PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG SIWALAN (BORASSUS FLABELLIFER L) SEBAGAI KARBON AKTIF DENGAN AKTIVATOR ZNCL₂ DAN NA₂CO₃ UNTUK PENJERNIHAN MINYAK JELANTAH

SKRIPSI

Oleh: FAJRUL IHSAN NIM.17640033



PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022

PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG SIWALAN (BORASSUS FLABELLIFER L) SEBAGAI KARBON AKTIF DENGAN AKTIVATOR ZNCL₂ DAN NA₂CO₃ UNTUK PENJERNIHAN MINYAK JELANTAH

SKRIPSI

Diajukan kepada: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

> Oleh: <u>Fajrul Ihsan</u> NIM, 17640033

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG SIWALAN (BORASSUS FLABELLIFER L) SEBAGAI KARBON AKTIF DENGAN AKTIVATOR ZNCL₂ DAN NA₂CO₃ UNTUK PENJERNIHAN MINYAK JELANTAH

SKRIPSI

Oleh: <u>Fajrul Ihsan</u> NIM. 17640033

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji Pada tanggal, 17 Juni 2022

Dr. Erna Hastuti, M.Si.
NIP. 19880605 20180201 2 242

Mengetahui
Ketua Program Studi

Dr. Inna Hastuti, M.Si.
NIP. 19900905 201903 1 018

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG SIWALAN (BORASSUS FLABELLIFER L) SEBAGAI KARBON AKTIF DENGAN AKTIVATOR ZNCL2 DAN NA2CO3 UNTUK PENJERNIHAN MINYAK JELANTAH

SKRIPSI

Oleh: <u>FAJRUL IHSAN</u> NIM.17640033

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarja Sains (S.Si) Pada Tanggal, 17 Juni 2022

Penguji Utama :	<u>Utiya Hikmah, M.Si</u> NIDT. 19880605 20180201 2:242	Tholimble
Ketua Penguji :	<u>Irian, M.Si</u> NIP. 1969123 1200604 1 003	Mour
Sekretaris Penguji :	Dr. Erna Hastuti, M,Si NIP. 19811119 200801 2 009	(AR)
Anggota Penguji :	<u>Arista Romadani M.Sc</u> NIP. 19900905 201903 1 018	(July .



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : FAJRUL IHSAN

NIM : 17640033

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : Pemanfaatan Limbah Tempurung Siwalan (Borassus

Flabellifer L) Sebagai Karbon Aktif Dengan Aktivator

Zncl₂ Dan Na₂CO₃ Untuk Penjernihan Minyak Jelantah.

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.



MOTTO

فَتَعْلَى اللَّهُ الْمَلِكُ الْحَقُّ وَلَا تَعْجَلْ بِالْقُرْانِ مِنْ قَبْلِ أَنْ يُقْضَى اِلَيْكَ وَحْيُه ۖ وَقُلْ رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا

"Maha tinggi Allah, Raja yang sebenar-benarnya. Janganlah engkau (Nabi Muhammad) tergesa-gesa (membaca) Al-Qur'an sebelum selesai pewahyuannya kepadamu dan katakanlah, "Ya Tuhanku, tambahkanlah ilmu kepadaku."

Nabi Muhammad saw. dilarang oleh Allah Swt. mengikuti bacaan Jibril kata demi kata sebelum Jibril selesai membacakannya agar beliau menghafal dan memahami betul-betul ayat yang diturunkan. Allah Swt. menjamin bahwa beliau akan mampu menghafal ayat-ayat yang diturunkan kepadanya"

Q.S Thaha ayat 114

"Belajarlah kamu, dan mengajarlah kamu, dan hormatilah guru-gurumu, serta berlaku baiklah terhadap orang yang mengajarkanmu."

(H.R. Tabrani)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT Sholawat serta salam tertuju kepada Nabi Muhammad SAW Skripsi ini saya persembahkan untuk :

Keluargaku tercinta

"Ayah (Agus Dwi Santoso), ibu (Sri Esti Utami)"

Terima kasih atas doa, restu, dan dukungannya

Teman serta Keluarga,

dan segenap keluarga UIN Malang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pemanfaatan LimbahTempurung siwalan (Borassus flabellifer L) Sebagai Karbon Aktif dengan Aktivator ZnCl2 dan Na2CO3 untuk Penjernihan Minyak Jelantah". Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia menuju zaman zakiyyah, yakni Addinul Islam Wal Iman.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

- Prof. Dr. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- 3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi dengan baik.
- 4. Dr. Erna Hastuti, M.Si selaku Pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan di Laboratorium Riset Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Arista Romadani, M.Sc selaku Dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam bidang integrasi sains dan Al-Quran.
- 6. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Dosen wali yang senantiasa memberikan bimbingan, pengarahan, motivasi dan ilmu pengetahuan.
- Segenap dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.

ix

8. Para Peneliti, karyawan dan teman-teman di Laboratorium Riset Fisika

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. yang telah banyak

membantu selama proses penelitian dan memberikan pengetahuan serta

wawasan kepada penulis.

9. Bapak, Ibu, adik serta keluarga di rumah yang selalu memberi doa dan

dukungan, baik riil maupun materiil selama proses penelitian.

10. Teman-teman angkatan 2017, khususnya Fisika A yang senantiasa memberi

semangat dan dukungan kepada penulis.

11. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan

dukungan dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat

banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik

dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan,

semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, 18 Juni 2022

<u>Fajrul Ihsan</u> NIM.17640033

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	X
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	
ABSTRAK	XV
ABSTRACT	
الملخص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	
1.2 Rumusan Masalah	
1.3 Tujuan Penelitian	
1.4 Batasan Masalah	
1.5 Manfaat Penelitian	8
	•
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.)	9
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>)	9 11
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif	9 11 12
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂)	91112
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃)	
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi	
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah)	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red)	
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi <i>Methylene Blue</i>	
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> 2.8 Viskositas	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi Methylene Blue 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias	
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> 2.8 Viskositas	
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias 2.10 Integrasi Islam	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi Methylene Blue 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias 2.10 Integrasi Islam BAB III METODE PENELITIAN	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi Methylene Blue 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias 2.10 Integrasi Islam BAB III METODE PENELITIAN 3.1 Jenis Penelitian	
2.1 Siwalan (<i>Boreassus Flabellifer L.</i>) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi <i>Methylene Blue</i> 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias 2.10 Integrasi Islam BAB III METODE PENELITIAN 3.1 Jenis Penelitian 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi Methylene Blue 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias 2.10 Integrasi Islam BAB III METODE PENELITIAN 3.1 Jenis Penelitian 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 3.3 Alat dan Bahan	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi Methylene Blue 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias 2.10 Integrasi Islam BAB III METODE PENELITIAN 3.1 Jenis Penelitian 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 3.3 Alat dan Bahan 3.3.1 Alat Penelitian	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi Methylene Blue 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias 2.10 Integrasi Islam BAB III METODE PENELITIAN 3.1 Jenis Penelitian 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 3.3 Alat dan Bahan 3.3.1 Alat Penelitian 3.3.2 Bahan Penelitian	
2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.) 2.2 Karbon Aktif 2.3 Aktivator Agen 2.3.1 Seng Klorida (ZnCl ₂) 2.3.2 Natrium Karbonat (Na ₂ CO ₃) 2.4 Adsorpsi 2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah) 2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red) 2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi Methylene Blue 2.8 Viskositas 2.9 Indeks Bias 2.10 Integrasi Islam BAB III METODE PENELITIAN 3.1 Jenis Penelitian 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 3.3 Alat dan Bahan 3.3.1 Alat Penelitian	

3.4.1 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Siwalan (Sahara dk	ĸ,
2019)	29
3.4.2 Karakterisasi Sampel	30
3.4.3 Aplikasi Sampel	31
3.4.4 Gugus Fungsi Menggunakan Fourier Transform Infra Red	31
3.4.5 Penjernihan Minyak Jelantah	31
3.5 Diagram Alir Penelitian	32
3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif	32
3.5.2 Diagram Alir Penjernihan Minyak jelantah	
3.6 Teknik Pengumpulan Data	33
3.6.1 Analisa Gugus Fungsi Karbon Aktif Tempurung siwalan Menggunakar	1
FTIR (Fourier Transform-Infra Red)	33
3.6.2 Analisa Luas Permukaan Menggunakan Metode Methylene Blue	34
3.6.3 Analisa Viskositas	36
3.6.4 Analisa Indeks Bias	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Data Hasil Penelitian	38
4.1.1 Preparasi Sampel	38
4.1.2 Analisa Gugus Fungsi Menggunakan FTIR	41
4.1.3 Analisa Luas Permukaan Karbon dengan Metode Methylene Blue	46
4.1.4 Analisa Viskositas Minyak Jelantah	48
4.1.5 Analisa Indeks Bias Minyak Jelantah	50
4.2 Pembahasan	
4.3 Pemanfaatan Tempurung Siwalan Sebagai Karbon Aktif untuk Penjernihan	
Minyak Jelantah dalam Perspektif Islam	57
BAB V PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tempurung Siwalan Muda dan Tua	10
Gambar 2.2	Struktur Karbon Aktif	11
Gambar 2.3	Mekanisme Aktivasi Karbon Aktif dengan ZnCl2	13
Gambar 2.4	Mekanisme Adsorpsi	15
Gambar 2.5	Stuktur Methylene Blue	20
Gambar 2.6	Mekanisme indeks bias	24
Gambar 4.1	Yield Massa Karbon	40
Gambar 4.2	Spektrum FTIR sampel (a) K-0 (b) KN-3 (c) KN-6 (d) KN-9 (e)	
	KN-12	42
Gambar 4.3	Spektrum FTIR sampel (a) K-0 (b) KZ-3 (c) KZ-6 (d) KZ-9 (e)	
	KZ-12	44
Gambar 4.4	Luas Permukaan Karbon Aktif Tempurung Siwalan	47
Gambar 4.5	Hasil Uji Viskositas Minyak Jelantah dengan Karbon Aktif	49
Gambar 4.6	Hasil Uji Indeks Bias Minyak Jelantah dengan Karbon Aktif	51
Gambar 4.7	Gugus Fungsi Pada Permukaan Karbon	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Tempurung Siwalan	10
Tabel 2.2	Standar Mutu Minyak Goreng	17
Tabel 2.3	Pita Serapan Uji FTIR	18
Tabel 3.1	Keterangan Sampel Karbon Aktif	31
Tabel 3.2	Keterangan Sampel Minyak Jelantah dengan Karbon Aktif	33
Tabel 3.3	Data Hasil Karakterisasi Spektrofometer UV-Vis	37
Tabel 3.4	Data Hasil Pengujian Nilai Viskositas	37
Tabel 3.5	Data Hasil Pengujian Indeks Bias Minyak Jelantah	38
Tabel 4.1	Yield Massa Karbon Setelah Aktivasi	41
Tabel 4.2	Data Ikatan Gugus Fungsi Sampel Na ₂ CO ₃ Hasil Uji FTIR	44
Tabel 4.3	Data Ikatan Gugus Fungsi Sampel ZnCl ₂ Hasil Uji FTIR	
Tabel 4.4	Luas Permukaan Karbon Aktif Tempurung Siwalan	48
Tabel 4.5	Hasil Uji Viskositas Minyak Jelantah	50
Tabel 4.6	Hasil Uji Indeks Bias Minyak Jelantah	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Bahan

Lampiran 2 Data FTIR

Lampiran 3 Data dan Perhitungan UV-Vis

Lampiran 4 Hasil Uji Viskositas dan Indeks Bias

Lampiran 5 Gambar penelitian

Lampiran 6 Bukti Konsultasi Skripsi

ABSTRAK

Ihsan, Fajrul. 2022. **Pemanfaatan Limbah Tempurung Siwalan (Borassus Flabellifer L) Sebagai Karbon Aktif Dengan Aktivator ZnCl₂ Dan Na₂CO₃ Untuk Penjernihan Minyak Jelantah.** Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing (I) Erna Hastuti, M.Si (II) Arista Romadhani M.Si

Kata Kunci: Tempurung Siwalan; Karbon Aktif; Adsorpsi; Minyak Jelantah

Tempurung Siwalan memiliki kandungan hemisellulosa, sellulosa, dan lignin yang tinggi sehingga berpotensi sebagai bahan pembuat karbon aktif. Karbon aktif memiliki pori-pori dan luas permukaan yang dapat dioptimalkan sebagai penjernihan air, pemurnian gas, dan penetral dari berbagai limbah. Karbon aktif dari bahan dasar tempurung siwalan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk penjernihan minyak jelantah. Pada penelitian ini tempurung siwalan dimanfaatkan untuk pembuatan material karbon aktif dengan metode aktivasi. Tempurung siwalan dipanaskan pada temperatur 500°C selama 2 jam. Karbon tempurung siwalan diaktivasi menggunakan ZnCl₂ Dan Na₂CO₃ dengan variasi konsentrasi 3%, 6%, 9% dan 12% dipanaskan pada temperatur 400°C selama 1 jam. Spektrum FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi pada karbon aktif. Analisis luas permukaan menunjukkan karbon tempurung siwalan dengan aktivasi ZnCl₂ Dan Na₂CO₃ 3-12% memiliki nilai yang relatif sama yaitu sekitar 22 m²/g. Sedangkan karbon tempurung siwalan tanpa aktivasi memiliki nilai yang lebih kecil yaitu 16,271 m²/g dibandingkan dengan karbon tempurung siwalan yang aktivasi mengalami peningkatan. Analisis nilai viskositas dan indeks bias menunjukkan nilai optimum terjadi pada karbon aktif ZnCl₂ 12% Dan Na₂CO₃ 9%.

ABSTRACT

Ihsan, Fajrul. 2022. Utilization of Siwalan Shell Waste (Borassus Flabellifer L) As Activated Carbon With ZnCl₂ And Na₂CO₃ For Purification Of Used Cooking Oil. Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisor (I) Erna Hastuti, M.Si (II) Arista Romadhani M.Si

Keywords: Siwalan Shell, Activated Carbon, Adsorption, Cooking Oil.

Siwalan shell has high hemicellulose, cellulose, and lignin content so that it has the potential as an active carbon maker. Activated carbon has pores and surface area that can be optimized for water purification, gas purification, and neutralization of various wastes. Activated carbon from siwalan shell base material can be used as an adsorbent for the purification of used cooking oil. In this study, siwalan shell was used for the manufacture of activated carbon material with the activation method. The siwalan shell was heated at a temperature of 500°C for 2 hours. Siwalan shell carbon was activated using ZnCl₂ and Na₂CO₃ with various concentrations of 3%, 6%, 9% and 12% heated at a temperature of 400°C for 1 hour. The FTIR spectrum shows the presence of functional groups on activated carbon. Surface area analysis showed that siwalan shell carbon with activated ZnCl₂ and Na₂CO₃ 3-12% had relatively the same value, which was about 22 m²/g. While the siwalan shell carbon without activation has a smaller value, namely 16,271 m²/g compared to the activated siwalan shell carbon which has increased. Analysis of the value of viscosity and refractive index showed that the optimum value occurred in activated carbon ZnCl₂ 12% and Na₂CO₃ 9%.

احسان فجرل. 2022. استخدام نفايات قشرة سيوالان (Borassus Flabellifer L) ككربون نشط مع منشطات Na_2CO_3 و $ZnCl_2$ لتنقية زيت الطهي المستخدم. فرضية. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، جامعة مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية ، مالانج. المشرفة (I) إرنا هاستوتي م ، (II) أريستا روماداني م

الكلمات الرئيسية: الأنود ذيفة سيوالان ، الكربون المنشط ، الامتزاز ، زيت الطبخ.

تحتوي قذيفة سيوالان على نسبة عالية من الهيميسليلوز والسليلوز واللجنين بحيث يكون لها القدرة على صنع الكربون النشط. يحتوي الكربون المنشط على مسام ومساحة سطحية يمكن تحسينها لتنقية المياه وتنقية الغاز وتحييد النفايات المختلفة. يمكن استخدام الكربون المنشط من مادة قشرة سيوالان الأساسية كممتاز لتنقية زيت الطهي المستخدم. في هذه الدراسة تم استخدام قشرة سيوالان لتصنيع مادة الكربون المنشط بطريقة التنشيط. تم تسخين قشرة سيوالان عند درجة بتركيزات Na_2CO_3 و Na_2CO_3 حرارة 500 درجة مئوية لمدة ساعتين. تم تنشيط كربون غلاف سيوالان باستخدام وجود Na_2CO_3 عنتلفة Na_2CO_3 و Na_2CO_3 مسخن عند درجة حرارة 400 درجة مئوية لمدة ساعة. يُظهر طيف Na_2CO_3 مع تنشيط Na_2CO_3 عموعات وظيفية على الكربون المنشط. أظهر تحليل مساحة السطح أن كربون الصنوبر مع تنشيط Na_2CO_3 المناف المنفط الذي زاد. أظهر تحليل ميوالان بلون تنشيط لدق يمة أصغر تبلغ Na_2CO_3 عيمة اللزوجة ومعامل الانكسار أن القيمة المثلى حدثت في الكربون المنشط Na_2CO_3 و Na_2CO_3 و Na_2CO_3 عيمة اللزوجة ومعامل الانكسار أن القيمة المثلى حدثت في الكربون المنشط

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Siwalan merupakan tumbuhan jenis palma yang memiliki beragam manfaat bagi masyarakat Indonesia. Tumbuhan ini dominan bertahan hidup pada lahan kritis. Tempat yang ideal untuk tumbuh yaitu di dataran rendah dan terbuka yang memiliki ketinggian sekitar 0-500 mdpl. Siwalan ini tersebar di Indonesia dapat ditemui pada wilayah tepi pantai seperti Jawa Tengah, Jawa Timur (Lamongan, Gresik, dan Tuban), Madura, NTT, NTB, Maluku Tenggara, Sulawesi Selatan, dan Bali (Apriyanti, 2018).

Bagian pohon siwalan yang sering dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat yaitu kayu, kulit, buah, biji, dan bunga. Tempurung dari buah siwalan masih jarang diolah oleh masyarakat, sehingga limbah tempurung siwalan menumpuk dan perlu pengelolaan dengan baik. Tempurung siwalan memiliki berbagai kandungan meliputi selulosa 11,90%, air 13,80%, abu 4,46%, karbon 44,58% dan zat volatile 23,85%. Dari kandungan tersebut maka tempurung siwalan berpotensi sebagai bahan utama pembuatan karbon aktif (Dewati, 2010). Karbon aktif merupakan salah satu senyawa amorf yang mempunyai karakteristik pori yang sangat kompleks, berukuran mikro, dan luas permukaan berukuran makro (Manullang dkk, 2013). Menurut Sembiring, (2003) luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram dan berhubungan dengan struktur pori internal sehingga karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben.

Proses pembuatan karbon aktif dilakukan melalui 2 tahap, yaitu karbonisasi dan aktivasi. Proses aktivasi mempunyai tujuan untuk memperluas pori-pori karbon dengan cara memecahkan hidrokarbon serta mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga menyebabkan perubahan sifat fisika dan sifat kimia pada karbon. Proses aktivasi dibagi 2, yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika merupakan pembakaran karbon menggunakan gas inert pada temperatur antara 300-1500°C dengan tujuan karbon menjadi aktif, sedangkan aktivasi kimia merupakan proses pengaktifan karbon dengan cara penambahan bahan kimia sebagai aktivator sehingga mempengaruhi struktur karbon.

Proses aktivasi kimia membutuhkan senyawa yang dapat memutus rantai karbon dengan menggunakan bahan-bahan kimia meliputi H₃PO₄, HCl, ZnCl₂, Ca(OH)₂, dan KOH. M. Nitsae, dkk (2020) membuat karbon aktif dari tempurung siwalan yang diaktivasi dengan fisika dan kimia. Proses aktivasi fisika dilakukan dengan pembakaran dengan alat pirolisis sederhana, kemudian aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH dengan variasi 0,1M; 0,5M; dan 1M. Hasil percobaan menunjukkan bahwa daya adsorpsi terhadap bilangan iod dan methylene blue yang tinggi (lebih besar dari SNI). Ozhan, dkk (2014) melakukan penelitian menggunakan biji pinus yang di impregnasi terhadap radiasi gelombang mikro menggunakan aktivator ZnCl₂ kemudian dialiri gas N₂. Hasil penelitian menunjukkan luas permukaan sebesar 939 m²/g. Duman, dkk (2009) melakukan penelitian menggunakan H₃PO₄ dan ZnCl₂ sebagai aktivator pembuatan karbon aktif dari biji pinus dengan variasi konsentrasi 50%, 100%, 200%, dan 250% dari berat karbon. Didapatkan luas permukaan karbon aktif dengan H₃PO₄ paling baik

dengan konsentrasi 250% yaitu 1597 m²/g, ZnCl² paling baik dengan konsentrasi 200% yaitu 1823 m²/g. Karbon aktif dengan bahan dasar tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan pengozonan dan Zncl². Diperoleh hasil bahwa karbon aktif dari tempurung siwalan yang diaktivasi dengan ZnCl² memiliki daya serap lebih baik terhadap bilangan iodin, metilen biru, dan metilen jingga daripada menggunakan aktivator pengozonan (Dita, 2013). Dalam penelitian membuat karbon aktif dari tempurung kelapa ZnCl² dan Na²CO³ sebagai aktivator, kemudian diaktivasi kimia disertai pirolisis. Hasil menunjukkan bahwa luas permukaan zat aktivator Na²CO³ 5% dan ZnCl² 5% yaitu 189,630-1900,69 m²/g (Gilar. S, 2013). Oleh karena itu, tempurung siwalan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif, sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomisnya. Selain itu Allah melarang umatnya agar tidak berlebihan dalam hal apapun yang sudah diterangkan pada alqur'an surat al-A'raf ayat 31:

Artinya: "Wahai anak cucu Adam! Pakailah pakaianmu yang bagus pada setiap (memasuki) masjid, makan dan minumlah, tetapi jangan berlebihan. Sungguh, Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan" (QS. Al-A'raf: 31).

Pada ayat di atas Allah memerintahkan agar manusia berlaku adil dalam semua urusan, maka pada ayat ini Allah memerintahkan agar memakai pakaian yang baik dalam beribadah, baik ketika salat, tawaf, dan ibadah lainnya. Allah juga memerintahkan manusia untuk makan dan minum secukupnya tanpa berlebih-lebihan. Dalam rangka beribadah, Kami telah menyediakan makanan dan minuman, maka makan dan minumlah apa saja yang kamu sukai dari makanan dan minuman yang halal, baik dan bergizi, tetapi jangan berlebihan dalam segala

hal, baik dalam beribadah dengan menambah cara atau kadarnya, ataupun dalam makan dan minum. Karena sungguh, Allah tidak menyukai, yakni tidak melimpahkan rahmat dan ganjaran-Nya kepada orang yang berlebih-lebihan dalam hal apa pun (Tafsir Kementrian Agama, 2002).

Melimpahnya limbah tempurung siwalan akan menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik karena kandungan bahan-bahan organik yang terdapat pada tempurung siwalan akan teroksidasi oleh senyawa organik yang menyebabkan timbulnya gas amoniak dan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Padahal allah sudah melarang umatnya supaya tidak merusak alam di bumi yang telah dijelaskan pada alqur'an surat al-A'raf ayat 56:

Artinya: "Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan" (QS. Al-A'raf: 56).

Dalam ayat ini Allah melarang manusia agar tidak membuat kerusakan di muka bumi. Larangan membuat kerusakan ini mencakup semua bidang, seperti merusak pergaulan, jasmani dan rohani orang lain, kehidupan dan sumber-sumber penghidupan (pertanian, perdagangan, dan lain-lain), merusak lingkungan dan lain sebagainya. Bumi ini sudah diciptakan Allah dengan segala kelengkapannya, seperti gunung, lembah, sungai, lautan, daratan, hutan dan lain-lain, yang semuanya ditujukan untuk keperluan manusia, agar dapat diolah dan dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya untuk kesejahteraan mereka (Tafsir Kementrian agama, 2002).

Karbon aktif mempunyai karakteristik pori-pori yang banyak dan luas permukaan yang besar dapat dimanfaatkan sebagai penjernih air, pemurnian gas, penetral limbah, dan penjernihan minyak goreng bekas. Karbon aktif dari bahan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengadsorpsi asam lemak bebas, bilangan asam, bilangan peroksida, yang terdapat pada minyak jelantah. Menurut Menurut Rusdiana, (2017) minyak goreng mempunyai hubungan yang erat dengan kesehatan tubuh. Minyak goreng dapat diidentifikasi sifat fisikanya dengan beberapa parameter seperti warna, bau, titik beku, titik didih, berat jenis, kekentalan (viskositas), dan indeks bias (Warsito, 2015).

Nilai viskositas dan indeks bias tidak stabil seiring dengan perubahan kualitas minyak (Ramdja, 2015). Minyak goreng yang dipakai berulang kali dapat meningkatkan nilai viskositas. Menurut penelitian M. Nasir (2020) melakukan percobaan perbandingan kualitas minyak goreng bermerek dan minyak kelapa dengan parameter viskositas dan indeks bias, didapatkan hasil bahwa nilai indeks bias dan viskositas minyak kelapa lebih rendah daripada minyak goreng bermerek. Nilai viskositas dan indeks bias meningkat setelah digunakan. Sutiah, K. dkk (2008) melakukan studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias, didapatkan hasil bahwa nilai viskositas minyak goreng terbaik yaitu 3,91 x 10-3 Ns/m², sementara nilai indeks bias minyak goreng terbaik yaitu 1,44.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini dilakukan sintesis karbon aktif dari tempurung siwalan menggunakan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ dengan variasi konsentrasi 3%, 6%, 9%, dan 12%. Karbon aktif selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FTIR (Fourier Transform-Infra Red) untuk mengetahui gugus fungsinya. Kemudian, menggunakan metode penyerapan

methylene blue menggunakan alat uji Spektrofometer UV-Vis sehingga dapat menganalisis luas permukaan karbon aktif tempurung siwalan. Selanjutnya, dilakukan uji adsorpsi karbon aktif terhadap minyak jelantah dengan parameter viskositas dan indeks bias.

1.2 Rumusan Masalah

- 1. Bagaimana pengaruh konsentrasi ZnCl₂ dan Na₂CO₃ terhadap gugus fungsi karbon aktif tempurung siwalan ?
- 2. Bagaimana pengaruh konsentrasi ZnCl₂ dan Na₂CO₃ terhadap luas permukaan karbon aktif tempurung siwalan ?
- 3. Bagaimana pengaruh ZnCl₂ dan Na₂CO₃ terhadap kualitas karbon aktif sebagai penjernih minyak jelantah dengan parameter nilai viskositas dan nilai indeks bias ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini yang berjudul " Pemanfaatan Limbah Tempurung siwalan (Borassus flabellifer L) Sebagai Karbon Aktif dengan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃" adalah sebagai berikut ;

- Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ZnCl₂ dan Na₂CO₃ terhadap gugus fungsi karbon aktif dari limbah tempurung siwalan yang dikarakterisasi menggunakan uji FTIR.
- 2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 terhadap luas permukaan karbon aktif dari limbah tempurung siwalan yang dikarakterisasi menggunakan uji UV-Vis.

 Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ZnCl₂ dan Na₂CO₃ terhadap kualitas karbon aktif sebagai penjernih minyak jelantah dengan parameter nilai viskositas dan nilai indeks bias.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah;

- 1. Bahan utama yang digunakan yaitu tempurung siwalan.
- Pengeringan tempurung siwalan menggunakan sinar matahari hingga kering.
- Pembakaran temburung siwalan menggunakan furnace terbuka pada temperature 500°C selama 2 jam.
- 4. aktivator yang digunakan adalah ZnCl₂ dan Na₂CO₃.
- 5. Volume aquades 70 ml dan massa karbon sebesar 7 gram.
- 6. Konsentrasi ZnCl₂ dan Na₂CO₃ masing-masing sebesar 3%, 6%, 9% dan 12%.
- 7. Pembakaran karbon aktif menggunakan furnace udara terbuka pada temperatur 400°C selama 1 jam.
- 8. Mengetahui luas permukaan karbon aktif menggunakan metode penyerapan *methylene blue*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yang berjudul "Pemanfaatan Limbah Tempurung siwalan (Borassus flabellifer L) Sebagai Karbon Aktif dengan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ untuk Penjernihan Minyak Jelantah" adalah sebagai berikut ;

- Sebagai bahan alternatif pembuatan karbon aktif untuk absorben limbah dibidang home industri yang bergerak disektor makanan dan pakaian.
- Sebagai penghilang bau, penghilang zat-zat warna, penghilang ammonia, dan penyerapan terhadap gas beracun.
- Sebagai informasi dan pengetahuan tentang manfaat karbon aktif dari tempurung siwalan bagi penulis dan pembaca.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siwalan (Boreassus Flabellifer L.)

Buah siwalan dikenal oleh masyarakat dengan sebutan buah lontar, yang mempunyai nama latin yaitu *Borassus Flabellifer Linn*. Tanaman ini termasuk golongan Gymnospermae, monokotil atau berbiji tunggal, ber ordo *Arecales*, family *Palmae (Arecaceae)*, dan *genus Borassus*. Di Benua Asia, terutama di Indonesia pohon siwalan lebih dominan tumbuh di daerah pantai atau dataran rendah yang mempunyai iklim panas, contohnya di Pulau Jawa, Jawa Timur (Lamongan, Gresik, Tuban, dan Tulungagung), Jawa Tengah (Brebes dan Pekalongan). Adapun di luar Pulau Jawa siwalan masih banyak dijumpai di berbagai daerah seperti Madura, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur dan Maluku (Tambunan, 2009).

Ciri-ciri dari tanaman siwalan yaitu daun oval menyerupai kipas, buah bulat dan bagian luar dilindungi oleh tempurung atau sabut yang berwarna coklat agak kehitaman. Tempurung akan mengeras dan tebal ketika buah tersebut sudah masak. Tempurung siwalan ini masih sedikit yang memanfaatkannya, maka limbah dari tempurung siwalan sangat bertambah apabila tidak bias dimanfaatkan agar mempunyai nilai jual yang tinggi dan mengurangi jumlah limbah tempurung tersebut. Tempurung siwalan sendiri mempunyai beberapa kandungan dari jenis polisakarida, seperti hemiselulosa, selulosa, lignin, karbohidrat, abu, dan air. komposisi dari tempurung siwalan kering yaang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Komposisi Tempurung Siwalan (Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 2015),

Komposisi	Jumlah kandungan %		
Air	11,90		
Karbon	13,80		
Abu	44,58		
Bahan volatile	4,46		
Selulosa	23,85		
Bahan lain-lain	1,41		





Gambar 2. 1 Tempurung Siwalan Muda dan Tua (Tambunan, 2009).

Setiap tahun pohon siwalan mampu menhasilkan 200-300 buah setiap satu pohon menghasilkan 6-12 tandan siwalan. Buah siwalan berbentuk bulat yang berdiameter 10-15 cm ketika masih muda berwarna hijau sedangkan yang sudah tua berubah menjadi coklat kehitaman. Daging buah akan terasa manis dan memiliki tekstur kenyal berair ketika masih muda dan daging buah akan mengeras ketika sudah tua kandungan air menjadi lebih sedikit. Satu buah siwalan mempunyai tiga buah biji dan dilindungi oleh tempurung yang tebal dan keras (Tambunan, 2009).

Siwalan merupakan buah berbiji dengan bentuk serat lignoselulosa seperti buah kelapa. Selulosa yang terdapat pada tempurung siwalan dapat dioptimalkan sebagai bioetanol melalui proses hidrolisis, selain itu dengan adanya kandungan lignin maka tempurung siwalan dapat dijadikan alternatif pembuatan karbon aktif (Greg & Tony, 2011).

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan padatan berpori dan megandung 85%-90% karbon dan luas permukaan sekitar 300 sampai 2000 m²/g. Bahan-bahan yang memiliki kandungan karbon ketika dipanaskan pada suhu tinggi akan menghasilkan karbon aktif. Pori-pori karbon aktif dapat dioptimalkan sebagai adsorben. Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi, sehingga jumlah pori lebih banyak dan luas permukaan menjadi lebih besar (Rahmadani & Kurniawati, 2017).

Karbon aktif memiliki karakteristik seperti luas permukaan, pori-pori, dan struktur fisik. Berikut ini struktur karbon aktif dapat dilihat pada gambar 2.2 sebagai berikut.

Gambar 2.2 Struktur Karbon Aktif (Aisyah, 2018)

Proses pembuatan karbon aktif dilakukan melalui dua tahap yaitu karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi merupakan pembentukan karbon dan proses ini optimal pada suhu antara 400°C dan 600°C. Proses aktivasi merupakan proses pengubahan karbon dari daya serap. Karbon diaktivasi menggunakan gas inert pada suhu 700-1100° C untuk meningkatkan luas permukaan dan mendapatkan pori-pori yang optimal. Bahan kimia dalam proses aktivasi sangat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Pada penelitian terdahulu menggunakan aktivator asam, basa, dan garam (Idrus dkk, 2013).

2.3 Aktivator Agen

2.3.1 Seng Klorida (ZnCl₂)

Seng klorida merupakan istilah bahasa Indonesia dari kumpulan bebereapa unsur kimia yang disebut ZnCl₂. Seng klorida mempunyai karakteristik yang berbeda dengan senyawa lainnya, seperti bentuknya yang Kristal, memiliki warna polos atau putih, dan mudah larut dalam air. Seng Klorida (ZnCl₂) memiliki sifat yang mampu menyerap molekul air dari lingkungan sekitar baik secara adsorp atau adsorpsi, sehingga ketika dalam keadaan lembab akan hilang atau mengalami lelehan. Seng klorida dapat digunakan sebagai aktivator agen untuk pembuatan karbon aktif (Liu dkk, 2016).

selama proses karbonisasi larutan ZnCl₂ juga berperan sebagai agen dehidrasi, menghalangi pembentukan tar, dan mengarahkan reaksi char pada suhu di bawah 500°C. ZnCl₂ berfungsi sebagai asam lewis yang mempercepat terjadinya reaksi polimerisasi, dan memperlambat terjadinya reaksi volatile, sehingga terjadi karbon aktif (Alothman dkk, 2011). Hal tersebut mengakibatkan Perolehan karbon aktif pada sintesis dengan ZnCl₂ lebih banyak daripada menggunakan KOH, karena sifat KOH sebagai katalisator reaksi oksidasi biomassa pada proses karbonisasi (Yang dan Lua, 2003; sudaryanto dkk, 2006).

ZnCl₂ bereaksi dengan H₂O yang disebabkan oleh pemotongan termal molekul selulosa yang terjadi pada suhu 240-400°C. Proses ini akan terjadi sampai suhu mencapai 600°C sehingga terjadi penguapan ZnCl₂. Reaksi ditunjukkan pada gambar 2.3.

Gambar 2. 3 Mekanisme Aktivasi Karbon Aktif dengan ZnCl₂ (Nasehir, 2010)

Parameter yang digunakan pada sintesis karbon aktif dengan aktivator agen ZnCl₂ dapat berpengaruh terhadap luas permukaan dan pori-pori karbon. Parameter yang dimaksud yaitu meliputi rasio aktivator ZnCl₂ dan biomassa, suhu dan waktu karbonisasi. Saka (2012) melakukan penelitian bahwa luas permukaan terbesar pada konsentrasi ZnCl₂ 50% yaitu 1289 m²/g pada suhu 600°C. sementara itu luas permukaan pada suhu 500°C didapatkan luas permukaan 988 m²/g. penelitian Erdem, dkk (2016) pada suhu 700°C didapatkan luas permukaan dan volume pori lebih besar dari suhu 500°C dan 600°C dengan rasio massa ZnCl₂ : biomassa 3:4.

2.3.2 Natrium Karbonat (Na₂CO₃)

Natrium karbonat (Na2CO3) merupakan senyawa garam yang larut dalam air dan larut sekitar 30% dari beratnya. Menurut Fiqih Khairani dkk, (2015) larutan Na2CO3 dapat digunakan sebagai aktivator karena mudah larut dalam air dan jika terurai tidak menimbulkan oksida logam sehingga dapat menurunkan kadar logam di dalam karbon aktif. Dengan perlakuan perendaman, maka aktivator akan mengisi di antara lapisan heksagonal arang dan permukaan akan terbuka sehingga meningkatkan volume luas permukaan karbon aktif. Selama

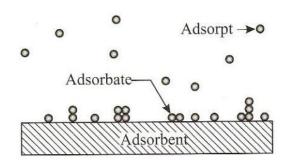
proses karbonisasi, senyawa Na₂CO₃ akan terurai dalam karbon dari senyawa natrium logam sesuai reaksi berikut (Handika dkk, 2017).

$$Na2CO3 + 2C \rightarrow 2Na + 3CO \tag{2.1}$$

Selama proses aktivasi dan karbonisasi logam natrium akan terbentuk dan masuk ke struktur karbon sehingga dapat memperluas pori-pori karbon. Menurut G. Handika dkk, (2017) Proses aktivasi menggunakan NaCl membentuk C = C ikatan yang diindikasikan dengan adanya spektrum bilangan gelombang 1,403,17 cm $^{-1}$.NS yang menunjukkan bahwa terjadi pengikatan karbon.

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses ketika molekul-molekul dari suatu senyawa terikat oleh permukaan zat padat atau zat cair. Molekul tersebut memiliki gaya dalam keadaan tidak stabil, artinya gaya kohesi lebih besar dari pada gaya adhesi. Gaya kesetimbangan yang mempengaruhi zat padat atau zat cair cenderung menarik zat-zat lain atau gas yang menempel pada permukaan. Proses adsorpsi terhadap adsorben selalu terjadi pada pori-pori kecil. Sedangkan pori-pori besar berfungsi sebagai penerima adsorbat dari permukaan luar ke pori-pori kecil (Ding dan Bhatia, 2003).



Gambar 2. 4 Mekanisme Adsorpsi (Addy Rachmat, 2011)

Proses adsorpsi secara umum terjadi pada permukaan, namun luas permukaan menentukan besarnya adsorpsi dari adsorben yang bereaksi dengan adsorbat. Dalam proses adsorpsi luas permukaan berperan penting untuk tempat adsopsi. Besarnya adsorpsi berbanding lurus dengan luas permukaan spesifik. Semakin banyak luas permukaan yang bereaksi dengan adsorbat maka semakin besar daya adsorpsi yang terjadi (Al-Ayubi, 2007). Menurut Oscik, (1982) adsorpsi dibagi menjadi dua, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Dalam adsorpsi fisika ini mengalami gaya intermolekuler. Sifat adsorpsinya adalah dapat kembali ke bentuk semula dengan adanya penurunan konsentrasi (Larry, et al., 1982). Sedangkan dalam adsorpsi kimia mengalami ikatan valensi dan berhubungan dengan pembentukan senyawa kimia bersama adsorben dan permukaan zat terserap (Oscik, 1982).

Menurut Bahl dkk, (1997) berikut ini adalah faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah fluida yang teradsorpsi:

1. Jenis adsorbat

a. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul hal yang penting karena molekul dengan diameter kecil lebih mudah teradsorpsi.

b. Kepolaran zat

Molekul berpolar lebih kuat teradsorpsi daripada molekul tidak berpolar. Molekul yang teradsorpsi dapat digantikan oleh molekul yang kurang polar.

2. Ciri-ciri adsorben

a. Kemurnian adsorben

Adsorben murni sangat dibutuhkan selama proses adsorpsi daripada adsorben tidak murni.

b. Luas permukaan dan volume pori

Jumlah adsorben berbanding lurung dengan besarnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Luas permukaan merupakan faktor utama selama proses adsorpsi.

c. Temperatur

Adsorpsi termasuk eksotermis, atau dengan meningkatnya temperatur akan mengurangi julah senyawa yang teradsorpsi.

2.5 Minyak Goreng Bekas (Jelantah)

Minyak goreng dalam kehidupan sehari-hari menjadi kebutuhan utama bagi manusia. Minyak goreng dapat didapatkan dari bahan-bahan mentah seperti kelapa sawit, kopra, kedelai, biji jagung, dan lain-lain. Minyak goreng bekas (jelantah) terdapat asam lemak esensial atau asam lemak tak jenuh apabila teroksidasi akan mengalami kerusakan (Muchtadi, 2009). Asam lemak tak jenuh dapat mengikat oksigen sehingga membentuk peroksida. Minyak goreng dengan kandungan peroksida yang besar, maka kualitas minyak tersebut semakin menurun (Nasrun dkk, 2017). Minyak goreng memiliki karakter atau standar mutu yang sudah ditetentukan, dan ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Standar Mutu Minyak Goreng (Badan Standarisasi Nasional, 2002)

No	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan	
			Mutu I	Mutu II
1	Keadaan		normal	Normal
1.1	Bau		normal	Normal
1.2	Rasa		normal	normal
1.3	Warna		putih	Kuning
2	Kadar Air	%b/b	Maks 0,1	Maks 0,3
3	Bilangan asam	mg KOH/gr	Maks 0,6	Maks 2
4	Asam linoleat	%	Maks 2	Maks 2
5	Cemaran logam			
5.1	Timbal (pb)	mg/kg	Maks 0,1	Maks 0,1
5.2	Timah (sn)	mg/kg	Maks 40	Maks 40
5.3	Raksa (H ₂)	mg/kg	Maks 0,05	Maks 0,05
5.4	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks 0,1	Maks 0,1
6	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks 0,1	Maks 0,1

Minyak goreng yang dipanaskan berunlang kali pada suhu 160°C sampai suhu 180°C, maka lemak akan terhidrolisis menjadi asam lemak bebas yang akan teroksidasi sempurna. Sehingga nilai viskositas dan indeks bias akan naik dapat menyebabkan gangguan kesehatan terhadap konsumen (Maryam, 2014).

2.6 FTIR (Fourier Transform-Infra Red)

Karbon FTIR (Fourier Tranform-Infra Red) mempunyai prinsip yang hampir sama dengan spektroskopi infra merah, ada perbedaan yaitu pada FTIR ditambahkan alat optic (Fourier Transform) dengan tujuan spectra yang dihasilkan lebih baik, sehingga mampu menghasilkan puncak yang diinginkan, begitu sebaliknya dengan spektroskopi infra merah puncak yang dihasilkan kurang baik bahkan tidak muncul (Khan, et al, 2002).

Tujuan FTIR untuk menganalisa dan mengidentifikasi suatu senyawa. Hal tersebut dikarenakan spektrum FTIR suatu senyawa mempunyai sifat yang khas, dalam artian senyawa yang berbeda spectrum yang dihasilkan pun berbeda. Pita serapan hampir seluruhnya berada di daerah spektrum IR yaitu 4000 cm⁻¹ – 400

cm⁻¹, hal ini disebabkan oleh vibrasi ikatan kimia pada molekul (Khan,et al, 2002). Instrumen FTIR memungkinkan memiliki resolusi tertinggi (0.001 cm⁻¹). Keuntungan dari terknik tersebut, yaitu relatif cepat, sampel tidak perlu murni, dan membutuhkan tingkat ketelitian sangat tinggi (Sugita, 2009).

Pembuatan FTIR mempunyai beberapa fungsi salah satunya untuk menentukan beberapa jenis analisis, diantaranya untuk mengidentifikasi dan mengetahui suatu material, untuk menentukan struktur gugus fungsional suatu molekul, untuk menentukan kualitas sampel, dan untuk menentukan jumlah komponen dalam campuran (Sugita, 2009).

Tabel 2.3 Pita Serapan Uji FTIR (Muhidin, 2019)

No	Pita Serapan (bilangan gelombang cm ⁻¹)	Keterangan
1	3200-3600	О-Н
2	1690-1760	C=O
3	1500-1600	C=C
4	1340-1470	С-Н
5	1050-1300	C-O

Salah Gugus fungsi akan mengidentifkasi pita absorpsi khas yang merupakan dasar penafsiran spektrum inframerah. Gugus fungsi tertentu yang tedapat dalam senyawa ditunjukkan oleh sebuah puncak serapan dalam daerah gugus fungsi. Demikian pula, ketika puncak tidak muncul di bagian tertentu dari gugus fungsi berarti menunjukkan bahwa gugus tersebut tidak menyerap (pine, 1980).

2.7 Luas Permukaan Menggunakan Metode Adsorpsi Methylene Blue

Penggunaan methylene blue untuk menentukan kapasitas adsorpsi pada biomassa, karbon aktif, dan zeolite. Hal tersebut bertjuan untuk mengetahui kemampuan adsorben untuk penyerapan warna larutan serta dapat digunakan untuk menentukan luas permukaan pada adsorben dan juga untuk menentukan kemampuan mengadsorpsi senyawa organik yang mengkontaminasi larutan (Hartini, 2014). Methylene blue yang berwarna biru mempunyai spektrum cahaya pada panjang gelombang daerah visible antara 500-700 nm, sehingga penentuan panjang gelombang maksimumnya digunakan range di daerah tersebut (Day dan Underwood, 2002). Methylene blue mempunyai rumus molekul yakni C₁₆H₁₈N₃SCI.3H₂O (Sax dan Leis, 1987). Berat dari methylene blue yakni 319,85 g/mol dan setiap molekul memiliki luas permukaan 120 Å. Methylene blue memiliki beberapa sifat antara lain tidak berbau, stabil dalam udara, larut dalam air, alkohol dan kloroform. Proses ini dapat diukur dengan kolorimeter atau spektrofotometer untuk diketahui hasilnya (Ardizzone dkk, 1993). Struktur dari methylene blue ditunjukkan gambar di bawah ini.

Gambar 2. 5 Stuktur *Methylene Blue* (Fajarwati dkk, 2001)

Sinar UV-Vis diabsorpsi oleh suatu molekul umumnya menghasilkan eksitasi electron banding, sehingga panjang gelombang absorpsi maksimum dapat di korelasikan dengan berbagai jenis ikatan yang ada dalam molekul. Korelasi

absorban (sebagai ordinat dan panjang gelombang absis merupakan spectrum pita) merupakan spektrum UV-Vis. Jarak antara pembacaan absorban dan trasmittan. Ketika radiasi elektromagnetik dilewatkan pada suatu larutan dengan intensitas radiasi awal. Sehingga sebagian radiasi akan diteruskan, dipantulkan, dan diserap. Akan tetapi intensitas sinar yang dipantulkan diabaikan karena perlakuan dengan spektro menggunakan larutan pembanding sebagai acuan (Fessenden, 1997).

Luas permukaan suatu zat juga dapat ditentukan menggunakan spektrofometri UV-vis dengan memanfaatkan proses adsorpsi methylene blue. Proses adsorpsi merupakan perubahan yang terjadi pada permukaan (Alberty dan Daniel, 1987). Secara luas adsorpsi diartikan sebagai akumulasi sejumlah molekul, ion atau atom yang terjadi pada batasan antara dua fasa. Adsorben merupakan fasa yang menyerap sedangkan, adsorbat merupakan fasa yang terserap. Secara umum adsorben adalah bahan-bahan yang berpori karena adsorpsi berlangsung terutama pada permukaan berpori atau pada letak tertentu pada adsorben. Ada dua jenis gaya tarik-menarik dari suatu padatan, yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang mana menghasilkan adsorpsi fisika (physiarption) dan adsorpsi kimia (chemisorption) (Oscik, 1982). Energi yang mendukung fisiorpsi termasuk rendah yaitu kisaran antara 10 kj/mol serta lebih rendah dari adsorpsi kimia (Adamson dan Gast, 1997). Pada adsorpsi kimia terjadi pembentukan dan pemutusan ikatan, maka energi adsorpsinya berada pada rentang yang sama dengan reaksi fisika. Tidak terjadinya spesiasi karena zat teradsopsi menyatu dengan adsorben membentuk lapisan tunggal an relative reversible hal ini terjadi karena ikatan antara adsorben dan adsorbat cukup kuat. Batas minimal suatu adsorpsi digolongkan sebagai kemisorpsi yang memiliki harga energy adsorpsi

sebesar 20,92 kJ/mol (Adamson dan gast, 1997). Energi yang membantu adsorpsi kimia cukup tinggi yaitu 42-420 kJ/mol. Hal trsebut dapat di perkokoh oleh studi spetroskopi bahwa terjadi fenomena transfer electron dan terbentuknya ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat. Luas permukaan adsorben dapat ditentukan dengan rumus (Gandjar, 2007):

$$S = \frac{x_{m \times N \times A}}{M} \tag{2.2}$$

Keterangan:

S = Luas permukaan spesifik (m²/g)

Xm = Methylene blue terserap oleh 1 gram adsorben (mg/g)

A = Luas Permukaan 1 molekul methylene blue (197,2 x 10-20 m²)

 $N = Bilangan avogadro (6,02 x 10^{23} molekul/mol)$

M = massa molekul methylene blue (320 g/mol)

2.8 Viskositas

Viskositas merupakan suatu besaran yang digunakan untuk menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Kekentalan berkaitan erat dengan hambatan untuk mengalir. Viskositas merupakan indicator kecepatan aliran suatu zat cair atau fluida. Setiap zat mempunyai karakteristik kekentalan yang berbeda. Hal tersebut tergantung pada konsentrasi dari zat yang larut dalam cair atau fluida (Atkins, 1996). Zat cair maupun zat gas yang berbeda mempunyai tingkat kekentalan masing-masing. Kekentalan adalah gaya gesekan antar molekul penyusun suatu zat cair atau fluida. Molekul tersebut membentuk suatu zat cair dengan cara saling bergesekan ketika zat cair tersebut mengalir. Pada fluida, viskositas terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar molekul (gaya kohesi).

Sementara pada zat gas, viskositas terjadi karena molekul-molekul saling bertumbukan (Bird, 1993).

Viskositas dinyatakan dalam Satuan Internasional (SI) dengan satuan Ns/m² = Pa.s (pascal sekon). Sedangkan satuan SI untuk CGS (centimeter gram sekon) viskositas dinyatakan dengan simbol dyn.s/cm² = poise (p). viskositas biasanya juga dinyatakan dengan satuan sentipolse (cp), 1 cp = 1/1000 p. Satuan poise ditemukan oleh ilmuwan asal prancis yaitu Jean Louis Marie Poiseuille.

1 poise = 1 dyn.
$$s/cm^2 = 10^{-1} \text{ N.s/m}^2$$

Zat cair atau fluida dapat dinyatakan dengan koefisien zat cair tersebut untuk mengetahui tingkat kekentalan. Koefisian kekentalan mempunyai hubungan erat dengan hambatan pada mengalirnya suatu zat cair atau fluida. Koefisien kekentalan (viskositas) dapat diketahui dengan persamaan Piseuille: (Sutiah, K, 2008).

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8VI} \tag{2.3}$$

Keterangan:

 $\eta = \text{koefisien viskositas (poise)}$

R = jari-jari pipa (cm)

t = waktu(s)

V = volume (ml)

L = panjang pipa (cm)

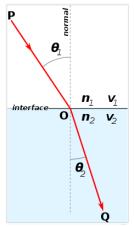
P = tekanan (dyne/cm2)

Kekentalan suatu zat dapat ditentukan menggunakan alat viskometer. Viskometer yang digunakan untuk menentukan viskositas suatu zat cair adalah viskometer jenis rotary viscometer digital. Prinsip kerja dari *rotary viscometer*

adalah menggunakan sistem mekanik motor DC berada diatas alat yang tersambung dengan poros dan pegas. Bagian atas pegas dikaitkan dengan piringan skala, sementara pada bagian bawah pegas dikaitkan dengan jarum penunjuk. Sedangkan pegas dikaitkan dengan poros yang menyambungkan dengan spindel rotary viscometer. Mekanisme dari alat tersebut yaitu dihidupkan alat tersebut, kemudian suatu cairan diletakkan pada bagian spindel. Motor DC akan bergerak pada poros dan pegas akan berputar, spindel juga akan bergerak dan berputar yang disebabkan spindel berada pada satu poros. Spindel yang terkena suatu zat cair akan bergerak lebih lambat daripada pergerakan pegas. Hal tersebut mengakibatkan jarum menunjuk skala rotary viscometer sehingga viskositas zat cair tersebut dapat diketahui.

2.9 Indeks Bias

Dalam ilmu fisika, indeks bias merupakan indikator derajat simpangan dari cahaya yang melewati suatu medium (Kataren, 1986). Ketika cahaya masuk melewati beberapa medium frekuensi tidak mengalami perubahan, namun cepat rambat cahaya berubah. Cepat rambat cahaya dalam vakum adalah c=2,998 x 108 m/s. Sedangkan cepat rambat di udara adalah c=1,0003 m/s, di air c=1,33 m/s, dan di dalam kaca c=1,5 m/s.



Gambar 2. 6 Mekanisme indeks bias (Kwan, 2002)

Cepat rambat di ruang hampa beberapa zat berbeda, begitupun dengan cepat rambat dalam medium atau indeks bias mutlak dari medium. Indeks bias mutlak dinyatakan dengan persamaan berikut (Tomlins et al 2008).

$$n = \frac{cepat\ rambat\ cahaya\ dalam\ vakum}{cepat\ rambat\ cahaya\ dalam\ medium} = \frac{c}{v}$$
 (2.4)

dari persamaan diatas, cepat rambat v dapat diketahui oleh beberapa atom medium dan berpengaruh pada nilai n. Indeks bias yang besar berbanding lurus dengan konsentrasi larutan. Indeks bias suatu zat dapat ditentukan menggunakan alat refraktometer. Prinsip kerja refraktometer bergantung pada besarnya suatu cepat sambat cahaya yang melewati berbagai medium yang memiliki kerapatan. Cepat rambat cahaya dalam vakum dan cepat rambat cahaya dalam medium dapat dibandingkan ketika menentukan indeks bias. Refraktometer akan menampilkan nilai indeks bias melalui medium tersebut.

2.10 Integrasi Islam

Karbon yaitu unsur yang mudah ditemukan dan keberadaannya melimpah di di bumi. Karbon banyak terdapat dalam limbah pertanian, peternakan, dan

perkebunan. Dalam limbah pertanian dan perkebunan, karbon bisa diperoleh dengan proses karbonisasi (pembakaran) terhadap tempurung siwalan, kemudian diberikan perlakuan khusus untuk mendapatkan material baru dengan manfaat yang dimilikinya. Hal tersebut sesuai dengan firman allah (Q.s. Al-Baqarah: 22) yang menjelaskan bahwa tumbuhan ataupun tanaman diciptakan oleh allah untuk dimanfaatkan umat manusia.

Artinya: "(Dialah) yang menjadikan bagimu bumi (sebagai) hamparan dan langit sebagai atap, dan Dialah yang menurunkan air (hujan) dari langit, lalu Dia menghasilkan dengan (hujan) itu buah-buahan sebagai rezeki untuk kamu. Oleh karena itu, janganlah kamu mengadakan tandingan-tandingan bagi Allah, padahal kamu mengetahui" (Q.s. Al-Baqarah: 22).

Firman allah diatas menjelaskan bahwa allah menciptakan tumbuhan untuk dimanfaatkan manusia. Bagian dari tumbuhan yang dapat dimanfaatkan salah satunya daging buah untuk dikonsumsi dan kulit atau tempurung buah memiliki nilai ekonomi lebih seperti pembuatan kalung, aksesoris, anyaman, dan kerajinan lainnya. Dalam bidang ilmuwan tempurung buah dapat dikelola sebagai bahan dasar pembuatan karbon, grtafena, dan material baru lainnya (Tafsir Kementrian Agama, 2002). Allah menjadikan bumi sebagai hamparan yang terbentang tiada tara baik kekerasan maupun kelunakannya sehingga tidak mungkin menetap terus menerus di dalamnya. Sedangkan "langit sebagai bangunan" maksudnya adalah sebagai atap. Allah juga menjelaskan sifat rububiyah-Nya. Allah menciptakan manusia, pokok mereka, dan kebutuhan hidup mereka, yaitu naungan, makanan, pakaian, dan Buah (Tafsirul Jalalain).

Tempurung buah membutuhkan perlakuan khusus untuk mendapatkan suatu material baru. Hal tersebut sesuai dengan firman allah (Q.s. Al-Kahfi: 96) yang menjelaskan bahwa allah menurunkan besi untuk dikelola oleh manusia seperti pembakaran dan pemanasan.

Artinya: "Berilah aku potongan-potongan besi." Hingga ketika (potongan besi) itu telah (terpasang) sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, dia (Zulqarnain) berkata, "Tiuplah (api itu)." Ketika (besi) itu sudah menjadi (merah seperti) api, dia pun berkata, "Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar kutuangkan ke atasnya (besi panas itu)." (Q.s. Al-Kahfi: 96)

Penggalan surat Al-Kahfi ayat 96 diatas menunjukkan bahwa allah menciptakan segala sesuatu untuk dikelola dengan baik dan menjadikan barang tersebut berguna dan bermanfaat. (Tafsir Kementerian Agama, 2002). Hal ini dapat kita pelajari dari potongan kalimat dari ayat tesebut yang berbunyi "...hingga ketika besi itu sudah menjadi(merah seperti api), diapun berkata, "berilah aku tembaga (yang mendidih) agar kutuangkan ke atasnya (besi panas itu)" potongan kalimat tersebut menjelaskan bahwa besi yang diolah dengan cara peleburan dalam api, kemudian dimasukkan tembaga akan memperoleh material baru yang berguna lebih (Tafsir Ibnu 'Athiyah). Hal ini juga berlaku untuk pembuatan karbon aktif berbahan dasar tempurung siwalan. Tempurung siwalan diberi perlakuan seperti karbonisasi (pembakaran), kemudian diaktivasi agar menghasilkan material karbon aktif dengan sifat fisis yang baik.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah eksperimen membuat karbon aktif dari tempurung siwalan. Proses yang dilakukan yaitu karbonisasi, aktivasi kimia, aktivasi fisika, karakterisasi, dan penjernihan minyak jelantah. Karakterisasi menggunakan FTIR (Forier Transform-Infra Red) dan UV-Vis. Kemudian diaplikasikan untuk penjernihan minyak jelantah dengan parameter viskositas dan indeks bias.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan januari sampai maret 2022, di Laboratorium Riset Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Uji FTIR (*Fourier Transform-Infra Red*), uji UV-Vis, dan penjernihan minyak jelantah dilaksanakan di Laboratorium Riset Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Beaker glas
- 2. Ayakan
- 3. Magnetic stirrer
- 4. Hot plate

- 5. Erlenmeyer shaker
- 6. Mortar dan alu
- 7. Kertas pH
- 8. Gelas ukur
- 9. Kertas saring
- 10. Neraca digital
- 11. Pipet tetes
- 12. Oven

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1. Tempurung siwalan
- 2. Aquades
- 3. Minyak Jelantah
- 4. Methylene blue
- 5. Serbuk ZnCl₂
- 6. Serbuk Na₂CO₃

3.3.3 Alat Karakterisasi

Alat karakterisasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

- 1. FTIR (Fourier Transform-Infra Red)
- 2. Spektrofotometer UV-Vis
- 3. Rotary viscometer digital
- 4. Refractometer abbe

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu sintesis karbon dari tempurung siwalan menjadi karbon, aktivasi kimia dengan variasi masing-masing konsentrasi aktivator, aktivasi fisika, karakterisasi material menggunakan uji FTIR dan UV-Vis, dan aplikasi karbon aktif terhadap penjernihan minyak jelantah.

3.4.1 Prosedur Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Siwalan (Sahara dkk, 2019)

- Tempurung siwalan dicuci sampai bersih, kemudian dipotong kecil-kecil dan dijemur di bawah sinar matahari sampai kering.
- Tempurung siwalan dikarbonisasi dengan suhu 500°C selama 2 jam untuk mendapatkan arang (karbon). Kemudian, karbon tempurung siwalan ditumbuk dan disaring dengan ayakan ukuran 200 mesh.
- 3. Sebanyak 7 gram karbon tempurung siwalan dan butiran ZnCl₂ dan Na₂CO₃ konsentrasi 3% (2,1 g), 6% (4,2 g), 9% (6.3 g), dan 12% (8,4 g) dimasukkan ke dalam 70 ml (tiap variasi konsentrasi ZnCl₂ dan Na₂CO₃).
- Campuran karbon tempurung siwalan dengan masing-masing aktivator diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 200rpm dan suhu 200°C sampai kering.
- 5. Karbon dimasukkan ke dalam oven hingga kering dengan suhu 100°C selama 1 jam agar kadar air dalam sampel hingga terevaporasi sempurna.

- Campuran karbon dengan masing-masing aktivator yang telah kering, dikarbonisasi dengan suhu 400°C selama 1 jam menggunakan udara terbuka.
- 7. Karbon tempurung siwalan dicuci menggunakan aquades sampai pH netral. Setelah itu, karbon ditumbuk kembali hingga benar-benar halus.
- 8. Karbon aktif tempurung siwalan dianalisa menggunakan FTIR dan UV-Vis.

Pada penelitian ini pembuatan karbon aktif dari tempurung siwalan yang diaktivasi menggunakan ZnCl₂ dan Na₂CO₃ dengan variasi konsentrasi 3-12%. Setiap sampel yang akan diuji diberi kode seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Keterangan Sampel Karbon Aktif

Sampel	Konsentrasi (%)	Nama Kode
Karbon	0	K-0
	3	KN-3
Verben Ne CO	6	KN-6
Karbon + Na ₂ CO ₃	9	KN-9
	12	KN-12
	3	KZ-3
Karbon + ZnCl ₂	6	KZ-6
	9	KZ-9
	12	KZ-12

3.4.2 Karakterisasi Sampel

- Sampel diuji menggunakan FTIR (Fourier Transform-Infra Red) untuk mengetahui gugus fungsi karbon aktif dari tempurung aktif.
- Sampel diuji dengan metode methylene blue diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui luas permukaan karbon aktif dari tempurung siwalan.

3.4.3 Aplikasi Sampel

- Sampel diuji dengan minyak jelantah menggunakan rotary viscometer digital untuk mengetahui nilai viskositasnya.
- Sampel diuji dengan minyak jelantah menggunakan Refraktometer Abbe untuk mengetahui nilai indeks biasnya

3.4.4 Gugus Fungsi Menggunakan Fourier Transform Infra Red

Fourier transform infra red (FTIR) digunakan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi contoh akibat kenaikan suhu pada proses karbonisasi dan aktivasi. Caranya adalah dengan mencampur serbuk larbon dengan KBr menjadi bentuk pelet. Selanjutnya diukur serapannya pada bilangan gelombang 500-4000 cm⁻¹.

3.4.5 Penjernihan Minyak Jelantah

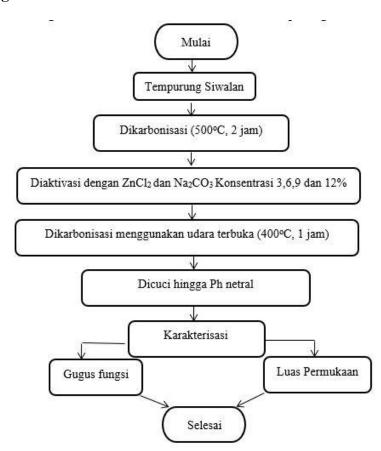
Penjernihan minyak jelantah dilakukan dengan metode adsorpsi menguji 11 sampel. Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data pengujian minyak jelantah yang telah dicampur dengan karbon aktif tempurung siwalan. Analisa data dilakukan menggunakan alat uji rotary viscometer dan refractometer abbe untuk mengetahui nilai viskositas dan nilai indeks bias. Sebanyak 2,5 gram dicampurkan dengan minyak jelantah 250 ml, kemudian diaduk selama 5 menit menggunakan magnetic stirrer, setelah itu didiamkan selama 24 jam. Sampel yang akan diuji terdiri dari blanko MGB dan MJ, MJK-0, MJKZ-3, MJKZ-6, MJKZ-9, MJKZ-12, MJKN-3, MJKN-6, MJKN-9, dan MJKN-12. Sampel tersebut diukur nilai viskositas menggunakan *rotary viscometer digital* dan diukur nilai indeks bias menggunakan *refraktometer abbe*.

Tabel 3	2 Keterangan	Sampel	Minv	ak Jelantah	dengan	Karbon Akti	f
I door 5.		Duilibei	TATITI A	aix scialitali	uciizuii	1 Xui O O II 1 XIX II	

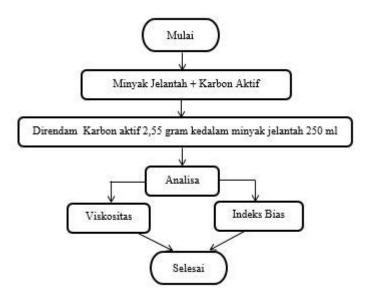
Sampel	Konsentrasi (%)	Nama Kode
Minyak goreng baru	-	MGB
Minyak jelantah	-	MJ
Minyak Jelantah + Karbon	0	МЈК-0
Minyak Jelantah + Karbon Aktif Na ₂ CO ₃	3	MJKN-3
	6	MJKN-6
	9	MJKN-9
	12	MJKN-12
	3	MJKZ-3
Minyak Jelantah + Karbon Aktif ZnCl ₂	6	MJKZ-6
	9	MJKZ-9
	12	MJKZ-12

3.5 Diagram Alir Penelitian

3.5.1 Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif



3.5.2 Diagram Alir Penjernihan Minyak jelantah



3.6 Teknik Pengumpulan Data

Data dari penelitian ini diambil dari data karakterisasi FTIR (Fourier Transform-Infra Red), Spektrofotometer UV-Vis, dan penjernihan minyak jelantah, Tujuan dari FTIR (Fourier Transform-Infra Red) untuk mengetahui gugus fungsi karbon aktif tempurung siwalan, Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui luas permukaan karbon aktif tempurung siwalan dengan metode methylene blue, dan penjrnihan minyak jelantah dengan parameter viskositas dan indeks bias.

3.6.1 Analisa Gugus Fungsi Karbon Aktif Tempurung siwalan Menggunakan FTIR (Fourier Transform-Infra Red)

FTIR (Fourier Transform-Infra Red) digunakan untuk menganalisa (hasil spektrum) identifikasi karakteristik gugus fungsi dari tempurung siwalan sebelum dan sesudah teraktivasi. Sampel yang dianalisis menggunakan FTIR

adalah serbuk karbon aktif dari tempurung siwalan sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi menggunakan ZnCl₂ dan Na₂CO₃ dengan beberapa variasi konsentrasi. Hasil pengujian didapatkan data transmitan, lalu diplotkan kedalam grafik dan ditandai bagian lembah (konsentrasi) untuk dicocokan data sheet sehingga mengetahui gugus fungsinya sampel tersebut.

3.6.2 Analisa Luas Permukaan Menggunakan Metode *Methylene Blue*

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data hasil pengujian larutan methylene blue yang telah dicampur dengan karbon aktif tempurung siwalan. Analisa data dilakukan dengan menggunakan pengujian UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi, untuk mengetahui luas permukaan dari sampel karbon aktif tempurung siwalan.

Menentukan luas permukaan karbon aktif tempurung siwalan dengan persamaan berikut ini (Gandjar, 2007):

$$Abs = ax \pm b \tag{3.1}$$

$$Xm = \frac{c}{1000} \cdot \frac{V}{B} \tag{3.2}$$

$$S = \frac{Xm.N.A}{Mr} \tag{3.3}$$

Penentuan Panjang Gelombang maksimum methylene blue Sebanyak 16 ppm larutan methylene blue diukur pada panjang gelombang 600-680 nm dengan spektrofometer UV-vis. Kemudian spektranya dilakukan analisis. Panjang gelombang maksimum yaitu panjang gelombang yang telah memberi serapan maksimum.

2. Pembuatan kurva baku

Larutan baku *methylene blue* dibuat seri dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, dan 16 ppm kemudian diukur absorbansi setiap konsentrasi menggunakan spektrofometer UV-Vis. Dan dibuat kurva hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi.

3. Penentuan waktu absorbsi optimum

Karbon sebanyak 0,05 g dimasukkan ke dalam tabun *Erlenmeyer shaker* dan ditambahkan 20 ml *methylene blue* 16 ppm. Kemudian, dikocok dengan variasi waktu 20, 30, 40, 50, dan 60 menit pada 150 rpm. Campuran disaring dan dilakukan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

4. Penentuan luas permukaan spesifik

Karbon sebanyak 0,05 g dimasukkan ke dalam tabun *Erlenmeyer shaker* dan ditambahkan 20 ml *methylene blue* 16 ppm. Kemudian, dikocok pada 150 rpm selama waktu optimum. Campuran disaring dan dilakukan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data hasil pengujian larutan methylene blue yang telah dicampur dengan karbon aktif tempurung siwalan.

Analisa data nilai absorbansi dilakukan menggunakan pengujian UV-Vis untuk dapat menentukan luas permukaan dari sampel karbon aktif tempurung siwalan.

Tabel 3. 3 Data Hasil Karakterisasi Spektrofometer UV-Vis

Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)
K-0	
KN-3	
KN-6	
KN-9	
KN-12	
KZ-3	

KZ-6	
KZ-9	
KZ-12	

3.6.3 Analisa Viskositas

Data yang diambil pada penelitian ini merupakan data pengujian viskositas dari campuran minyak jelantah dan karbon aktif tempurung siwalan. Analisa data didapatkan melalui pengujian viskositas menggunakan alat uji *rotary viscometer digital*. Hasil nilai viskositas akan ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3. 4 Data Hasil Pengujian Nilai Viskositas

2 1	Y7' 1 ' (D)
Sampel	Viskositas (Pa.s)
MGB	
MJ	
MJK-0	
MJKN-3	
MJKN-6	
MJKN-9	
MJKN-12	
MJKZ-3	
MJKZ-6	
MJKZ-9	
MJKZ-12	

3.6.4 Analisa Indeks Bias

Data yang diambil pada penelitian ini merupakan data pengujian indeks bias dari campuran minyak jelantah dan karbon aktif tempurung siwalan. Analisa data didapatkan melalui pengujian indeksias menggunakan alat uji *refraktometer abbe*.

Tabel 3. 1 Data Hasil Pengujian Indeks Bias Minyak Jelantah

<u> </u>	3
Sampel	Indeks Bias
MGB	
MJ	
MJK-0	

MJKN-3	
MJKN-6	
MJKN-9	
MJKN-12	
MJKZ-3	
MJKZ-6	
MJKZ-9	
MJKZ-12	

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen pembuatan karbon aktif yang terdiri dari proses karbonisasi dan aktivasi. Hasil dari pembuatan karbon aktif, kemudian diidentifikasi gugus fungsi menggunakan FTIR (Fourier Transform-Infra Red). Karbon aktif dianalisis menggunakan metode penyerapan methylene blue untuk mengetahui luas permukaan dengan alat spektrofotometer UV-Vis. Karbon aktif diaplikasikan terhadap kualitas minyak jelantah dengan parameter nilai viskositas dan indeks bias.

4.1.1 Preparasi Sampel

Proses pembuatan karbon aktif dilakukan dengan mengolah limbah tempurung siwalan sebagai bahan utama menggunakan 2 tahap aktivasi, yaitu aktivasi fisika (*Furnace*) dan aktivasi kimia (ZnCl₂ dan Na₂CO₃). Rasio komposisi karbon dengan masing-masing aktivator yaitu 1:10. Tempurung siwalan dicuci dengan air dengan tujuan menghilangkan kotoran yang masih tersisa, kemudian dijemur dibawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air dan mengantisipasi timbulnya bakteri ketika dilakukan karbonisasi. Karbonisasi tempurung siwalan dengan furnace dilakukan pada suhu 500°C selama 2 jam, sehingga pemanasan terhadap tempurung siwalan merata. Pemanasan tempurung siwalan bertujuan untuk menghilangkan zat-zat mudah menguap (*Volatil matter*) dan mengurai senyawa hemisellulosa, sellulosa, dan lignin yang terkandung pada bahan tempurung siwalan.

karbon terbentuk pada suhu 400 – 600°C. Karbon yang telah aktif kemudian ditimbang untuk mengetahui nilai yield massa, dengan rumus (Haniffudin, 2013).

$$Yield\% = \frac{M_a}{M_0} \times 100\%$$
 (4.1)

Keterangan:

Yield% = massa karbon tempurung siwalan

 M_0 = massa awal karbon

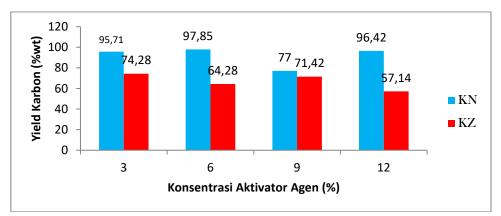
 M_a = massa akhir karbon

Didapatkan yield massa karbon sebesar 22,70%. Karbon digerus kemudian disaring menggunakan ayakan berukuran 200 mesh dengan tujuan mempercepat proses aktivasi karena ukuran karbon yang homogen. Serbuk Na₂CO₃ dan ZnCl₂ konsentrasi 3% (2,1 g), 6% (4,2 g), 9% (6,3 g), dan 12% (8,4 g) dicampurkan ke dalam larutan aquades 70 ml (tiap variasi konsentrasi Na₂CO₃ dan ZnCl₂). Sampel diaduk dengan magnetic stirrer pada kecepatan 150 rpm dengan suhu ruang selama 15 menit hingga larutan aktivator dan aquades homogen. Karbon sebanyak 7 gram dimasukkan kedalam tiap larutan Na₂CO₃ dan ZnCl₂ dengan variasi konsentrasi. Sampel diaduk dengan magnetic stirrer pada kecepatan 250 rpm dengan suhu 200° C hingga kering. Kemudian, karbon dioven dengan suhu 100° C selama 1 jam hingga kering, bertujuan agar kadar air pada sampel dapat menguap dengan sempurna. Sampel yang telah kering dipanaskaskan menggunakan furnace pada suhu 400° C selama 1 jam dengan udara terbuka, dengan tujuan untuk mengurangi kadar hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lainnya, sehingga pori-pori karbon yang terbentuk semakin besar. Karbon dicuci dengan aquades hingga pH netral. Kemudian, karbon dipanaskan ke dalam oven

pada suhu 100° C selama 2 jam hingga kering. Hasil karbonisasi karbon dapat dihitung dengan persamaan (4.1) yang ditampilkan pada tabel 4.1.

Konsentrasi (%)	Yield Karbon (%wt)
KN-3	95,71
KN-6	97,85
KN-9	77
KN-12	96,42
KZ-3	74,28
KZ-6	64,28
KZ-9	71,42
KZ-12	57,14

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa yield massa karbon setelah diaktivasi dengan variasi konsentrasi Na₂CO₃ dan ZnCl₂ mengalami perubahan. Yield karbon mempengaruhi kualitas karbon aktif. Semakin kecil nilai yield karbon menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki karakteristik yang baik.

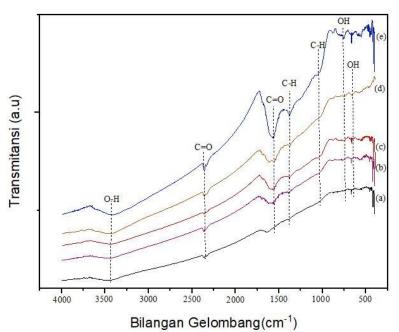


Gambar 4.1 Yield Massa Karbon

Pada gambar 4.1 menunjukkan bahwa adanya pengaruh setiap penambahan konsentrasi Na₂CO₃ dan ZnCl₂ sebagai aktivator terhadap nilai yield massa karbon. Didapatkan hasil yield massa karbon aktif Na₂CO₃ memiliki nilai terbesar dan terkecil yaitu KN-6 sebesar 97,85% dan KN-9 sebesar 77%. Sedangkan pada karbon aktif ZnCl₂ memiliki nilai yield massa karbon terbesar dan terkecil yaitu KZ-3 sebesar 74,28% dan KZ-12 sebesar 57,14%.

4.1.2 Analisa Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Analisa gugus fungsi yang terbentuk menunjukkan keberadaan unsur atau senyawa yang disintesis pada sampel dan dikarakterisasi menggunakan FTIR (Fourier Transform-Infra Red). Data hasil yang digunakan adalah bilangan gelombang dan transmitansi yang dihasilkan pada setiap sampel yang diuji. Bilangan gelombang dari FTIR menunjukkan vibrasi struktur kimia yang terkandung dalam sampel, sedangkan transmitansi menunjukkan korelasi linier dengan variasi komposisi dari sampel. Pengujian menggunakan FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil dari uji FTIR padamenggunakan range bilangan gelombang 500-4000 cm⁻¹ diolah menggunakan Origin sehingga menghasilkan suatu grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



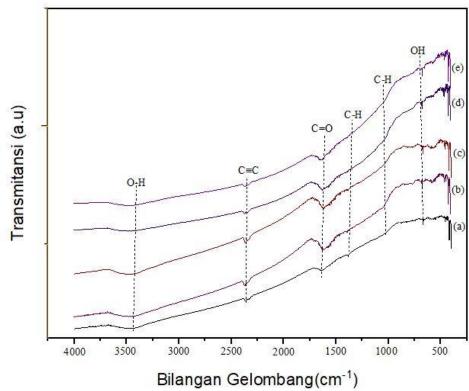
Gambar 4.1 Spektrum FTIR Sampel (a) K-0 (b) KN-3 (c) KN-6 (d) KN-9 (e) KN-12.

Gambar 4.2 menunjukkan spektra FTIR pada sampel karbon yang diaktivasi menggunakan Na₂CO₃. terdapat 5 puncak serapan yang teridentifikasi pada sampel. Hasil puncak serapan yang teridentifikasi akan dijelaskan secara rinci pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Ikatan Gugus Fungsi Sampel Na₂CO₃ Hasil Uji FTIR

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)				Gugus	
K-0	KN-3	KN-6	KN-9	KN-12	fungsi
-	3464,18	3453,84	3437,85	3417,45	OH hydroxyl
1634,51	1634,51	1634,51	1634,51	1634,51	C=O carbonyl
-	1385,03	1384,48	1385,18	1384,38	C-O carboxylic acid
806,24	806,24	806,24	806,24	806,24	C-H aromatic
664,07	664,07	664,07	664,07	664,07	OH alcohols

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa adanya Vibrasi dari ikatan gugus fungsi O-H stretching (3500-3200 cm⁻¹) mengindikasikan adanya gugus fungsi OH *hydroxyl* terdapat pada bilangan gelombang 3469,73 cm⁻¹ – 3417,45 cm⁻¹. Sedangkan gugus fungsi C=O *carbonyl* (1800-1600 cm⁻¹) terdapat pada bilangan gelombang 1634,51 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 1385,18 cm⁻¹ - 1384,75 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C-O *carboxyl acid*. Ikatan gugus fungsi C-H *aromatic* terdapat pada bilangan gelombang 806,24 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 664,07 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan gugus fungsi OH *alcohols*.



Gambar 4.3 Spektrum FTIR Sampel (a) K-0 (b) KZ-3 (c) KZ-6 (d) KZ-9 (e) KZ-12

Gambar 4.3 menunjukkan spektra FTIR pada sampel karbon yang diaktivasi menggunakan ZnCl₂. terdapat 6 puncak serapan yang teridentifikasi pada sampel. Hasil puncak serapan yang teridentifikasi akan dijelaskan secara rinci pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Ikatan Gugus Fungsi Sampel ZnCl₂ Hasil Uji FTIR

Bilangan gelombang (cm-1)					Gugus
K-0	KZ-3	KZ-6	KZ-9	KZ-12	fungsi
-	3468,02	3461,01	3449,08	3464,25	OH hydroxyl
-	2342,53	2342,53	2344,53	2344,53	(C≡C) alkuna
1634,51	1617,51	1517,38	1570,58	1508,87	C=O carbonyl
-	1385,03	1397,21	-	1284,38	C- O carboxylic acid
806,24	806,24	806,24	806,24	806,24	C- H aromatic
664,07	664,07	664,07	664,07	664,07	OH alcohols

Vibrasi dari ikatan gugus fungsi O-H *stretching* (3500-3200 cm⁻¹) mengindikasikan adanya gugus fungsi OH *hydroxyl* terdapat pada bilangan gelombang 3469,73 cm⁻¹ – 3417,45 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 2361,18 cm⁻¹ – 2341,98 cm⁻¹ terdapat ikatan gugus fungsi C≡C (2250-2100 cm⁻¹). Sedangkan gugus fungsi C=O *carbonyl* (1800-1600 cm⁻¹) terdapat pada bilangan gelombang 1634,51 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 1385,18 cm⁻¹ – 1384,75 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan C-O *carboxyl acid*. Ikatan gugus fungsi C-H *aromatic* terdapat pada bilangan gelombang 806,24 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 664,07 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan gugus fungsi OH *alcohols*.

4.1.3 Analisa Luas Permukaan Karbon dengan Metode Methylene Blue

Penelitian ini menganalisa luas permukaan karbon dengan metode adsorpsi methylene blue. Sampel di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Karbon ditimbang sebanyak 0,05 g (tiap variasi konsentrasi aktivator) dicampurkan ke dalam beaker glass dan diberi 20 ml larutan methylene blue 16 ppm, kemudian diaduk hingga homogen. Larutan karbon dan methylene blue ditutup menggunakan alumunium foil untuk menghindari terkontaminasi dari udara luar. Mekanisme yang terjadi pada karbon aktif sebagai adsorben dan methylene blue sebagai sebagai adsorbat yaitu adanya proses penyerapan pada luas permukaan karbon terhadap methylene blue. Mekanisme penyerapan terjadi ketika methylene blue mengalami perubahan warna dari warna biru menjadi bening seperti air. Selanjutnya, nilai konsentrasi methylene blue sebelum dan sesudah diberi karbon aktif dikarakterisasi menggunakan UV-Vis. Data hasil uji UV-Vis merupakan nilai adsorbansi. Nilai adsorbansi dimasukkan kepersamaan (4.2) untuk mendapatkan nilai konsentrasi methylene blue yang tersisa (ppm) oleh karbon aktif tempurung siwalan, kemudian dari nilai konsentrasi methylene blue yang terserap (ppm) dapat dihitung nilai banyaknya methylene blue yang terserap dalam 1 gram karbon (Xm) dengan menggunakan persamaan (4.3). Dari nilai banyaknya methylene blue yang terserap dalam 1 gram karbon dapat dicari nilai luas permukaan karbon aktif tempurung siwalan. Luas permukaan (S) dapat dihitung menggunakan persamaan (4.4) (Hariati dkk, 2017):.

$$Abs = ax \pm b \tag{4.2}$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \cdot \frac{V}{B} \tag{4.3}$$

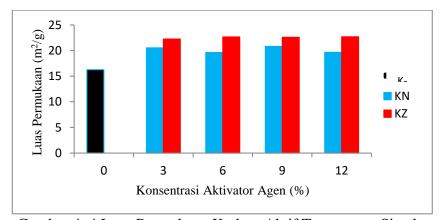
$$S = \frac{Xm.N.A}{Mr}$$
 (4.4)

Luas permukaan karbon berbanding lurus dengan banyaknya *methylene blue* yang terserap (ppm). Hasil perhitungan luas permukaan karbon aktif dengan metode adsorpsi *methylene blue* ditunjukkan pada tabel 4.4.

is i chilukaan Karbon Akin Tempurung Siwaian	
Sampel	Luas Permukaan (m ² /g)
K-0	16,271
KN-3	20,548
KN-6	19,646
KN-9	20,823
KN-12	19,674
KZ-3	22,255
KZ-6	22,667
KZ-9	22,613
K7-12	22 704

Tabel 4 4 Luas Permukaan Karbon Aktif Tempurung Siwalan

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa luas permukaan karbon yang diaktivasi dengan Na₂CO₃ mengalami perubahan yang signifikan, sedangkan karbon yang diaktivasi dengan ZnCl₂ mengalami perubahan yang hampir stabil.



Gambar 4. 4 Luas Permukaan Karbon Aktif Tempurung Siwalan

Gambar 4.4 nilai luas permukaan terbesar diperoleh dari karbon aktif dengan aktivasi KN-9 dan KZ-12 yaitu sebesar 20,82261 m²/g dan 22,70426 m²/g. hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Antoni, (2020), yakni hasil luas permukaan yang didapatkan dengan karbon aktif biji pinus yang diaktivasi dengan variasi konsentrasi KOH didapatkan nilai luas permukaan pada konsentrasi terbesar (4M) yaitu sebesar 22,79761 m²/g. Hal ini menunjukkan bahwa aktivasi KN-9 dan KZ-12 dapat meperbesar luas permukaan karbon lebih optimal dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi, KN (3, 6, dan 12), dan KZ (3, 6, dan 9).

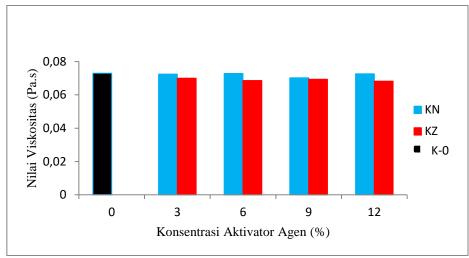
4.1.4 Analisa Viskositas Minyak Jelantah

Analisa nilai viskositas pada penelitian ini menggunakan alat rotary viscometer digital. Sampel dimasukkan kedalam minyak jelantah 250 ml, kemudian sampel diaduk selama 10 menit dan didiamkan selama 24 jam. Uji viskositas dilakukan di Laboratorium Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil uji viskositas minyak jelantah sebagai adsorbat dan karbon aktif tempurung siwalan sebagai adsorben ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4 5 Hasil Uji Viskositas Minyak Jelantah

Sampel	Nilai Viskositas (Pa.s)
MGB	0,065
MJ	0,0734
MJK-0	0,073
MJKN-3	0,0724
MJKN-6	0,0728
MJKN-9	0,0702
MJKN-12	0,0726
MJKZ-3	0,07
MJKZ-6	0,0686
MJKZ-9	0,0694
MJKZ-12	0,0682

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa hasil uji viskositas minyak jelantah yang diberi karbon aktif dengan variasi konsentrasi Na₂CO₃ mengalami perubahan yang tidak stabil, sedangkan ZnCl₂ mengalami perubahan yang tidak signifikan.



Gambar 4.5 Hasil Uji Viskositas Minyak Jelantah dengan Karbon Aktif

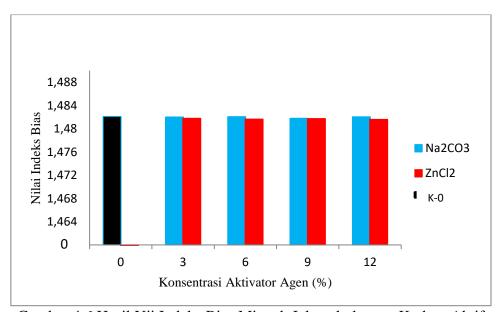
Hasil uji viskositas pada gambar 4.5 terlihat bahwa sampel MJ memiliki nilai viskositas paling tinggi 0,0734 Pa.s, MGB memiliki nilai viskositas paling rendah 0,065 Pa.s. MJK-0 didapatkan nilai viskositas 0,073 Pa.s. Sedangkan hasil uji viskositas pada sampel MJKN-6 yaitu 0,0728 Pa.s dan nilai viskositas paling rendah pada MJKN-9 yaitu 0,0702 Pa.s. Minyak jelantah dengan karbon aktif variasi konsentrasi ZnCl₂ memiliki nilai viskositas paling tinggi MJKZ-3 yaitu 0,07 Pa.s dan nilai viskositas paling rendah MJKZ-12 0,0682 Pa.s..

4.1.5 Analisa Indeks Bias Minyak Jelantah

Analisa nilai indeks bias pada penelitian ini menggunakan alat refractometer abbe. Sampel dimasukkan kedalam minyak jelantah 250 ml, kemudian sampel diaduk selama 10 menit dan didiamkan selama 24 jam. Uji indeks bias dilakukan di Laboratorium Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Hasil uji indeks bias minyak jelantah sebagai adsorbat dan karbon aktif tempurung siwalan sebagai adsorben ditunjukkan pada tabel 4.6.

Sampel	Nilai Indeks Bias
MGB	1,463
MJ	1,48216
MJK-0	1,48212
MJKN-3	1,48204
MJKN-6	1,48208
MJKN-9	1,48182
MJKN-12	1,48206
MJKZ-3	1,4818
MJKZ-6	1,48166
MJKZ-9	1,48174
MJKZ-12	1,48162

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa hasil uji indeks bias minyak jelantah yang diberi karbon aktif dengan variasi konsentrasi Na₂CO₃ mengalami perubahan yang tidak stabil, sedangkan ZnCl₂ mengalami perubahan yang tidak signifikan.



Gambar 4.6 Hasil Uji Indeks Bias Minyak Jelantah dengan Karbon Aktif

Berdasarkan gambar 4.6 hasil uji indeks bias terlihat bahwa sampel MJ memiliki nilai indeks bias paling tinggi 1,48216, MGB memiliki nilai viskositas paling rendah 1,463. MJK-0 didapatkan nilai indeks bias 1,48212. Sedangkan hasil uji indeks bias minyak jelantah dengan karbon aktif variasi konsentrasi

Na₂CO₃ didapatkan nilai indeks bias paling rendah MJKN-9 yaitu sebesar 1,4818 dan ZnCl₂ memiliki nilai viskositas paling rendah MJKZ-12 yaitu sebesar 1,48162.

4.2 Pembahasan

Pembuatan Tempurung siwalan merupakan salah satu bagian dari buah siwalan yang belum dimanfaatkan dengan optimal oleh masyarakat. Tempurung siwalan secara umum hanya dimanfaatkan bagian buahnya yang diolah menjadi minuman. Tempurung siwalan memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa, lignin, dan senyawa organik lainnya yang berpotensi sebagai bahan utama pembuatan karbon aktif. Pembuatan karbon aktif pada penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi Na₂CO₃ dan ZnCl₂ yakni 3%, 6%, 9%, dan 12%. Didapatkan nilai yield aktivasi paling rendah pada sampel KN-9 dan KZ-12 yaitu sebesar 77% dan 57,14%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan variasi konsentrasi aktivator Na₂CO₃ dan ZnCl₂ mengakibatkan pembentukan struktur pori baru, maka setiap penambahan konsentrasi massa karbon mengalami perubahan.

Nilai yield massa karbon berbanding terbalik dengan jumlah konsentrasi aktivator, artinya semakin besar konsentrasi aktivator maka karbon akan mengalami degradasi material yang menyebabkan nilai yield massa karbon semakin kecil. Hal ini terjadi karena adanya reaksi redoks antara senyawa organik sebagai aktivator dengan karbon. Terjadinya reaksi redoks antara karbon dan aktivator dapat ditunjukkan sebagai berikut (Solano, 2012).

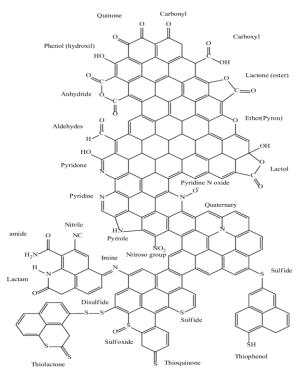
$$Na_2CO_3 + 2C \rightarrow 2Na + 3CO \tag{4.5}$$

$$ZnCl_2 + 2C \rightarrow Zn + 2CCl(g)$$
 (4.6)

Selama proses aktivasi dan karbonisasi logam natrium akan terbentuk dan masuk ke struktur karbon sehingga dapat memperluas pori-pori karbon. Produk yang didapat dari reaksi Na₂CO₃ merupakan campuran yang terbentuk oleh sisa karbon, karbon, natrium, dan karbon monoksida. Sedangkan pada ZnCl₂ produk yang didapat merupakan campuran yang terbentuk dari seng klorida, air, dan hidrogen monoklorida. Sehingga karbon aktif terbentuk karena adanya proses pencucian, penyaringan, dan pengeringan karbon (Solano, 2012).

Konsentrasi Na₂CO₃ dan ZnCl₂ mempengaruhi intensitas transmitansi pada karbon aktif. Spektrum FTIR pada karbon tanpa aktivasi menunjukkan adanya gugus C=O carbonyl, C-H aromatic, dan OH alcohols. Sedangkan Spektrum FTIR pada karbon aktif dari tempurung siwalan menunjukkan gugus OH hydroxyl, C≡C, C=O carbonyl, CO carboxylic acid, C-H aromatic, dan OH alcohols. Pada karbon tanpa aktivasi tidak menunjukkan adanya gugus OH hydroxyl dan CO carboxylid acid. sedangkan pada karbon aktif mengalami peningkatan intensitas transmitansi ditunjukkan pada bilangan gelombang 3450 -3400 cm⁻¹ yang merupakan daerah gugus fungsi OH. Hal ini menunjukkan bahwa pada karbon tanpa aktivasi masih memiliki kandungan mineral yang cukup banyak (karbon tidak kering). Penambahan aktivator menyebabkan gugus OH terurai membentuk struktur baru. Pada bilangan gelombang 2341,98 cm⁻¹ Panjang gelombang menunjukkan adanya gugus C≡C (2250-2100) cm⁻¹. Gugus C≡C pada bilangan gelombang ini mengindikasikan adanya senyawa alkuna. Munculnya gugus C≡C ini menandakan semakin meningkatnya kadar karbon yang terdapat pada permukaan karbon aktif akibat proses aktivasi. Karbon diaktivasi dengan Na₂CO₃ dan ZnCl₂ menunjukkan adanya peningkatan

intensitas serapan pada gugus fungsi C=O *carbonyl*. Semakin banyak penambahan konsentrasi Na₂CO₃ dan ZnCl₂ maka intensitas transmitansi pada gugus fungsi C=O *carbonyl* semakin tinggi yang ditunjukkan pada konsentrasi ZnCl₂ 12 %. Meningkatnya intensitas transmitansi gugus fungsi C=O *carbonyl* disebabkan jumlah karbon semakin banyak. Karbon aktif yang mengandung gugus C=O dapat meningkatkan nilai daya adsorpsi terhadap iodium (Manullang dkk, 2013). Adanya intensitas serapan gugus C-O menunjukkan bahwa karbon berikatan dengan oksigen, hal tersebut dikarenakan pada waktu pemanasan karbon teroksidasi. Gugus tersebut merupakan ikatan senyawa khas pada karbon aktif sesuai dengan gambar 4.7



Gambar 4. 7 Gugus Fungsi Pada Permukaan Karbon Aktif (Jahromi, 2019)

Dari gambar 4.7 menunjukkan bahwa pada karbon termpurung siwalan yang teraktivasi sebagian besar mengalami pergeseran panjang gelombang sedikit lebih rendah pada setiap gugus fungsi yang muncul, sehingga mempengaruhi sifat karakteristik pada karbon.

Luas permukaan karbon adalah karakteristik yang sangat dibutuhkan pada karbon aktif sebagai adsorben. Luas permukaan karbon aktif dapat dipengaruhi oleh nilai yield massa karbon, semakin kecil nilai yield massa karbon maka nilai luas permukaan karbon semakin besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon tanpa aktivasi memiliki nilai luas permukaan sebesar 16,271 m²/g. sedangkan karbon yang diaktivasi menggunakan Na2CO3 variasi konsentrasi 3-12 % memiliki nilai luas permukaan yaitu sekitar 19-20 m²/g. sedangkan karbon yang diaktivasi menggunakan ZnCl2 variasi konsentrasi 3-12 % mengalami peningkatan luas permukaan yaitu sekitar 22 m²/g. Hal tersebut tejadi karena pada aktivator ZnCl2 memiliki gugus alkana yang berarti pada saat proses aktivasi kandungan mineral pada karbon terbuang dengan sempurna. Meningkatnya luas permukaan pori-pori pada karbon aktif disebabkan oleh aktivator Na2CO3 dan ZnCl2 yang mampu menghilangkan zat pengotor yang menutupi pori karbon yang dapat menghambat proses adsopsi, sehingga semakin besar pori yang terbentuk pada karbon aktif dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi menjadi lebih baik.

Nilai viskositas pada minyak goreng dipengaruhi oleh kadar peroksida. Semakin tinggi nilai viskositas menunjukkan bahwa kadar peroksida semakin besar (Aisyah, 2012). Pada penelitian ini penambahan karbon aktif menyebabkan perubahan nilai viskositas pada minyak jelantah. Nilai viskositas minyak jelantah terendah (mendekati minyak goreng baru) terdapat pada sampel KN-9 dan KZ-12. Proses adsorpsi peroksida dengan karbon aktif tempurung siwalan dipengaruhi oleh luas permukaan pori-pori karbon. Karbon aktif mengandung gugus hidroksil, karbonil, dan karboksil, sedangkan peroksida mengandung senyawa yang dapat

berikatan dengan gugus tersebut dari adsorben. mekanisme yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Mekanisme Adsorpsi Karbon Aktif Dengan Peroksida (Kuang Hsu Wu et all, 2020)

Dari gambar 4.8 menunjukkan mekanisme yang terjadi yaitu gaya coulumb yang bereaksi pada permukaan karbon aktif terdapat gugus *hydroxyl*, *carboxyl*, dan *carbonyl* bermuatan kation dapat mengikat senyawa peroksida dengan jumlah tertentu, sehingga senyawa peroksida terserap ke permukaan karbon aktif (Kuang Hsu Wu et all, 2020). Menurut Wu dkk, (2020) mengatakan bahwa selektivitas peroksida kurang lebih 95% dapat dengan mudah diserap dalam elektrosintesis dengan menggunakan senyawa bermuatan positif pada elektroda karbon bebas logam tanpa memerlukan kandungan material yang kompleks. Reaksi reduksi zat pengotor yaitu senyawa pada karbon aktif bermuatan positif menarik peroksida yang teradsorpsi saat terbentuk, mengimplementasikan pelepasan peroksida sekaligus melindungi permukaan karbon dari zat pengotor. Karbon aktif bekerja sangat baik dengan karboksilat pada permukaan dengan ikatan yang lemah, sedangkan gugus karbonil memegang

peroksida dengan kuat dan dengan gugus hidroksil dapat menghambat desorpsi dan pelepasan dengan baik.

Penggunaan karbon aktif pada proses penentuan viskositas mampu mengikat suspensi koloid (gum atau resin) serta hasil degradasi minyak (misalnya peroksida), sehingga senyawa peroksida (hasil oksidasi minyak atau lemak) dapat terserap ke permukaan karbon aktif dan tentunya kandungan peroksida akan terlepas secara sempurna. Berdasarkan perubahan nilai viskositas menunjukkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi dengan Na₂CO₃ dan ZnCl₂ mampu mengurai senyawa peroksida yang terdapat pada minyak jelantah.

Nilai indeks bias pada minyak goreng dipengaruhi oleh tingkat kejernihan (warna). Semakin tinggi nilai indeks bias menunjukkan bahwa warna minyak goreng semakin keruh (Putri, 2014). Pada penelitian ini penambahan karbon aktif menyebabkan perubahan nilai indeks bias pada minyak jelantah. Nilai indeks bias minyak jelantah terendah (mendekati minyak goreng baru) terdapat pada sampel KZ-12 dan KN-9. Hal ini dipengaruhi oleh nilai luas permukaan pori-pori karbon yang besar, sehingga karbon aktif dengan pori-pori yang besar dapat menyerap supensi koloid (zat pengotor) pada minyak jelantah.

4.3 Pemanfaatan Tempurung Siwalan Sebagai Karbon Aktif untuk Penjernihan Minyak Jelantah dalam Perspektif Islam

Seluruh hasil yang diperoleh dari penelitian ini tidak jauh dari penjelasan Allah dalam Al-Quran. Sebagai seseorang yang berkecimpung di dunia sains terlebih fisikawan muslim diharapkan tetap merenungkan dan memikirkan tentang melimpahnya nikmat yang allah berikan untuk dianbil nikmatnya. Karena Allah

menciptakan segala sesuatu tidak ada yang sia-sia semata. Nikmat yang Allah berikan salah satunya sudah dijelaskan dalam Q.s Asy-Syu'ara ayat 7.

Artinya: "Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami telah menumbuhkan di sana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?" (Qs.s. Asy-Syu'ara ayat 7).

Ayat di atas menerangkan bahwa Allah menciptakan beragam-ragam nikmat di alam semesta ini dengan memberikan berbagai macam jenis tumbuh-tumbuhan. Allah menciptakan segala sesuatu yang begitu melimpah memiliki manfaat. Seperti yang sudah diterangkan dalam salah satu firmanNya

Artinya: "(Dialah Tuhan) yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan dan meratakan jalan-jalan di atasnya bagimu serta menurunkan air (hujan) dari langit." Kemudian, Kami menumbuhkan dengannya (air hujan itu) beraneka macam tumbuh-tumbuhan" (Q.s Taha ayat 53).

Dalam penggalan surah di atas menjelaskan bahwa Allah adalah Tuhan yang telah menjadikan bumi sebagai hamparan bagimu, juga bagi seluruh manusia, dan menjadikan jalan-jalan yang rata dan lebar di atasnya bagimu agar kamu mudah bepergian, dan Dia pula yang menurunkan air hujan dari langit untuk menyuburkan tanah di sekitarmu." Allah beralih menggunakan kalimat langsung dari- Nya, "Kemudian, Kami tumbuhkan dengannya, yakni dengan air hujan itu, berjenis-jenis tumbuh-tumbuhan dengan beragam bentuk, rasa, dan kegunaan.

(Tafsir Kementerian Agama, 2002). Begitu melimpahnya manfaat yang terkandung dalam berbagai macam tanaman yang dimanfaatkan sebagai bahan utama penelitian sesuai tujuan dan maksud tertentu yang sudah Allah terangkan dalam penggalan surah berikut ini.

Artinya: "sesungguhnya Allah yang menumbuhkan butir (padi-padian) dan biji (buah-buahan). Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. Itulah (kekuasaan) Allah. Maka, bagaimana kamu dapat dipalingkan" (Q.s Al – An'am ayat 95).

Berbagai macam tanaman mempunyai manfaat yang begitu banyak setelah dicari, dikaji, dan dilakukan eksperimen. Tempurung siwalan merupakan limbah jika diolah dan diproses dapat memiliki manfaat yang sangat banyak, contohnya pada penelitian ini yaitu mengolah tempurung siwalan menjadi karbon aktif sehingga mempunyai manfaat yang lebih baik. Dalam penelitian ini proses dan hasilnya dapat dimanfaatkan menjadi sumber ilmu pengetahuan yang baru. Dengan adanya ilmu pengetahuan yang baru secara tidak langsung dapat meningkatkan rasa kepercayaan dan ketaqwaan, serta Allah juga mengangkat derajat bagi setiap muslim yang beriman, berakhlak, dan berilmu.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- Penambahan ZnCl₂ dan Na₂CO₃ pada karbon aktif berpengaruh terhadap gugus fungsi karbon aktif. Penambahan ZnCl₂ dan Na₂CO₃ menghasilkan gugus fungsi OH *hydroxyl*, C≡C, C=O *carbonyl*, CO *carboxylic acid*, C-H *aromatic*, dan OH *alcohols*.
- 2. Penambahan $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 pada karbon aktif mempengaruhi besarnya luas permukaan. Didapatkan nilai luas permukaan terbesar pada karbon yang diaktivasi menggunakan $ZnCl_2$ 12% dan Na_2CO_3 9% yaitu sebesar 22,704 m²/g dan 20,823 m²/g.
- 3. Penambahan ZnCl₂ dan Na₂CO₃ pada karbon aktif berpengaruh terhadap kualitas minyak jelantah dengan parameter nilai viskositas dan indeks bias. Didapatkan nilai viskositas terendah pada minyak jelantah dengan karbon yang diaktivasi menggunakan ZnCl₂ 12% dan Na₂CO₃ 9% yaitu sebesar . 0,0682 Pa.s dan 0,0702 Pa.s, Sedangkan nilai indeks bias terendah terdapat pada minyak jelantah dengan karbon aktif ZnCl₂ 12% dan Na₂CO₃ 9% yaitu sebesar 1,48162 dan 1,48182.

5.2 Saran

Penelitian ini masih perlu dikembangkan dengan variasi konsentrasi lain sampai ditemukan batas optimum ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai aktivator. Selain itu penelitian ini juga dapat dikembangkan dengan menggunakan aktivator yang

lain yang berpotensi untuk meningkatkan sifat karbon, dengan harapan mendapatkan sifat karbon yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Fuadi, Ramdja, Lisa Febrina, Daniel Krisdianto, Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu Sebagai Adsorben, 2010.
- Adamson A. W. dan A. P. Gast. 1997. Physical Chemistry of Surface. Edisi keenam. New York: John Willey and Sons Inc.
- Adli, H. 2012." Pengolahan Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat". Universitas Indonesia: Program Studi Kimia FMIPA.
- Aisyah, S., Yulianti, E., & Fasya, A. G. (2012). Penurunan angka peroksida dan asam lemak bebas (FFA) pada proses bleaching minyak goreng bekas oleh karbon aktif polong buah kelor (*Moringa Oliefera*. *Lamk*) dengan aktivasi NaCl. Alchemy, 1(2), 53–103.
- Al-Ayubi, M.Ch. 2007, Skripsi: Studi Kesetimbangan Adsorpsi Merkuri (II) pada Biomassa daun enceng gondok (Eichhornia Crassipes). UIN Malang.
- Alberty, R. A. dan F. Daniel. 1987. Physical Chemistry. Edisi kelima. SI Version.New York: John Willey and Sons Inc.
- Alothman, Z. A.; Habila M. A. dan Ali R., Preparation of Activated Carbon Using the Copyrolysis of Agricultural and Municipal Solid Wastes at a Low Carbonization Temperature, International Conference on Biology, Environment and Chemistry, Singapore 2011, hal 67-72.
- Anonim. 1994. Petunjuk Praktikum Fisika Dasar Jurusan Fisika Fakultas MIPA Malang. Universitas Brawijaya.
- Ardizzone. S, G. Gabriell, and P. Lazari. 1993. Adsorption of Methylene Blue at Solid/Liquid and Water/Air Interfeces Colloids Surface. 76: 149-157. Di dalam Trisnawati, T. 2008 Studi Adsorpsi Karbon Mesopori Saintetik Terhadap Methylene Blue. Skripsi Tidak di Terbitkan. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.
- Ariani, T., & Gumai, O. putri U. G. (2017). Pengaruh absorben terhadap kualitas fisik minyak. Science and Physics Education Journal (SPEJ), 1(1), 1–6.
- Atkins P.W. 1996. Kimia Fisika edisi keempat. Jakarta: Erlangga.
- Bahl, B.S., Tuli, G.D., dan Bahl, A. 1997. Essential of Physical Chemistry, New Delhi, S. Chand and Company, Ltd.

- Barau, F., Nuryanti, S., & Pursitasari, D. (2015).Minyak jelantah noni (Morinda citrifolia L .)fruit as adsorbent for cooking oil. J.Akademika Kimia, 4(1), 8–16.
- Bird, Tony. 1993. Kimia Fisik Untuk Universitas. Jakarta : PT Gramedia.
- Day, R.A dan A.L Underwood. 2002. Analisis kimia Kuantitatif Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga.
- Dewati, Retno. 2010. Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan dengan Oksidator H2O2. Surabaya: Teknik Kimia FTI-UPNV Jawa Timur. Jurnal Penelitian Ilmu Teknik Vol. 10, No 1, Juni 2010: 29-37.
- Dita Anggarini, R. T. (2013).Studi Aktivasi Arang Dari Tempurung Kelapa Dengan Pengozonan. Jurnal Teknik Kimia.
- Ding, L.P., dan Bhatia, S.K. 2003. Analysis of Multicomponent Adsorption Kinetics on Activated carbon, AIChE Journal, Vol. 49, no. 4, pp. 883-895.
- Duman, G. Yunus, O. Cagdas, O. Sermin, O. & Jale, Y., 2009. Production of Activated Carbon from Pine Cone and Evaluation of Its Physical, Chemical, and Adsorption Properties. Energy & Fuels. Faculty of Science, Department of Chemistry, Ege University, Turkey. Vol. 23, Hal. 2197-2204.
- Dzulhijjah, R. (2018). Pemanfaatan limbah kulit durian (Duo zibethinus murr) sebagai arang aktif pada minyak jelantah. Skripsi, Palu:Universitas Tadulako.
- Erdem, M.; Orhan R.; Şahin M. dan Aydın E., Preparation and Characterization of a Novel Activated Carbon from Vine Shoots by ZnCl2 Activation and Investigation of Its Rifampicine Removal Capability, Water Air Soil Pollut, 2016, 227, 226.
- Erika, R., & Rizky, H., M, 2010. Analisis KarakteristikPengaruh Suhu dan Kontaminan Terhadap Viskositas Oli Menggunakan Rotary Viscometer. Malang. Jurna Neutrino Vol.3,No.1.
- Erlina, dkk. 2015. Pengaruh konsentrasi larutan KOH pada karbon aktif tempurung kelapa untuk adsorpsi logam Cu. Prosiding Seminar Nasional Fisika (EJournal) SNF. Volume IV: 55 56.
- Fadri, E., Aisyah, (2018). Adsorpsi Logam Besi (Fe) Pada Air Gambut Menggunakan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit Serta Potensinya Sebagai Bahan Ajar. Riau, UIN SUSKA, Hal 24.
- Fatoni, Drs. M. (2015). Balai Penelitian dan Konsultasi Industri.Surabaya: Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri.

- Fessenden, R. J. dan J. S. Fessenden. 1997. Dasar-Dasar Kimia Organik. Diterjemahkan oleh Maun, S., Anas, A. dan Sally, S. Jakarta: Binarupa.
- Fiqih Khairani, Itnawati dan Subardi Bali, (2015) "Potensi Arang Aktif Dari Limbah Tulang Kambing Sebagai Adsorben Ion Besi (III), Kadmium (II), Klorida dan Sulfat Dalam Larutan", 2(1),
- Gandjar, I. G. dan Rohman. A. 2007. Kimia Farmasi Analisis. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Gilar S. Pambayun, R. Y. (2013). Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl2 dan Na2CO3 Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, (2013) ISSN: 2337-3539, 116-120.
- Greg Iman , & Tony, H., (2011). Pengolahan Buah Bintaro sebagai Sumber Bioetanol dan Karbon Aktif. Yogyakarta. Jurnal Teknologi Kimia Sumber Daya Alam Indonesia.
- Handika. G., dkk (2017). Karakteristik Karbon Aktif dari Pemanfaatan Limbah Tanaman Kelapa Sawit dengan Penambahan Aktivator Natrium Karbonat (Na2CO3) dan Natrium Klorida (NaCl). Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 6, No.4.
- Haniffudin, N., & Diah, S. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (ELDC). Jurnal Teknik Pomits, 2(1), F-13-F-17.
- Hartini, L. 2014. Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl dari Ampas Tahu. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Hariati, Hidryawati. N, & Panggabean. A.S. 2017. Sintesis Karbon Aktif Cangkang Jengkol (Pithecellobium Lobatum) Dengan Bantuan Ultrasonik Sebagai Bahan Penyimpanan Energi Elektrokimia. Jurnal Atomik. 02 (2) Hal. 227-231.
- Idrus, R., Lapanporo, B.P., & Putra, Y.G. 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Temperung Kelapa. Jurnal Prisma Fisika, Vol. 1: 50-55.
- Kataren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Yogyakarta. UGM.
- Khan, T.A., K. Kok and S. Hung, 2002, Reporting Degree of Deacetylation Values of Chitosan; the influence of analythcal method. J. Pharm. Pharmaceut. Sci., 5:205-212.

- Kimia, A. (2014, Maret 27). Seng Klorida Aplikasinya Luas. Retrieved November 29, 2014, from Wawasan Ilmu Kimia:http://wawasanilmukimia.wordpress.com/2014/03/27/seng klorida-aplikasinya-luas/.
- Kwan, A.; Dudley, J.; Lantz, E. (2002). "Who really discovered Snell's law?". Physics World. 15 (4): 64. doi:10.1088/2058-7058/15/4/44.
- Kuang-Hsu Wu et all, 2020. Highly Selective Hydrogen Peroxide Electrosynthesis on Carbon: In Situ Interface Engineering with Surfactants. Volume 6, Issue 6, 11 June 2020, Pages 1443-1458.
- Larry, D.B., Judkins J.F., and Weant, B.L., 1982. Process Chemistry for Water and Wasteater. Prentice Hall Inc., New Jersey, pp. 202-206.
- Lano, L.A., Ledo, M.E.S., Nitsae, M., 2020, Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Siwalan (Borassus flabellifer L.) yang Diaktivasi dengan Kalium Hidroksida, BIOTA: Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Hayati UAJY Vol. 5 (1): 8-15.
- Lua, A. C. dan Yang T., Characteristics of activated carbon prepared from pistachio-nut shell by zinc chloride activation under nitrogen and vacuum conditions, Journal of Colloid and Interface Science, 2005, 290(2), 505-513.
- Ma, Y.; Wang Q.; Wang X.; Sun X. dan Wang X., A comprehensive study on activated carbon prepared from spent shiitake substrate via pyrolysis with ZnCl2, J Porous Mater, 2015, 22(1), 157–169.
- Manullang, S.A., dkk. 2013. Potensi Arang Aktif Cangkang Bunga Pinus Sebagai Adsorben Ion Kadmium (II) dan Timbal (II) dengan Aktivator H2SO4 dalam Larutan. Reposotory FMIPA.
- Mardina, P., dkk (2012). Penurunan Angka Asam Pada Minyak Jelantah. Banjarbaru. Jurnal Kimia Universitas Lambung Mangkurat. 126-200.
- Maryam, dkk. 2014. Analisis Kualitas Minyak Goreng Kaki Lima Di Singaraja. E-journal Kimia Visvitalis Universitas Pendidikan Ganesha Jurusan Pendidikan Kimia. Vol. 2:1
- Manyala, N. Bello, A. Barzegar, F. Khaleed, A.A. Momodu, D.Y. & Dangbegnon, J.K. 2016. Coniferous Pine Biomass: A Novel Insight Into Sustainable Carbon Materials for Supercapacitors Electrode. Materials Chemistry and Physics. Hal 1-9.

- Muhiddin. N. F. 2019. Pemanfaatan Tempurung Kemiri (Aleurites Moluccana) Menjadi Karbon Aktif Sebagai Kapasitansi Elektroda Kapasitor. Skripsi. Makassar. Jurusan Kimia Pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin.
- Nasehir Khan E. M. Yahaya, et al., "Effect of Preparation Conditions of Activated Carbon Prepared from Rice Husk by ZnCl2 Activation for Removal of Cu (II) from Aqueous Solution", International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS, 10(06), 2010.
- Nasir, M. 2020. Perbandingan Kualitas Minyak Sawit Bermerk Dan Minyak Kelapa Menggunakan Parameter Viskositas Dan Indeks Bias. Aceh. AMSET IAIN Batusangkar dan IAIN Batusangkar Press.
- Oscik, J., 1982. Adsorption. Edisi Cooper. I. L., John Wiley and Sons, New York. Pp. 128-129, 152-154.
- Ozhan, A. Omer, S. Mehmet, M. K. & Cafer, S., 2014. Preparation and Characterization of Activated Carbon from Pine Cone by Microwave-Induced ZnCl2 Activation and Its Effect on the Adsorption of Methylene Blue Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Pine, S. 1980. Kimia Organik. Bandung: Terbitan Keempat. Penerbit ITB.
- P. H. Tomlins et al., "Optical coherence refractometry," Opt. Lett., 33 2272 –2274 (2008). http://dx.doi.org/10.1364/OL.33.002272 OPLEDP 0146-9592
- Rahmadani, N. & Kurniawati, P. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya. Jurusan Kimia FMIPA UM.
- Ramdja, F. (2015). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Ampas Tebu sebagai Adsorben. Jurnal Teknik Kimia No 1 Vol. 17, 22.
- Rusdiana, R. (2017). Analisis Kualitas Minyak Goreng Berdasarkan Parameter Viskositas dan Indeks Bias. Jurnal Fisika FST UIN Walisongo, 4.
- Sembiring, M. dan Sinaga, T. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Medan: Universitas Sumatera. Utara.Tambunan, P. (2009). Pusat Penelitian dan pengembangan Hutan Tanaman. Potensi dan Kebijakan Pengembangan Lontar Untuk Menambah Pendapat Penduduk, 3-7.
- Serway, R.A., 1985, Physics for Scientists & Engineers, Second Edition, Saunders College Publishing.

- Solano, A. Linares, dkk. 2012. NaOH and KOH for Preparing Activated Carbon Used in Energy and Environmental Aplications. International Journal of Energy, Environtment, and Economics. Vol. 20 No.4.
- Sudaryanto, Y.; Hartono S. B.; Irawaty W.; Hindarso H. dan Ismadji S., High surface area activated carbon prepared from cassava peel by chemical activation, Bioresource Technology, 2006, 97(5), 734-739.
- Sugita, P., Wukirsari, T., Sjahriza, A., Wahyono, D., 2009, Kitosan, Sumber Biomaterial Masa Depan, Institut Teknologi Bandung Press, Bandung, Halaman 30.
- Sutiah, S., Firdausi, K. S., & Budi, W. S. (2008). Studi kualitas minyak goreng dengan parameter viskositas dan indeks bias. Berkala Fisika, 11(2), 53-58.
- Tambunan, P. (2009). Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman. Potensi dan Kebijakan Pengembangan Lontar Untuk Menambah Pendapatan Penduduk, 3-7.
- Warsito. (2015). Desain dan Analisis Pengukuran Viskositas dengan Metode Bola Jatuh Berbasis Sensor Optocoupler dan Sistem Akuisisinya pada Komputer. Jurnal Natur Indonesia, 230-235.

LAMPIRAN 1 Perhitungan Bahan

- 1. Yield Massa
- a. Pembuatan Karbon Tempurung Siwalan (T = 500°C)

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 583,25 gr

Massa setelah karbonisasi = 132,43 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat\ akhir}{berst\ awal} \times 100\%$$

$$=\frac{132,43}{583,25}\times100\%$$

$$=22,70\%$$

- b. Proses Aktivasi Karbon Tempurung Siwalan (T = 400°C)
 - ➤ Na₂CO₃ 3%

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 7 gr

Massa setelah karbonisasi = 6.7 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat\ akhir}{berst\ awal} \times 100\%$$

$$=\frac{6.7}{7}\times 100\%$$

➤ Na₂CO₃ 6%

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 7 gr

Massa setelah karbonisasi

= 6.85 gr

=7 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat\ akhir}{berst\ awal} \times 100\%$$

$$=\frac{6,85}{7}\times 100\%$$

➤ Na₂CO₃ 9%

Diket =

Massa sebelum karbonisasi

Massa setelah karbonisasi = 5,39 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat\ akhir}{berst\ awal} \times 100\%$$

$$=\frac{5,39}{7}\times 100\%$$

➤ Na₂CO₃ 12%

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 7 gr

Massa setelah karbonisasi = 6,75 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat \ akhir}{berst \ awal} \times 100\%$$

= $\frac{6,75}{7} \times 100\%$
= 96,42%

➤ ZnCl₂ 3%

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 7 gr

Massa setelah karbonisasi = 5,2 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat\ akhir}{berst\ awal} \times 100\%$$

$$=\frac{5,2}{7}\times100\%$$

➤ ZnCl₂ 6%

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 7 gr

Massa setelah karbonisasi = 4,5 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat\ akhir}{berst\ awal} \times 100\%$$

$$=\frac{4,5}{7}\times 100\%$$

➤ ZnCl₂ 9%

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 7 gr

Massa setelah karbonisasi = 5 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat\ akhir}{berst\ awal} \times 100\%$$

$$=\frac{5}{7} \times 100\%$$

➤ ZnCl₂ 12%

Diket =

Massa sebelum karbonisasi = 7 gr

Massa setelah karbonisasi = 5.2 gr

Ditanya =

Yield massa (%)...?

Jawab =

Yield massa (%) =
$$\frac{berat\ akhir}{berst\ awal} \times 100\%$$

$$=\frac{4}{7} \times 100\%$$

2. Preparasi Sampel

1. Penentuan Pelarut ZnCl₂ dan Na₂CO₃

Karbon: Larutan ZnCl2 dan Na2CO3

1 : 10

7 gram : 70 ml

2. Penentuan Massa ZnCl₂ dan Na₂CO₃

➤ ZnCl₂ 3%

Diket =

Massa larutan = 70 ml

Konsentrasi Pelarut = 3%

Ditanya =

Massa Pelarut?

Jawab =

Massa Pelarut =
$$\frac{konsentrasi\ pelarut}{100} \times 70\ ml$$

$$=\frac{3}{100}\times70$$

$$= 2,1$$
 gram

➤ ZnCl₂ 6%

Diket =

Massa larutan = 70 ml

Konsentrasi Pelarut = 6%

Ditanya =

Massa Pelarut?

Jawab =

Massa Pelarut =
$$\frac{konsentrasi\ pelarut}{100} \times 70\ ml$$

$$=\frac{6}{100}\times70$$

➤ ZnCl₂ 9%

Diket =

Massa larutan = 70 ml

Konsentrasi Pelarut

= 9%

Ditanya =

Massa Pelarut?

Jawab =

Massa Pelarut =
$$\frac{konsentrasi\ pelarut}{100} \times 70\ ml$$

$$=\frac{9}{100}\times70$$

➤ ZnCl₂ 12%

Diket =

Massa larutan = 70 ml

Konsentrasi Pelarut = 12%

Ditanya =

Massa Pelarut?

Jawab =

Massa Pelarut =
$$\frac{konsentrasi\ pelarut}{100} \times 70\ ml$$

$$=\frac{12}{100}\times70$$

➤ Na₂CO₃ 3%

Diket =

Massa larutan = 70 ml

Konsentrasi Pelarut = 3%

Ditanya =

Massa Pelarut?

Jawab =

Massa Pelarut =
$$\frac{konsentrasi\ pelarut}{100} \times 70\ ml$$

$$=\frac{3}{100}\times70$$

$$= 2,1$$
 gram

➤ Na₂CO₃ 6%

Diket =

Massa larutan = 70 ml

Konsentrasi Pelarut = 6%

Ditanya =

Massa Pelarut?

Jawab =

Massa Pelarut = $\frac{konsentrasi\ pelarut}{100} \times 70\ ml$

$$=\frac{6}{100}\times70$$

➤ Na₂CO₃ 9%

Diket =

Massa larutan = 70 ml

Konsentrasi Pelarut = 9%

Ditanya =

Massa Pelarut?

Jawab =

Massa Pelarut =
$$\frac{konsentrasi\ pelarut}{100} \times 70\ ml$$

$$=\frac{9}{100}\times70$$

$$= 6.3 \text{ gram}$$

➤ Na₂CO₃ 12%

Diket =

 $Massa \ larutan \hspace{1.5cm} = 70 \ ml$

Konsentrasi Pelarut = 12%

Ditanya =

Massa Pelarut?

Massa Pelarut =
$$\frac{konsentrasi\ pelarut}{100} \times 70\ ml$$

= $\frac{12}{100} \times 70$

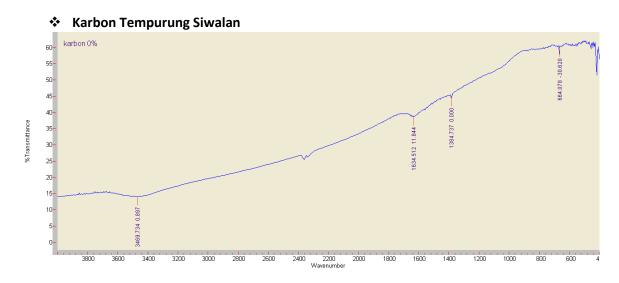
3. Preparasi sampel uji viskositas dan uji indeks bias

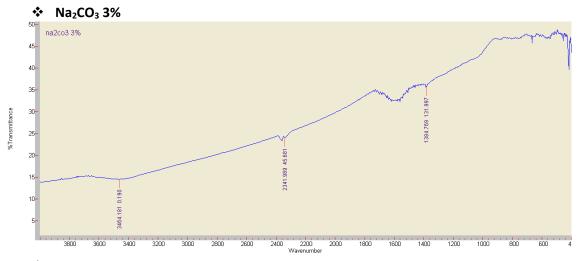
Karbon aktif: Minyak jelantah

1 gram : 100 ml

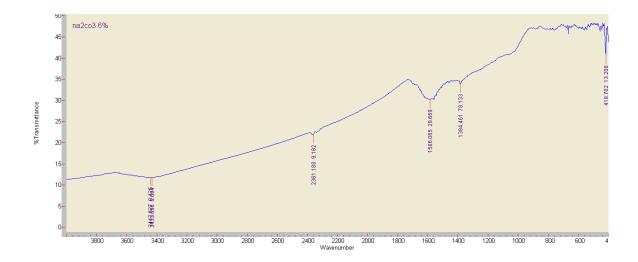
2,5 gram : 250 ml

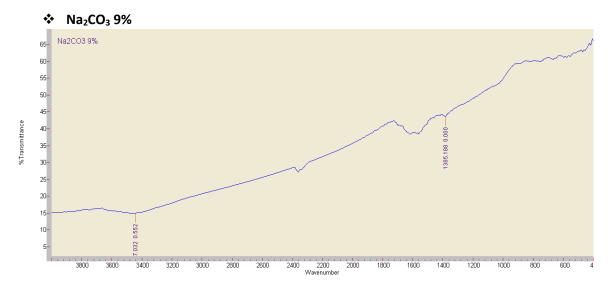
LAMPIRAN 2 Data FTIR



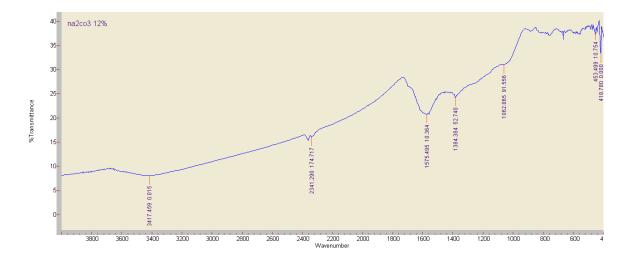


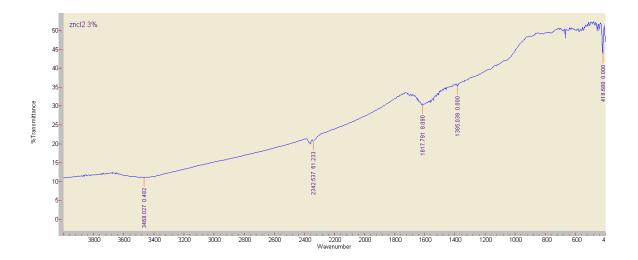
❖ Na₂CO₃ 6%



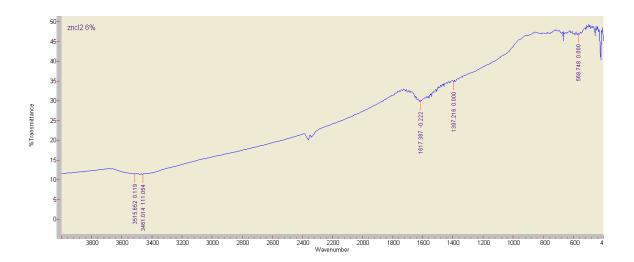


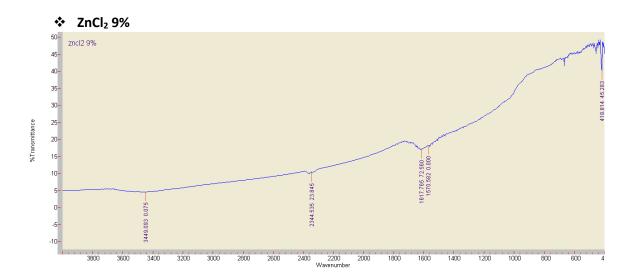
❖ Na₂CO₃ 12%

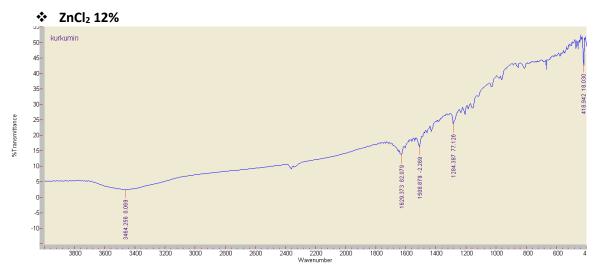




❖ ZnCl₂ 6%

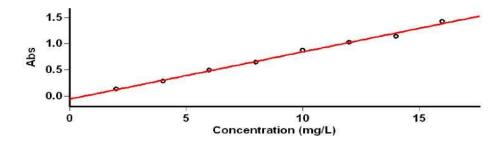






LAMPIRAN 3 Data dan Perhitungan UV-VIS

- 1. Menentukan Konsentrasi Methylene Blue (ppm) dalam 1 Liter aquades
 - > 16 ppm dalam 1 liter.
 - 14 ppm dalam 1 liter (16 ppm)
 - > 12 ppm dalam 1 liter (16 ppm)
 - 10 ppm dalam 1 liter (16 ppm)
 - > 8 ppm dalam 1 liter (16 ppm)
 - 6 ppm dalam 1 liter (16 ppm)
 - > 4 ppm dalam 1 liter (16 ppm)
 - 2 ppm dalam 1 liter (16 ppm)
- 2. Menentukan Kurva Standar Methylene Blue



Concentration Analysis Report

Report time 3/14/2022 2:53:41 PM

Method

Batch name D:\Mahasiswa On Going\Fajrul Kharir\Panjang

Gelombang Maksimum Methylene Blue (3- 14-

2022).BCN

Application Concentration 3.00 (339)

Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50

Instrument version no. 3.00

Wavelength (nm) 661.0
Ordinate Mode Abs

Ave Time (sec) 0.1000

Replicates 3

Standard/Sample averaging OFF

Weight and volume corrections OFF

 $\begin{array}{ll} \mbox{Fit type} & \mbox{Linear} \\ \mbox{Min } R^2 & \mbox{0.95000} \\ \mbox{Concentration units} & \mbox{mg/L} \end{array}$

Comments:

Zero Report

Read Abs nm

Zero (0.1133)

661.0

Calibration

Collection time 3/14/2022 2:53:55 PM

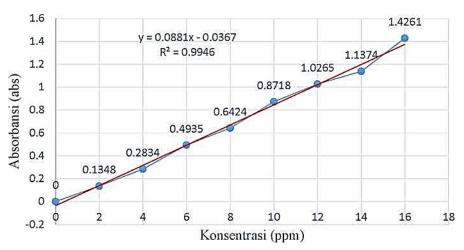
Std 1 0.1347

0.1337

2.0 0.1348 0.0012 0.86 0.1360

Std 2						0.2836
						0.2834
	4.0	0.283	34	0.0002	0.08	0.2831
Std 3						0.4924
						0.4937
	6.0	0.493	35	0.0010	0.19	0.4943
Std 4						0.6423
						0.6437
	8.0	0.642	24	0.0013	0.20	0.6412
Std 5						0.8742
						0.8734
Std 6						1.0247
Sid 0						1.0271
	12.0	1.020	65	0.0015	0.15	1.0277
Std 7	12.0	1.02		0.0012	0.12	1.1415
						1.1323
	14.0	1.13	74	0.0047	0.41	1.1383
Std 8						1.4275
						1.4202
	16.0	1.420	51	0.0054	0.38	1.4307
Calibration eqn		Abs = 0.096	011	*Conc -().05896	
Correlation Coefficient		0.99412				
Calibration time		3/14/2022 2	2:53	3:55 PM		
Results Flags Legend						
U = Uncalibrated		O = Overra	nge	;		
N = Not used in calibration	1	R = Repeat	rea	ding		

Absorbansi dan Konsentrasi



Kurva Standar Methylene Blue

3. Perhitungan Luas Permukaan

❖ Data Absorbansi *Methylene Blue* sampel Karbon Tempurung Siwalan

Absorbansi MB Sampel Karbon Tempurung Siwalan

Advanced Reads Report

Report time 3/14/2022 2:59:46 PM

Method Batch name

D:\Layanan Analisa\Fisika UIN\Fajrul Kharir\Kurva

Standar Methylene Blue (3- 14-2022).BAB

Application Advanced Reads 3.00(339)

Operator Rika

Instrument Settings

Instrument Cary 50

Instrument version no. 3.00

Wavele	ngth (nm)		661.0			
Ordinate Ave Tin			Abs 0.1000			
Replicat	tes		3			
Sample Comments	averaging		OFF			
Zero Repo	ort					
Read	Abs		nm			
Zero	(0.1603)		661.0			
Analysis						
Collection	on time		3/14/2022 2:59:	46 PM		
Sai	mple	F	Mean	SD	%RSD	Readings
S Kontro	ol (0%) 20 me	enit				0.4365
						0.4365
			0.4362	0.0006	0.14	0.4355
S Kontro	ol (0%) 30 me	enit				0.4063
						0.4055
			0.4054	0.0011	0.27	0.4042
S Kontro	ol (0%) 40 me	enit				0.4390
						0.4377
			0.4379	0.0010	0.22	0.4370
S Kontro	ol (0%) 50 me	enit				0.5418
						0.5409
			0.5439	0.0044	0.81	0.5489
S Kontro	ol (0%) 60 me	enit				0.5922
						0.5921
			0.5909	0.0022	0.37	0.5883

Comments:

Zero Report

Read	Abs	nm				
Zero	(0.1618)	661	0.0			
Analysis						
Collection	on time	3/1	4/2022 3:58:	49 PM		
Sar	mple	F	Mean	SD	%RSD	Readings
S Na ₂ CO	0 ₃ (3%) 20 men	it				0.2890
						0.2863
			0.2868	0.0020	0.69	0.2852
S Na ₂ CO	9 ₃ (3%) 30 men	it				0.1515
						0.1511
			0.1511	0.0004	0.30	0.1506
S Na ₂ CO	9 ₃ (3%) 40 men	it				0.4487
						0.4418
			0.4418	0.0069	1.57	0.4349
S Na ₂ CO	0 ₃ (3%) 50 men	it				0.4547
						0.4513
			0.4533	0.0018	0.39	0.4539
S Na ₂ CO	0 ₃ (3%) 60 men	it				0.2567
						0.2573
			0.2567	0.0006	0.24	0.2561
Comments	:					
Zero Repo	rt					
Read	Abs	nm				
Zero	(0.1556)	661	0.0			
Analysis						
Collection	on time	3/1	5/2022 2:06:	25 PM		

F	Mean	SD	%RSD	Readings
nenit				0.3668
				0.3536
	0.3579	0.0077	2.14	0.3533
nenit				0.2097
				0.2029
	0.2047	0.0044	2.13	0.2016
nenit				0.4016
				0.4047
	0.4017	0.0029	0.71	0.3989
nenit				0.4451
				0.4441
	0.4433	0.0023	0.51	0.4408
nenit				0.5822
				0.5760
	0.5770	0.0047	0.82	0.5729
	nm			
	661.0			
	3/15/2022 2:06:2	25 PM		
F	Mean	SD	%RSD	Readings
nenit				0.2231
				0.2185
	0.2200	0.0026	1.19	0.2186
nenit				0.1396
				0.1394
	nenit nenit nenit F	nenit 0.3579 nenit 0.2047 nenit 0.4017 nenit 0.4433 nenit 0.5770 nm 661.0 3/15/2022 2:06:2 F Mean nenit 0.2200	nenit 0.3579 0.0077 nenit 0.2047 0.0044 nenit 0.4017 0.0029 nenit 0.5770 0.0047 nm 661.0 3/15/2022 2:06:25 PM F Mean SD nenit 0.2200 0.0026	0.3579 0.0077 2.14 nenit 0.2047 0.0044 2.13 nenit 0.4017 0.0029 0.71 nenit 0.4433 0.0023 0.51 nenit 0.5770 0.0047 0.82 nm 661.0 3/15/2022 2:06:25 PM F Mean SD %RSD nenit 0.2200 0.0026 1.19

	0.1392	0.0005	0.36	0.1386
S Na ₂ CO ₃ (9%) 40 menit				0.2643
				0.2622
	0.2623	0.0019	0.71	0.2605
S Na ₂ CO ₃ (9%) 50 menit				0.2674
				0.2661
	0.2663	0.0010	0.38	0.2654
S Na ₂ CO ₃ (9%) 60 menit				0.1351
				0.1349
	0.1348	0.0003	0.19	0.1346
Comments:				
Zero Report				
Read Abs	nm			
Zero (0.1606)	661.0			
Analysis				
Analysis Collection time	3/16/2022 9:52:	10 AM		
•	3/16/2022 9:52: Mean	10 AM SD	%RSD	Readings
Collection time			%RSD	0.6864
Collection time Sample F	Mean	SD		0.6864 0.6837
Collection time Sample F S Na ₂ CO ₃ (12%) 20 mnt			%RSD 0.66	0.6864 0.6837 0.6925
Collection time Sample F	Mean	SD		0.6864 0.6837 0.6925 0.2022
Collection time Sample F S Na ₂ CO ₃ (12%) 20 mnt	Mean 0.6875	SD 0.0045	0.66	0.6864 0.6837 0.6925 0.2022 0.2036
Collection time Sample F S Na ₂ CO ₃ (12%) 20 mnt S Na ₂ CO ₃ (12%) 30 mnt	Mean	SD		0.6864 0.6837 0.6925 0.2022 0.2036 0.2033
Collection time Sample F S Na ₂ CO ₃ (12%) 20 mnt	Mean 0.6875	SD 0.0045	0.66	0.6864 0.6837 0.6925 0.2022 0.2036 0.2033 0.2311
Collection time Sample F S Na ₂ CO ₃ (12%) 20 mnt S Na ₂ CO ₃ (12%) 30 mnt	Mean 0.6875 0.2031	0.0045 0.0007	0.66	0.6864 0.6837 0.6925 0.2022 0.2036 0.2033 0.2311 0.2298
Collection time Sample F S Na ₂ CO ₃ (12%) 20 mnt S Na ₂ CO ₃ (12%) 30 mnt S Na ₂ CO ₃ (12%) 40 mnt	Mean 0.6875	SD 0.0045	0.66	0.6864 0.6837 0.6925 0.2022 0.2036 0.2033 0.2311 0.2298 0.2285
Collection time Sample F S Na ₂ CO ₃ (12%) 20 mnt S Na ₂ CO ₃ (12%) 30 mnt	Mean 0.6875 0.2031	0.0045 0.0007	0.66	0.6864 0.6837 0.6925 0.2022 0.2036 0.2033 0.2311 0.2298

	0.2430	0.0004	0.18	0.2426
S Na ₂ CO ₃ (12%) 60 mnt				0.2175
				0.2185
	0.2181	0.0006	0.25	0.2183
Comments:				
Zero Report				
Read Abs	nm			
Zero (0.1606)	661.0			
Analysis				
Collection time	3/16/2022 9:52:1	10 AM		
Sample F	Mean	SD	%RSD	Readings
S ZnCl ₂ (3%) 20 menit				0.0631
				0.0630
	0.0629	0.0002	0.32	0.0627
S ZnCl ₂ (3%) 30 menit				0.0502
				0.0493
	0.0496	0.0005	0.95	0.0494
S ZnCl ₂ (3%) 40 menit				0.0430
				0.0436
	0.0433	0.0003	0.70	0.0434
S ZnCl ₂ (3%) 50 menit				0.6574
				0.6505
	0.6542	0.0035	0.53	0.6548
S ZnCl ₂ (3%) 60 menit				0.0850
				0.0868
	0.0852	0.0015	1.71	0.0839

Comments:

Zero Report

Read	Abs	r	nm			
Zero	(0.1583)	(561.0			
Analysis						
Collectio	n time	3	3/16/2022 1:58:	42 PM		
San	nple	F	Mean	SD	%RSD	Readings
S ZnCl ₂ ((6%) 20 menit					0.2166
						0.2165
			0.2157	0.0015	0.70	0.2139
S ZnCl ₂ ((6%) 30 menit					0.0630
						0.0680
			0.0661	0.0027	4.07	0.0672
S ZnCl ₂ ((6%) 40 menit					0.4214
						0.4156
			0.4177	0.0032	0.77	0.4162
S ZnCl ₂ ((6%) 50 menit					0.0377
						0.0368
			0.0381	0.0016	4.11	0.0399
S ZnCl ₂ ((6%) 60 menit					0.0243
						0.0247
			0.0251	0.0011	4.23	0.0263
Comments	:					
Zero Repo	rt					
Read	Abs	1	Nm			
Zero	(0.1583)	Ć	661.0			
Analysis						
Collectio	n time	3	3/16/2022 1:58:	42 PM		

Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
S ZnCl ₂ (9%) 20 menit	-				0.0345
					0.0353
		0.0353	0.0009	2.46	0.0362
S ZnCl ₂ (9%) 30 menit	-				0.1788
					0.1787
		0.1788	0.0002	0.12	0.1791
S ZnCl ₂ (9%) 40 menit	-				0.0429
					0.0430
		0.0425	0.0007	1.65	0.0417
S ZnCl ₂ (9%) 50 menit					0.0285
					0.0281
		0.0283	0.0002	0.71	0.0283
S ZnCl ₂ (9%) 60 menit	-				0.0985
					0.0991
		0.0991	0.0006	0.64	0.0998
Comments:					
Zero Report					
Read Abs		nm			
Zero (0.1603)		661.0			
Analysis					
Collection time		3/17/2022 10:51	:10 AM		
Sample	F	Mean	SD	%RSD	Readings
S ZnCl ₂ (12%) 20 mnt					0.0537
					0.0528
		0.0529	0.0007	1.41	0.0523
S ZnCl ₂ (12%) 30 mnt					0.0323
					0.0311

0.0314	0.0009	2.77	0.0306
			0.0777
			0.0738
0.0747	0.0027	3.62	0.0724
			0.0596
			0.0594
0.0594	0.0002	0.29	0.0593
			0.0228
			0.0229
0.0229	0.0001	0.29	0.0230
	0.0747 0.0594	0.0747 0.0027 0.0594 0.0002	0.0747 0.0027 3.62 0.0594 0.0002 0.29

Kurva Standart / Baku (methylene blue)

$$y = 0.0881 \text{ x} - 0.0367 \text{ R}^2 = 0.9946$$

Konsentrasi larutan methylene blue (C)

$$Abs = ax - b$$

a = konstanta

b = koefisien regresi variabel terikat

x = (prediktor) variabel bebas

* Methylene blue yang terserap dalam 1 gram sampel

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

C = Konsentrasi MB yang tersisa (ppm)

V = Volume larutan MB (ml)

B = Massa adsorben (gram)

Menentukan luas permukaan spesifik

$$S = \frac{Xm.N.a}{Mr}$$

S = luas permukaan adsorben (m²/g)

N = bilangan Avogadro (6,02 X 10²³ mol⁻¹)

Xm = berat adsorbat teradsorpsi (mg/g)

a = luas permukaan oleh satu molekul methylene blue (197,2 X 10-20 m²)

Mr = massa molekul relative methylene blue (320,5 g/mol)

> Sampel Kontrol Karbon 0%

$$Abs = ax - b$$

$$0,4054 = 0,0881x - 0,0367$$

$$0,4054 + 0,0367 = 0,0881x$$

$$\frac{0,4421}{0,0881} = x$$

$$5,018 ppm = x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 5{,}018$$

$$= 10,982 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{10,982}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0.0043928 \text{ g/g}$$

$$\approx 4,3928 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm. N. a}{Mr}$$

$$=\frac{0,0043928\times6,02.\,10^{23}\times197,2.\,10^{-20}}{320,5}$$

$$= 16,27109 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\approx 16.27,109 \text{ m}^2/\text{mg}$$

➤ Sampel Na₂CO₃ 3%

$$Abs = ax - b$$

$$0,1511 = 0,0881x - 0,0367$$

$$0,1511 + 0,0367 = 0,0881x$$

$$\frac{0,1878}{0,0881} = x$$

$$2,131 ppm = x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 2,131$$

$$= 13,869 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{13,869}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0.0055476 \text{ g/g}$$

$$\approx 5,5476 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm. N. a}{Mr}$$

$$=\frac{0,0055476\times 6,02.\,10^{23}\times 197,2.\,10^{-20}}{320,5}$$

$$= 20.54851 \, \text{m}^2/\text{g}$$

$$\approx 20.548,51 \text{ m}^2/\text{mg}$$

➤ Sampel Na₂CO₃ 6%

$$Abs = ax - b$$

$$0,2047 = 0,0881x - 0,0367$$

$$0,2047 + 0,0367 = 0,0881x$$

$$\frac{0,2414}{0,0881} = x$$

$$2,740 \ ppm = x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 2,740$$

$$= 13,260 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{13,260}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0.005304 \text{ g/g}$$

$$\approx 5,304 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm. N. a}{Mr}$$

$$=\frac{0,005304\times6,02.10^{23}\times197,2.10^{-20}}{320,5}$$

$$= 19,64621 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\approx 19.646,21 \,\mathrm{m}^2/\mathrm{mg}$$

➤ Sampel Na₂CO₃ 9%

$$Abs = ax - b$$

$$0.1348 = 0.0881x - 0.0367$$

$$0,1348 + 0,0367 = 0,0881x$$

$$\frac{0,1715}{0,0881} = x$$

$$1,946\,ppm=x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 1,946$$

$$= 14,054 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{14,054}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0.0056216 \text{ g/g}$$

$$\approx 5,6216 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm. N. a}{Mr}$$

$$= \frac{0,0056216 \times 6,02.10^{23} \times 197,2.10^{-20}}{320,5}$$

$$= 20.82261 \, \text{m}^2/\text{g}$$

$$\approx 20.822,61 \text{ m}^2/\text{mg}$$

➤ Sampel Na₂CO₃ 12%

$$Abs = ax - b$$

$$0,2031 = 0,0881x - 0,0367$$

$$0,2031 + 0,0367 = 0,0881x$$

$$\frac{0,2398}{0,0881} = x$$

$$2,721 ppm = x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 2,271$$

$$= 13,279 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{13,279}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0.0053116 \text{ g/g}$$

$$\approx 5,3116 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm.\,N.\,a}{Mr}$$

$$=\frac{0,0053116\times6,02.10^{23}\times197,2.10^{-20}}{320,5}$$

$$= 19.67436 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\approx 19.674,36 \text{ m}^2/\text{mg}$$

➤ Sampel ZnCl₂ 3%

$$Abs = ax - b$$

$$0.0496 = 0.0881x - 0.0367$$

$$0.0496 + 0.0367 = 0.0881x$$

$$\frac{0,0683}{0,0881} = x$$

$$0,979 \ ppm = x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 0,979$$

$$= 15,021 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{15,021}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0.0060084 \text{ g/g}$$

$$\approx 6,0084 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm. N. a}{Mr}$$

$$=\frac{0,0060084\times6,02.\,10^{23}\times197,2.\,10^{-20}}{320,5}$$

$$= 22,25533 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\approx 22.255,33 \text{ m}^2/\text{mg}$$

➤ Sampel ZnCl₂ 6%

$$Abs = ax - b$$

$$0.0251 = 0.0881x - 0.0367$$

$$0.0251 + 0.0367 = 0.0881x$$

$$\frac{0,0618}{0,0881} = x$$

$$0,701 \ ppm = x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 0,701$$

$$= 15,299 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{15,299}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0,0061196 \text{ g/g}$$

$$\approx 6,1196 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm.\,N.\,a}{Mr}$$

$$=\frac{0,0061196\times6,02.10^{23}\times197,2.10^{-20}}{320,5}$$

$$= 22,66722 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\approx 22.667,22 \text{ m}^2/\text{mg}$$

➤ Sampel ZnCl₂ 9%

$$Abs = ax - b$$

$$0.0283 = 0.0881x - 0.0367$$

$$0.0283 + 0.0367 = 0.0881x$$

$$\frac{0,065}{0,0881} = x$$

$$0,737 \ ppm = x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 0.0737$$

$$= 15,263 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{15,263}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0.006152 \text{ g/g}$$

$$\approx$$
 6,152 mg/g

$$S = \frac{Xm.\,N.\,a}{Mr}$$

$$=\frac{0,006152\times6,02.\,10^{23}\times197,2.\,10^{-20}}{320,5}$$

$$= 22,61388 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\approx 22.613,88 \text{ m}^2/\text{mg}$$

➤ Sampel ZnCl₂ 12%

$$Abs = ax - b$$

$$0.0229 = 0.0881x - 0.0367$$

$$0.0229 + 0.0367 = 0.0881x$$

$$\frac{0,0696}{0,0881} = x$$

$$0,676 \ ppm = x$$

$$MB (terserap) = MB awal - MB sisa$$

$$= 16 - 0,676$$

$$= 15,324 ppm$$

$$Xm = \frac{C}{1000} \times \frac{V}{B}$$

$$=\frac{15,324}{1000}\times\frac{20}{50}$$

$$= 0.0061296 \text{ g/g}$$

$$\approx 6,1296 \text{ mg/g}$$

$$S = \frac{Xm. N. a}{Mr}$$

$$=\frac{0,0061296\times6,02.\,10^{23}\times197,2.\,10^{-20}}{320,5}$$

$$= 22,70426 \text{ m}^2/\text{g}$$

$$\approx 22.704,26 \text{ m}^2/\text{mg}$$

	Abs	C MB yang tersisa (ppm)	C MB yang terserap (ppm)	Berat MB yg terserap per-1g sampel (mg/g)	Berat MB yg terserap per-1 g sampel (g/g)	S (m ² /g)
S.kontrol 0%	0,4054	5,018	10,982	4,3928	0,0043928	16,271
Na ₂ CO ₃ 3%	0,1511	2,131	13,869	5,5476	0,0055476	20,548
Na ₂ CO ₃ 6%	0,2047	2,740	13,260	5,304	0,005304	19,646
Na ₂ CO ₃ 9%	0,1348	1,946	14,054	5,6216	0,0056216	20,822
Na ₂ CO ₃ 12%	0,2031	2,721	13,279	5,3116	0,0053116	19,674
ZnCl ₂ 3%	0,0496	0,979	15,021	6,0084	0,0060084	22,255
ZnCl ₂ 6%	0,0251	0,701	15,299	6,1196	0,0061196	22,667
ZnCl ₂ 9%	0,0283	0,737	15,263	6,152	0,006152	22,613
ZnCl ₂ 12%	0,0229	0,676	15,324	6,1296	0,0061296	22,704

LAMPIRAN 4 Hasil Uji Viskositas dan Indeks Bias

> Hasil Uji Viskositas

Minyak Goreng Baru	Minyak Jelantah	Karbon 0%
0,065 Pa.s	0,073 Pa.s	0,073 Pa.s
0,065 Pa.s	0,073 Pa.s	0,073 Pa.s
0,065 Pa.s	0,073 Pa.s	0,073 Pa.s
0,065 Pa.s	0,074 Pa.s	0,073 Pa.s
0,065 Pa.s	0,074 Pa.s	0,073 Pa.s

Na ₂ CO ₃ 3%	Na ₂ CO ₃ 6%	Na ₂ CO ₃ 9%
0,072 Pa.s	0,073 Pa.s	0,070 Pa.s
0,072 Pa.s	0,073 Pa.s	0,070 Pa.s
0,072 Pa.s	0,072 Pa.s	0,070 Pa.s
0,073 Pa.s	0,073 Pa.s	0,070 Pa.s
0,073 Pa.s	0,073 Pa.s	0,071 Pa.s

Na ₂ CO ₃ 12%
0,073 Pa.s
0,073 Pa.s
0,072 Pa.s
0,073 Pa.s
0,072 Pa.s

ZnCl ₂ 3%	ZnCl ₂ 6%	ZnCl ₂ 9%
0,070 Pa.s	0,068 Pa.s	0,070 Pa.s
0,070 Pa.s	0,068 Pa.s	0,070 Pa.s
0,070 Pa.s	0,069 Pa.s	0,070 Pa.s
0,070 Pa.s	0,069 Pa.s	0,070 Pa.s
0,070 Pa.s	0,069 Pa.s	0,071 Pa.s

ZnCl ₂ 12%
0,068 Pa.s
0,068 Pa.s
0,068 Pa.s
0,069 Pa.s
0,068 Pa.s

> Rata-Rata Hasil Uji Viskositas

Sampel	Nilai Viskositas (Pa.s)
Minyak Goreng Baru	0,065
Minyak Jelantah	0,0734
Karbon 0%	0,073
Na ₂ CO ₃ 3%	0,0724
Na ₂ CO ₃ 6%	0,0728
Na ₂ CO ₃ 9%	0,0702
Na ₂ CO ₃ 12%	0,0726
ZnCl ₂ 3%	0,070
ZnCl ₂ 6%	0,0686
ZnCl ₂ 9%	0,0694
ZnCl ₂ 12%	0,0682

> Hasil Uji Indeks Bias

Minyak Goreng Baru	Minyak Jelantah	Karbon 0%
1,463	1,4822	1,4821
1,463	1,4821	1,4822
1,463	1,4821	1,4821
1,463	1,4822	1,4821
1,463	1,4822	1,4821

Na ₂ CO ₃ 3%	Na ₂ CO ₃ 6%	Na ₂ CO ₃ 9%
1,4820	1,4821	1,4818
1,4820	1,4821	1,4818
1,4821	1,4821	1,4819
1,4820	1,4821	1,4818
1,4821	1,4820	1,4818

Na ₂ CO ₃ 12%
1.4821
1.4821
1.4820
1.4820
1.4821

ZnCl ₂ 3%	ZnCl ₂ 6%	ZnCl ₂ 9%
1,4818	1,4817	1,4817
1,4818	1,4817	1,4818
1,4818	1,4817	1,4818
1,4818	1,4816	1,4817
1,4818	1,4816	1,4817

ZnCl ₂ 12%
1,4816
1,4817
1,4816
1,4816
1,4816

> Rata-Rata Hasil Uji Indeks Bias

Sampel	Nilai Viskositas (Pa.s)		
Minyak Goreng Baru	1,463		
Minyak Jelantah	1,48216		
Karbon 0%	1,48212		
Na ₂ CO ₃ 3%	1,48204		
Na ₂ CO ₃ 6%	1,48208		
Na₂CO₃ 9%	1,48182		
Na ₂ CO ₃ 12%	1,48206		
ZnCl ₂ 3%	1,4818		
ZnCl ₂ 6%	1,48166		
ZnCl ₂ 9%	1,48174		

ZnCl ₂ 12%	1,48162

LAMPIRAN 5 Gambar Penelitian



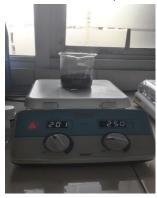
Pengeringan tempurung siwalan



Hasil Pembakaran (500°C 2 jam)



Karbon 200 mesh



Pencampuran Karbon dengan aktivator





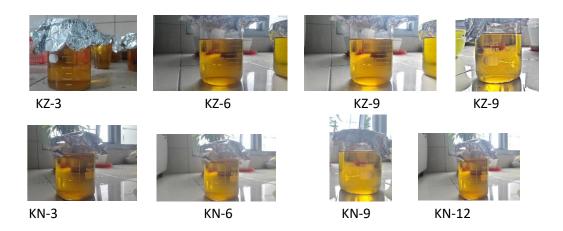
Pencucian Karbon aktif hingga ph netral Pencampuran Karbon dengan MB



Penentuan variasi waktu optimum (20,30,40,50, dan 60 menit)



Minyak goreng baru & minyak jelantah



Lampiran 6 Bukti Konsultasi



KEMENTERIAN AGAMA RI UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (1341) 551345 Fax. (0341) 572533.

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : FAJRUL IHSAN

NIM : 17640033

Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika

Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Tempurung Siwalan (Borassus Flabellifer L)

Sebagai Karbon Aktif Dengan Aktivator Znel2 Dan Na2CO3 Untuk

Penjernihan Minyak Jelantah

Pembimbing I ; Dr. Erna Hastuti M, Si Pembimbing II ; Arista Romadani, M.Sc.

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1		Konsultasi Bab I, II,dan III	6
2		Konsultasi Bab I, II,dan III	0
3		Konsultasi Bab I, II,dan III	æ
4		ACC Bab I, II, dan III	a
5		Konsultasi Bab IV	Q-
6		Konsultasi Integrasi	700
7		Konsultasi Bab IV	a
8		ACC Bab IV	Q-
9		Konsultasi semua Bab, Abstrak dan ACC	æ
10		Konsultasi integrasi dan ACC	JULIA
11		Konsultasi penulisan semua Bab dan ACC	Q.

Malang, 22 Juni 2022

Mengetahui,

Ketua Program Studi,

NIR 19740730 200312 1 002