Peningkatan luas permukaan ini disebabkan oleh hilangnya abu dan kotoran lain selama proses pembakaran dan aktivasi. *Hydrochar fiber* kelapa sawit mungkin lebih baik dari penelitian sebelumnya (Perwira et al., 2018).

8. Analisis Morfologi Permukaan

Analisis ini untuk mengetahui morfologi meliputi bentuk dan ukuran pori pada *hydrochar* sebelum dan sesudah diaktivasi H_3PO_4 10%. Selain itu mengetahui topografi *hydrochar* meliputi analisis permukaan yang terbentuk. Pada proses HTC, *fiber* kelapa sawit menyebabkan senyawa-senyawa tersebut terurai dan menghasilkan tiga komponen utama yaitu *hydrochar* (karbon), tar, dan gas (*volatile matter*) (Lubis et al., 2023).

Tabel 4. 8 Morfologi Permukaan

Sampel	Perbesaran 3000 X	Perbesaran 5000 X
HC FKP		
HC FKP + H_3PO_4 10%		

Pada Tabel 4.8 menunjukkan morfologi yang dihasilkan setelah proses karbonisasi hidrotermal dan setelah diaktivasi H_3PO_4 10%. Hasil SEM menunjukkan bahwa terlihat sangat jelas permukaan semakin terbuka dan memiliki lebih banyak

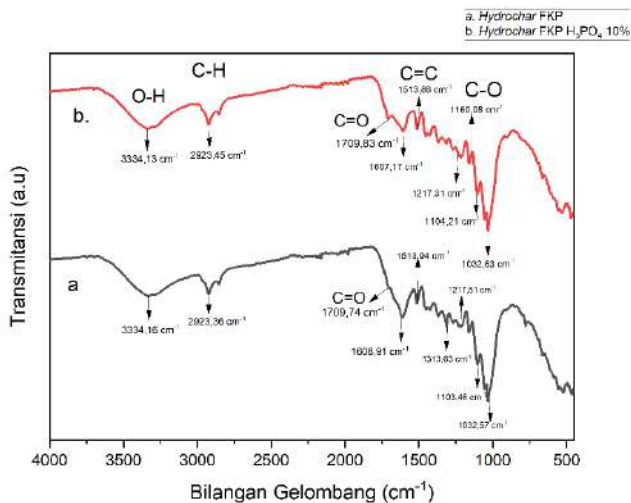
pori-pori setelah mengalami perlakuan aktivasi menggunakan H_3PO_4 10%, sedangkan *hydrochar* sebelum diaktivasi menunjukkan masih belum terbuka (Rahmawati et al., 2013).

Proses ini terjadi ketika H_3PO_4 masuk diantara rantai karbonil pada karbon *fiber* kelapa sawit, mengganggu ikatan hidrogen yang ada, menggantikannya dengan ikatan karbon-fosfat, dan secara terus-menerus memecah-mecah rantai hingga ke seluruh bagian struktur molekul. Karakteristik bahan baku *hydrochar* sebelum diaktivasi dan setelah diaktivasi mengalami proses pembentukan zat baru akibat proses perendaman yaitu terbentuknya fosfor pentaoksida (P_2O_5), kemudian pada proses pencucian *hydrochar* aktif yang sudah direndam asam fosfat (H_3PO_4) bahwa masih terdapat 1-2% fosfor pada lapisan karbon aktif yang tidak dapat dihilangkan pada proses pencucian, sehingga fosfor bereaksi dengan oksigen menghasilkan fosfor pentaoksida (Husin & Hasibuan, 2020). Fenomena perendaman menggunakan asam fosfat menunjukkan bahwa selama proses aktivasi pelat-pelat karbon kristalit yang tidak teratur mengalami pergeseran sehingga permukaan kristalit menjadi terbuka terhadap pengaktif yang dapat mendorong residu-residu zat pengotor (Pradilla & Astuti, 2014). Hal ini menunjukkan penggunaan H_3PO_4 10% mampu mendegradasi senyawa yang

masih terdapat *hydrochar* seperti senyawa volatile, tar, dan senyawa organik yang tidak stabil (Saragih et al., 2024).

9. Analisis Gugus Fungsi

Analisis menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* digunakan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi *hydrochar* sebelum dan sesudah diaktivasi dengan menggunakan larutan H_3PO_4 10%. Hasil FTIR pada *hydrochar* sebelum dan sesudah diaktivasi dapat dilihat **Gambar4.3**



Gambar 4. 4 Spektra FTIR *Hydrochar* a). FKS
b). FKS H_3PO_4 10%

Berdasarkan spektrum terlihat pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum setelah aktivasi H_3PO_4 10% pada panjang gelombang 3334,16

cm^{-1} dan $3334,13 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi O-H *stretching* yang melebar dan stabil keduanya. Pada panjang gelombang $2923,36 \text{ cm}^{-1}$ dan $2923,45 \text{ cm}^{-1}$ *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah aktivasi stabil menunjukkan adanya vibrasi C-H dari alkana. Pada panjang gelombang $1608,91 \text{ cm}^{-1}$ dan $1607,17 \text{ cm}^{-1}$ *hydrochar* sebelum dan sesudah menunjukkan gugus fungsi aromatik C=C. Pada panjang gelombang $1103,46$ - $1032,57$ dan $1104,21$ - $1032,63 \text{ cm}^{-1}$ adanya gugus C-O yang memiliki puncak yang sangat tajam (Habibah et al., 2022).

Gugus aktif pada *hydrochar* yaitu O-H, C=O, C=C, dan C-O (Pradana et al., 2020). Pada penelitian ini, *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah diaktivasi menggunakan larutan H_3PO_4 10%. Serapan $1709,74 \text{ cm}^{-1}$ pada *hydrochar* sebelum diaktivasi memiliki puncak yang tidak tajam dan belum terlihat jelas, namun setelah aktivasi muncul lebih jelas gugus fungsi C=O karbonil pada *hydrochar* setelah aktivasi mengindikasikan terbentuknya gugus karbonil seperti ester atau keton dari reaksi oksidatif. Pada serapan $1608,91$ - $1513,94 \text{ cm}^{-1}$ dan $1607,17$ - $1513,86 \text{ cm}^{-1}$ ditemukan gugus C=C mengalami peningkatan, hal ini menunjukkan memperkuat struktur aromatik dan karbon terkonjugasi yang umum pada bahan berkarbon aktif (Nurjannah et al., 2020). Pada gambar tersebut menunjukkan antara *hydrochar*

fiber kelapa sawit sesudah diaktivasi dari gugus fungsi C-H terjadi pergeseran dan sedikit tajam. Pada gugus fungsi utama C-O terjadi terjadi pergeseran dimana pada *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah teraktivasi H_3PO_4 10%. Hal ini menunjukkan peningkatan intensitas puncak C-O menunjukkan peningkatan gugus eter atau alkohol pada permukaan *hydrochar* (Sun et al., 2023). Penggunaan aktivator H_3PO_4 10% dalam proses HTC menghasilkan *hydrochar* yang memiliki gugus fungsi serupa dengan sebelum diaktivasi. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi mengandung gugus fungsi khas dari selulosa (C-O-C), hemiselulosa (C=O, C-O), dan lignin (C=C aromatik, C-O fenolik). Aktivasi dengan H_3PO_4 10% memperkaya permukaan *hydrochar* dengan gugus polar aktif seperti karbonil, hidroksil, dan eter yang memperkuat kapasitas adsorpsi. Oleh karena itu, *hydrochar* ini berpotensi tinggi sebagai adsorben dalam proses pemurnian minyak jelantah, karena mampu mengikat senyawa-senyawa polar seperti asam lemak bebas dan peroksida. Dapat dilihat pada Tabel 4.9 menunjukkan bilangan gelombang *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan sesudah diaktivasi H_3PO_4 10%.

Tabel 4. 9 Hasil Gugus Fungsi dengan FTIR

No.	Bilangan Gelombang HC FKP (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang HC FKP H ₃ PO ₄ 10% (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang Referensi (Danso Boateng et al. 2021)
1.	3334,16	3334,13	O-H (hidroksil)	3344,51
2.	2923,36	2923,45	C-H (alkana)	2931,14
3.	1709,74	1709,83	C=O (karbonil)	1700,61
4.	1608,91-1513,94	1607,17-1513,86	C=C (alkena)	1603,93-1512,71
5.	1313,63-1217,51	1217,31-1160,08	C-O-C antisimetris	1266,37-1212,12
6.	1103,46-1032,57	1104,21-1032,63	C-O (alkohol dan eter)	1027,45

C. Proses Adsorpsi

Penelitian ini bertujuan untuk mengolah minyak jelantah melalui metode adsorpsi dengan memanfaatkan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah diaktivasi H₃PO₄ 10%. Minyak jelantah yang diperoleh terlebih dahulu disaring menggunakan saringan kawat sebelum melalui proses pemurnian dengan *hydrochar* (Fathoni et al., 2024). Penyaringan ini bertujuan untuk memisahkan kotoran yang berasal dari sisa-sisa pengolahan makanan. Minyak dipanaskan terlebih dahulu pada suhu mencapai 110°C bertujuan membantu menghilangkan air, karena mencegah interferensi air dalam proses adsorpsi sehingga dapat

meningkatkan efektivitas interaksi antara adsorben dan senyawa polutan pada minyak jelant. Proses pemurnian dilakukan dengan mencampurkan minyak jelantah dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah diaktivasi menggunakan H_3PO_4 10% variasi massa yaitu 3 g; 5 g; dan 7 g. Campuran tersebut kemudian diaduk dan dipanaskan menggunakan magnetic *stirrer* pada suhu selama 1 jam bertujuan mengoptimalkan proses adsorpsi. Setelah proses pemurnian selesai, campuran disaring kembali untuk memperoleh filtrat berupa minyak jelantah yang telah dimurnikan (Ulfa et al., 2024). Minyak hasil penyaringan ini kemudian dianalisis untuk mengetahui uji organoleptik, kadar air, kadar asam lemak bebas (ALB), dan bilangan peroksida.



Gambar 4. 5 a). Minyak Goreng Baru, (b). Minyak Jelantah (MJ), (c). MJ + HFKS 3 g, (d). MJ + HFKS 5 g, (e). MJ + HFKS 7 g, (f). MJ + HFKS H_3PO_4 10% 3 g, (g). MJ+ HFKS H_3PO_4 10% 5 g, (h). MJ + H FKS H_3PO_4 10% 7 g

1. Uji Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan terhadap minyak jelantah yang telah mengalami proses adsorpsi berdasarkan aspek warna dan aroma. Pengujian dilakukan ini melibatkan 25 panelis. Pada pengujian ini kategori panelis tidak terlatih, yaitu individu-individu awam yang dipilih secara acak tanpa pelatihan khusus, namun memenuhi kriteria umum seperti latar belakang suku, tingkat pendidikan, dan status sosial yang beragam. Panelis tidak terlatih umumnya hanya digunakan untuk menilai sifat organoleptik sederhana seperti tingkat

kesukaan. Metode pengujian yang digunakan adalah metode hedonik, yang merupakan salah satu bentuk uji penerimaan konsumen. Dalam metode ini, panelis diminta untuk menyampaikan pendapat pribadi mereka mengenai tingkat kesukaan atau ketidaksukaan terhadap sampel yang diuji (Rahayu & Refelita, 2017). Uji organoleptik ini dianalisis menggunakan program pengolahan data dan diuji dengan statistik *non-parametric* menggunakan *K-Independent samples (Kruskal-Wallis)* dan jika terdapat perbedaan yang bermakna diantara dua sampel maka dilanjutkan dengan uji *2- Independent sample (Mann-Whitney)*. Uji *Kruskal-Wallis* menunjukkan nilai $p < 0,05$ pada aspek warna dan tekstur. Hal ini berarti terdapat perbedaan penilaian panelis pada setiap perlakuan variasi massa adsorben *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah diaktivasi H_3PO_4 20 %. Oleh karena itu perlu dilanjutkan dengan uji *Mann-Whitney* untuk mengetahui adanya perbedaan antara tiga jenis perlakuan (Adyana, 2017).

a) Bau

Bau tengik pada sampel uji terdeteksi melalui uji penciuman yang dilakukan oleh panelis. Minyak goreng yang mengalami proses hidrolisis akan terurai menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Saat minyak dipanaskan, gliserol akan terdekomposisi dan membentuk senyawa

akrolein. Akrolein merupakan senyawa aldehida yang mudah menguap (volatil) dan dikenal sebagai penyebab utama munculnya aroma tengik (Ariani et al., 2017).

Tabel 4. 10 Hasil Mean Uji Organoleptik Aroma

No	Sampel	Nilai Mean Uji Organoleptik Terhadap Aroma
1.	Minyak Goreng Baru	$1,00 \pm 0,00^b$
2.	Minyak Jelantah (MJ)	$3,00 \pm 0,00^c$
3.	MJ + HC FKS 3 g	$2,52 \pm 0,510^d$
4.	MJ + HC FKS 5 g	$2,52 \pm 0,510^d$
5.	MJ + HC FKS 7 g	$2,24 \pm 0,436^a$
6.	MJ + HC FKS H_3PO_4 10 % 3 g	$2,20 \pm 0,40^a$
7.	MJ + HC FKS H_3PO_4 10 % 5 g	$2,16 \pm 0,37^a$
8.	MJ + HC FKS H_3PO_4 10 % 7 g	$2,16 \pm 0,37^a$

Keterangan 1 = tidak berbau; 2 = agak tengik; 3 = tengik
a.b.c.d = notasi huruf serupa tidak ada perbedaan nyata pada taraf uji Mann-Whitney memiliki nilai 5%

Uji Organoleptik dilakukan 25 panelis berdasarkan hasil pengamatan melalui kontak secara langsung. Tabel 4.10 menunjukkan nilai aroma terendah 1,00 merupakan minyak goreng baru memiliki aroma tidak berbau berdasarkan SNI-7709-2019. Nilai aroma tertinggi yaitu minyak jelantah sebesar 3,00 yang memiliki aroma sangat tengik. Aroma yang sangat tengik

disebabkan minyak oleh reaksi oksidasi yang mengakibatkan menjadi asam lemak bebas dan gliserol.

25 panelis juga menganalisis minyak jelantah hasil pemurnian dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah aktivasi. Berdasarkan nilai mean yang ditunjukkan bahwa minyak jelantah mengalami perubahan terhadap bau setelah mengalami proses adsorpsi. Minyak jelantah memiliki nilai aroma tertinggi yaitu sebesar 3,00 (sangat tengik), sedangkan setelah pemurnian nilai tersebut menjadi turun setelah mengalami proses adsorpsi dan terjadi perbedaan nyata dengan nilai 2,52-2,16 (agak tengik).

Hasil uji aroma pada minyak jelantah hasil pemurnian dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit tanpa aktivasi 3 g dan 5 g memiliki nilai aroma yang sama yaitu 2,52 (agak tengik) yang artinya tidak ada perbedaan nyata diantara keduanya. Hal ini disebabkan oleh desorpsi atau gangguan struktur minyak akibat massa adsorben yang berlebih dan merupakan indikasi bahwa adsorbat mengalami kondisi jenuh (Maranggi et al., 2025).

Hasil uji aroma pada minyak jelantah hasil pemurnian dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit tanpa aktivasi yang memiliki massa 3 g terjadi perbedaan nyata

dengan minyak jelantah hasil adsorpsi dengan *hydrochar fiber* kelapa tanpa aktivasi dengan massa 5 g dan 7 g. Kemudian terjadi perbedaan nyata berdasarkan nilai yaitu setelah aktivasi.

Pada minyak jelantah hasil pemurnian dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit tanpa aktivasi yang memiliki 7 g dan setelah aktivasi 3 g, 5 g, dan 7g tidak ada perbedaan nyata berdasarkan nilai mean yang ditunjukkan *hydrochar* masing-masing memiliki nilai terendah yaitu kategori agak tengik.

Berdasarkan Tabel 4.10 ditunjukkan bahwa minyak jelantah hasil pemurnian dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit setelah aktivasi 5 g dan 7 g memiliki nilai 2,16 (agak tengik). Melalui uji organoleptik dan mengacu pada SNI diketahui bahwa setelah adsorpsi minyak jelantah tetap memiliki bau dan warna yang tidak normal walaupun menggunakan variasi massa adsorben. Berdasarkan SNI-7709-2019 syarat mutu minyak goreng menyatakan bahwa kriteria uji aroma yaitu tidak berbau. Adsorben tetap memberikan pengaruh terhadap penurunan aroma pada minyak jelantah.

b) Warna

Warna minyak sering dijadikan indikator untuk menilai mutu minyak goreng. Berdasarkan SNI-7709-

2019 syarat mutu minyak goreng menyatakan bahwa kriteria uji warna yaitu normal dan berwarna kuning. Warna menjadi salah satu indikator penting dalam menilai tingkat kemurnian minyak goreng pasca pemakaian. Menurut Neswita (2021) perubahan warna dari kuning cerah menjadi kuning kecoklatan, coklat kekuningan, coklat, coklat kehitaman menandakan adanya kerusakan fisik pada minyak goreng akibat penggunaan berulang.

Tabel 4. 11 Hasil Mean Uji Organoleptik Warna

No	Sampel	Nilai Mean Uji Organoleptik Terhadap Warna
1.	Minyak Goreng Baru	$1,00 \pm 0,00^b$
2.	Minyak Jelantah (MJ)	$5,12 \pm 0,44^a$
3.	MJ + HC FKS 3 g	$5,00 \pm 0,408^a$
4.	MJ + HC FKS 5 g	$4,92 \pm 0,572^{ac}$
5.	MJ + HC FKS 7 g	$4,88 \pm 0,927^c$
6.	MJ + HC FKS H_3PO_4 10 % 3 g	$3,04 \pm 0,84^d$
7.	MJ + HC FKS H_3PO_4 10 % 5 g	$3,56 \pm 0,82^e$
8.	MJ + HC FKS H_3PO_4 10 % 7 g	$2,80 \pm 0,57^d$

Keterangan 1 = kuning jernih; 2 = orange; 3 = kuning kecoklatan; 4 = coklat kekuningan; 5 = coklat; 6 = coklat kehitaman

a.b.c.d = notasi huruf serupa tidak ada perbedaan nyata pada taraf uji Mann-Whitney memiliki nilai 5%

Uji Organoleptik warna dilakukan melibatkan 25 panelis berdasarkan hasil pengamatan melalui kontak secara langsung. Tabel 4.11 menunjukkan nilai terendah 1,00 merupakan minyak goreng baru memiliki warna kuning berdasarkan SNI-7709-2019. Warna tersebut dijadikan perbandingan, dimana untuk mengetahui kualitas terhadap warna pada minyak goreng. Nilai warna tertinggi yaitu menunjukkan warna yang dimiliki minyak jelantah yang berwarna coklat dan kental. Peningkatan kualitas minyak goreng bekas dapat dilakukan dengan proses adsorpsi. Zat warna dalam minyak akan diserap oleh permukaan adsorben dan juga menyerap suspensi koloid, serta hasil degradasi minyak (Julius Fernando Pakpahan et al., 2013).

25 panelis juga menganalisis minyak jelantah hasil pemurnian dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah aktivasi. Berdasarkan nilai mean yang ditunjukkan bahwa minyak jelantah mengalami perbedaan nyata terhadap warna minyak jelantah setelah mengalami proses aktivasi. Perubahan minyak goreng yang semula berwarna kuning (5,00) menjadi

coklat (5,12), setelah mengalami proses adsorpsi warna tersebut akan turun menjadi coklat kekuningan (4,92-4,88), kuning kecoklatan (3,56-3,05) dan oranye (2,80). Pada penggunaan *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10% nilai mean semakin rendah, namun pada massa 5 g terjadi kenaikan dari 3,04 menjadi 3,56.

Pada penelitian ini, *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10% dengan massa 7 g memiliki nilai terendah 2,80. Perbaikan warna pada perlakuan adsorben *hydrochar fiber* kelapa sawit disebabkan oleh luas permukaan dan kandungan senyawa yang terdapat dalam adsorben. Kandungan senyawa selulosa yang terdapat dalam adsorben juga dapat memperbaiki warna minyak, di mana senyawa selulosa terikat pada gugus OH akan bereaksi dengan gugus-gugus yang terkandung dalam zat warna minyak. Zat warna akan reaktif dalam mewarnai serat selulosa dalam kondisi tertentu dan menghasilkan senyawa dengan ikatan kovalen atau ikatan hidrogen dengan selulosa (Akien et al., 2019).

2. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting yang menentukan mutu minyak goreng. Semakin tinggi kadar air pada minyak maka semakin memicu penurunan kualitas pada

minyak goreng. Adanya air di dalam minyak dapat memicu reaksi hidrolisis, yang menyebabkan minyak terurai menjadi gliserol dan asam lemak bebas. Air berperan dalam memecah struktur kimia lemak atau minyak, sehingga terjadi pemutusan rantai trigliserida yang menghasilkan gliserol dan asam lemak bebas.

Tabel 4. 12 Hasil Analisis Kadar Air Pada Minyak Goreng, Minyak Jelantah dan Minyak Jelantah Hasil Adsorpsi

Sampel	Kadar Air (%)	SNI-7709-2019
MGB	0,088	
MJ	0,384	
MJ + HC FKS 3	0,186	
MJ + HC FKS 5	0,11	Maks. 0,1%
MJ + HC FKS 7	0,16	
MJ + HC FKS H 3	0,108	
MJ + HC FKS H 5	0,096	
MJ + HC FKS H 7	0,094	

Berdasarkan Tabel 4.12 kadar air minyak jelantah lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air minyak jelantah hasil adsorpsi dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah diaktivasi H_3PO_4 10 %. Ditunjukkan bahwa minyak goreng baru memiliki kadar air sebesar 0,088% sebagai kontrol. Berdasarkan SNI-7709:2019 kadar air minyak goreng yaitu maks. 0,1%. Berdasarkan Gambar 4.10

penggunaan adsorben *hydrochar* mampu menurunkan kadar air pada minyak jelantah yang memenuhi SNI-7709:2019 kadar air minyak goreng yaitu maks. 0,1% yaitu pada *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10 % pada massa 3g; 5g; dan 7g.

Berdasarkan Tabel 4.12 menunjukkan bahwa massa *hydrochar* aktif, ukuran adsorben, dan waktu adsorpsi mempengaruhi kadar air minyak jelantah yaitu semakin besar massa *hydrochar* aktif maka kadar air pada minyak jelantah setelah adsorpsi semakin kecil. Hal ini juga dilakukan Al Qory et al. (2021) pada penelitiannya menggunakan variasi massa dan semakin tinggi massa adsorben maka semakin kecil minyak jelantah hasil adsorpsi. Hal ini disebabkan *hydrochar* bersifat polar yaitu memiliki gugus fungsional seperti -OH, dan Aldehid. Selain itu memiliki pori-pori dan luas permukaan yang aktif (Afrozi et al., 2025).

3. Asam Lemak Bebas

Peningkatan kadar asam lemak bebas dapat menurunkan mutu minyak karena berkaitan pada munculnya rasa dan bau yang tidak sedap. Asam lemak bebas juga memengaruhi sifat fisika, kimia, serta kestabilan minyak. Setelah minyak goreng bekas melalui proses adsorpsi menggunakan *hydrochar*, kandungan asam lemak bebasnya

mengalami penurunan yang signifikan (Darmawan, Ilmannafian, Kiptiah, & Sari, 2024).

Tabel 4. 13 Hasil FFA Pada Minyak Goreng, Minyak Jelantah dan Minyak Jelantah Hasil Adsorpsi

Sampel	Asam Lemak Bebas (%)	SNI-7709-2019
MGB	0,16	
MJ	0,64	
MJ + HC FKS 3	0,49	
MJ + HC FKS 5	0,42	Maks. 0,3%
MJ + HC FKS 7	0,49	
MJ + HC FKS H 3	0,4096	
MJ + HC FKS H 5	0,27	
MJ + HC FKS H 7	0,23	

Pada tabel 4.13 terlihat bahwa kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah sebelum proses adsorpsi adalah sebesar 0,64%. Setelah dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah H_3PO_4 10 % berbagai variasi massa, yaitu 3 g; 5 g; dan 7 g. Penggunaan adsorben tersebut mengalami penurunan kadar FFA (*free fatty Acid*). Berdasarkan tabel menunjukkan penggunaan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum diaktivasi mampu menurunkan kadar FFA yaitu 0,49 %; 0,42 %; dan 0,49 %. Pada penggunaan *hydrochar* sebelum aktivasi terjadi penurunan antara 3g dan 5 g, namun pada 7g kadar tersebut mulai naik. Hal ini disebabkan oleh desorpsi atau gangguan

struktur minyak akibat massa adsorben yang berlebih dan merupakan indikasi bahwa adsorbat mengalami kondisi jenuh (Maranggi et al., 2025). Penggunaan *hydrochar* sebelum aktivasi ini belum memenuhi SNI-7709-2019 yaitu maksimum kadar FFA sebesar 0,3 %. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada grafik penggunaan *hydrochar* yang diaktivasi H_3PO_4 10% mengalami penurunan 0,409%; 0,27%; dan 0,23%. Pada *Hydrochar* aktif, massa yang memiliki kadar terbaik yaitu pada massa 5g dan 7g yaitu telah memenuhi standar mutu berdasarkan SNI-7709-2019, yang menetapkan batas maksimum kadar FFA sebesar 0,3 %. Penurunan ini terjadi karena semakin banyak *hydrochar* aktif yang digunakan, maka semakin luas pula permukaan adsorben yang tersedia untuk menyerap FFA dari minyak jelantah (Meriatna et al., 2020). Pada penelitian Meriatna et al., (2020) mengatakan semakin banyak massa karbon aktif maka asam lemak bebas pada minyak jelantah hasilnya lebih kecil.

Penggunaan H_3PO_4 10% yaitu memiliki pori-pori lebih banyak dan luas permukaan yang tinggi sehingga pada asam lemak bebas dalam minyak jelantah teradsorpsi pada permukaan *hydrochar* melalui gaya van der Waals, serta penjebakan molekul FFA ke dalam struktur pori *hydrochar*. Adsorpsi ini didukung oleh luas permukaan yang cukup besar serta ukuran partikel *hydrochar* yang halus, sehingga

meningkatkan kontak permukaan antara adsorben dan molekul FFA (Ati et al., 2020).

4. Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida berfungsi sebagai indikator utama dalam menilai sejauh mana kerusakan minyak telah terjadi. Asam lemak tak jenuh dalam minyak dapat bereaksi dengan oksigen pada bagian ikatan rangkapnya, membentuk senyawa peroksida. Munculnya senyawa ini menunjukkan bahwa proses oksidasi telah berlangsung. Semakin tinggi nilai bilangan peroksida, semakin besar tingkat oksidasi yang dialami minyak, yang menandakan bahwa kualitas minyak menurun dan aroma tengik mulai muncul dengan lebih kuat (Alkaff & Nurlela, 2020).

Penetapan bilangan peroksida dilakukan melalui metode titrasi dengan menggunakan larutan natrium tiosulfat dan indikator amilum. Dalam proses ini, iodine yang terbentuk akan bereaksi dengan amilum membentuk kompleks berwarna biru. Selanjutnya, campuran tersebut dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat hingga iodine terlepas dari kompleks iodine-amilum. Titrasi dianggap selesai ketika warna biru pada larutan menghilang (Wahyudi et al., 2023).

Tabel 4. 14 Hasil Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng, Minyak Jelantah dan Minyak Hasil Adsorpsi

Sampel	Bilangan Peroksida (meq O ₂ /kg)	SNI-7709- 2019
MGB	4,3	
MJ	22,6	
MJ + HC FKS 3	17,32	
MJ + HC FKS 5	14,6	Maks. 10 meq O₂/kg
MJ + HC FKS 7	14,6	
MJ + HC FKS H 3	11,2	
MJ + HC FKS H 5	9,2	
MJ + HC FKS H 7	10,6	

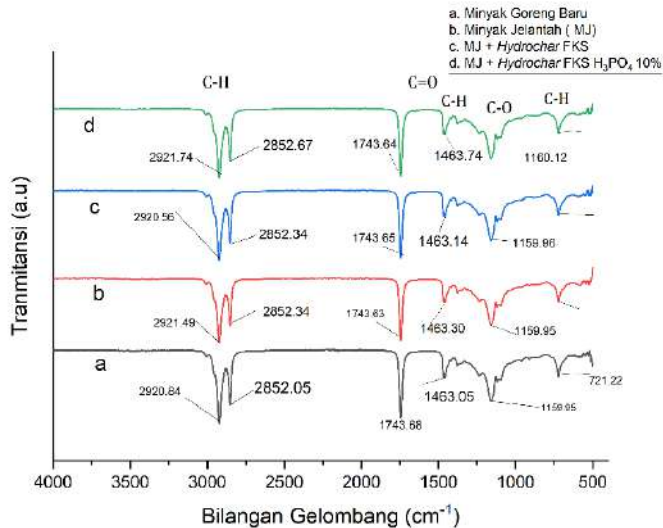
Menurut standar SNI-7709-2019, batas maksimum kadar peroksida yang diperbolehkan dalam minyak goreng adalah 10 meq/kg. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap minyak sebelum digunakan untuk menggoreng (kontrol), minyak jelantah (pedagang ayam geprek), minyak hasil adsorpsi *hydrochar fiber* kelapa sawit, dan minyak hasil adsorpsi *hydrochar fiber* kelapa sawit H₃PO₄ 10%. Proses adsorpsi dilakukan variasi massa dan proses pengadukan selama 1 jam. Berdasarkan grafik, diketahui bahwa bilangan peroksida pada minyak goreng sebelum dipakai sebesar 4 meq/kg. Pada minyak jelantah yang akan dianalisis memiliki bilangan peroksida sebesar 22,6 meq/kg. Setelah dilakukan

proses adsorpsi menggunakan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah diaktivasi H_3PO_4 10% dengan variasi massa 3 g; 5 g; dan 7 g mengalami penurunan yaitu pada *hydrochar* tanpa aktivasi sebesar 17,32 meq O_2/kg ; 14,6 meq O_2/kg ; 14,6 meq O_2/kg ; dan setelah aktivasi 11,2 meq O_2/kg ; 9,2 meq O_2/kg , 10,6 meq O_2/kg . Berdasarkan penelitian terjadi penurunan jika dilakukan adsorpsi menggunakan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum maupun setelah diaktivasi H_3PO_4 10%. Pada proses adsorpsi menggunakan *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10% terjadi penurunan pada sampel 5 g yang memenuhi SNI-7709:2019 yaitu 10 meq O_2/kg . Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Syahrir et al., 2019) penggunaan suhu adsorpsi 60°C mampu menurunkan bilangan peroksida. Menurut penelitiannya proses adsorpsi suhu dan waktu mempengaruhi proses adsorpsinya. Suhu dan waktu pada proses pencampuran akan ada proses adsorben pada minyak pada reaksi oksidasi.

5. Analisis Gugus Fungsi Minyak dengan FTIR

Tujuan dari analisis menggunakan spektrofotometer FT-IR adalah untuk mengidentifikasi perbedaan spektrum yang dihasilkan oleh minyak goreng baru, minyak jelantah, dan minyak jelantah setelah proses adsorpsi. Perbedaan spektrum ini bertujuan untuk mengamati adanya perubahan

karakteristik spektra akibat degradasi maupun proses pemurnian yang terjadi pada minyak tersebut



Gambar 4. 6 Hasil FTIR a). Minyak Goreng, b). Minyak jelantah (MJ), c). MJ + hydrochar FKS, d). MJ + hydrochar FKS H_3PO_4 10%

Tabel 4. 15 Spektra FTIR Minyak Goreng, Minyak Jelantah, Minyak hasil adsorpsi HC FKS & HC FKS H₃PO₄ 10 %

Sampel	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Literatur Suherman et al., 2023)	Gugus Fungsi	Jenis Vibrasi
Minyak Goreng Baru	2920.84	2922	CH	Alkana -CH ₂ - (metilen)
	2852.05	2853	CH	Alkana -CH ₂ - (metilen)
	1743.68	1741	C=O	Ester
	1463.05	1459	-CH ₂ / -CH ₃	-CH ₂ - (bengkok)
	1159.95	1168	C-O	Ester
	721.22	721	CH	Aromatik -CH ₂ - metilen
Minyak Jelantah (MJ)	2921.49	2922	CH	-CH ₂ - (metilen)
	2852.54	2853	CH	-CH ₂ - (metilen)
	1743.63	1741	C=O	Ester
	1463.30	1459	-CH ₂ / -CH ₃	-CH ₂ - (bengkok)
	1159.99	1168	C-O	Ester
	721.55	721	CH	Aromatik (<i>Rocking Vibration</i>) -CH ₂ - metilen
MJ + HC FKS	2920.56	2922	CH	-CH ₂ - (metilen)
	2852.34	2853	CH	-CH ₂ - (metilen)
	1743.65	1741	C=O	Ester
	1463.14	1459	-CH ₂ / -CH ₃	-CH ₂ - (bengkok)
	1159.96	1168	C-O	Ester
	721.36	721	CH	Aromatik (<i>Rocking Vibration</i>) -CH ₂ - metilen
MJ + HC FKS H ₃ PO ₄ 10 %	2921.74	2922	CH	Alkana -CH ₂ - (metilen)
	2852.67	2853	CH	Alkana -CH ₂ - (metilen)
	1743.64	1741	C=O	Ester
	1463.74	1459	-CH ₂ / -CH ₃	-CH ₂ - (bengkok)
	1160.12	1168	C-O	Ester
	721.74	721	CH	Aromatik (<i>Rocking Vibration</i>) -CH ₂ - metilen

Berdasarkan Tabel 4.15 diketahui bahwa gugus fungsi yang terkandung dalam minyak goreng baru, minyak jelantah, minyak jelantah hasil adsorpsi dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah diaktivasi H_3PO_4 10% memiliki gugus fungsi hampir serupa yaitu gugus fungsi karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari gugus ester berupa adanya trigliserida (struktur utama minyak) pada bilangan gelombang $1743,68 - 1600 \text{ cm}^{-1}$. Hal ini menunjukkan bahwa pada minyak goreng baru memiliki puncak yang runcing menunjukkan trigliserida murni, sedangkan pada minyak jelantah puncak sedikit melemah akibat proses hidrolisis yang mengubah trigliserida menjadi asam lemak bebas. Minyak jelantah hasil adsorpsi menunjukkan puncak hampir mirip serapan dengan minyak goreng baru yang menandakan sedikit meruncing.

Bilangan gelombang pada rentang $2920 - 2800 \text{ cm}^{-1}$ dalam spektrum FTIR umumnya menunjukkan serapan gugus alkil $\text{C}-\text{H}$ dari gugus metil ($-\text{CH}_3$) dan metilen ($-\text{CH}_2-$) hidrokarbon alifatik, terutama dari rantai panjang asam lemak jenuh dan tak jenuh dalam senyawa lipid, termasuk trigliserida dalam minyak goreng. Pada minyak goreng baru, pita serapan kuat di sekitar $2920,84 \text{ cm}^{-1}$ dan $2852,05 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan struktur kimia minyak yang masih stabil, murni, dan belum mengalami degradasi termal atau

oksidatif yang signifikan. Sementara itu, pada minyak jelantah muncul pada rentang $2921,49\text{--}2852,54\text{ cm}^{-1}$ masih tampak, namun intensitasnya cenderung melebar. Hal ini disebabkan oleh adanya degradasi termal dan oksidatif yang memecah rantai hidrokarbon dan membentuk senyawa-senyawa hasil degradasi seperti asam lemak bebas, aldehida, dan peroksida. Setelah proses adsorpsi menggunakan *hydrochar*, pita serapan pada bilangan gelombang $2920\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan puncak yang sedikit meruncing.

Bilangan gelombang rentang $1460\text{--}1470\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi C-H dari $-\text{CH}_2$ dan $-\text{CH}_3$ menunjukkan adanya kandungan asam lemak jenuh dan tak jenuh. Minyak goreng baru $1463,05\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan pita yang menurun tajam, menandakan rantai hidrokarbon stabil, sedangkan minyak jelantah $1463,30\text{ cm}^{-1}$ pita sedikit melebar karena pemutusan rantai karbon akibat oksidasi pada minyak jelantah hasil adsorpsi dengan biosorben pita hampir serupa dengan serapan minyak jelantah.

Bilangan gelombang rentang $1160\text{--}1158\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan gugus fungsi ester (C-O) menunjukkan adanya kandungan trigliserida. Minyak goreng baru menunjukkan pita yang kuat menandakan ester belum terdegradasi, sedangkan pada minyak jelantah sedikit

membaik menunjukkan pemutusan ikatan ester, yang kemudian terbentuk asam lemak bebas. Minyak jelantah hasil adsorpsi menunjukkan pita sedikit membaik pada minyak jelantah dengan penambahan *hydrochar* FKS 7 g. Hal ini menunjukkan berkurangnya degradasi ester.

Bilangan gelombang 721-722 cm^{-1} gugus C-H rantai lurus hidrokarbon menunjukkan asam lemak rantai panjang. Pada minyak goreng baru, minyak jelantah, dan minyak hasil adsorpsi pita tampak hampir sama menunjukkan rantai hidrokarbon panjang masih utuh. Dapat disimpulkan bahwa degradasi minyak jelantah ditandai dengan penurunan intensitas pita ester dan hidrokarbon. Pada penelitian Apriyani et al. (2023), melakukan uji FTIR pada sampel minyak goreng baru, minyak jelantah, dan minyak hasil adsorpsi mengetahui serapan gugus C=O menandakan pita serapan yang menunjukkan asam lemak bebas.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan hasil pembahasan yang telah diuraikan mengenai *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 10% untuk pengolahan minyak jelantah, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik *hydrochar fiber* kelapa sawit menunjukkan kadar air 7%, kadar abu 4,3%, kadar zat mudah menguap 17%, serta kadar karbon terikat 71,7%. *Hydrochar* setelah aktivasi menggunakan H_3PO_4 10% mengalami peningkatan kualitas dengan kadar air 3%, kadar abu 3%, kadar zat mudah menguap 8,5%, serta kadar karbon terikat 85,5%. Luas permukaan *hydrochar* meningkat dari $3.703 \text{ m}^2/\text{g}$ menjadi $4,006 \text{ m}^2/\text{g}$, dan adanya aktivasi menyebabkan *hydrochar* memiliki pori-pori yang lebih baik dilihat dari gambar SEM.
2. *Hydrochar* dapat memperbaiki kualitas minyak dalam pemurnian minyak jelantah terbukti dari hasil uji dengan variasi massa adsorben. Adsorben dengan massa 5 g memberikan hasil terbaik, ditunjukkan dari penurunan kadar air menjadi

0,096%, kadar asam lemak bebas menjadi 0,27%, dan bilangan peroksida sebesar 9,2 meq O₂/kg.

3. Dari uji organoleptik diperoleh informasi bahwa proses adsorpsi minyak jelantah dengan *hydrochar fiber* kelapa sawit teraktivasi H₃PO₄ 10% menghasilkan pengurangan ketengikan dan peningkatan kejernihan warna minyak jelantah lebih baik daripada *hydrochar* tanpa aktivasi.

B. SARAN

Berdasarkan penelitian tersebut perlu dilakukan penelitian berlanjut yaitu:

1. Analisis *hydrochar fiber* kelapa sawit sebelum dan setelah diaktivasi dilakukan analisis *Surface Area Analyzer* dalam analisis luas permukaan (m²/g), volume pori (cc/g) dan jari-jari pori (nm).
2. Penambahan variasi waktu kontak dan suhu adsorpsi untuk mengidentifikasi kondisi operasional yang paling efektif dalam menurunkan kualitas minyak seperti bilangan peroksida, asam lemak bebas, dan kadar air
3. Pada uji organoleptik aroma dan warna perlu dilakukan penelitian berlanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Fatima, S., & Suriani. (2021). Uji Organoleptik Minyak Kelapa Dalam Dengan Pemberian Ekstrak Serai (*Cymbopogo Citratus L.*) Pada Konsentrasi Berbeda. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 6(1), 15–19.
- Adhika, D. R., Anindya, A. L., Tanuwijaya, V. V., & Rachmawati, H. (2019). *Teknik Pengamatan Sampel Biologi Dan Non-Konduktif Menggunakan Scanning Electron Microscopy*. 53–58.
- Adiansyah, Silalahi, Y. C. E., & Ritonga, A. H. (2021). Absorption capacity of activated carbon from bark of zalacca fruit to reduce levels of free fatty acids in bulk cooking oil. *Farmanesia*, 8(1), 16–20.
- Afia Nita Batdjedelik, & Sumardiyono. (2024). Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Pemurnian Minyak Jelantah Activated Carbon from Coconut Shell as an Adsorbent for Refining used Cooking Oil. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 04(02), 65–70.
- Afrozi, A. S., Suwoto, Jatmiko, D. T., & Fadilah, P. M. (2025). Pemurnian minyak jelantah menggunakan adsorben cangkang telur dan sabut kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, 29(2), 87–94.
- Al Qory, D. R., Ginting, Z., Bahri, S., & Bahri, S. (2021). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Salak (*Salacca Zalacca*) Sebagai

- Adsorben Alami Dengan Aktivator H_2SO_4 . *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 26.
- Alkaff, H., & Nurlela, N. (2020). Analisa Bilangan Peroksida Terhadap Kualitas Minyak Goreng Sebelum Dan Sesudah Dipakai Berulang. *Jurnal Redoks*, 5(1), 65.
- Ao, W., Fu, J., Mao, X., Kang, Q., Ran, C., Liu, Y., Zhang, H., Gao, Z., Li, J., Liu, G., & Dai, J. (2018). Microwave assisted preparation of activated carbon from biomass: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92(April), 958–979.
- Apriiyani, D., Suryandari, E. T., & Fitasari. (2023). Kombinasi Bentonit dan Serbuk Daun Pepaya untuk Pengolahan Minyak Goreng Bekas. *Kimia, Program Studi Semarang, Kota*.
- Ariani, D., Yanti, S., & Saputri, D. S. (2017). Studi Kualitatif dan Kuantitatif Minyak Goreng yang digunakan Oleh Penjual Gorengan di Kota Sumbawa. *Jurnal Tambora*, 1–8.
- Arung, S., Yudi, M., & Chadijah, S. (2014). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Klorida (HCl) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao*. L) Pada Zat Warna Methanil Yellow. *Al-Kimia*, 2(1), 52–63.
- Askaputra, A., & Yuliansyah, A. T. (2020). Pengaruh Variasi Suhu Hidrotermal dan Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kemampuan Hydrochar sebagai

Adsorben pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Metilen Biru. *Jurnal Rekayasa Proses*, 14(2), 160.

- Astari, M. A., & Utami, B. (2018). Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash untuk Menjerap Logam Cu pada Sistem Batch Adsorption Capability of Adsorbent Combination of Rice Husk and Bagasse Fly Ash for Cu Metal Adsorption on Batch System. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 766–774.
- Ati, V. M., Mauboy, R. S., & Keneng, M. S. R. A. (2020). Pengujian Kadar Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas Minyak Kelapa (*Cocos nucifera* L.) Kelentik. *Jurnal Biotropikal Sains*, 17(2), 24–30.
- Azzaz, A. A., Khiari, B., Jellali, S., Ghimbeu, C. M., & Jeguirim, M. (2020). Hydrochars production, characterization and application for wastewater treatment: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127.
- Buluk, S., Leto, K. T., & Nisa, K. R. (2023). Ability of Moringa Ore (*Moringa Oleifera*) As Biosorbent in Used Cooking Oil Processing. *Jurnal Riset Ilmu Pendidikan*, 3(2), 54–64.
- Danso-Boateng, E., Mohammed, A. S., Sander, G., Wheatley, A. D., Nyktari, E., & Usen, I. C. (2021). Production and characterisation of adsorbents synthesised by hydrothermal carbonisation of biomass

- wastes. *SN Applied Sciences*, 3(2), 1–19.
- Darmawan, M. I., Ilmannafian, A. G., Kiptiah, M., & Sari, N. (2024). *Pemurnian Minyak Goreng Bekas Menggunakan Bioadsorben dari Limbah Fiber Stasiun Press Pabrik Kelapa Sawit*. 22(5), 1269–1275.
- Dewi, N. L. P. P., Suardana, I. N., & Priyanka, L. M. (2022). Kajian Etnosains Proses Pembuatan Arak Bali di Desa Tri Eka Buana sebagai Suplemen Materi IPA SMP. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 5(1), 1–11.
- Dewi, R., Azhari, A., & Nofriadi, I. (2021). Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 12.
- Erni, R., Adu, Y., Gelyaman, G. D., & Presson, J. (2023). *Pelatihan Pembuatan Sabun Padat dari Minyak Jelantah di Desa Amol, Kecamatan Miomafo Timur*. 7(1), 13–18.
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). *Pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH , dan H_3PO_4 dalam Pembuatan Karbon AKtif dari Pelepeh Aren (Arenga Pinnata)*. 4(1).
- Faisal, & Pato, U. (2021). Studi Konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) Terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kluwak. *Jom Faperta*, 8(2), 1–13.
- Fakhrusy, R. (2015). *Asam Fosfat (H_3PO_4) dari Batuan*

Fosfat dan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan proses basah kapasitas produksi 50.00 ton/tahun (pp. 1–6).

- Fathoni, R., Nur, I. M., & Anjelia. (2024). *Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Ampas Kopi. September*, 62–73.
- Fauziyati, M. R. (2019). Uji Adsorpsi Bentonit Teraktivasi KOH Terhadap Logam Cu(II). *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(2), 80.
- Fitasari, D., Ramadani, H. R., Fitasari, D., Hanika, D., & Ramadani, R. (2022). Hidrochar Ampas Kopi Termodifikasi H_2O_2 Sebagai Adsorben Untuk Ion Logam Berat Pb(II). *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 5(1), 21–32.
- Habibah, H., Ridwan, R., Safitri, D., & Sunardi, S. (2022). Magnetic - Hydrochar from Galam Bark Waste (*Malaleuca cajuputi*) as. *Jurnal Ilmu Kimia Dan Terapan*, 6(1), 236–243.
- Haryanti, A., Putri, S. F. ., & Novy, P. . (2014). Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Konversi*, 3(2), 20–29.
- Hasanah, H., Sirait, R., & Yusuf Lubis, R. (2022). Pengaruh Konsentrasi Aktivator H_3PO_4 Terhadap Karbon Aktif Ampas Tebu. *Journal Online of Physics*, 8(1), 11–15.
- Hermiati, E., Nurhayati, Suryanegara, L., & Gopar, M. (2016). Upaya Mengurangi Kotoran dan Kandungan Zat

Ekstraktif Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Pencucian. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 1–23.

- Hikmawan, O., Naufa, M., & Simarmata, L. H. (2020). Pemanfaatan cangkang dan serat kelapa sawit sebagai bahan bakar boiler utilization of palm kernel shell and fiber as boiler fuel. *Jurnal Teknik Dan Teknologi*, 18–26.
- Huda, S., Ratnani, R. D., & Kurniasari, L. (2020). Analisa Bilangan Peroksida Terhadap Kualitas Minyak Goreng Sebelum Dan Sesudah Dipakai Berulang. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 5(1).
- Husin, A., & Hasibuan, A. (2020). Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat (H_3PO_4) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian Study of Phosphoric Acid (H_3PO_4) Concentration Effect and Carbon Soaking Time on Activated Carbon Characteristics from. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 09(2), 80–86.
- Husna, K., Darmawan, M. I., Ilmannafian, A. G., & Kiptiah, M. (2024). Analisis Kualitas Hasil Pemurnian Minyak Jelantah Dengan Komposisi Bioadsorben Limbah Fiber Kelapa Sawit Dan Bleaching Earth. *Agroindustrial Technology Journal*.
- Idrus, R., Lapanporo, B. P., & Putr, Y. S. (2013). *Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif*

Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. I(1), 50–55.

- Ilmannafian, A. G., Kiptiah, M., Darmawan, M. I., & Ramadani, R. (2023). Aplikasi Bioadsorben Fiber Kelapa Sawit dengan Aktivator Asam Phospat untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Teknotan*, 18(2), 157–164.
- Jian, X., Zhuang, X., Li, B., Xu, X., Wei, Z., Song, Y., & Jiang, E. (2018). Comparison of characterization and adsorption of biochars produced from hydrothermal carbonization and pyrolysis. *Environmental Technology and Innovation*, 10, 27–35.
- Juhaerah, Khasim, K. P., & Isnaniah, I. (2021). Pemanfaatan Arang Bonggol Jagung Sebagai Adsorben Minyak Bekas Gorengan (Jelantah) (Eksperimen). *Pharmacognosy Magazine*, 75(17), 399–405.
- Kambo, H. S., & Dutta, A. (2015). A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 359–378.
- Khuzaimah, S., Tritisari, A., & Fertiasari, R. (2021). Purifikasi Minyak Jelantah Pada Proses Pembuatan Sabun Padat. *Agrofood*, 3(2), 36–42.
- Kołtowski, M., Charmas, B., Skubiszewska-Zięba, J., & Oleszczuk, P. (2017). Effect of biochar activation by different methods on toxicity of soil contaminated by industrial activity. *Ecotoxicology and Environmental*

- Safety*, 136(August 2016), 119–125.
- Kunusa, W. R., Iyabu, H., & Abdullah, R. (2021). FTIR, SEM and XRD analysis of activated carbon from sago wastes using acid modification. *Journal of Physics: Conference Series*, 1968(1).
- Larasati, D. T., Prakoso, T., & Rizkiana, J. (2021). Karbonisasi Limbah Kelapa Sawit Dengan Proses Hidrotermal Sebagai Bahan Baku Elektroda Superkapasitor Manufacturing Carbon Material By Carbonization of Palm Oil Waste for Supercapacitor Material. *Jurnal Chemurgy*, 05(1), 22–29.
- Lestari, R. S. D., Sari, D. K., Rosmadiana, A., & Dwipermata, B. (2016). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Aktivator Asam Fosfat Serta Aplikasinya Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12(2), 419.
- Liu, Z., & Zhang, F. S. (2009). Removal of lead from water using biochars prepared from hydrothermal liquefaction of biomass. *Journal of Hazardous Materials*, 167(1–3), 933–939.
- Lubis, R. Y., Ib, F., & Sirait, R. (2023). *Pembuatan Karbon Aktif Dari Sabut Kelapa Dengan Aktivasi Menggunakan H3Po 4 Untuk Adsorpsi Air Gambut*. 8(2), 23–28.
- Manurung, M., Ratnayani, O., & Prawira, R. A. (2019). Sintesis Dan Karakterisasi Arang Dari Limbah Bambu

- Dengan Aktivator $ZnCl_2$. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 7(2), 122–129.
- Maranggi, I. U., Rahadiano, W. T., Chandra, Y., & Sugesti, H. (2025). *Pengaruh Variasi Massa Bentonit Dan Suhu Pemanasan Terhadap Efektivitas Penjernihan Minyak Jelantah Secara Fisika Dan Kimia*. 1(Mei), 78–88.
- Maslahat, M., Kamalia, E., & Arrisujaya, D. (2022). Sintesis Dan Karakterisasi Mikro Partikel Karbon Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 7(02), 177.
- Masoumi, S., Borugadda, V. B., Nanda, S., & Dalai, A. K. (2021). Hydrochar: A review on its production technologies and applications. *Catalysts*, 11(8).
- Masta, N. (2020). *Buku Materi Pembelajaran Scanning Electron Microscopy*. <https://doi.org/10.33578/jpk-unri.v1i1.3274>
- Maulinda, L., ZA, N., & Sari, D. N. (2017). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11.
- Meilianti, M. (2018). Karakteristik Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H_3PO_4 . *Jurnal Distilasi*, 2(2), 1.
- Mentari, V. A., Handika, G., & Maulina, S. (2018). Perbandingan Gugus Fungsi Dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan

- Aktivator Asam Fosfat (H_3PO_4) Dan Asam Nitrat (HNO_3) the Comparison of Function Group and Surface Morphology of Activated Carbon From Oil Palm Frond Using. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(1), 16–20.
- Meriatna, M., Sylvia, N., Seregar, F. S., Maulinda, L., & Zulmiardi, Z. (2020). Optimasi Kondisi Proses Adsorpsi Untuk Meningkatkan Kualitas CPO Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Sisa Pembakaran Cangkang Kelapa Sawit Pada Batch Column. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(1), 14.
- Miskah, S., Aprianti, T., Swasti Putri, S., & Haryanti, S. (2018). Purifikasi minyak jelantah menggunakan karbon aktif dari kulit durian. *Jurnal Teknik Kimia*, 24, 32–39.
- Misrawati, Retnawaty, S. F., & Fitri, Y. (2015). Uji Karakteristik Fisis, Ph Dan Organoleptik Pada Minyak Jelantah Dengan Penambahan Buah Mengkudu (*Morinda Citrifolia*). *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 5(2), 21–28.
<https://doi.org/10.37859/jp.v5i2.582>
- Naghsh, M., & Shams, K. (2017). Synthesis of a kaolin-based geopolymer using a novel fusion method and its application in effective water softening. *Applied Clay Science*, 146(June), 238–245.
- Nandiyanto, A. B. D., Ragadhita, R., & Fiandini, M. (2023). Interpretation of Fourier Transform Infrared Spectra (FTIR): A Practical Approach in the Polymer/Plastic

Thermal Decomposition. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 8(1), 113–126.

- Nasrun, D., Samangun, T., Iskandar, T., & Mas'um, Z. (2017). Pemurnian Minyak Jelantah menggunakan Arang Aktif dari Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 1(2), 1–7.
- Nasution, J. H., & Iriany. (2015). Pembuatan adsorben dari cangkang kerang bulu yang diaktivasi secara termal sebagai pengadsorpsi fenol. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(4), 51–57.
- Neolaka, Y. A. B., Lalang, A. C., & Seran, S. Y. (2022). Adsorpsi Zat Warna Metil Merah menggunakan Hydrochar dari Tempurung Kelapa. *Jurnal Beta Kimia*, 2(2), 63–73.
- Neswita, E. (2021). Perbandingan evaluasi fisik dari formulasi sediaan sabun padat ekstrak etanol 96% daun bawang dengan memanfaatkan minyak jelantah dan minyak sawit kemasan. *Jurnal Prima Medika Sains*, 3(2), 68–73.
- Nurjannah, N. R., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Termetilasi sebagai Biokomposit Hidrogel. *Al-Kimiya*, 7(1), 19–27.
- Nyimas, D. S., Sa'id, E. G., Machfud, Sunarti, T. C., & Pari, G. (2014). Kajian Pembuatan Arang Aktif Berbahan Baku Bagas Tebu melalui Kombinasi Proses Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivasi Kimia. *Jurnal*

Teknologi Industri Pertanian, 24(2), 157–165.

Oko, S., Mustafa, Kurniawan, A., & Muslimin, N. A. (2020). *Purification Of Waste Cooking Oil Adsorption Method Using Active Charcoal From Ironwood*.

Paputungan, R. dkk. (2018). Mikrostruktur Arang Aktif Batok Kelapa untuk Pemurnian Minyak Goreng Habis Pakai. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 6 No 1, 69–74.

Pari, G. P. (1996). *Kualitas Arang Aktif dari 5 jenis Kayu*.

Patitis, N. E., Wahyuni, N. E., & Anna, D. (2024). *Analisis Karakteristik Papan Komposit Dari Serat Pelepah Kelapa Sawit*. 15(2), 113–118.

Perwira, G., Desita, R., Rizky, I. P., Fajrudin, A., & Pujiastuti, A. (2018). *Analisis Luas Permukaan Arang Aktif dengan Menggunakan Metode SAA. Luas permukaan dengan SAA*.

Pradana, M. A., Ardhyanta, H., & Farid, M. (2020). *Pemisahan Selulosa dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Alkalisasi untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara*. 6(2), 413–416.

Pradilla, S. A., & Astuti. (2014). Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H₃PO₄ Terhadap Struktur Dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*). *Jurnal Fisika Unand*, 3(2), 115–120.

Prasetyo, D., Alhikami, A. F., & Margianto. (2025). Analisis

- Luas Permukaan Dan Struktur Pori Pada Permukaan Hydrochar Menggunakan Teknik Hydrothermal Carbonization Dari Limbah Tandan Kosong Sawit. *Teknik Mesin Unisma, Zhang 2011*, 1–6.
- Rahardja, I. B., Hasibuan, C. E., & Dermawan, Y. (2022). Analisis briket fiber mesocarp kelapa sawit metode karbonisasi dengan perekat tepung tapioka. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 16(2), 82.
- Rahayu, S., & Refelita, F. (2017). Pemanfaatan Buah Mengkudu Terhadap Kualitas Minyak Jelantah Sebagai Sumber Belajar Kimia Di Sma Kuantan Singingi. *Konfigurasi : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Terapan*, 1(1), 41.
- Rahmawati, E., Leny, D., Jurusan, Y., Fmipa, K., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2013). Adsorpsi Pb 2+ Oleh Arang Aktif Sabut Siwalan (*Borassus flabellifer*). *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3), 82–87.
- Retwan, M. A. A., Ginting, Z., Muhammad, Bahri, S., & Faisal. (2024). Pengaruh Penggunaan Larutan NaOH dan CH₃COOH terhadap karakteristik biobriket dari Ampas Kopi dengan Proses Hydrothermal. 5(Oktober), 719–728.
- Rostina, Rahmanpiu, & Rudi, L. (2022). Analisis Kualitas Virgin Ccoconut Oil (VCO) Hasil Fermentasi dengan Penambahan Tanaman Jahe (*Zingiber Officinale Rosc*). *Sains: Jurnal Ilmu Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 11,

101–108. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/SAINS>

- Rustanto, M. E., Yudita, Y., & Ilcham, A. (2023). *Manufacture of Capacitors from Activated Carbon from Used Batteries, Chicken Bones and Banana Skins*. 9211(December 2022).
- Saragih, T. H., Ginting, Z., Ibrahim, I., Kamar, I., Faisal, & Nurmalita. (2024). *Kajian Karakteristik Hydrochar Berbahan Baku Limbah Kulit Luar Biji Kopi (Eksocarp) Melalui Proses Karbonisasi Hidrotermal*. 6(Desember), 793–803.
- Sari, S. P., Husnah, M., & Sirait, R. (2023). Preparasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia Dan Fisika. *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, 7(2), 142–148.
- Sisuthog, W., Prasongthum, N., Suemanotham, A., Thanmongkhon, Y., Attanatho, L., Jantasee, S., Mens, W., & Chaiya, C. (2024). High-Porosity Hydrochar From Oil Palm Empty Fruit Bunches Via Single-Step Hydrolytic Agent-Assisted Hydrothermal Carbonization. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 9(3), 709–720.
- Suherman, S., Abdullah, I., Sabri, M., & Silitonga, A. S. (2023). Evaluation of Physicochemical Properties Composite Biodiesel from Waste Cooking Oil and *Schleichera oleosa* Oil. *Energies*, 16(15), 1–20.
- Sun, W., Bai, L., Chi, M., Xu, X., Chen, Z., & Yu, K. (2023).

Study on the Evolution Pattern of the Aromatics of Lignin during Hydrothermal Carbonization. *Energies*, 16(3).

- Syahrir, I., Sahraeni, S., Kurniawan, A., & Syaifuddin, P. F. (2019). Efektivitas Pemurnian Minyak Goreng Bekas Dengan Adsorben Arang Sabut Kelapa dan Ekstrak Bawang Merah. *Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda*, 1(1), 88–93.
- Tan, X. fei, Liu, S. bo, Liu, Y. guo, Gu, Y. ling, Zeng, G. ming, Hu, X. jiang, Wang, X., Liu, S. heng, & Jiang, L. hua. (2017). Biochar as potential sustainable precursors for activated carbon production: Multiple applications in environmental protection and energy storage. *Bioresource Technology*, 227, 359–372.
- Tani, D., & Lumingkewas, S. (2022). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Dengan Kombinasi Aktivasi Kimia Dan Fisika. *Fullerene Journ.Of Chem*, 7(2), 120–132.
- Ulfa, E. D., Yana, Y., Syamsiyah, S., & Yudhanto, M. B. (2024). Pengaruh Massa Adsorben Arang Aktif dari Ampas Kopi pada Pemurnian Minyak Jelantah. 4(1), 35–45.
- Wahyudi, Kurniawan, A., & Mustafa. (2023). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Metode Adsorpsi Dengan Arang Aktif Serbuk Gergaji Kayu Sebagai Adsorben. *Majalah Teknik Industri*, 30(2), 84–91.

- Widiyastuti, D. A. (2016). Pengamatan scanning electron microscope (SEM) pada struktur dan mineral batuan dari Sungai Aranio Kabupaten Banjar. *Jurnal Sains Dan Terapan Politeknik Hasnur*, 5(2), 16–21.
- Wilk, M., Śliz, M., & Gajek, M. (2021). The effects of hydrothermal carbonization operating parameters on high-value hydrochar derived from beet pulp. *Renewable Energy*, 177, 216–228.
- Yunus, R., Mikrianto, E., Abdurrahman, & Jaya, A. K. (2021). *Karakteristik Arang Aktif Eceng Gondok (Eichornia crassipes) dengan aktivator H₃PO₄, ZnCl₂, dan KOH*. 6(April).
- Zhang, Z., Zhu, Z., Shen, B., & Liu, L. (2019). Insights into biochar and hydrochar production and applications: A review. *Energy*, 171, 581–598.

LAMPIRAN 1 PEMBUATAN DAN PERHITUNGAN REAGEN

1. Pembuatan Larutan H_3PO_4 10 % dari H_3PO_4 85% dan 100 ml

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$85\% \cdot V_1 = 10 \cdot 100\%$$

$$V_1 = 11,76 \text{ ml}$$

Pipet 11,76 ml larutan H_3PO_4 85% ke dalam labu ukur 100 ml, larutkan dengan aquades dan tambahkan aquades hingga tanda batas. Kocok hingga homogen

2. Pembuatan larutan Iod 0,1N dalam 500 ml

Diketahui:	$N = \frac{(g \times n)}{253,81 \times \frac{500}{1000}}$
$\text{Mr I}_2 = 253,81 \text{ g/mol}$	$0,1 \text{ N} = \frac{\text{gr} \times 2}{253,81 \times 0,5}$
$n = 2$	$\text{gr} = \frac{(253,81 \times 0,5) \times 0,1}{2}$
$V = 500 \text{ ml}$	$\text{gr} = 6,34 \text{ g}$
$N = 0,1 \text{ N}$	

Padatan I_2 (p.a, Merck) ditimbang 6,34 g, kemudian dilarutkan dengan aquades sebesar 50 ml ke dalam gelas beaker sampai larut, setelah larut masukkan ke dalam labu ukur 500 ml dan tambahkan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga homogen,

3. Pembuatan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N dalam 1000 ml

Diketahui:	$N = \frac{\text{gr} \times \text{valensi}}{(\text{Mr} \times V)}$
Valensi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 1$	$0,1 \text{ N} = \frac{\text{gr} \times 1}{248,21 \times 1000}$
$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 0,1 \text{ N}$	$\text{gr} = 248,21 \times 0,1$
$V \text{ aquades} = 1000$	$= 24,8 \text{ g}$
$\text{BM Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 248,21$	
g/mol	

Padatan 24,8 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (p.a, Merck) dilarutkan dengan aquades ke dalam gelas beaker sampai larut, tambahkan pengawet 0,1 g Na_2CO_3 . Pindahkan ke labu ukur 1000 ml dan tambahkan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga homogen.

4. Pembuatan larutan NaOH 0,1 N dalam 1000 ml

Diketahui:	$N = \frac{\text{gr} \times \text{valensi}}{(\text{Mr} \times V)}$
Valensi $\text{NaOH} = 1$	$0,1 \text{ N} = \frac{\text{gr} \times 1}{40 \times 1000}$
$N \text{ NaOH} = 0,1 \text{ N}$	$\text{gr} = 40 \times 0,1$
$V \text{ aquades} = 1000$	$= 4 \text{ g}$
$\text{BM NaOH} = 40 \text{ g/mol}$	

Padatan 4 g NaOH (p.a, Merck) dimasukkan ke dalam gelas beaker dan larutkan dengan aquades sebanyak 100 ml. Pindahkan ke dalam labu ukur 1000

ml dan tambahkan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga homogen

5. Pembuatan larutan indikator amylum 1%

Padatan 0,5 g amylum dimasukkan ke dalam gelas beaker. Larutkan dengan aquades sebanyak 50 ml dan panaskan hingga larutan sampai bening.

6. Standarisasi larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N

Pipet 25 ml larutan KIO_3 0,01 ml, tambahkan KI 2 g dan H_2SO_4 2M sebanyak 2 ml. Tutup hingga I_2 dan titrasi dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N sampai warna kuning pucat, setelah itu tambahkan 2 tetes indikator amylum 1% warna sampai biru. Titrasi kembali sampai warna hilang.

Diketahui:	
$N \text{ KIO}_3 = 0,01N$	$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{N \text{ KIO}_3 \times V \text{ KIO}_3 \times 6}{14,3}$
$V \text{ KIO}_3 = 25 \text{ ml}$	
$V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{15+14+14}{3} \text{ ml} = 14,3$	$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{6 \times 0,01 \times 25}{14,3}$
	$= 0,104 N$

7. Standarisasi Larutan NaOH 0,1 dengan Asam Oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 0,05 N

Cara membuat asam oksalat 0,05 N yaitu padatan asam oksalat 0,135 gram dilarutkan ke dalam gelas beaker dengan menambahkan 10 ml aquades,

selanjutnya pindahkan ke dalam gelas ukur berukuran 100 ml dan tambahkan aquades sampai tanda batas. Kocok hingga homogen.

Pipet 25 ml larutan asam oksalat ke dalam Erlenmeyer, selanjutnya tambahkan indikator pp 2 tetes. Titrasi menggunakan NaOH 0,1 sampai muncul warna merah. Lakukan analisis ini sebanyak 3 kali.

Diketahui:	Rumus:
$N \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,05\text{N}$	$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$
$V \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 25 \text{ ml}$	$N_1 = \frac{N_2 \times V_2}{V_1}$
$V \text{ NaOH} = \frac{12,3+12,4+12,4}{3}$	$N_1 = \frac{0,05 \times 25}{12,36}$
$= 12,36 \text{ ml}$	$N_1 = 0,101 \text{ N}$

LAMPIRAN 2 ANALISIS DATA

1. Karakterisasi

a. Kadar Air

Rumus:

$$\text{Kadar air (a)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100\%$$

Keterangan:

W_1 = berat cawan kosong (g)

W_2 = berat cawan kosong dan sampel sebelum dipanaskan (g)

W_3 = berat cawan kosong dan sampel sesudah dipanaskan (g)

1) *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit*

Cawan kosong = 50,37 g

Sampel *Hydro* = 1,00 g

Berat cawan dan sampel
sebelum dipanaskan = 51,37 g

berat cawan dan sampel
sesudah dipanaskan = 51,30 g

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air (a}_1\text{) \%} &= \frac{(51,37 - 51,30) \text{ g}}{(51,37 - 50,37) \text{ g}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,07}{1} \times 100\% \\ &= 7 \% \end{aligned}$$

2) *Hydrochar Aktif Fiber Kelapa Sawit*

Cawan kosong = 53,40 g

Sampel *Hydro* = 1,00 g

Berat cawan dan sampel

sebelum dipanaskan = 54,40 g
 Berat cawan dan sampel
 Sesudah dipanaskan = 54,37 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air (a}_2\text{) \%} &= \frac{(54,40 - 54,37) \text{ g}}{(54,40 - 53,40) \text{ g}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,03}{1} \times 100 \% \\ &= 3 \%\end{aligned}$$

b. Kadar Abu

Rumus:

$$\text{Kadar abu (b)} = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_3)} \times 100\%$$

Keterangan:

W_1 = berat cawan krush dan sampel sebelum dipanaskan
 (g)

W_2 = berat cawan krush dan sampel sesudah dipanaskan
 (g)

W_3 = berat sampel diuji awal (g)

1) *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit*

Cawan krush = 28,29 g
 Sampel *Hydro* = 0,93 g
 Berat cawan dan sampel
 sebelum dipanaskan = 29,22 g
 berat cawan dan sampel
 sesudah dipanaskan = 29,18 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar Abu (b}_1\text{) \%} &= \frac{(29,22 - 29,18) \text{ g}}{(0,93) \text{ g}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,04}{0,93} \times 100 \% \\ &= 4,3 \%\end{aligned}$$

2) *Hydrochar* Aktif *Fiber* Kelapa Sawit

Cawan krus = 24,98 g

Sampel *Hydro* = 0,97 gBerat cawan dan sampel
sebelum dipanaskan = 25,95 gBerat cawan dan sampel
Sesudah dipanaskan = 25,92 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar Abu (b}_2\text{) \%} &= \frac{(25,95 - 25,92) \text{ g}}{(0,97) \text{ g}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,03}{1} \times 100\% \\ &= 3 \%\end{aligned}$$

c. Kadar Zat Mudah Menguap

Rumus:

$$\text{Zat mudah menguap (c)} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100\%$$

Keterangan:

 W_1 = berat cawan krush (g) W_2 = berat cawan krush dan sampel sebelum dipanaskan
(g) W_3 = berat cawan krush dan sampel sesudah dipanaskan
(g)1) *Hydrochar* *Fiber* Kelapa Sawit

Cawan krush = 28,29 g

Sampel *Hydro* = 0,89 gBerat cawan dan sampel
sebelum dipanaskan = 29,18 gberat cawan dan sampel
sesudah dipanaskan = 29,02 g

$$\begin{aligned}
 (c_1) \% &= \frac{(29,18 - 29,02) \text{ g}}{(29,18 - 28,29) \text{ g}} \times 100 \% \\
 &= \frac{0,16}{0,89} \times 100 \% \\
 &= 17 \%
 \end{aligned}$$

2) *Hydrochar Aktif Fiber Kelapa Sawit*

Cawan krus	= 24,98 g
Sampel <i>Hydro</i> Aktif	= 0,94 g
Berat cawan dan sampel sebelum dipanaskan	= 25,92 g
Berat cawan dan sampel Sesudah dipanaskan	= 25,84 g

$$\begin{aligned}
 (c_2) \% &= \frac{(25,92 - 25,84) \text{ g}}{(25,92 - 24,98) \text{ g}} \times 100 \% \\
 &= \frac{0,08}{0,94} \times 100 \% \\
 &= 8,5 \%
 \end{aligned}$$

d. Kadar Karbon Terikat

Rumus :

$$\text{Kadar karbon terikat} = 100 \% - (a + b + c) \%$$

Keterangan :

a = kadar air (%)

b = kadar abu (%)

c = kadar zat mudah menguap (%)

1) *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit*

$$\begin{aligned}
 K &= 100\% (7\% + 4,3\% + 17\%) \\
 &= 100\% - 28,3\% \\
 &= 71,7\%
 \end{aligned}$$

2) *Hydrochar Aktif Fiber Kelapa Sawit*

$$\begin{aligned}
 K &= 100\% (3\% + 3\% + 8,5\%) \\
 &= 100\% - 14,5\%
 \end{aligned}$$

$$= 85,5 \%$$

e. Daya Serap terhadap Iodium

Rumus :

$$(\text{mg/g}) = \frac{\text{ml sampel} - \frac{(T \cdot C_1)}{C_2} \times W_1 \cdot F_p}{\text{gr sampel}}$$

Keterangan :

mL sampel = filtrate sampel yang akan dititrasi (mL)

T = Volume titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N (mL)

C_1 = Konsentrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N

C_2 = Konsentrasi Iod 0,1 N

W_1 = 126,93 (mg/mL)

F_p = Faktor Pengenceran (1)

1) *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit*

Diketahui :

mL sampel = 10 ml

$$\begin{aligned} T (\text{triplo}) &= \frac{5 \text{ ml} + 6 \text{ ml} + 6 \text{ ml}}{3} \\ &= 5,6 \text{ ml} \end{aligned}$$

C_1 = 0,1 N

C_2 = 0,1 N

$$\begin{aligned} (\text{mg/g}) &= \frac{(10 \text{ ml} - \frac{(5,6 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ N})}{0,1 \text{ N}}) \times 126,93 \times 1}{0,5 \text{ g}} \\ &= \frac{(10 - 5,6) \text{ ml} \times 126,93 \times 1}{0,5 \text{ g}} \\ &= 1.114,344 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

2) *HydrocharAktif Fiber Kelapa Sawit*

mL sampel = 10 ml

$$\begin{aligned} T (\text{triplo}) &= \frac{5,3 \text{ ml} + 5,3 \text{ ml} + 5,5 \text{ ml}}{3} \\ &= 5,36 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 0,1 \text{ N} \\
 C_2 &= 0,1 \text{ N} \\
 (\text{mg/g}) &= \frac{(10 \text{ ml} - \frac{(5,36 \text{ ml} \cdot 0,1 \text{ N})}{0,1 \text{ N}}) \times 126,93 \times 1}{0,5 \text{ g}} \\
 &= \frac{(10 - 5,36) \text{ ml} \times 126,93 \times 1}{0,5 \text{ g}} \\
 &= 1.177,9 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

f. Analisis Luas Permukaan menggunakan Larutan Iodin

Rumus:

$$S_1 = \frac{IN \cdot 10^{-3}}{M_1} N \omega_1$$

Keterangan :

S_1 = luas permukaan spesifik berdasarkan bilangan iodin

M_1 = massa molar iodium (I) = 126,92 gr/mol

IN = bilangan iodin (mg/g)

N = bilangan Avogadro ($6,023 \times 10^{23}$ gr/mol)

ω_1 = luas permukaan yang ditempati oleh 1 molekul iodin ($0,2096 \times 10^{-18} \text{ nm}^2$)

1) *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit*

Diketahui; IN = 1.114,344 mg/g

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{1.114,344 \times 10^{-3}}{126,92} \times (6,023 \times 10^{23}) \times (0,2096 \times 10^{-18}) \\
 &= 0,00877 \times (6,023 \times 10^{23}) \times (0,2096 \times 10^{-18}) \\
 &= 1.107,14 \text{ m}^2/\text{g}
 \end{aligned}$$

2) *Hydrochar Aktif Fiber Kelapa Sawit*

Diketahui; IN = 1.114,344 mg/g

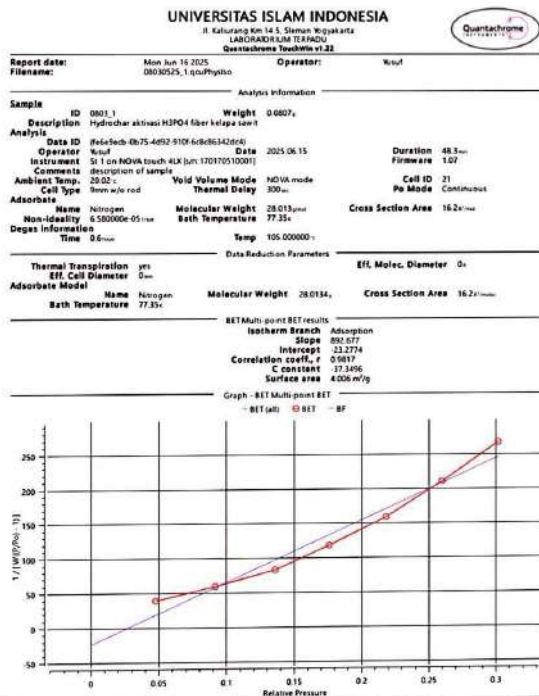
$$S_1 = \frac{1.177,9 \times 10^{-3}}{126,92} \times (6,023 \times 10^{23}) \times (0,2096 \times 10^{-18})$$

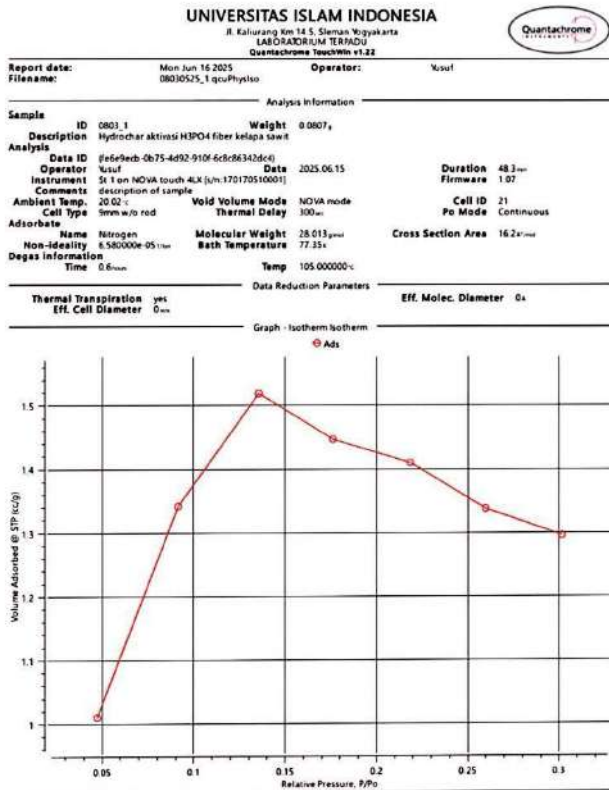
$$= 0,00928 \times (6,023 \times 10^{23}) \times (0,2096 \times 10^{-18})$$

$$= 1.171,526 \text{ m}^2/\text{g}$$

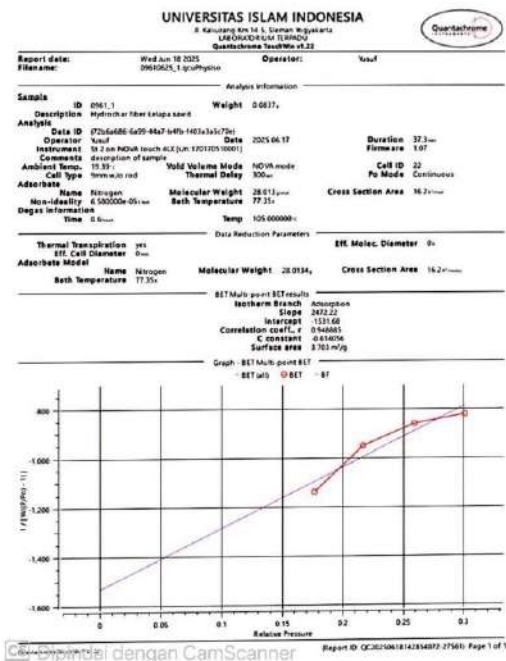
g. Analisis Luas Permukaan menggunakan metode BET

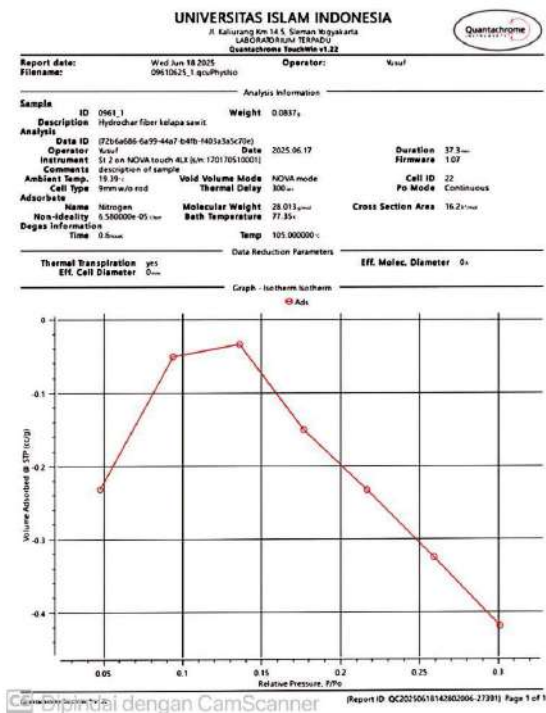
• Hydrochar Fiber Kelapa Sawit





- *Hydrochar Fiber Kelapa Sawit teraktivasi*





2. Analisis kualitas minyak goreng baru, minyak jelantah, minyak sebelum proses adsorpsi, dan setelah adsorpsi

a. Analisis Bau dan Warna pada Minyak Jelantah dengan melibatkan 25 orang panelis

No	Nama Sampel	Analisis Bau (Panelis)		
		Tidak berbau	Agak Tengik	Tengik
1.	Minyak Goreng Baru	25		
2.	Minyak Jelantah			25
3.	Minyak Jelantah + <i>Hydrochar</i> FKS 3 g		11	14
4.	Minyak Jelantah + <i>Hydrochar</i> FKS 5 g		12	13
5.	Minyak Jelantah + <i>Hydrochar</i> FKS 7 g		17	8
6.	Minyak Jelantah + <i>Hydrochar</i> FKS H_3PO_4 10% 3 g		20	5
7.	Minyak Jelantah + <i>Hydrochar</i> FKS H_3PO_4 10% 5 g		21	4
8.	Minyak Jelantah + <i>Hydrochar</i> FKS H_3PO_4 10% 7 g		21	4

Sampel	Analisis Warna (panelis)					
	Kuning Jernih	Orange	Kuning Kecoklatan	Coklat kekuningan	Coklat	Coklat Kehitamatan
A	25					
B				1	19	4
C				2	21	2
D				5	17	3
E			2	6	11	6
F		6	14	3	2	
G		1	13	7	4	
H		7	16	2		

b. Analisis Kadar Air/ Bahan Mudah Menguap

$$\text{Rumus : } \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0}$$

Keterangan:

W_0 = Cawan Kosong

W_1 = Cawan kosong + bobot sampel awal

W_2 = Cawan kosong + bobot sampel akhir

Minyak baru

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air (\%)} &= \frac{95,5667 - 95,5623}{95,5667 - 90,5667} \times 100\% \\ &= \frac{0,0044}{5} \times 100\% \\ &= 0,088\% \end{aligned}$$

1) Minyak jelantah (pedagang *chicken*)

Diketahui:

$$\begin{aligned} \text{Kadar air (\%)} &= \frac{58,4645 - 58,4453}{58,4645 - 53,4645} \times 100\% \\ &= \frac{0,0192}{5} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 0,384\%$$

- 2) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 3 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{55,3534 - 55,3441}{55,3534 - 50,3534} \times 100\% \\ &= \frac{0,0093}{5} \times 100\% \\ &= 0,18\%\end{aligned}$$

- 3) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 5 g

Diketahui:

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{55,4179 - 55,4124}{55,4179 - 50,4124} \times 100\% \\ &= \frac{0,0011}{5} \times 100\% \\ &= 0,11\%\end{aligned}$$

- 4) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 7 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{95,6577 - 95,6497}{95,6577 - 90,6577} \times 100\% \\ &= \frac{0,008}{5} \times 100\% \\ &= 0,16\%\end{aligned}$$

- 5) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 3 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{55,4764 - 55,4710}{55,4764 - 50,4764} \times 100\% \\ &= \frac{0,0054}{5} \times 100\% \\ &= 0,108\%\end{aligned}$$

- 6) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 5 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{58,5121 - 58,5073}{58,5121 - 53,5121} \times 100\% \\ &= \frac{0,0048}{5} \times 100\% \\ &= 0,096\%\end{aligned}$$

- 7) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 7 g

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{58,5213 - 58,5166}{58,5213 - 53,5213} \times 100\% \\ &= \frac{0,0047}{5} \times 100\% \\ &= 0,094\%\end{aligned}$$

c. Bilangan peroksida

$$\text{BP (meq O}_2\text{/kg)} = \frac{1000 \times N \times (V_0 - V_1)}{W}$$

Keterangan :

N = Normalitas larutan standar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N (N)

V_0 = Volume larutan hasil akhir titrasi minyak (ml)

V_1 = Volume larutan titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N pada blanko (ml)

W = Massa minyak goreng, minyak jelantah, minyak hasil adsorpsi

$$\text{Blanko} = \frac{0,3+0,3+0,3}{3} = 0,3$$

1) Minyak baru

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,5+0,5+0,5}{3} = 0,5 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \frac{1000 \times 0,1 \times (0,5 - 0,3)}{5} \\ &= \frac{1000 \times 0,1 \times 0,2}{5} \\ &= 4 \text{ meq O}_2\text{/kg} \end{aligned}$$

2) Minyak Jelantah

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{1,5+1,4+1,4}{3} = 1,43 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \frac{1000 \times 0,1 \times (1,43 - 0,3)}{5} \\ &= \frac{1000 \times 0,1 \times 1,13}{5} \\ &= 22,6 \text{ meq O}_2\text{/kg} \end{aligned}$$

3) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 3 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{1,2+1,2+1,1}{3} = 1,166 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \frac{1000 \times 0,1 \times (1,166 - 0,3)}{5} \\ &= \frac{1000 \times 0,1 \times 0,866}{5} \\ &= 17,32 \text{ meq O}_2\text{/kg} \end{aligned}$$

4) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 5 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{1,1+1,1+0,9}{3} = 1,03 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \frac{1000 \times 0,1 \times (1,03-0,3)}{5} \\ &= \frac{1000 \times 0,1 \times 0,73}{5} \\ &= 14,6 \text{ meq O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

- 5) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 7 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{1,1+1,1+0,9}{3} = 1,03 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \frac{1000 \times 0,1 \times (1,03-0,3)}{5} \\ &= \frac{1000 \times 0,1 \times 0,73}{5} \\ &= 14,6 \text{ meq O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

- 6) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 3 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,9+0,8+0,9}{3} = 0,86 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \frac{1000 \times 0,1 \times (0,86-0,3)}{5} \\ &= \frac{1000 \times 0,1 \times 0,56}{5} \\ &= 11,2 \text{ meq O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

- 7) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 5 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,8+0,8+0,7}{3} = 0,76 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \frac{1000 \times 0,1 \times (0,76-0,3)}{5} \\ &= \frac{1000 \times 0,1 \times 0,46}{5} \\ &= 9,2 \text{ meq O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

- 8) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 7 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,8+0,8+0,9}{3} = 0,83 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{BP} &= \frac{1000 \times 0,1 \times (0,83-0,3)}{5} \\ &= \frac{1000 \times 0,1 \times 0,53}{5} \\ &= 10,6 \text{ meq O}_2/\text{kg} \end{aligned}$$

d. Asam Lemak Bebas

Rumus :

$$\% \text{ FFA} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \times \text{BM Asam Lemak}}{W \times 1000} \times 100\%$$

Keterangan :

% FFA = Kadar asam lemak bebas dalam persen (%)

V NaOH = Volume NaOH (ml)

N NaOH = Normalitas NaOH (N)

BM Asam Lemak = berat molekul asam lemak (palmitat) 256 g/mol

W = Massa minyak goreng, minyak jelantah, minyak hasil adsorpsi

1) Minyak Goreng Baru

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,4+0,3+0,3}{3} = 0,33 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{0,33 \times 0,1 \times 256}{5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,16\% \end{aligned}$$

2) Minyak Jelantah

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{1,1+1,5+1,2}{3} = 1,26 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{1,26 \times 0,1 \times 256}{5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,64\% \end{aligned}$$

3) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 3 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{1,0+0,9+1,0}{3} = 0,96 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{1,26 \times 0,1 \times 256}{5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,64\% \end{aligned}$$

4) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 5 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,9+0,8+0,8}{3} = 0,83 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{0,83 \times 0,1 \times 256}{5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,42\% \end{aligned}$$

5) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS 7 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,9+1,0+1,0}{3} = 0,96 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{0,96 \times 0,1 \times 256}{5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,49\% \end{aligned}$$

6) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 3 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,8+0,8+0,8}{3} = 0,8 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{0,8 \times 0,1 \times 256}{5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,409\% \end{aligned}$$

7) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 5 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,5+0,5+0,6}{3} = 0,53 \text{ ml}$$

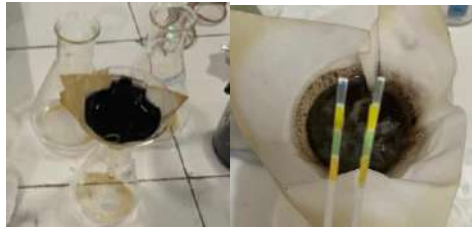
$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{0,53 \times 0,1 \times 256}{5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,27\% \end{aligned}$$

8) Minyak Jelantah + *Hydrochar* FKS H₃PO₄ 10% 7 g

$$\text{Perlakuan (Triplo)} = \frac{0,5+0,5+0,4}{3} = 0,46 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ FFA} &= \frac{0,46 \times 0,1 \times 256}{5 \times 1000} \times 100\% \\ &= 0,23\% \end{aligned}$$

LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI**Serbuk *Fiber* Kelapa Sawit****Proses HTC****Uji kadar air****Uji kadar Abu****Uji Kadar Zat
Menguap****Analisis Daya Terhadap Iodium**



Proses aktivasi dan pencucian pH netral



Uji kadar air pada Minyak Goreng



Uji Asam Lemak Bebas



Uji Bilangan Peroksida

DAFTAR RIWAYAT HIDUP**A. Identitas Diri**

Nama Lengkap : Cici Meiyanti
NIM : 2108036005
Tempat & Tanggal lahir : Rembang, 01 Mei 2002
Alamat Rumah : Ds. Babaktulung 003/002
Kec. Sarang, Kab. Rembang
No. Hp : 082313987379
Email : ciciltmpt@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

- a. TK Tanwirul Qulub Babaktulung (2007-2009)
- b. SDN 2 Babaktulung (2009-2015)
- c. MTS Al Anwar Sarang Rembang (2015-2018)
- d. MAN 2 Rembang (2018-2021)

C. Pendidikan Nonformal

- a. Madrasah Diniyah Tanwirul Qulub (2009-2015)
- b. Pondok Alfath (2018-2020)