

**Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Cangkang
Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) sebagai Adsorben Zat
Warna Metilen Biru**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

M. RIZKI ASYIFA

NIM. 190208036

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Program Studi Pendidikan Kimia**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM-BANDA ACEH
2023 M/1445 H**

**Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah
Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)
sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK) UIN Ar-Raniry Banda
Aceh sebagai Salah Satu Persyaratan Penulisan Skripsi
dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Oleh

M. RIZKI ASYIFA

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Prodi Pendidikan Kimia

NIM: 190208036

Disetujui oleh: 

Pembimbing I,

Pembimbing II,

AR - RANIRY


Adean Mayasri, M. Sc
NIP. 199203122018012002


Muhammad Reza, M. Si
NIP:199402122020121015

Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru

SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh dan dinyatakan Lulus Serta Diterima sebagai Salah Satu Beban Studi untuk Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Pada Hari/Tanggal :

Senin, 14 Agustus 2023
27 Muharram 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi:

Ketua,

Sekretaris



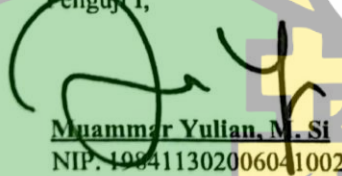
Adean Mayasri, M. Sc
NIP. 199203122018012002



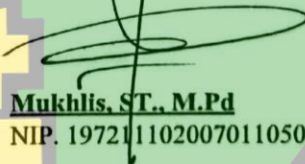
Muhammad Reza, M. Si
NIP. 199402122020121015

Penguji I,

Penguji II,



Muammar Yulian, M. Si
NIP. 198411302006041002



Mukhlis, ST., M.Pd
NIP. 197211102007011050

Mengetahui,
Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Prof. Safrul Maulik, S.Ag, MA., M.Ed., Ph.D.,
NIP. 197301021997031003



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : M. Rizki Asyifa

NIM : 190208036

Prodi : Pendidikan Kimia

Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penelitian skripsi, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber ahli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 14 Agustus 2023

Menyatakan,



M. RIZKI ASYIFA

ABSTRAK

Nama : M.Rizki Asyifa
NIM : 190208036
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan/Pendidikan Kimia
Judul : Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru
Tempat Sidang : Lab Kimia FTK Lt.2
Tebal Skripsi : 78 halaman
Pembimbing I : Adean Mayasri, M.Sc
Pembimbing II : Muhammad Reza, M.Si
Kata Kunci : *Sintesis; Karakterisasi; Karbon Aktif; Uji Daya Serap.*

Limbah cangkang kelapa sawit sangat potensial untuk dijadikan sebagai karbon aktif karena memiliki kandungan karbon sebesar 51,6%, karbon aktif dari limbah biomassa cangkang kelapa sawit dapat dijadikan adsorben zat tekstil yang sering mencemari lingkungan. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mensintesis limbah biomassa cangkang kelapa sawit menjadi karbon aktif dan menghitung daya serap karbon aktif cangkang kelapa sawit pada adsorbat zat warna metilen biru. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah preparasi, karbonisasi, aktivasi dan adsorpsi. Sintesis karbon dari limbah cangkang kelapa sawit yang dikarbonisasi pada suhu optimum 500 °C berdasarkan kadar abu 0,8% dan waktu optimum 4 jam dengan kadar abu 4,9%. Karbon diaktivasi kimia dengan asam klorida 0,5 M untuk meningkatkan daya adsorpsi. Hasil adsorpsi zat warna metilen biru dengan adsorben karbon aktif cangkang kelapa sawit menggunakan dosis optimum karbon aktif pada 0,15 gram pada konsentrasi optimum 40 ppm dengan efisiensi adsorpsi sebesar 91,03% dan kapasitas adsorpsi sebesar 6,06 mg/g pada waktu kontak optimum 30 menit. Karakterisasi dilakukan pada karbon dan karbon aktif dengan menggunakan instrumen spektrofotometer *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) yang menunjukkan adanya ikatan *=CH bending*, *=CH bending* dari *alkene*, *C-O Stretching*, *C=C Aromatic*, *O-H Stretching* dan *C-O Aromatic* yang bertambah pada karbon aktif. Isoterm adsorpsi dan kinetika adsorpsi metilen biru cenderung mengikuti model isoterm Langmuir dan model kinetika pseudo orde dua. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa limbah cangkang kelapa sawit dapat disintesis menjadi karbon aktif dan memiliki daya serap yang tinggi berdasarkan kapasitas dan efisiensi adsorpsi.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji beserta syukur kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberikan berbagai segala macam nikmat terutama nikmat dalam menuntut ilmu sehingga penulis dapat menyusun proposal skripsi ini dengan judul: “**Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Cangkang Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru**”. Shalawat beserta salam tidak lupa pula penulis hantarkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari alam kejahilan ke alam yang penuh dengan nikmat ilmu pengetahuan.

Dalam menyelesaikan proposal penelitian ini, penulis juga telah mendapatkan banyak bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis, terutama kepada:

1. Bapak Prof. Safrul Muluk, S. Ag., M. Ed., Ph.D sebagai Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry, para wakil Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan beserta seluruh staf-stafnya
2. Bapak Dr. Mujakir, M.Pd., Si selaku ketua Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dan Ibu Sabarni, S.Pd.I., M.Pd sebagai Sekretaris Prodi Pendidikan Kimia beserta seluruh stafnya.
3. Ibu Adean Mayasri, M.Sc selaku pembimbing I dan bapak Muhammad Reza, M.Si selaku pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dalam memberikan masukan, bimbingan dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu.
4. Ucapan terima kasih yang sangat mendalam kepada Ayahanda Sofyan dan Ibunda Erniwati yang telah menyemangati dan menasehati penulis agar menjadi sosok yang tegar, tangguh, rajin, dan berakhlakul karimah selama berkuliah di UIN Ar-Raniry.

5. Ucapan terimakasih kepada 3 sekawan selaku sahabat saya yang terus mendampingi dan bekerjasama selama masa perkuliahan hingga titik ini.
6. Kepada teman-teman angkatan 2019 yang telah mendukung dan memberikan saran selama proses pembuatan skripsi ini.

Penulis yang juga selaku manusia yang tidak luput dari kesalahan menyadari bahwa di dalam penulisan proposal penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritikan dan saran yang bersifat membangun sebagai pedoman untuk perbaikan dimasa yang akan mendatang.

Banda Aceh, 14 Agustus 2023

Penulis,

M. RIZKI ASYIFA
NIM.190208036



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPEL JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	
LEMBAR PENGESAHAN SIDANG	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR PERSAMAA	xii
BAB I : PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Tujuan Penelitian	4
C. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
D. Definisi Operasional.....	5
BAB II : KAJIAN PUSTAKA	
A. Karbon	7
B. Sumber karbon.....	8
C. Karbon aktif	10
D. Sintesis karbon aktif	12
1. Karbonisasi.....	12
2. Aktivasi karbon.....	13
E. Analisis fisikokimia.....	14
1. Pengujian Kadar Abu	15
2. Pengujian Kadar Air.....	15
3. Pengujian Rendemen.....	15
F. Karakterisasi karbon aktif	15
G. Uji daya serap karbon aktif	18
1. Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	21
2. Kapasitas Adsorpsi (Q_e) dan Efisiensi Adsorpsi (%EA).....	22
3. Isotherm Adsorpsi	23
4. Kinetika Reaksi	24
H. Zat Warna Metilen Biru	25
BAB III : METODOLOGI PENELITIAN	
A. Garis besar penelitian	27
B. Alat dan bahan	27
1. Alat.....	27
2. Bahan	27
C. Waktu dan tempat penelitian.....	27
D. Prosedur kerja	28
1. Preparasi Sampel	30
2. Karbonisasi	30
3. Aktivasi Karbon	31

4. Analisis Fisikokimia karbon.....	32
5. Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	33
6. Pengujian Daya Serap Larutan Metilen Biru.....	33

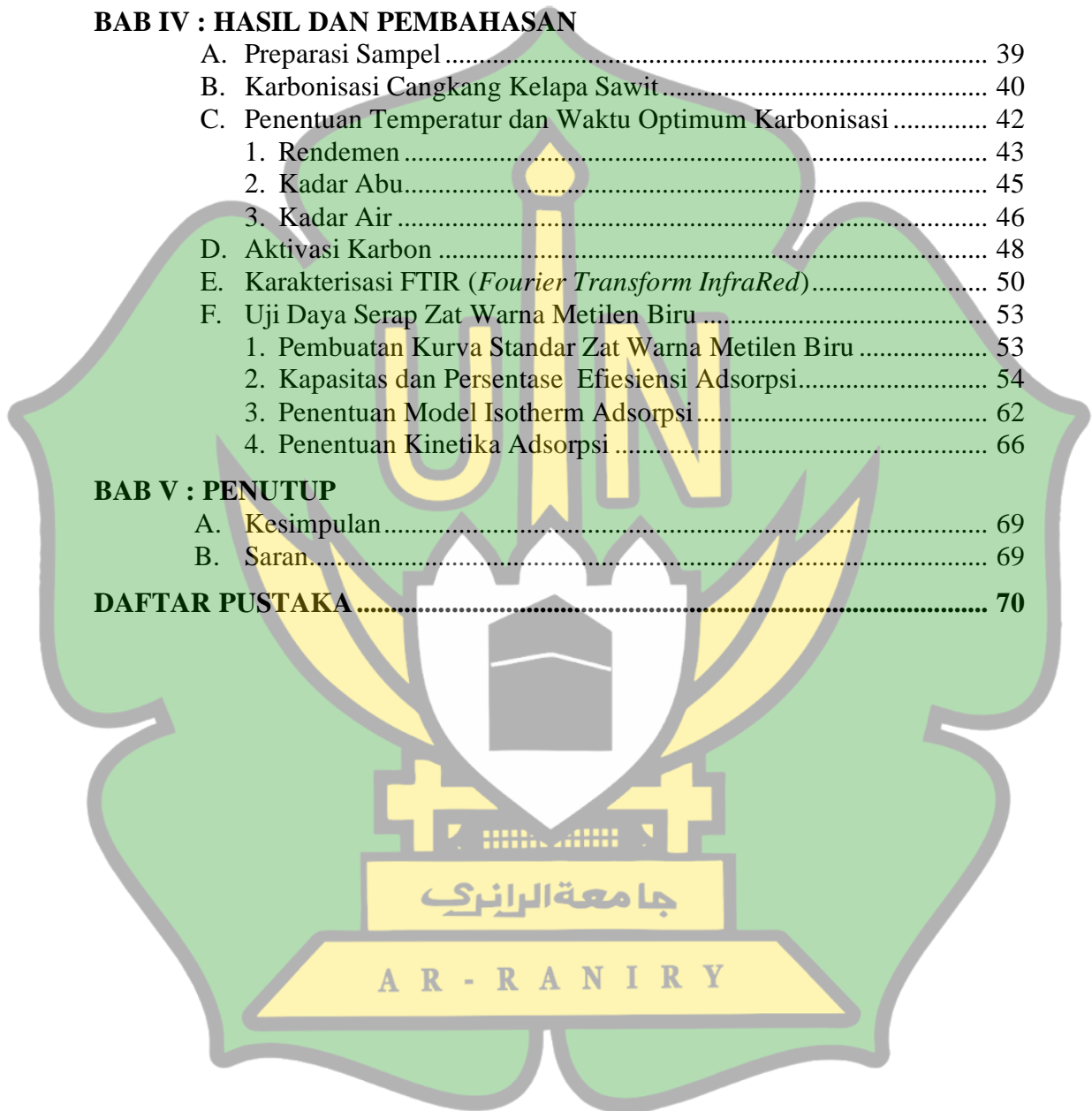
BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Sampel	39
B. Karbonisasi Cangkang Kelapa Sawit	40
C. Penentuan Temperatur dan Waktu Optimum Karbonisasi	42
1. Rendemen	43
2. Kadar Abu.....	45
3. Kadar Air	46
D. Aktivasi Karbon	48
E. Karakterisasi FTIR (<i>Fourier Transform InfraRed</i>).....	50
F. Uji Daya Serap Zat Warna Metilen Biru	53
1. Pembuatan Kurva Standar Zat Warna Metilen Biru	53
2. Kapasitas dan Persentase Efisiensi Adsorpsi.....	54
3. Penentuan Model Isotherm Adsorpsi	62
4. Penentuan Kinetika Adsorpsi	66

BAB V : PENUTUP

A. Kesimpulan.....	69
B. Saran.....	69

DAFTAR PUSTAKA	70
-----------------------------	-----------



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Cangkang Kelapa Sawit	9
Gambar 2.2	: Ukuran Cangkang Kelapa Sawit.....	10
Gambar 2.3	: Pori-pori karbon dan karbon aktif	11
Gambar 2.4	: Skema alat spektrofotometer inframerah	17
Gambar 2.5	: Skema alat spektrofotometer UV-Vis <i>single-beam</i>	21
Gambar 2.6	: Struktur Metilen Biru	26
Gambar 3.1	: Bagan Alir Penelitian	29
Gambar 4.1	: Pencucian sampel	39
Gambar 4.2	: Karbon hasil karbonisasi.....	42
Gambar 4.3	: Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi terhadap Hasil Rendemen Karbon.....	43
Gambar 4.4	: Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi terhadap Hasil Kadar Abu.....	45
Gambar 4.5	: Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi terhadap Hasil Kadar Air	47
Gambar 4.6	: Karbon teraktivasi HCl 0,5 M	50
Gambar 4.7	: Spektra FTIR Karbon Cangkang Kelapa Sawit.....	51
Gambar 4.8	: Kurva standar larutan metilen biru	54
Gambar 4.9	: Pengaruh Dosis Karbon Aktif Terhadap Daya Adsorpsi	55
Gambar 4.10	: Filtrat hasil adsorpsi pada dosis optimum.....	57
Gambar 4.11	: Pengaruh Konsentrasi terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Efisiensi Adsorpsi.....	58
Gambar 4.12	: Filtrat hasil adsorpsi pada konsentrasi optimum	59
Gambar 4.13	: Pengaruh waktu kontak terhadap Kapasitas dan Efisiensi Adsorpsi	60
Gambar 4.14	: Filtrat hasil adsorpsi pada waktu kontak optimum.....	61
Gambar 4.15	: Model Isotherm Langmuir.....	63
Gambar 4.16	: Model Isotherm Freundlich.....	63
Gambar 4.17	: Model Isotherm Temkin.....	63
Gambar 4.18	: Pseudo orde satu dan Pseudo orde dua	66

AR - RANIRY

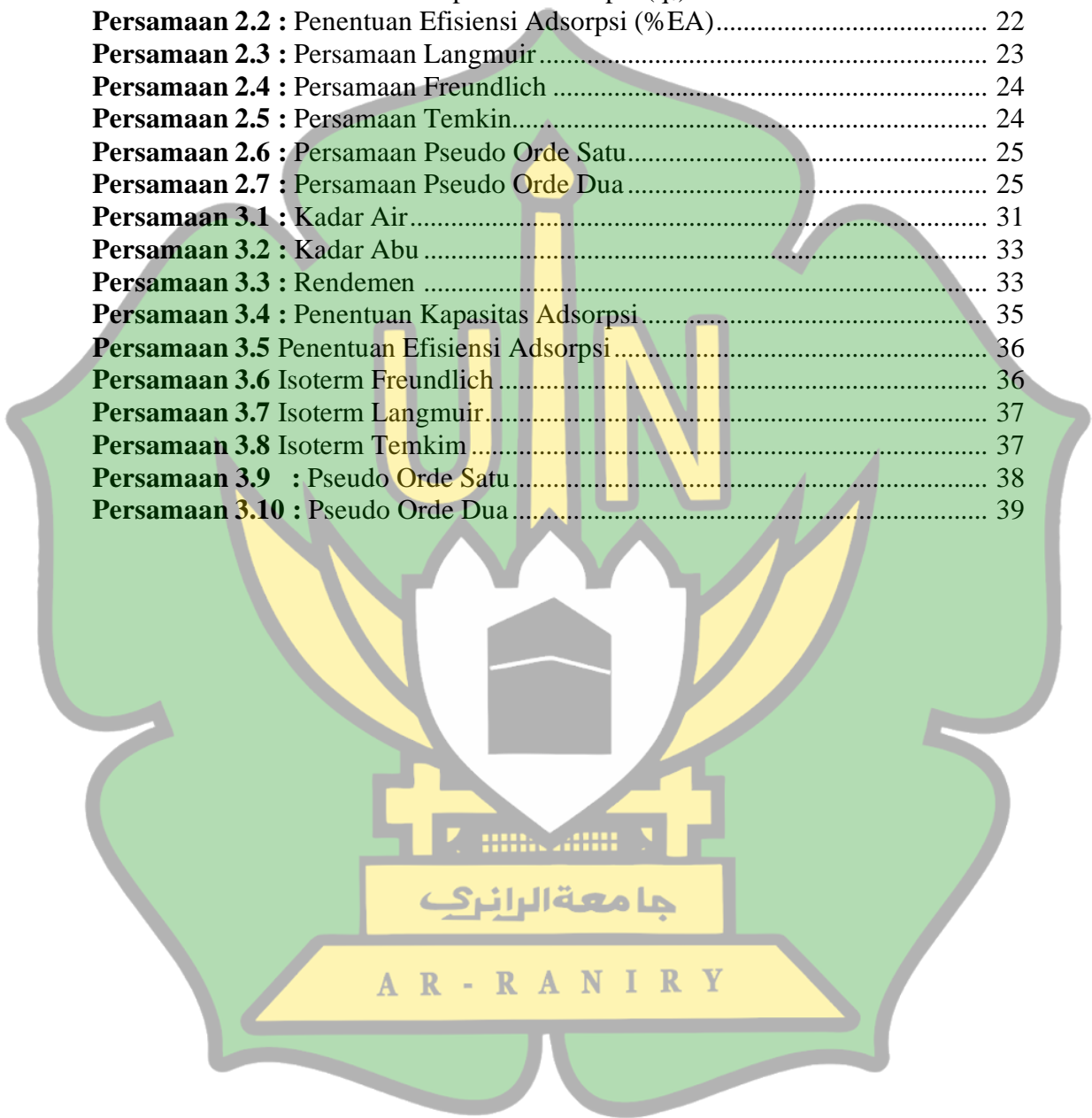
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Sifat kimia dan fisika karbon aktif	7
Tabel 2.2 : Daftar bilangan gelombang dari berbagai jenis Ikatan	17
Tabel 4.1 : Pita serapan khas FTIR dari Karbon Cangkang Kelapa Sawit	52
Tabel 4.2 : Perbandingan kapasitas efisiensi adsorpsi dengan penelitian yang relevan	63
Tabel 4.3 : Parameter adsorpsi dari ketiga model isotherm yang digunakan	65
Tabel 4.4 : Model Kinetika Adsorpsi	68



DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 : Penentuan Kapasitas Adsorpsi (q_e).....	22
Persamaan 2.2 : Penentuan Efisiensi Adsorpsi (%EA).....	22
Persamaan 2.3 : Persamaan Langmuir	23
Persamaan 2.4 : Persamaan Freundlich	24
Persamaan 2.5 : Persamaan Temkin.....	24
Persamaan 2.6 : Persamaan Pseudo Orde Satu.....	25
Persamaan 2.7 : Persamaan Pseudo Orde Dua.....	25
Persamaan 3.1 : Kadar Air.....	31
Persamaan 3.2 : Kadar Abu	33
Persamaan 3.3 : Rendemen	33
Persamaan 3.4 : Penentuan Kapasitas Adsorpsi.....	35
Persamaan 3.5 Penentuan Efisiensi Adsorpsi.....	36
Persamaan 3.6 Isoterm Freundlich	36
Persamaan 3.7 Isoterm Langmuir.....	37
Persamaan 3.8 Isoterm Temkim.....	37
Persamaan 3.9 : Pseudo Orde Satu.....	38
Persamaan 3.10 : Pseudo Orde Dua.....	39



BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Dewasa ini, perkembangan industri di setiap daerah di Indonesia semakin pesat mulai dari industri bidang pangan hingga bidang sandang untuk mencukupi kebutuhan manusia. Akibatnya banyak industri yang menghasilkan limbah dalam jumlah yang tidak sedikit, meskipun telah adanya upaya untuk menanggulangi limbah tersebut namun masih tersisa sebagian limbah yang tidak ditangani dengan baik. Salah satu industri terbesar di Indonesia khususnya di Aceh saat ini adalah industri pengolahan minyak dari kelapa sawit. Sampai tahun 2018, Aceh memiliki total luas lahan kelapa sawit sebesar 321.903 hektar dengan jumlah total produksi 1.077.099 ton yang terbagi kedalam 3 sumber produksi kelapa sawit yaitu: (1) Perkebunan milik Negara yang mempunyai luas sebesar 25.499 hektar dengan produksi 72.594 ton, (2) Perkebunan swasta dengan luas lahan 140.822 hektar dengan jumlah produksi 549.321 ton, dan (3) Perkebunan rakyat dengan luas lahan sebesar 155.581 hektar dengan jumlah produksi 455.184 ton (Viana dkk., 2019). Pengolahan minyak dari kelapa sawit umumnya menghasilkan limbah cangkang kelapa sawit.

Limbah cangkang kelapa sawit ini juga termasuk kedalam limbah organik yang memiliki potensi tinggi untuk dijadikan sebagai karbon atau adsorben karena cangkang kelapa sawit memiliki kandungan karbon sebesar 51,6% serta kadar abu yang rendah (Arami-Niya dkk., 2012). Selanjutnya dapat dilakukan proses aktivasi karbon menjadi karbon aktif untuk meningkatkan daya serap dari karbon tersebut.

Oleh karena itu, limbah cangkang kelapa sawit sangat cocok untuk dijadikan sebagai karbon aktif untuk mengurangi limbah cangkang kelapa sawit yang dibuang percuma serta menjadi bahan olahan bagi masyarakat sekitar sebagai bahan yang bernilai ekonomis. Namun, masyarakat yang tinggal disekitar perusahaan juga belum dapat memanfaatkan limbah cangkang kelapa sawit padahal limbah yang dihasilkan dalam jumlah banyak dan sebagian hanya dibuang begitu saja.

Karbon aktif adalah suatu material berpori dengan kandungan 85-95% karbon yang dihasilkan dari material yang mengandung karbon dengan pemanasan dengan suhu tinggi (Gultom & Lubis, 2014). Karbon aktif yang digunakan dapat berasal dari hasil limbah atau diperoleh secara alami. Bahan ini lebih ekonomis jika dibandingkan dengan karbon aktif komersil. Karbon aktif dapat dibuat dari bahan alam yang ramah lingkungan dan limbah yang terdapat disekitar seperti tempurung kelapa, tandan kelapa sawit, cangkang sawit, tempurung kenari, sabut kulit pinang, kulit durian dan lainnya (Najmia dkk., 2021). Penggunaan karbon aktif ini sendiri dapat mengatasi beberapa masalah dalam kehidupan sehari-hari seperti dapat mengurangi limbah zat warna dan logam yang terdapat didalam air sehingga dapat mencemari air, selain itu pada beberapa kasus karbon aktif juga digunakan sebagai adsorben gas.

Ada beberapa metode konvensional yang telah dilakukan untuk pemisahan zat warna dari limbah yang dihasilkan oleh industri tekstil, seperti koagulasi, oksidasi, adsorpsi, pertukaran ion dan flokulasi. Beberapa metode konvensional ini dinilai sangat tidak efektif karena cenderung rumit untuk dilakukan, selain harga yang relatif mahal, juga mempunyai efek samping yaitu menghasilkan produk samping

yang beracun. Namun, metode adsorpsi menjadi salah satu cara penanggulangan limbah senyawa organik cair yang diketahui relatif lebih murah, tidak menghasilkan efek samping, ramah terhadap lingkungan, mudah untuk dilakukan dibandingkan beberapa metode lainnya. Untuk melakukan proses adsorpsi diperlukan bahan yang berpori dengan luas permukaan yang besar agar dapat mengadsorpsi limbah dengan baik. Dalam proses adsorpsi, material yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah senyawa organik cair yaitu karbon aktif yang dimanfaatkan sebagai adsorben.

Karbon dari limbah cangkang kelapa sawit dapat digunakan sebagai adsorben yang baik karena cangkang kelapa sawit memiliki luas permukaan yang berukuran sangat besar yaitu berkisar antara 300-2000 m²/g (Kurniati, 2008). Untuk proses adsorpsi digunakan cangkang kelapa sawit yang sudah teraktivasi dengan aktivator asam kuat, sehingga dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki luas permukaan yang berukuran lebih besar dibandingkan dengan karbon sebelum teraktivasi.

Berdasarkan hasil penelitian lain menunjukkan bahwa Waktu optimum adsorpsi karbon aktif dan karbon aktif termodifikasi sebagai adsorben metilen biru yaitu 20 menit dan 15 menit dengan nilai kapasitas adsorpsi (q_e) yaitu 2,63 mg/g dan 2,82 mg/g. Penentuan kapasitas adsorpsi karbon aktif dan karbon aktif termodifikasi sebagai adsorben metilen biru sesuai dengan persamaan adsorpsi Langmuir dimana kapasitas adsorpsinya yaitu 9,7847 mg/g dan 10,7642 mg/g. Hal ini juga dapat dilihat berdasarkan hasil penelitian dari (Widyastuti, dkk., 2013) menyatakan bahwa cangkang kelapa sawit memiliki potensi yang besar sebagai adsorben karbon

aktif dengan aktivasi kimia menggunakan H_3PO_4 untuk menyerap gas CO_2 sehingga kadar CH_4 dalam biogas dapat meningkat. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan kadar CH_4 dalam biogas yang diserap dengan adsorben karbon aktif kimia dengan H_3PO_4 sebesar 65,5% dan karbon aktif komersial sebesar 70,5% dibandingkan sebelum menggunakan adsorben sebesar 58,5%. Berdasarkan paparan diatas, peneliti tertarik untuk melakukan studi terhadap aktivitas karbon aktif dari cangkang sawit yang diperoleh dari limbah buangan sebagai adsorben zat warna metilen biru.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mensintesis karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) sebagai adsorben zat warna metilen biru.
2. Menghitung daya adsorpsi dari karbon aktif limbah cangkang kelapa sawit untuk penyerapan zat warna metilen biru.

C. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan baku karbon aktif dari limbah biomassa cangkang kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) sebagai adsorben. Pada tahap awal adalah preparasi sampel dengan membersihkan dan dikeringkan pada ruangan tertutup selama 5 hari, selanjutnya pada tahap kedua dilakukan proses karbonisasi menggunakan alat *furnace* dengan mencari temperatur optimum pada variasi temperatur 300 °C, 350 °C, 400 °C, 450 °C dan 500 °C dalam kurun waktu 3 jam. Setelah diperoleh temperatur optimum dilanjutkan dengan mencari waktu optimum dengan variasi waktu 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam. Setelah didapatkan

waktu dan suhu optimum dilakukan karbonisasi untuk memproduksi karbon dan karbon hasil karbonisasi digerus dengan mortar dan diayak menggunakan ayakan 80-100 *mesh*. Pada tahap ketiga disokletasi hingga 5 siklus untuk membersihkan karbon dan dilakukan aktivasi karbon aktif dengan asam klorida yang direndam selama 24 jam. Setelah itu di netralkan hingga pH 6 menggunakan akuades dan dioven pada suhu 105 °C selama 2 jam sehingga diperoleh karbon aktif yang dapat digunakan sebagai adsorben metilen biru. Kemudian setelah karbon aktif diperoleh dilanjutkan dengan karakterisasi menggunakan instrumen FTIR. Selanjutnya perlu dilakukan analisis psikokimia yang mencakup perhitungan rendemen, perhitungan kadar air dan perhitungan kadar abu. Pada penelitian ini juga pengujian daya serap metilen biru dengan spektrofotometer Uv-Vis. Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi lebih lanjut tentang pemanfaatan cangkang sawit sebagai karbon aktif yang dapat dijadikan sebagai adsorben zat warna metilen biru.

D. Definisi Operasional

1. Sintesis

Sintesis merupakan suatu uji nyata kemampuan dalam menggunakan dan mengendalikan suatu reaksi kimia. Salah satu tujuan sintesis dilakukan dengan tujuan untuk menemukan senyawa baru atau zat baru yang belum diketahui sebelumnya tetapi diperkirakan akan mempunyai sifat yang berguna baik untuk menguji teori ataupun penciptaan produk kimia baru tersebut.

2. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85%-95% karbon. Bahan-bahan yang mengandung unsur karbon dapat menghasilkan karbon

aktif dengan cara memanaskannya pada suhu tinggi. Pori-pori tersebut dapat dimanfaatkan sebagai agen penyerap (adsorben). Karbon aktif adalah karbon yang sudah mengalami aktivasi, sehingga luas permukaannya menjadi lebih besar karena jumlah porinya lebih banyak. Karbon aktif memiliki struktur amorf dengan luas permukaan 300-35000 m² /g. Karbon aktif dengan luas permukaan yang besar dapat digunakan untuk berbagai aplikasi yaitu sebagai penghilang warna, penghilang rasa, penghilang bau dan agen pemurni dalam industri makanan. Selain itu juga banyak digunakan dalam proses pemurnian air baik dalam proses produksi air minum maupun dalam penanganan limbah.

Karbon aktif dibuat melalui dua tahapan yakni karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi merupakan proses pembentukan karbon dari bahan baku dan proses ini sempurna pada suhu 400-600oC. Aktivasi adalah proses perubahan karbon dari daya serap rendah menjadi karbon yang mempunyai daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori, karbon diaktivasi menggunakan uap panas, gas karbon dioksida dengan suhu antara 700-1100oC atau penambahan bahan-bahan mineral sebagai aktivator .

3. Adsorben

Adsorben dapat didefinisikan sebagai zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Arfan, 2006). Adsorben adalah zat atau material yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya (Suryawan, 2004). Adsorben merupakan material berpori, dan proses adsorpsi berlangsung di dinding pori-pori atau pada lokasi tertentu pada pori tersebut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Karbon

Karbon merupakan unsur kimia dengan nomor atom 6 dan mempunyai simbol C dalam tabel periodik. Kata karbon berasal dari bahasa Latin *Carbo* yang berarti batu bara. Karbon telah ada sejak zaman dahulu sejak zaman kuno. Karbon memiliki tiga macam isotop yang ditemukan secara alami, yakni C-12 dan C-13 yang stabil dan C-14 yang bersifat radioaktif. Karbon pada umumnya material yang memiliki warna hitam, kelarutan dalam air rendah, dan juga fluoresensi yang rendah (Mayudi, 2015).

Karbon adalah salah satu unsur yang memiliki keunikan tersendiri, misalnya dapat membentuk ikatan tunggal, rangkap, membentuk ikatan siklik dan asiklik, membentuk rantai lurus dan bercabang, dapat berikatan dengan unsur non logam lainnya serta memiliki kemampuan yang luar biasa untuk membentuk *catenate* (ikatan satu sama lain) (Okwundu dkk., 2018). Karbon termasuk material yang mempunyai berbagai macam keunggulan baik dari sifat fisika dan kimia yang menjadikannya sebagai material yang memiliki aplikasi yang sangat luas, sehingga banyak peneliti yang tertarik untuk menelitinya (Rahman dkk., 2015). Karbon memiliki sifat kimia dan fisika yang khas, hal itu dapat dilihat pada Tabel.1:

Tabel 2.1 Sifat Kimia dan Fisika Karbon

Kerapatan	0,45 g/cm ³
Kerapatan total	1,38 – 1,46 g/cm
Porositas	70%
Permukaan dalam	50 m
Kekuatan pemampatan	26 N/mm ²

Berat bagian terbesar	80 – 220 kg/m ²
Kandungan air	5-8%
Kandungan karbon	80 – 90%
Nilai Kalori	29 – 33 Mj/Kg
Zat-zat mudah menguap	10-18%

(Sumber : Satriyani Siahaan dkk., 2013)

Karbon adalah bahan padat yang memiliki pori yang dihasilkan dari pembakaran pada temperatur yang tinggi melalui proses karbonisasi, yaitu pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan karbon dengan pori-pori tertutup dengan volatile (Satriyani Siahaan dkk., 2013). Jadi untuk memperoleh karbon dengan pori-pori yang lebih luas maka perlu dilakukan proses aktivasi.

B. Sumber Karbon

Karbon dalam bentuk unturnya sangat jarang ditemukan karena kelimpahannya hanya 0,2% dari bumi (Okwundu dkk., 2018). Maka perlu dilakukan metode sintesis yang tepat untuk memproduksi karbon dalam jumlah yang lebih besar. Karbon adalah salah satu unsur penting yang ada dalam tumbuhan yang berguna sebagai pembangun bahan organik yang umumnya tersusun dari bahan kering. Unsur karbon yang diperoleh lewat bantuan energi matahari melalui fotosintesis dengan mengubah gas karbon monoksida (CO₂) dan air menjadi karbon yang menyimpan energi. Karbon merupakan salah satu unsur penting yang dibutuhkan oleh makhluk hidup karena berguna sebagai sumber energi dan pembangun biomassa dalam tubuh (Ghafar dkk., 2018).

Karbon dapat diperoleh dari berbagai bahan dasar yang mengandung karbon tinggi seperti biomassa dan berbagai bahan dasar lainnya. Biomasa adalah salah satu energi terbarukan yang berasal dari tumbuhan dan limbah, penggunaan

biomassa karena mudah didapatkan di alam dan dapat dijadikan sebagai alternatif sumber energi yang ramah lingkungan. Salah satu biomassa yang dapat dijadikan sebagai karbon adalah cangkang kelapa sawit.

Cangkang kelapa sawit adalah salah satu limbah yang banyak ditemui pada pabrik yang mengolah minyak dari kelapa sawit, dimana dari pengolahan tersebut menghasilkan limbah cangkang yang mencapai 60% (Permana dkk., 2018). Kelapa sawit memiliki limbah padat yang mengandung hemiselulosa 27,7% dan selulosa 26,6% (Fitriansyah dkk., 2021).



Gambar 2.1 Foto Cangkang Kelapa Sawit
(Sumber : Dokumentasi Penelitian)

Cangkang kelapa sawit merupakan salah satu limbah yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif karena memiliki kualitas yang lumayan baik (Permana dkk., 2018). Di daerah yang terdapat pabrik pengolahan minyak dari kelapa sawit biasanya memanfaatkan limbah cangkang sawit sebagai kopra yang dapat digunakan untuk banyak kebutuhan (Najmia dkk., 2021). Dalam memilih cangkang kelapa sawit yang akan digunakan untuk membuat karbon aktif ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu bentuk, kualitas dan ukuran dari cangkang sawit. Cangkang kelapa sawit yang memenuhi syarat untuk digunakan yaitu yang sudah benar-benar tua karena sudah memiliki tekstur yang keras dan

memiliki warna hitam mengkilap. Cangkang kelapa sawit baiknya yang berbentuk seperempat atau setengah dari ukuran cangkang kelapa sawit karena jika yang digunakan sudah terlalu hancur maka kurang baik untuk digunakan sebagai karbon aktif serta cangkang kelapa sawit juga harus dibersihkan dan juga terpisah dari sabutnya. Pada gambar 2.2 dapat dilihat cangkang kelapa sawit yang baik untuk digunakan sebagai karbon.



Gambar 2.2 Ukuran Cangkang Kelapa Sawit
(Sumber : Dokumentasi Penelitian)

Cangkang kelapa sawit merupakan bahan yang sangat potensial untuk dijadikan sebagai karbon aktif, karena mengandung 51,6% karbon dan memiliki kadar abu yang rendah (Kasih dkk., 2020). Untuk mensintesis cangkang kelapa sawit menjadi karbon perlu dilakukan beberapa tahapan, meliputi tahap karbonisasi dan tahap aktivasi untuk menghasilkan karbon aktif.

C. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa yang memiliki bentuk amorph, yang dapat diperoleh dari bahan alam yang mengandung unsur penyusun karbon atau

dari arang yang diberi perlakuan khusus seperti karbonisasi untuk memperoleh luas permukaan yang lebih besar. Karbon aktif dapat dijadikan sebagai adsorben karena memiliki luas permukaan yang berkisar antara 300-2000 m³/gram dan ini memiliki hubungan dengan struktur porinya (Kurniati, 2008).

Karbon aktif mempunyai struktur mikrokristalin dan amorphus yang tersusun secara acak dan memiliki struktur pori yang kerapatannya rendah (Taufik dkk., 2021). Luas permukaan dari struktur dalam pori-pori dari karbon aktif dapat diperbesar, karena struktur ini dapat meningkatkan kemampuannya dalam menyerap (adsorb) gas dan uap dari gas serta dapat mengurangi zat dari liquida (Kurniati, 2008).



Gambar 2.3 (a) pori-pori karbon, (b) pori-pori karbon aktif
(Sumber : (Lubis dkk., 2020))

Pada gambar diatas dapat diperhatikan bahwa pori dari karbon aktif tampak lebih bersih dari pengotor sehingga pori-porinya lebih luas dan lebih banyak jika dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi. Karbon aktif adalah adsorben yang memiliki permukaan luas dibandingkan dengan adsorben lainnya, permukaan yang luas ini membuat daya adsorpsi dari karbon aktif menjadi lebih baik. Bahan yang dapat dijadikan sebagai karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung selulosa tinggi seperti kayu, tulang, cangkang kelapa sawit, kulit kopi, kulit durian

dan kulit pinang (Fitriansyah dkk., 2021). Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang daya adsorpsinya dapat ditingkatkan melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Proses karbonisasi bertujuan untuk melepaskan senyawa atau zat ekstraktif melalui pemanasan sehingga dapat membuka pori dari karbon dan membuat karbon memiliki daya adsorpsi (Widyastuti dkk., 2013). Kemudian pada tahap aktivasi, kondisi fisik dari pori-pori karbon akan lebih luas serta memiliki porositas yang tinggi (Najmia dkk., 2021).

D. Sintesis Karbon Aktif

1. Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses meningkatkan bahan dasar yang mengandung karbon pada suhu dibawah tertentu dalam tekanan atmosfer inert. Selama proses karbonisasi berlansung akan menghilangkan sebagian besar unsur non karbon (oksigen, hidrogen dan nitrogen) kedalam bentuk/jenis gas yang diuapkan (Mudaim, 2021).

Proses karbonisasi bertujuan untuk melepaskan zat atau senyawa ekstraktif mudah menguap, pada proses ini pula dapat membuka pori dari karbon yang disintesis dari biomasa atau limbah (Widyastuti dkk., 2013). Pada proses karbonisasi ini pula bertujuan untuk menguraikan senyawa hidrokarbon seperti lignin, selulosa dan hemiselulosa menjadi karbon murni yang memiliki daya serap yang tinggi (Mudaim, 2021).

Pada umumnya, karbonisasi dilakukan dengan menggunakan alat *furnace*. Proses karbonisasi diawali dengan memasukkan bahan dasar kedalam cawan

porcelain dan dimasukkan ke dalam alat tanur, disetting temperature dan waktu optimum. Proses karbonisasi berlangsung dalam beberapa tahapan:

- a. Pada temperatur 100 °C -120 °C terjadi peruraian selulosa, penguapan air hingga 270 °C.
- b. Pada temperatur 270 °C - 310 °C terjadi reaksi eksotermik yaitu peruraian selulosa menjadi poligant.
- c. Pada temperatur 310 °C – 500 °C lignin akan terurai sehingga menghasilkan lebih banyak larutan pirolis, tar, menurun gas CO₂, serta meningkatnya gas CO, CH₄ dan H₂.
- d. Pada temperatur 500 °C – 1000 °C terjadi tahap pemurnian kadar karbon. (Donda dkk., 2019).

Proses karbonisasi berakhir ditandai dengan semua bahan dasar berubah menjadi arang berwarna hitam dan tidak mengeluarkan asap yang menunjukkan bahwa semua zat volatil telah dilepaskan dan hanya menyisakan karbon sekitar 70-90%. Karbon kemudian digerus dan diayak dengan ayakan 80-100 mesh (Achmad dkk., 2021).

2. Aktivasi karbon

Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya serapnya melalui proses aktivasi. Aktivasi adalah suatu perubahan fisika dengan memperluas permukaan menjadi lebih luas karena adanya hidrokarbon yang menyumbat pori-pori (Permana dkk., 2018). Proses aktivasi ini dilakukan saat karbon yang telah melalui proses karbonisasi. Proses aktivasi dapat menghilangkan gas-gas, seperti hidrogen dan uap air yang terdapat pada permukaan karbon yang

menyebabkan terjadinya perubahan fisik dipermukaan karbon (Dewi dkk., 2021). Terbentuknya pori-pori merupakan proses dari aktivasi karbon aktif yang terjadi akibat adanya oksidasi atau pemanasan yang menyebabkan pengikisan atom karbon.

Ada dua cara yang dapat dilakukan pada proses aktivasi karbon, yaitu sebagai berikut: (Ibrahim dkk., 2014).

a. Aktivasi secara kimia

Proses ini dilakukan dengan merendam karbon dalam bahan kimia seperti HCl, H₃PO₄, ZnCl₂, H₂SO₄, K₂S, NaCl, CaCl₂ dan lain-lain.

b. Aktivasi secara fisika

Proses aktivasi ini dilakukan dengan mengalirkan udara atau uap pada temperature 800 °C -1000 °C (Harahap dkk., 2014).

Pada penelitian ini, agen pengaktivasi yang digunakan adalah Asam Klorida (HCl) yang direndam selama 24 jam, kemudian di netralkan pada pH 6 hingga selanjutnya karbon aktif dapat dikarakterisasi dan diuji daya adsorpsinya.

E. Analisis Fisikokimia

Analisis Fisikokimia pada penelitian ini dilakukan bertujuan untuk melihat perbedaan sebelum dan sesudah dilakukan aktivasi serta mengetahui kualitas karbon yang diproduksi. Adapun analisis fisikokimia yang dilakukan, yaitu:

1. Pengujian Kadar Abu

Abu merupakan sekumpulan komponen anorganik yang masih tersisa pada bahan yang telah dipanaskan pada temperatur 500 °C – 600 °C yang terdiri dari

natrium, kalium, magnesium, kalsium dan komponen lainnya yang berukuran kecil. Kadar abu dapat mempengaruhi kualitas karbon yang dihasilkan, karena semakin tinggi kadar abu yang dikandung maka semakin banyak pori-pori yang tersumbat sehingga menyebabkan luas permukaan karbon aktif menjadi kecil (Mudaim, 2021).

2. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat hidroskopis dari karbon aktif. Tingginya kadar air dapat mempengaruhi sifat higroskopis dari karbon. Semakin rendah kadar air dari suatu karbon maka akan semakin luas pori-pori karbon karena rendahnya sisa air yang menutupi karbon (Mudaim, 2021).

3. Pengujian Rendemen

Penetapan rendemen karbon aktif memiliki tujuan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah karbon aktif yang dihasilkan dari proses karbonisasi dan aktivasi. Konsentrasi dari aktivator juga mempengaruhi rendemen yang dihasilkan dan peningkatan suhu akan mempengaruhi rendemen karena peningkatan suhu akan mempercepat laju reaksi karbon dengan air sehingga semakin sedikit karbon yang tersisa menyebabkan rendemen yang dihasilkan menjadi rendah (Sudradjat dkk., 2005).

F. Karakterisasi Karbon Aktif

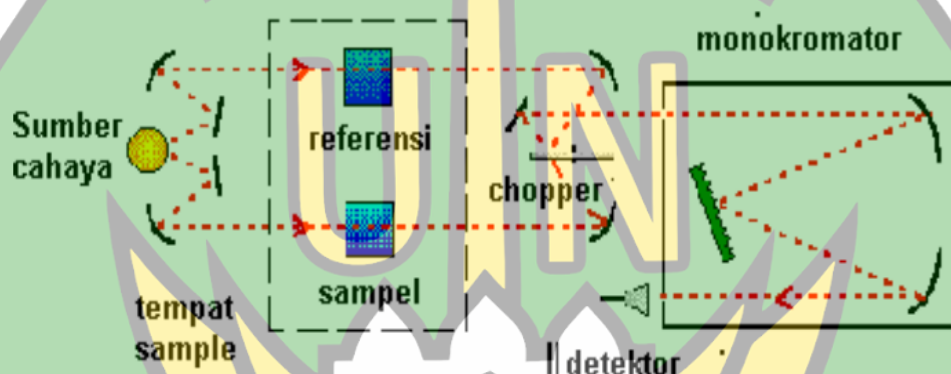
Karakterisasi karbon aktif pada penelitian ini menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR). FTIR adalah metoda semikuantitatif yang digunakan sebagai pembeda keasaman Bronstead dan Lewis dengan memperoleh jumlah asam dan menggunakan molekul gas (Taufik dkk., 2021).

Karakterisasi menggunakan FTIR dapat menunjukkan gugus fungsi yang khas dan jenis ikatan yang terdapat pada sampel karbon dan karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit (Taufik dkk., 2021). Berdasarkan hasil penelitian (2020) menunjukkan bahwa spektra FTIR dari sampel cangkang sawit yang teraktivasi dengan ultrasonik menunjukkan serapan dari gugus fungsi -OH stretching alkohol dan fenol pada bilangan gelombang 3000-3500 cm^{-1} . Gugus fungsi dari C-O stretching terdapat pada bilangan gelombang 1300-1900 cm^{-1} , lalu ada juga serapan pada bilangan gelombang 1550-1650 cm^{-1} karena adanya ikatan rangkap karbon C=C aromatik lignin. Pada spektra ini juga teridentifikasi ikatan C-H pada bilangan gelombang 810-770 cm^{-1} (Kasih dkk., 2020).

Karakterisasi menggunakan instrument FTIR akan menunjukkan gugus fungsi dan jenis ikatan yang dikandung oleh karbon aktif yang menghasilkan berupa puncak-puncak yang muncul pada serapan Panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang yang digunakan yaitu pada rentang 4000-600 cm^{-1} (Kasih dkk., 2020). FTIR akan menghasilkan energi yang menyebabkan terjadinya vibrasi atau getaran pada molekul. FTIR akan menghasilkan spektrum yang mengandung pita absorbsi IR yang sangat khas dan spesifik untuk gugus fungsi dan ikatan kimia. Sumber cahaya yang umum digunakan dalam instrumen FTIR adalah lampu tungsten, glowbars atau Narnst glowers. FTIR adalah salah satu instrument yang sering digunakan untuk menganalisis gugus fungsi yang prinsip kerjanya dapat dilihat pada skema alat spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) pada gambar 2.3.

Prinsip kerja dari FTIR yaitu ketika suatu frekuensi tertentu dari IR dilewatkan pada senyawa organik maka akan terjadi penyerapan frekuensi oleh

senyawa tersebut. Pada sisi lain juga ditempatkan detektor untuk mendeteksi frekuensi yang tidak diserap oleh senyawa, banyaknya frekuensi yang tidak diserap oleh senyawa akan diukur sebagai persen transmittan. Persen transmittan yang bernilai 100 menandakan bahwa tidak ada frekuensi yang dapat diserap, namun hal ini sangat jarang ditemukan karena selalu ada sedikit frekuensi yang diserap oleh senyawa organik (Dachriyanus, 2004).



Gambar 2.3 Skema alat spektrofotometer inframerah
(Sumber : Dachriyanus., 2004)

Spektrum infra merah merupakan plot antara transmittan dengan bilangan gelombang. Berdasarkan spektrum ini dapat menunjukkan banyaknya pita (puncak adsorpsi) pada bilangan gelombang yang khas. Kemudian diperoleh spektra IR yang dapat dianalisis jenis ikatannya berdasarkan bilangan gelombang dihasilkan sesuai dengan kajian pustaka.

Tabel 2. Daftar bilangan gelombang dari berbagai jenis Ikatan

Gugus	Senyawa	Frekuensi (cm ⁻¹)	Lingkungan spectral cm ⁻¹ (μ)	Nama lingkungannya
OH	Alkohol	3580-3650	3333-3704	
	Asam	2500-2700	(2,7-3,0μ)	
NH	Amina primer dan sekunder	-3500 3310-3500		
	Amida	3140-3320	2857-3333 (3,0-3,5 μ)	Lingkungan vibrasi ulur hidrogen

CH	Alkana	3300		
	Alkena	3010-1095		
	Aromatik	-3030		
	Alkana	2853-2962		
	Aldehida	2700-2900	2500-2857 (4,0-5,0 μ)	
SH	Sulfur	2500-2700		
C C	Alkana	2190-2260		
CN	Alkinitril	2240-2260	2222-2500 (4,5-5,0 μ)	Lingkungan ikatan ganda tiga
	Iosianat	2240-2275		
	Arilnitrit	2220-2240		
-N=C=N	Diimida	2130-2155	2000-2222 (5,0-5,5 μ)	
-N ₃	Azida	2120-2160		
>CO	Aldehid	1720-1740	(818-2000) (5,5-6,0 μ)	
	Keton	1675-1725		
	Asam Karboksilat	1700-1725		
	Ester	2000-2300		
	Asilhalida	1755-1850	1667-1818 (6,5-6,5 μ)	Lingkungan ikatan ganda dua
	Amida	1670-1700		
CN	Oksim	1640-1700		
CO	β -diketon	1540-1640		
C=O	Ester	1650		
C=C	Alkena	1620-1680		
N-H(b)	Amina	1575-1650	1538-1667	
-N=N-	Azo	1575-1630	6,5-7,5 μ)	
-C-NO ₂	Nitro	1550-1570	1538-1333 (7,5-9,5 μ)	
-(CH ₂)n	Senyawa lain	-722	666-900 (11-15,0 μ)	

(Sumber : Kristianingrum, 2016)

G. Uji Daya Serap Karbon Aktif

Adsorpsi adalah proses pengumpulan molekul adsorbat pada permukaan adsorben karena terjadi gaya tarik menarik permukaan adsorben dengan adsorbat (Batu dkk., 2022). Adsorpsi merupakan terserapnya suatu zat (molekul atau ion)

pada permukaan adsorben. Proses terjerap ini dapat dibedakan menjadi dua yaitu secara kimia (kemisorpsi) dan fisika (fisiosorpsi).

Proses Adsorpsi secara kimia terjadi akibat terbentuknya ikatan kimia yaitu ikatan kovalen, dimana partikel melekat pada adsorben karena dengan membentuk ikatan kimia. Sedangkan adsorpsi secara fisika terjadi akibat adanya gaya *van der waals* atau dikenal melalui ikatan hidrogen. Pada proses adsorpsinya partikel akan ditarik secara fisika dengan gaya *van der waals* dan dilanjutkan adsorpsi secara kimia dengan membentuk ikatan kimia (ikatan kovalen) (Syauqiah dkk., 2011).

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi, yaitu:

1. Sifat adsorben

Adsorben dari karbon aktif adalah suatu padatan yang berpori, yang sebagian besarnya terdiri dari unsur karbon dengan struktur yang tidak beraturan serta memiliki struktur pori yang luas yang dapat mempengaruhi daya adsorpsi.

2. Luas Permukaan

Luas permukaan dari adsorben sangat mempengaruhi daya adsorpsi, karena semakin kecil permukaannya akan semakin lambat proses adsorpsinya sedangkan semakin luas permukaannya maka akan semakin cepat proses adsorpsinya.

3. Temperatur

Temperatur berpengaruh terhadap daya adsorpsi, dimana temperatur akan menyebabkan pori-pori dari adsorben akan lebih terbuka. Pemanasan yang tinggi dapat menyebabkan adsorben menjadi rusak dan mempengaruhi daya serap dari adsorben. Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka

pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

4. pH (Derajat Keasaman)

pH dari larutan dapat mempengaruhi daya serap karena berakibat pada aktivitas gugus fungsi, kelarutan ion logam dan kompetisi ion logam selama proses adsorpsi.

5. Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak optimum menjadi faktor yang mempengaruhi daya serap dari adsorben karena akan terjadi kesetimbangan pada waktu kontak yang telah ditetapkan.

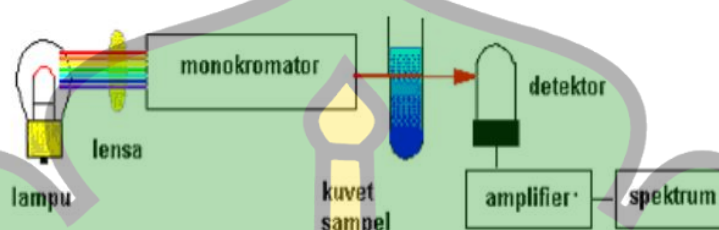
6. Konsentrasi Adsorbat

Konsentrasi adsorbat berpengaruh terhadap daya adsorpsi, dimana adsorbat dengan konsentrasi tinggi akan semakin banyak adsorbat yang berkumpul pada permukaan adsorben (Syauqiah dkk., 2011).

Uji daya serap karbon aktif pada penelitian ini menggunakan instrumentasi spektrofotometer UV-Vis. Spektrofotometer UV-Vis adalah pengukuran Panjang gelombang dan intensitas sinar UV dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Dalam penggunaannya spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk ion anorganik dan molekul atau kompleks dalam sebuah larutan yang menghasilkan spektrum UV-Vis dalam bentuk yang lebar. Namun spektrum yang dihasilkan hanya memuat sedikit informasi terkait struktur.

Spektrofotometer UV-Vis menggunakan hukum Lambert-Beer dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dari konsentrasi analit dalam

sebuah larutan. Panjang gelombang (λ) adalah jarak antara satu lembah dan satu puncak, sinar UV berada pada panjang gelombang 200-400 nm sedangkan sinar tampak berada pada panjang gelombang 400-800 nm.



Gambar 2.5 Skema alat spektrofotometer UV-Vis *single-beam*
(Sumber : Dachriyanus, 2004)

Instrumen spektrofotometer UV-Vis ini memiliki prinsip kerja eksitasi, dimana sinar UV dan cahaya tampak mempunyai energi yang cukup dalam mempromosikan elektron yang terletak pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Pada pengukuran sinar UV menggunakan lampu hidrogen sedangkan pengukuran cahaya tampak menggunakan lampu tungsten. Panjang gelombang yang berasal dari cahaya akan dibagi oleh *wavelength separator* (pemisah panjang gelombang) seperti monokromator dan prisma, kemudian spektrum yang diperoleh merupakan hasil *scanning* dari *wavelength separator* dan untuk melakukan pengujian secara kuantitatif dapat dibuat dari spektrum atau panjang gelombang tertentu (Dachriyanus, 2004).

Setelah dilakukan pengujian daya serap dengan alat spektrofotometer UV Vis maka perlu dilakukan beberapa analisis data dan pengujian, sebagai berikut:

1. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Dalam pembuatan kurva kalibrasi, dilakukan terlebih dahulu penentuan panjang gelombang maksimum. Kemudian diukur absorbansi larutan metilen biru dengan variasi konsentrasi menggunakan panjang gelombang maksimum yang

telah diperoleh. Dari data absorbansi tersebut dibuat kurva kalibrasi yang merupakan plot hubungan antara absorbansi terhadap konsentrasi berdasarkan Hukum Lambert-Beer. Dari kurva standar tersebut dapat diperoleh nilai regresi linear dengan persamaannya $y=ax + b$ (Fitriansyah dkk., 2021). Persamaan ini dapat digunakan untuk menentukan isotherm adsorpsi dan kinetika adsorpsi.

2. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi (q_e) dan Persentase Adsorpsi (%EA)

a. Kapasitas Adsorpsi (q_e)

Kapasitas adsorpsi dapat menyatakan bahwa banyaknya adsorbat yang dapat terkumpul pada permukaan adsorben, sehingga pada saat adsorpsi dengan kondisi optimum dapat diketahui kapasitas maksimum dari karbon aktif (Aisyahlika dkk., 2018). Persamaan yang digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi, yaitu sebagai berikut:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

q_e : Kapasitas Adsorpsi

C_o : Konsentrasi awal (mg/L)

C_e : Konsentrasi akhir (mg/L)

M : Massa Adsorben

V : Volume larutan (L) (Mahmudi dkk., 2020)

b. Persentase Adsorpsi (%EA)

Adsorben yang baik memiliki efisiensi/persentase adsorpsi yang tinggi.

Persentase adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%EA = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

%EA : Persen Efisiensi Adsorpsi

C_o : Konsentrasi sebelum teradsorpsi

C_e : Konsentrasi setelah teradsorpsi (Aulia dkk., 2018).

3. Isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorpsi adalah proses adsorpsi yang berlangsung pada suhu yang tetap. Penentuan isotherm adsorpsi perlu dilakukan untuk mengetahui proses penyerapan yang terjadi pada saat adsorpsi antara adsorben dengan adsorbat (Fitriansyah dkk., 2021). Model isotherm yang sesuai dapat ditentukan melalui nilai koefisien relasi (R^2) yang mendekati nilai 1 (Achmad dkk., 2021). Dalam menentukan jenis isotherm dapat digunakan beberapa model, yaitu:

a. Model Isotherm Langmuir

Dalam teori Langmuir menjelaskan bahwa permukaan adsorben memiliki situs aktif yang dapat mengikat adsorbat yang dapat terjadi secara kimia dan fisika (Gultom & Lubis, 2014). Persamaan model isotherm langmuir:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{qm} C_e + \frac{1}{qmK_L} \dots\dots\dots(2.3)$$

Pada grafik isotherm Langmuir dengan $1/Q_e$ yang berada pada sumbu y sedangkan pada sumbu x adalah $1/C_e$. Dari grafik tersebut akan diperoleh persamaan regresi linear ($y = mx + b$) yang digunakan untuk menentukan nilai Q_m dan K_L , dimana Q_m adalah $1/b$ sedangkan K_L adalah nilai a.

b. Model Isotherm Freundlich

Isotherm Freundlich mengasumsikan bahwa tempat terjadinya adsorpsi dimana terjadi pada beberapa lapis dan ikatan yang dihasilkan tidak kuat. Persamaan isotherm Freundlich berdasarkan pada terbentuknya lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben yang bersifat heterogen. Isotherm adsorpsi Freundlich mengasumsikan bahwa proses adsorpsi terjadi secara fisisorpsi yaitu penyerapan lebih banyak berlangsung pada permukaan adsorben.

Fisisorpsi ini dapat terjadi karena dipengaruhi gaya tarik menarik yang lemah antara adsorben dengan adsorbat atau sering disebut sebagai gaya van Der waals (Saputri, 2020). Persamaan model isotherm Freundlich:

$$\log q_e = \log K_F + 1/n \log C_e \dots\dots\dots(2.4)$$

Berdasarkan data eksperimen yang diperoleh maka dapat di plot untuk membuat kurva standar dengan sumbu x sebagai $\ln C_e$ dan $\ln q_e$ sebagai sumbu y. Grafik yang diperoleh adalah garis linear dengan *slope* = $1/n$ dan *intercept* = $\ln K_F$.

c. Model Isotherm Temkin

Isotherm Temkin dapat menjelaskan bahwa terjadi interaksi antara adsorbat dengan adsorbennya. Penentuan model Temkin dapat dilakukan dengan memplot nilai q_e terhadap $\ln C_e$. Dari plot hubungan dibuat grafik sehingga menghasilkan persamaan regresi linear yang dapat digunakan untuk mengetahui nilai B_T sebagai intersep dan K_T sebagai slope. Berdasarkan hal tersebut dapat dihitung nilai konstanta Temkin (K_T) dan konstanta energi isotherm Temkin konstanta (Ikrima dkk., 2020). Persamaan model isotherm Temkin:

$$q_e : \frac{RT}{b} \ln K_T + \frac{RT}{b} \ln C_e \dots\dots\dots(2.5)$$

4. Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi menyatakan adanya proses penyerapan yang suatu zat oleh adsorben dalam fungsi waktu. Karakteristik kemampuan penyerapan adsorben terhadap adsorbat dapat dilihat dari laju adsorpsinya. Laju adsorpsi dapat diketahui dari orde reaksi yang dihasilkan. InModel kinetika yang digunakan adalah pseudo orde pertama dan kedua. Laju reaksi pseudo orde pertama bermakna sebagai nilai laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi sedangkan laju reaksi pseudo orde

kedua bermakna sebagai nilai laju rekasi berbanding lurus dengan konsentrasi 2 kali lipat lebih besar. Untuk menentukan model kesetimbangan yang sesuai untuk digunakan maka perlu dilakukan pengujian kesetimbangan pada suatu penelitian. Penentuan model kesetimbangan merujuk pada nilai koefisien determinasi (R^2) (Gultom & Lubis, 2014). Koefisien relasi dapat diperoleh dengan memplot data kapasitas adsorpsi terhadap waktu berdasarkan persamaan pseudo orde satu dan dua dibawah ini:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}q_e - \frac{K_1}{2,303} \cdot t \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

- q_e : Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan
- q_t : Konsentrasi pada waktu t
- K_1 : Konstanta laju adsorpsi
- t : Waktu adsorpsi (menit) (Nitsae dkk., 2021)

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots\dots\dots(2.7)$$

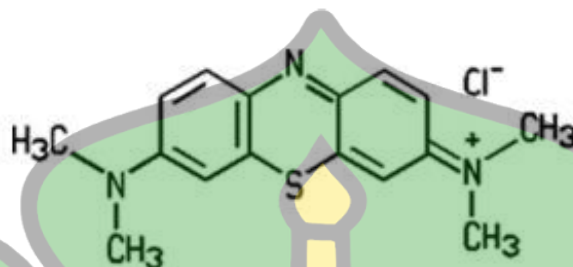
Keterangan:

- q_e^2 : Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan
- q_t : Konsentrasi pada waktu t
- K_2 : Konstanta laju adsorpsi
- t : Waktu adsorpsi (menit) (Nitsae dkk., 2021)

H. Zat Warna Metilen Biru

Zat warna metilen biru adalah salah satu pewarna yang sering digunakan dalam industri tekstil dan juga merupakan salah satu limbah cair yang paling banyak dihasilkan oleh industri tekstil. Senyawa metilen biru memiliki rumus kimia $C_{16}H_{18}N_3SCl$ yang merupakan senyawa hidrokarbon aromatic yang dikenal beracun (Achmad dkk., 2021). Senyawa metilen biru bersifat toksik karena dapat menyebabkan *mutase genetic* serta dapat membahayakan reproduksi. Senyawa ini

memiliki titik lebur pada 105°C dengan berat molekul $319,86 \text{ g mol}^{-1}$, berwarna biru tua serta mudah larut dalam air (Khuluk, 2016).



Gambar 2.6 Struktur Metilen Biru (Sumber : Baunsele & Missa., 2020)

Warna biru pada senyawa metilen biru berasal dari gabungan zat organik yang tidak jenuh dengan kromofor. Zat organik tidak jenuh yang berada pada zat warna yaitu senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon dan turunannya serta fenol dan turunannya. Gugus kromofor yang menyebabkan molekul menjadi bewarna.

Kromofor zat warna yang reaktif biasanya memiliki sistem azo dan antrakuinon sehingga memiliki berat molekul yang kecil serta memiliki daya serap yang tidak besar yang menyebabkan zat warna sulit berikatan dengan serat kain. Gugus reaktif ini terdiri atas bagian-bagian yang mudah lepas menyebabkan zat warna mudah terikat pada serat kain pakaian. Selain itu juga diperlukan penambahan bahan lain seperti alkali atau asam sehingga pH dapat mencapai rentang tertentu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Garis besar penelitian

Secara umum, penelitian ini meliputi empat tahap yaitu preparasi sampel, pembuatan karbon aktif, analisis sifat fisikokimia (kadar abu, kadar air, perhitungan rendemen), karakterisasi karbon aktif menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan pengukuran daya serap menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanur *Electric Horizontal furnace*, perangkat soxhlet, alu dan mortar, *stopwatch*, desikator, neraca analitik, batang pengaduk, ayakan 80-100 *mesh*, statif dan klem, alat-alat gelas, oven, *hot plate*, cawan porselen, spektrofotometer UV-Vis (*Ultra Violet-Visible*) dan Spektrofotometer IR.

2. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cangkang kelapa sawit, indikator universal, metilen biru ($C_{16}H_{18}ClN_3S$), larutan asam klorida (HCl) 0,5 M, Aqua DM (H_2O), aseton (C_3H_6O) 96% dan gas nitrogen (N_2).

C. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama tiga bulan yaitu dimulai Januari hingga Juli tahun 2023. Sampel cangkang kelapa sawit akan dikumpulkan dari salah satu

perusahaan pengolah minyak kelapa sawit di Kabupaten Nagan Raya. Lalu proses pencucian sampel akan dilakukan dengan cara menggosok dan merendam menggunakan sikat untuk membersihkan kotoran tanah yang menempel pada cangkang sawit. Kemudian sampel akan dikeringanginkan selama 5 hari pada suhu ruang, semua prosesnya akan dilakukan di Desa Blang Panyang, Kecamatan Seunagan Timur, Kabupaten Nagan Raya. Karbonisasi dilakukan di Laboratorium Sumber Daya dan Energi Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala. Karakterisasi karbon menggunakan spektrofotometer FTIR dilakukan di Laboratorium Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry. Aktivasi karbon, pengeringan karbon dan analisis fisikokimia yaitu perhitungan rendemen, perhitungan kadar abu, perhitungan kadar air, dan uji daya serap metilen biru dengan instrumen Spektrofotometer UV-Vis di Laboratorium Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh

D. Prosedur Kerja

Cangkang kelapa sawit
(*Elaeis guineensis*)

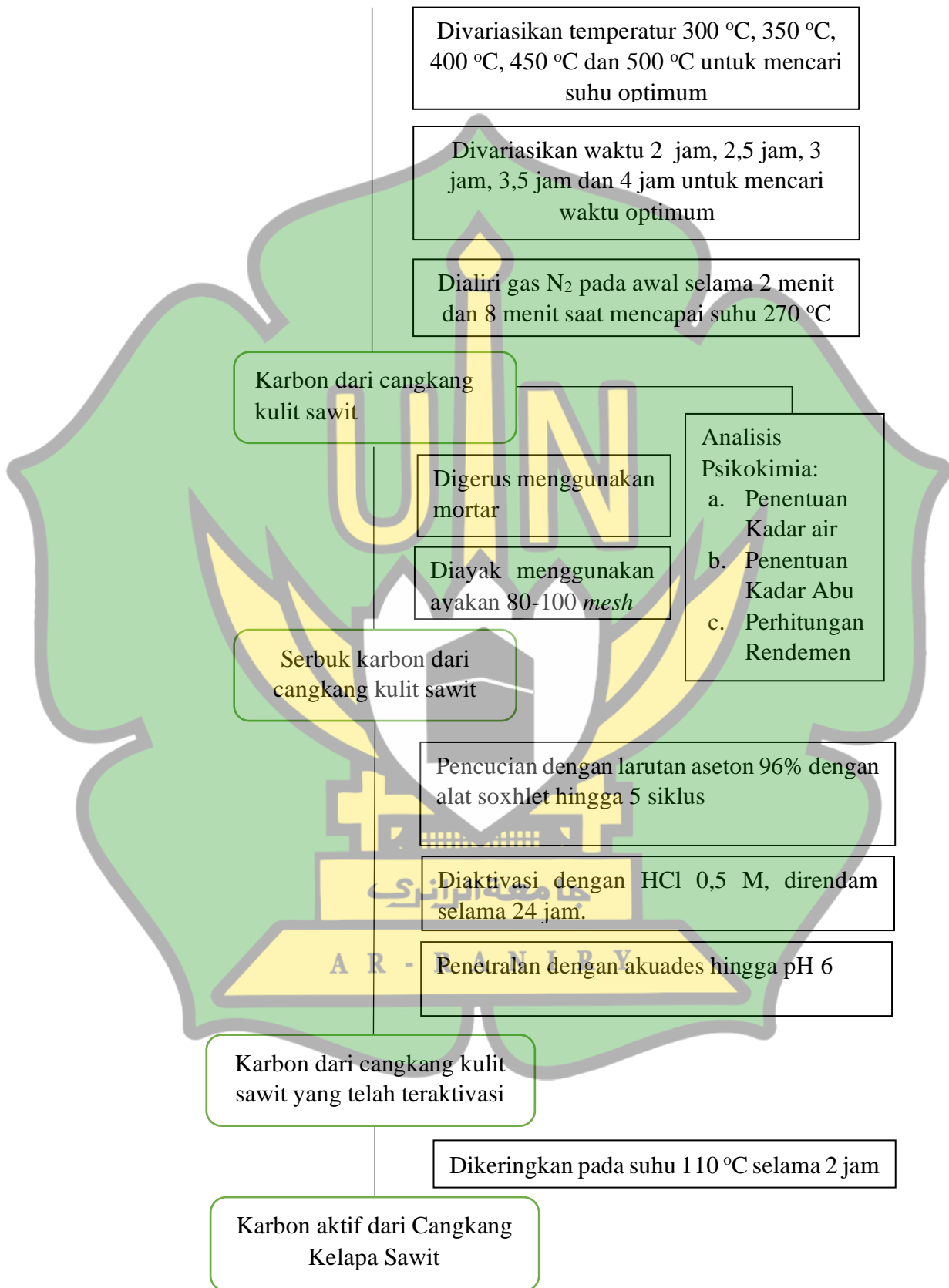
Perendaman dalam air selama 2 jam

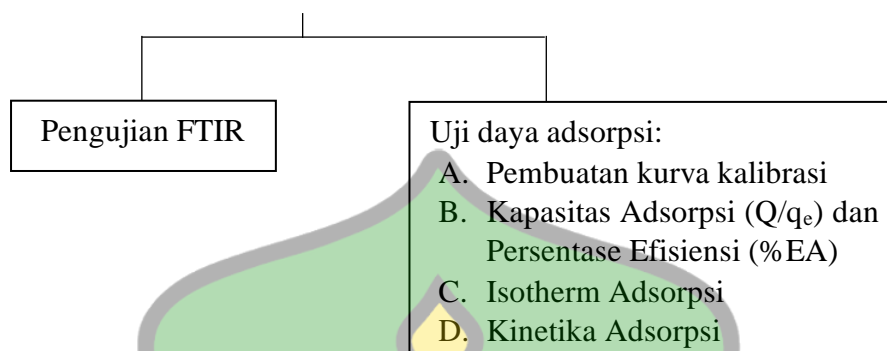
Pembersihan cangkang kulit sawit
dan dianginkan 5 hari

Cangkang Kelapa Sawit
yang sudah bersih

Dimasukkan sampel kedalam cawan
porselen dan dikarbonisasi

Temperatur *furnace* dinaikkan
10°C/menit





Gambar 3.1 Bagan alir penelitian

1. Preparasi sampel

Proses preparasi sampel cangkang sawit ini dilakukan dengan pencucian dengan air untuk membersihkan cangkang kelapa sawit dari kotoran tanah yang menempel. Proses perendaman dilakukan selama ± 3 jam kemudian dilanjutkan dengan pencucian, kemudian cangkang sawit dikeringanginkan di ruangan tertutup dan tidak terpapar oleh sinar matahari langsung. Proses penganginan dilakukan selama ± 5 hari.

2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses terpecahnya suatu struktur selulosa menjadi karbon pada suhu tertentu (Kurniati, 2008). Proses karbonisasi diawali dengan memasukkan sampel kedalam cawan porselen, lalu dilanjutkan kedalam alat *furnace*. Selama proses karbonisasi, temperatur *furnace* dinaikkan setiap $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ sampai batas temperatur yang dibutuhkan. Disamping itu juga dilakukan pengaliran gas N_2 sebanyak $50\text{ml}/\text{menit}$ hingga batas waktu yang ditentukan. Aliran gas N_2 berfungsi sebagai gas pembawa untuk melindungi udara yang masuk ke dalam tungku, yang mungkin terjadi karena kebocoran (Khairil dkk., 2012). Suhu karbonisasi dalam penelitian ini divariasikan mulai dari 300°C ,

350 °C, 400 °C, 450 °C dan 500 °C sehingga diperoleh suhu optimumnya. Setelah diperoleh suhu optimum. Proses karbonisasi akan dilanjutkan untuk mencari waktu optimum, dimana waktu akan divariasikan dalam 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam hingga diperoleh waktu optimumnya. Setelah diperoleh suhu dan waktu optimum selanjutnya dilakukan produksi karbon. Karbon hasil karbonisasi kemudian diayak menggunakan ayakan 80-100 mesh. Kemudian sampel karbon akan di uji fisikokimia sebelum diaktivasi untuk mengetahui perbedaan sebelum dan sesudah diaktivasi.

3. Aktivasi Karbon

Karbon yang diperoleh dari hasil karbonisasi perlu diaktivasi untuk menghilangkan residu yang berada pada permukaan pori karbon agar dapat diperoleh karbon yang memiliki luas permukaan yang lebih besar (Donda dkk., 2019). Proses aktivasi karbon dilakukan dengan mencuci karbon dengan pelarut aseton 96% dengan bantuan alat soklet untuk membersihkan karbon dari zat organik. Proses sokletasi ini dimulai dengan memasukkan karbon kedalam selongsong yang dibuat dengan kertas saring selanjutnya dimasukkan kedalam tabung soxhlet, kemudian dilakukan soxhletasi dengan pelarut aseton 96% pada titik didih 56°C dalam 5 siklus. Selanjutnya karbon hasil soxhletasi dimasukkan kedalam desikator untuk pengeringan dan pendinginan. Setelah pengeringan selesai, kemudian sampel direndam dengan larutan HCl 0,5 M selama 24 jam. Berdasarkan hasil penelitian Athiwat Sirimuangjinda, dkk. (2013) dikatakan bahwa HCl dapat digunakan sebagai aktivator karbon karena dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi sampel, hal ini dapat dilihat dari nilai bilangan iod sebesar

287,61 mg/g (Sirimuangjinda dkk., 2013). Selanjutnya dibilas dengan *aqua dm* hingga pH netral (pH = 6). Tahap selanjutnya karbon aktif dipanaskan pada suhu 105°C selama 4 jam untuk mengurangi kadar air dalam sampel karbon aktif.

4. Analisis Fisikokimia Cangkang Kelapa Sawit (*Eulaeis guineensis. Sp*)

Analisis psikokimia cangkang sawit perlu dilakukan pada sampel untuk mendapatkan karbon dengan mutu terbaik. Analisis fisikokimia meliputi pengujian kadar air, kadar abu dan perhitungan rendemen.

a. Perhitungan Kadar Air (*SNI 06-3730-1995*)

Penentuan kadar air perlu dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif karena pada umumnya karbon aktif memiliki sifat menarik air yang sangat besar. Berdasarkan Standar Industri Indonesia untuk kadar air minimumnya yaitu sebesar 15% (Yuliusman, 2015). Persamaan untuk menghitung kadar air sebagai berikut:

$$\% \text{Kadar air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

W_1 : Bobot sampel mula-mula (g)

W_2 : Bobot sampel akhir (g) (Pane & Hamzah, 2018)

b. Pengujian Kadar Abu (*SNI 06-3730-1995*)

Kadar abu merupakan zat sisa (mineral) yang masih menempel pada sampel karbon setelah dilakukan pengarangan. Standar Industri Indonesia yaitu 10% (Yuliusman, 2015). Ditimbang 1 gram sampel karbon, selanjutnya di furnace pada suhu 815 °C selama 3 jam. Kemudian ditimbang ditimbang krusibel kosong dan dicatat. Ditambah kan karbon hasil pengujian dan dicatat hasil timbangan. Untuk menghitung kadar abu pada sampel digunakan persamaan berikut ini:

$$\% \text{Kadar abu} = \frac{\text{Berat Abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

(Pane & Hamzah, 2018)

c. Perhitungan Rendemen

Untuk menghitung rendemen arang aktif dilakukan dengan cara membandingkan massa arang aktif yang dihasilkan dengan berat bahan bakunya

$$\% \text{rendemen} = \frac{\text{berat karbon aktif}}{\text{berat karbon awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

(Pane & Hamzah, 2018)

5. Karakterisasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Penentuan spektrum FTIR dapat dilakukan dengan cara menyalakan spektrofotometer IR dan dipanaskan selama 15 menit. Penentuan ini dilakukan pada sampel karbon diletakkan pada tempatnya untuk dilakukan karakterisasi. Selanjutnya diperoleh data serapan yang diolah menjadi spektrum FTIR sehingga dapat diketahui gugus yang terdapat dalam karbon aktif melalui analisis berdasarkan literatur.

6. Pengujian daya serap larutan metilen biru

Pengujian daya serap dari karbon aktif sampel cangkang sawit dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada larutan metilen biru. Ada beberapa tahap untuk melakukan pengujian daya serap, yaitu:

1. Pembuatan kurva standar larutan metilen biru

Pembuatan kurva standar diawali dengan cara membuat larutan induk metilen biru 1000 ppm sebanyak 1 liter yang dibuat dengan cara melarutkan 1000 mg (1 gram) serbuk metilen biru dengan aqua dm dalam gelas kimia selanjutnya dipindahkan ke labu ukur dan ditambahkan aqua dm hingga tanda batas. Kemudian

setelah diperoleh larutan stok 1000 ppm, dilanjutkan dengan penentuan panjang gelombang maksimum. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan cara menyiapkan larutan metilen biru 100 ppm kemudian diuji dengan instrument spektrofotometer UV-Vis pada rentang gelombang 600-700 nm (Nitsae dkk., 2021). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum pada larutan metilen biru yaitu pada 663,92 nm (Nitsae dkk., 2021).

Pembuatan standar larutan metilen biru dilakukan dengan cara mengukur absorbansi larutan metilen biru pada konsentrasi 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm. Data serapan yang diperoleh dibuat kuva standar dengan plot hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi. Dari kurva ini juga diperoleh nilai persamaan regresi linear $y = ax + b$. Dengan y sebagai variable bebas, a sebagai slope, x sebagai variable terikat dan b sebagai intersep. (Nitsae dkk., 2021) Nilai persamaan regresi linear yaitu nilai *slope* dan nilai *intercept* bertujuan untuk menghitung konsentrasi metilen biru yang akan digunakan pada tahap pengukuran konsentrasi optimum dan waktu kontak optimum.

2. Kapasitas Adsorpsi (q_e) Dan Persentase Efisiensi Adsorpsi (%EA)

a. Penentuan Dosis Optimum Karbon Aktif

Penentuan dosis optimum karbon aktif dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak karbon aktif yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi, untuk menentukan dosis tersebut digunakan variasi dosis 0,05 gram, 0,075 gram, 0,10 gram, 0,125 gram, 0,15 gram, 0,175 gram dan 0,20 gram pada konsentrasi 10 ppm larutan metilen biru dengan kecepatan 150 rpm.

b. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi (q_e) dan Persentase Adsorpsi (%EA)

Perhitungan dilakukan dengan cara menambahkan dosis optimum karbon aktif yang diperoleh pada pengujian sebelumnya kedalam 25 mL larutan metilen biru untuk menentukan konsentrasi optimum dengan cara bervariasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 dan 50 ppm. Pengadukan dilakukan selama waktu kontak 30 menit., Kemudian dilakukan penentuan waktu kontak optimum dengan bervariasi waktu kontak pada 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 dan 120 menit berdasarkan konsentrasi optimum yang diperoleh pada pengujian sebelumnya. Selanjutnya diaduk larutan dengan kecepatan 150 rpm (Aulia dkk., 2018). Kemudian disaring hasil pengadukan dengan kertas saring dan diukur absorbansi dari filtrat tersebut dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi yang diperoleh dari pengukuran akan dihitung konsentrasinya dengan menggunakan persamaan regresi linear yang diperoleh pada tahapan sebelumnya. Nilai konsentrasi akan digunakan pada penentuan kapasitas adsorpsi (q_e) dan persen efisiensi adsorpsi (%EA) dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

q_e : Kapasitas Adsorpsi

C_o : Konsentrasi awal (mg/L)

C_e : Konsentrasi akhir (mg/L)

M : Massa Adsorben

V : Volume larutan (L) (Mahmudi dkk., 2020)

Untuk menghitung persen efisiensi adsorpsi (%EA) menggunakan persamaan:

$$\%EA = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :

%EA : Persen Efisiensi Adsorpsi

C_0 : Konsentrasi sebelum teradsorpsi

C_e : Konsentrasi setelah teradsorpsi (Aulia dkk., 2018)

3. Penentuan model isotherm adsorpsi

Penentuan model isotherm adsorpsi dilakukan dengan cara menggunakan data konsentrasi optimum dan waktu kontak optimum yang diperoleh pada tahapan kapasitas adsorpsi (q_e) sebelumnya. Penentuan model adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan tiga jenis model persamaan isotherm adsorpsi, sebagai berikut:

a. Model Freundlich

Persamaan isotherm Freundlich didasarkan pada terbentuknya multilayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Pada model Freundlich ini bersifat heterogen. Penentuan model isotherm Freundlich dilakukan dengan cara di plot data untuk membuat kurva standar dengan sumbu x sebagai $\ln C_e$ dan $\ln q_e$ sebagai sumbu y. Grafik yang diperoleh adalah garis linear dengan $slope = 1/n$ dan $intercept = \ln K_F$. Sehingga dapat diketahui bahwa nilai K_F adalah intercept dan $1/n$ adalah $slope$. Berdasarkan haal tersebut maka dapat dihitung nilai K_F dan $1/n$ dengan menggunakan persamaan isotherm Freundlich. Adapun persamaan isotherm Freundlich yaitu, sebagai berikut:

$$\log q_e = \log K_F + 1/n \log C_e \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan :

q_e : Kapasitas Adsorpsi (mmol/g)

C_e : Konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)

n_F : Pangkat model Freundlich

K_F : Koefisien Model Freundlich (L/g)(Saraswati dkk., 2022)

b. Model Langmuir

Model isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben adalah homogen. Isotherm Langmuir berlansung secara kemisorpsi. Pada grafik isotherm Langmuir diplot dengan $\ln q_e$ yang berada pada sumbu y sedangkan pada sumbu x adalah $\ln C_e$. Dari grafik tersebut akan diperoleh persamaan regresi linear ($y = ax + b$) yang digunakan untuk menentukan nilai q_m dan K_L , dimana $1/q_m$ adalah intersep sedangkan $1/q_m \cdot K_L \cdot C_e$ adalah nilai *slope*. Berdasarkan hubungan tersebut dapat dihitung nilai q_m dan K_L dengan menggunakan persamaan Langmuir, dibawah ini:

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{q_m K_L} \dots \dots \dots (3.7)$$

Keterangan:

q_e : Kapasitas Adsorpsi (mmol/g)

q_m : Kapasitas Adsorpsi Maksimum (mmol/g)

K_L : Koefisien kesetimbangan Model Langmuir (L/mmol)

C_e : Konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)
(Saraswati dkk., 2022)

c. Model Temkin

Penentuan model Temkin dapat dilakukan dengan memplot nilai q_e terhadap $\ln C_e$. Dari plot hubungan tersebut akan menghasilkan nilai $\frac{RT}{b}$ sebagai intersep dan $\ln K_T$ sebagai *slope*. Berdasarkan hal tersebut dapat dihitung nilai konstanta Temkin (K_T) berdasarkan persamaan berikut:

$$q_e : \frac{RT}{b} \ln K_T + \frac{RT}{b} \ln C_e \dots \dots \dots (3.8)$$

Keterangan:

q_e : Kapasitas Adsorpsi (mmol/g)

C_e : Konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)

RT : Ketetapan Gas Ideal

b : Panas adsorpsi model Temkin (J/mol)

K_T : Konstanta Isotherm Temkin (L/g) (Saraswati dkk., 2022)

4. Penentuan kinetika adsorpsi

Penentuan kinetika adsorpsi perlu dilakukan guna mengetahui laju dan mekanisme adsorpsi. Penentuan kinetika dilakukan dengan cara menambahkan 0,15 gram karbon aktif kedalam 25 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi optimum yang diperoleh pada penentuan kapasitas adsorpsi (q_e) sebelumnya. Selanjutnya diaduk pada kecepatan 150 rpm dengan variasi waktu kontak 15, 30, 45, 60, 75, 90 dan 120 menit. Pada proses ini juga akan diperoleh waktu kontak optimumnya. Kemudian larutan disaring dengan kertas saring dan filtratnya diukur absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengukuran absorbansi ini kemudian dimasukkan kedalam persamaan regresi linear yang diperoleh dari kurva standar larutan metilen biru sehingga akan diperoleh nilai kapasitas adsorpsinya (q_e). Berdasarkan data tersebut, maka dapat dibuat kurva standar pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi yang akan menghasilkan pengaruh waktu kontak optimum terhadap kapasitas adsorpsi maksimum ($q_{e \text{ maks}}$). Dari nilai hasil tersebut maka dapat digunakan analisis lanjutan untuk menentukan kinetika adsorpsi. Kinetika adsorpsi ini selanjutnya dihitung menggunakan model pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua sehingga nilai koefisien relasi (R^2) yang mendekati 1 adalah yang ditentukan sebagai pseudo orde reaksi yang tepat (Gultom & Lubis, 2014).

Untuk pseudo orde pertama dilakukan dengan cara memplot nilai dari $\text{Log}(q_e - q_t)$ vs t sehingga diperoleh nilai regresi linear. Nilai $\text{Log}(q_e - q_t)$ yang diperoleh dari persamaan:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}q_e - \frac{K_1}{2,303} \cdot t \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan:

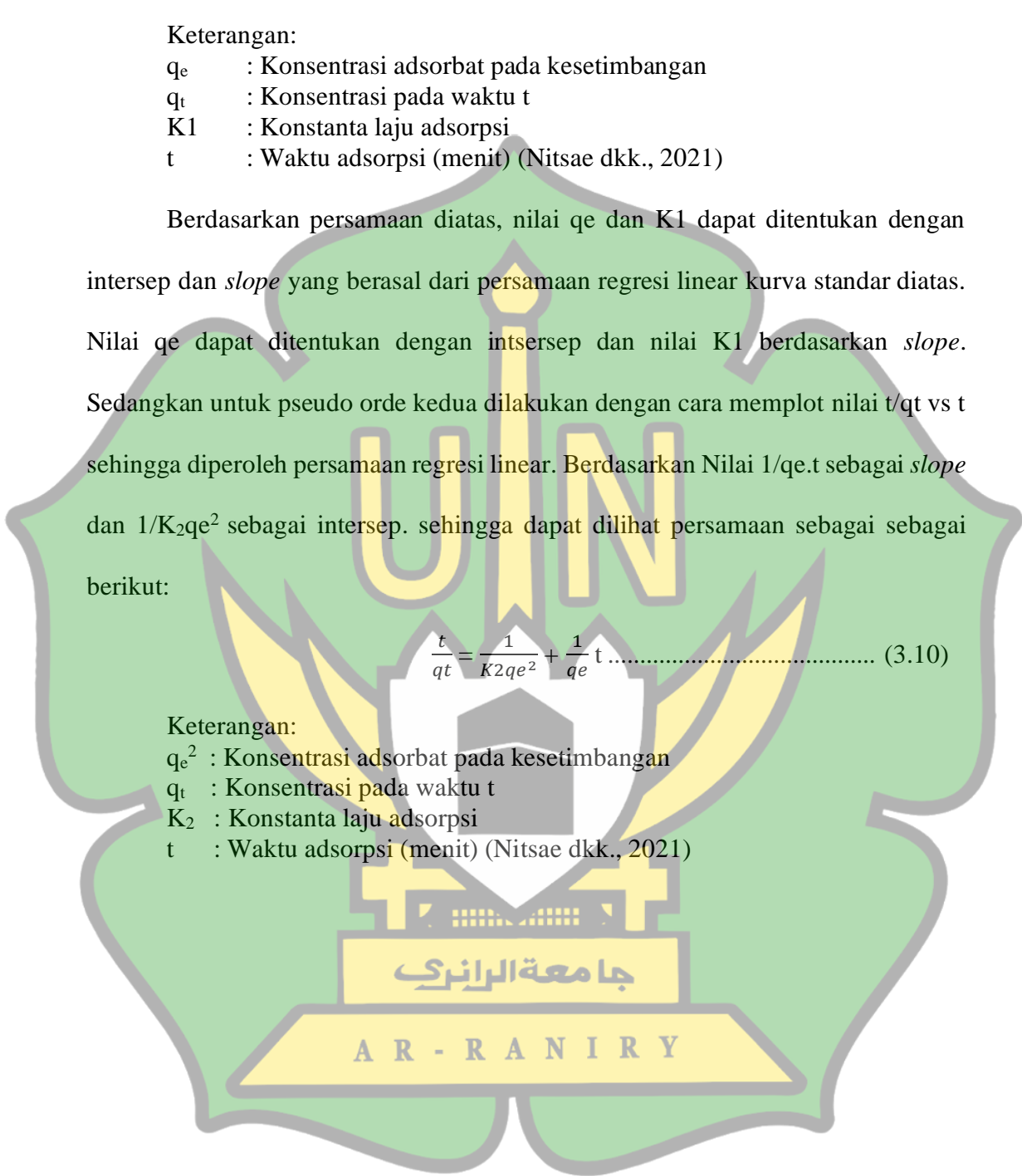
- q_e : Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan
 q_t : Konsentrasi pada waktu t
 K_1 : Konstanta laju adsorpsi
 t : Waktu adsorpsi (menit) (Nitsae dkk., 2021)

Berdasarkan persamaan diatas, nilai q_e dan K_1 dapat ditentukan dengan intersep dan *slope* yang berasal dari persamaan regresi linear kurva standar diatas. Nilai q_e dapat ditentukan dengan intsersep dan nilai K_1 berdasarkan *slope*. Sedangkan untuk pseudo orde kedua dilakukan dengan cara memplot nilai t/q_t vs t sehingga diperoleh persamaan regresi linear. Berdasarkan Nilai $1/q_e.t$ sebagai *slope* dan $1/K_2q_e^2$ sebagai intersep. sehingga dapat dilihat persamaan sebagai sebagai berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan:

- q_e^2 : Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan
 q_t : Konsentrasi pada waktu t
 K_2 : Konstanta laju adsorpsi
 t : Waktu adsorpsi (menit) (Nitsae dkk., 2021)



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian sintesis dan karakterisasi karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit sebagai adsorben zat warna metilen biru ini telah dilakukan dari bulan Januari hingga Juli 2023. Pada penelitian ini dilakukan preparasi sampel, pembuatan karbon, aktivasi karbon dan karakterisasi karbon dengan uji kadar air, kadar abu, uji FTIR dan uji daya serap terhadap zat warna metilen biru.

A. Preparasi Sampel

Preparasi sampel menjadi tahap awal dalam penelitian ini, sampel cangkang kelapa sawit perlu dilakukan preparasi sampel untuk mendapatkan sampel yang baik. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa preparasi dilakukan dengan cara merendam sampel cangkang kelapa sawit kedalam air pada wadah timba selama ± 3 jam, lalu dicuci atau dibilas kembali menggunakan air agar kotoran berupa tanah dan pengotor lainnya seperti daging buah dapat bersih dari sampelnya.



Gambar 4.1 Pencucian sampel (*Sumber : Dokumentasi Peneliti*)

Untuk sampel yang sulit bersih perlu disikat menggunakan sikat kecil agar sampel yang diperoleh menjadi lebih bersih. Selanjutnya sampel dikeringanginkan di ruang tertutup tanpa terkena sinar matahari, agar sampel dapat kering dengan sempurna. Proses penganginan ini dilakukan selama ± 5 jam. Tujuan dari perlakuan tersebut untuk mengurangi kandungan air yang ada dalam sampel setelah pencucian. Setelah proses pengeringan selesai, sampel cangkang kelapa sawit diperoleh sebanyak 3 kg untuk kemudian dapat digunakan pada proses selanjutnya yaitu karbonisasi.

B. Karbonisasi Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Sampel cangkang sawit hasil preparasi dilanjutkan untuk mensintesis karbon yaitu melalui proses karbonisasi menggunakan alat *Electrical Horizontal Furnace*. Karbonisasi adalah pemisahan senyawa organik penyusun struktur bahan dengan proses pembakaran pada rentang suhu antara 300 °C hingga 600 °C agar terlepasnya unsur volatil yang terdapat dalam bahan seperti tar, methanol, hidrokarbon dan asam asetat sehingga meningkatkan kandungan karbon dan membentuk pori pada karbon (Mudaim dkk., 2021). Proses karbonisasi dilakukan dalam atmosfer inert/oksigen terbatas untuk mencegah terjadinya pengabuan yang dapat menurunkan rendemen yang diperoleh akibat reaksi komponen karbon dengan oksigen.

Pada proses karbonisasi terjadi penguapan air disertai dengan penguraian komponen yang terkandung dalam cangkang kelapa sawit yaitu, hemiselulosa, selulosa dan lignin. Penguraian komponen ini juga berlangsung pada suhu tertentu. Pada suhu 100 °C - 105 °C terjadi penguapan air selanjutnya tahap penguraian

selulosa dan hemiselulosa terjadi pada suhu 200 °C sampai 250 °C yang dapat ditandai dengan keluarnya asap yang tipis berwarna putih melalui cerobong pembuangan *furnace*. Pada suhu 200 °C hingga 400 °C terjadi penguraian lignin serta juga terdapat tar (Donda dkk., 2019). Selain itu juga terjadi proses pemutusan ikatan C-C dan C-O atau depolimerisasi. Pembentukan lapisan aromatik terjadi saat suhu berada diatas 400 °C, ketika suhu 500 °C masih terus terjadi penguraian hingga pada suhu 600 °C karbon terjadi perluasan permukaan (Satriyani Siahaan dkk., 2013).

Pada penelitian ini digunakan gas N₂ untuk mencegah masuknya oksigen melalui pipa cerobong asap/pipa pembuangan asap dengan cara mengalirkan gas N₂ pada awal karbonisasi selama 2 menit untuk menetralkan ruang sampel dari oksigen. Selanjutnya pada suhu 270 °C saat terjadinya dekomposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin dialirkan kembali gas N₂ selama 8 menit untuk mengeluarkan asap yang dihasilkan dari pengarangan. Selain itu juga mencegah terjadi pengabuan pada karbon yang dapat mempengaruhi mutu karbon yang diperoleh. Selanjutnya untuk menetralkan bahan karbon dari asap maka gas N₂ juga dapat dialirkan secara singkat jika masih terdapat asap dalam ruang sampel. Karbon hasil karbonisasi di gerus menggunakan alu dan mortar untuk diayak pada ayakan 80-100 *mesh*.



Gambar 4.2 Karbon hasil karbonisasi (Sumber : Dokumentasi Peneliti)

Karbonisasi dilakukan untuk mensintesis limbah biomassa menjadi karbon, mutu karbon bergantung pada bahan baku yang digunakan, selain itu juga dipengaruhi oleh suhu dan waktu serta aktivator yang digunakan saat proses aktivasi. Pada proses karbonisasi ini ditentukan optimasi temperatur dan waktu untuk memperoleh karbon dengan kualitas terbaik berdasarkan parameter uji fisikokimia. Selanjutnya karbon dengan suhu dan waktu optimum diproduksi dalam jumlah 100 gram untuk diaktivasi menjadi karbon aktif.

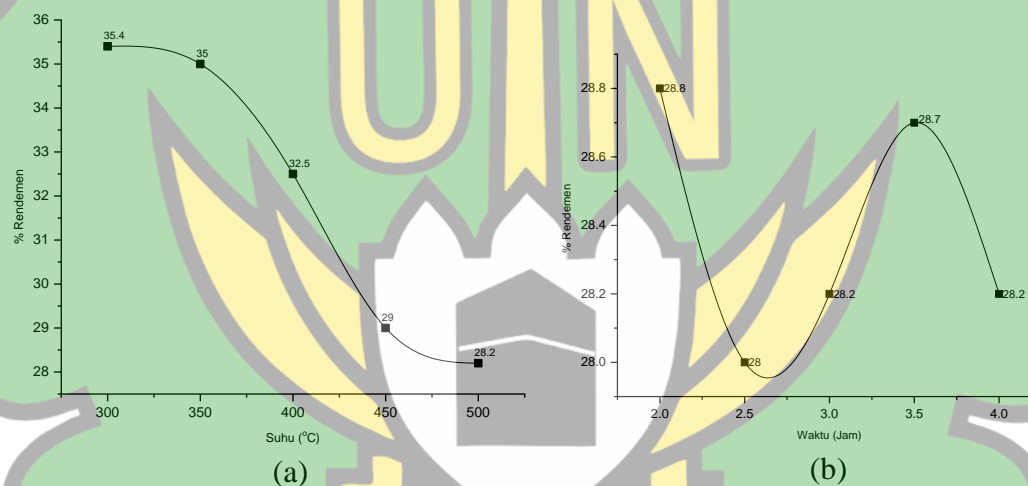
C. Penentuan Temperatur dan Waktu Optimum Karbonisasi

Penentuan temperatur optimum untuk karbonisasi sampel cangkang kelapa sawit dilakukan dengan cara memvariasikan suhu karbonisasi untuk memperoleh karbon yang terbaik melalui optimasi temperatur dan waktu karbonisasi. Adapun variasi temperature yang digunakan adalah 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C selama 3 jam. Variasi temperatur karbonisasi ini diambil karena pada rentang suhu tersebut kadar air dan senyawa yang terkandung dalam sampel sudah menguap sehingga membentuk pori-pori pada karbon (Jaya & Khair, 2020). Optimasi waktu untuk karbonisasi sampel cangkang kelapa sawit dilakukan dengan memvariasikan

waktu yaitu 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam pada temperatur optimum yang diperoleh sebelumnya.

1. Rendemen

Penghitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui persentase jumlah arang aktif yang dihasilkan dari bahan awal cangkang kelapa sawit setelah melewati proses karbonisasi. Data hasil karbonisasi sampel cangkang kelapa sawit berdasarkan rendemen yang diperoleh dapat dilihat dari grafik pada gambar 4.2:



Gambar 4.3 (a) Pengaruh Suhu Karbonisasi Terhadap Rendemen Karbon;
(b) Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Rendemen Karbon.

Gambar 4.2 poin (a) menunjukkan bahwa rendemen tertinggi yaitu 35,4% pada suhu 300 °C dan rendemen terendah 28,2% pada suhu 500 °C. Grafik tersebut memberikan informasi bahwa jika suhu karbonisasi dinaikkan maka semakin rendah rendemen karbon yang diperoleh.. Rendahnya rendemen yang diperoleh disebabkan oleh suhu tinggi yang membuat sebagian karbon berubah menjadi abu dan gas hidrokarbon seperti CO₂, H₂ dan gas lainnya yang mudah menguap serta terdapat zat volatil seperti tar yang terdekomposisi dari karbon (Haji dkk., 2010).

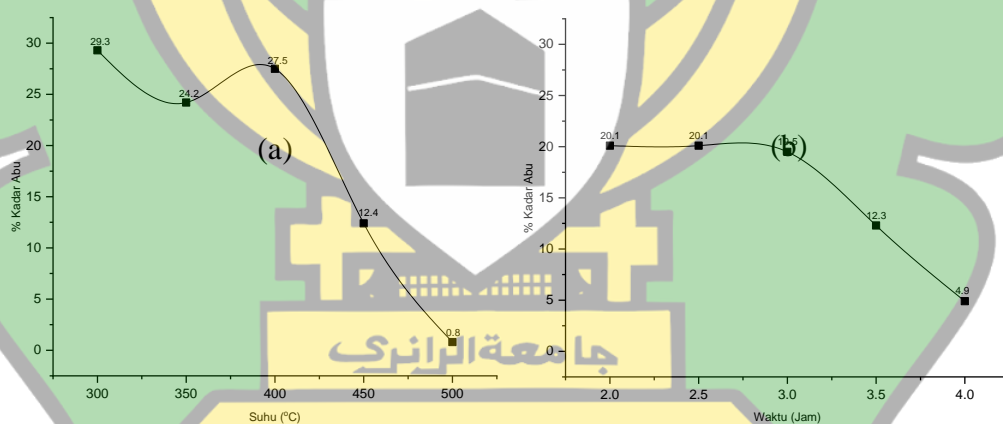
Selain itu, hal ini juga dipengaruhi oleh percepatan laju reaksi yang sesuai dengan teori kinetika reaksi yaitu jika suhu reaksi meningkat sehingga laju reaksinya akan meningkat pula (Harahap dkk., 2014b).

Dari grafik pada gambar 4.2 poin (b) dapat diamati bahwa rendemen karbon yang dihasilkan cenderung tidak konstan dimana pada konsentrasi awal pada waktu 2 jam rendemennya 20,8% sedangkan pada konsentrasi kedua pada waktu 2,5 jam rendemen yang diperoleh 28,0% dan pada konsentrasi ketiga dan keempat rendemen yang diperoleh terus naik yaitu 28,2% dan 28,7% hingga pada titik akhir rendemen turun kembali menjadi 28,2%. Data yang diperoleh seharusnya menunjukkan bahwa semakin lama waktu karbonisasi sehingga rendemen karbon yang diperoleh cenderung rendah. Namun pada titik keempat yaitu pada waktu 3,5 jam jumlah rendemen karbon cenderung tinggi, hal ini kemungkinan disebabkan oleh bahan cangkang kelapa sawit yang digunakan mengandung serat kasar yang melekat pada cangkang sehingga meningkatkan jumlah rendemen yang diperoleh (Jaya & Khair, 2020).

Berdasarkan pengujian rendemen pada optimasi temperatur dan waktu karbonisasi dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh temperatur dan waktu karbonisasi terhadap rendemen karbon yang diperoleh, semakin tinggi temperatur dan waktu karbonisasi maka akan semakin rendah rendemen yang diperoleh. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Delviana Dwi Jaya dan Miftahul Khair (2020), menjelaskan bahwa rendemen karbon yang diperoleh berkisar antara 13,31% hingga 50,95% yang menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan waktu karbonisasi semakin rendah rendemen karbon yang diperoleh.

2. Kadar Abu

Abu merupakan zat sisa yang masih tertinggal selama proses karbonisasi. Abu yang terdapat dalam karbon ini mineral dapat berupa oksida besi, oksida aluminium, silika, kalsium dan magnesium. Pengujian kadar abu ini bertujuan untuk melihat kesesuaian karbon yang dihasilkan dengan standar karbon dengan kualitas terbaik. Pengujian kadar abu pada penelitian ini menjadi parameter untuk menentukan mutu karbon pada optimasi temperatur dan waktu karbonisasi. Penentuan ini berdasarkan pada Standar Industri Indonesia (SII) yaitu karbon dengan kualitas bagus memiliki kadar abu dibawah 10% (Permana dkk., 2018). Hasil pengujian kadar abu karbon cangkang kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.4 (a) Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kadar Abu; (b) Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kadar Abu

Berdasarkan grafik pada Gambar 4,3 poin (a), maka dapat di ketahui bahwa kadar abu tertinggi pada suhu 300 °C yaitu 29,3% dan kadar abu terendah berada pada suhu 500 °C dengan jumlah kadar abu 0,8%. Pada rentang suhu 300°C- 500°C jumlah kadar abu menurun seiring dengan meningkatnya temperatur karbonisasi.

Maka ditentukan suhu optimum untuk karbonisasi yaitu pada suhu 500 °C dengan jumlah kadar abu terendah yaitu 0,8%.

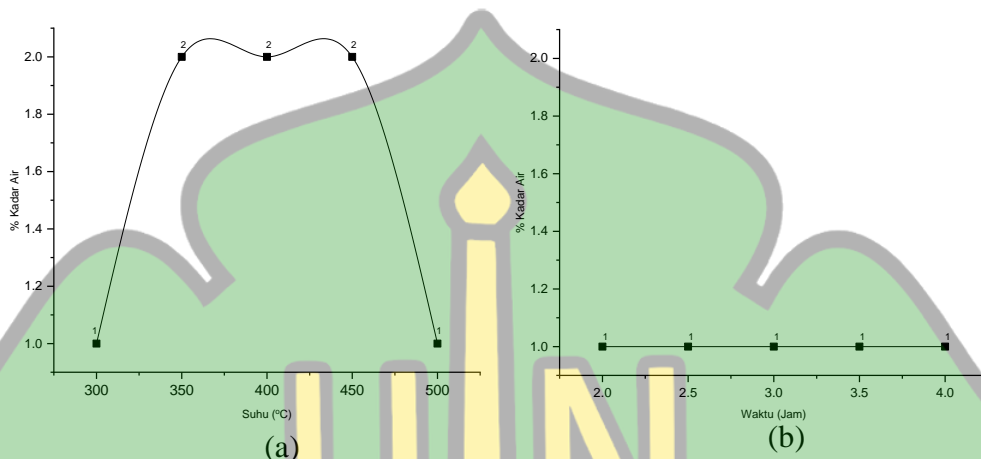
Gambar 4.3 poin (b) menunjukkan kadar abu tertinggi diperoleh pada variasi waktu karbonisasi 2 jam yaitu 20,1% dan kadar abu terendah pada variasi waktu 4 jam yaitu 4,9%. Berdasarkan grafik tersebut, jumlah kadar abu terus menurun secara konstan. Hal ini dapat dilihat pada variasi waktu karbonisasi 2,5 jam dengan jumlah kadar abu masih sama 20,1%, selanjutnya pada titik ketiga variasi waktu karbonisasi 3 jam jumlah kadar abu cenderung turun menjadi 19,5%. Pada titik keempat variasi waktu karbonisasi 3,5 jam diperoleh jumlah kadar abu terus menurun menjadi 12,3%. Berdasarkan hal tersebut, dapat dinyatakan bahwa semakin lama waktu karbonisasi maka semakin rendah jumlah kadar abu yang diperoleh

Dari kedua hasil pengujian kadar abu tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur dan lama waktu karbonisasi maka semakin rendah jumlah kadar abu yang diperoleh karena mineral yang terkandung pada karbon telah terbakar dengan sempurna. Selain itu jumlah kadar abu yang diperoleh sudah sesuai dengan standar industri indonesia (SII) yaitu memiliki jumlah kadar abu dibawah 10%. Maka berdasarkan hal tersebut dapat dinyatakan bahwa optimasi temperatur dan waktu karbonisasi pada 500°C selama 4 jam.

3. Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan air yang masih tersisa dalam karbon dan sifat higroskopis dari karbon. Kadar air yang tinggi dalam karbon dapat mempengaruhi daya adsorpsi dari karbon sehingga karbon

dengan mutu terbaik adalah karbon yang memiliki jumlah kadar air rendah. Standar Industri Indonesia (SII) yaitu kandungan air maksimum 10% (Harahap dkk., 2014).



Gambar 4.5 (a) Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Kadar Air; (b) Pengaruh Waktu Karbonisasi terhadap Kadar Air

Gambar 4.5 menunjukkan kadar air tertinggi pada variasi suhu 350°C hingga 450°C yaitu 2% dan kadar air terendah terdapat pada variasi suhu 300°C dan 500°C. Dari data tersebut dapat diasumsikan bahwa pada kondisi variasi suhu 350°C hingga 450°C saat karbonisasi menghasilkan karbon yang memiliki pori-pori yang terbuka dengan bebas sehingga pada saat pemindahan karbon dari furnace ke tempat penimbangan terjadi kontak langsung karbon dengan udara yang menyebabkan terserapnya uap air sehingga meningkatkan jumlah kadar air dari karbon. Grafik pada gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa dari titik awal hingga titik akhir tidak terjadi kenaikan maupun penurunan kadar air atau konstan pada jumlah kadar air yaitu 1%.

Berdasarkan dari kedua pengujian kadar air diatas, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa temperatur dan waktu karbonisasi tidak mempengaruhi kadar air yang diperoleh, namun berdasarkan studi literatur temperatur dan waktu karbonisasi mempengaruhi kadar air dimana dengan meningkatnya temperatur dan

waktu karbonisasi maka semakin rendah jumlah kadar air yang diperoleh (Hartanto & Ratnawati, 2010).

D. Aktivasi Karbon

Aktivasi karbon sampel cangkang kelapa sawit bertujuan untuk mengaktifkan karbon dengan cara menambahkan zat kimia sehingga terjadi perubahan secara fisik karbon yang dapat meningkatkan daya serap karbon dengan membersihkan zat-zat volatil yang masih melekat di pori-pori karbon (Shreve, 1977). Aktivasi karbon dapat terjadi secara fisika, kimia dan kombinasi fisika-kimia. Aktivasi secara fisika dilakukan dengan cara mengalirkan uap atau udara menggunakan alat furnace pada temperatur 800-1000°C sehingga pori-pori dapat terbuka lebih luas, aktivasi secara kimia dilakukan dengan cara merendam karbon ke dalam bahan kimia sehingga dapat menghilangkan zat sisa karbonisasi seperti mineral untuk memperluas pori-pori karbon dan aktivasi fisika-kimia dilakukan dengan cara menggabungkan aktivasi kimia dan fisika. Pada penelitian ini digunakan metode aktivasi karbon secara kimia, proses aktivasi secara kimia dilakukan secara bertahap:

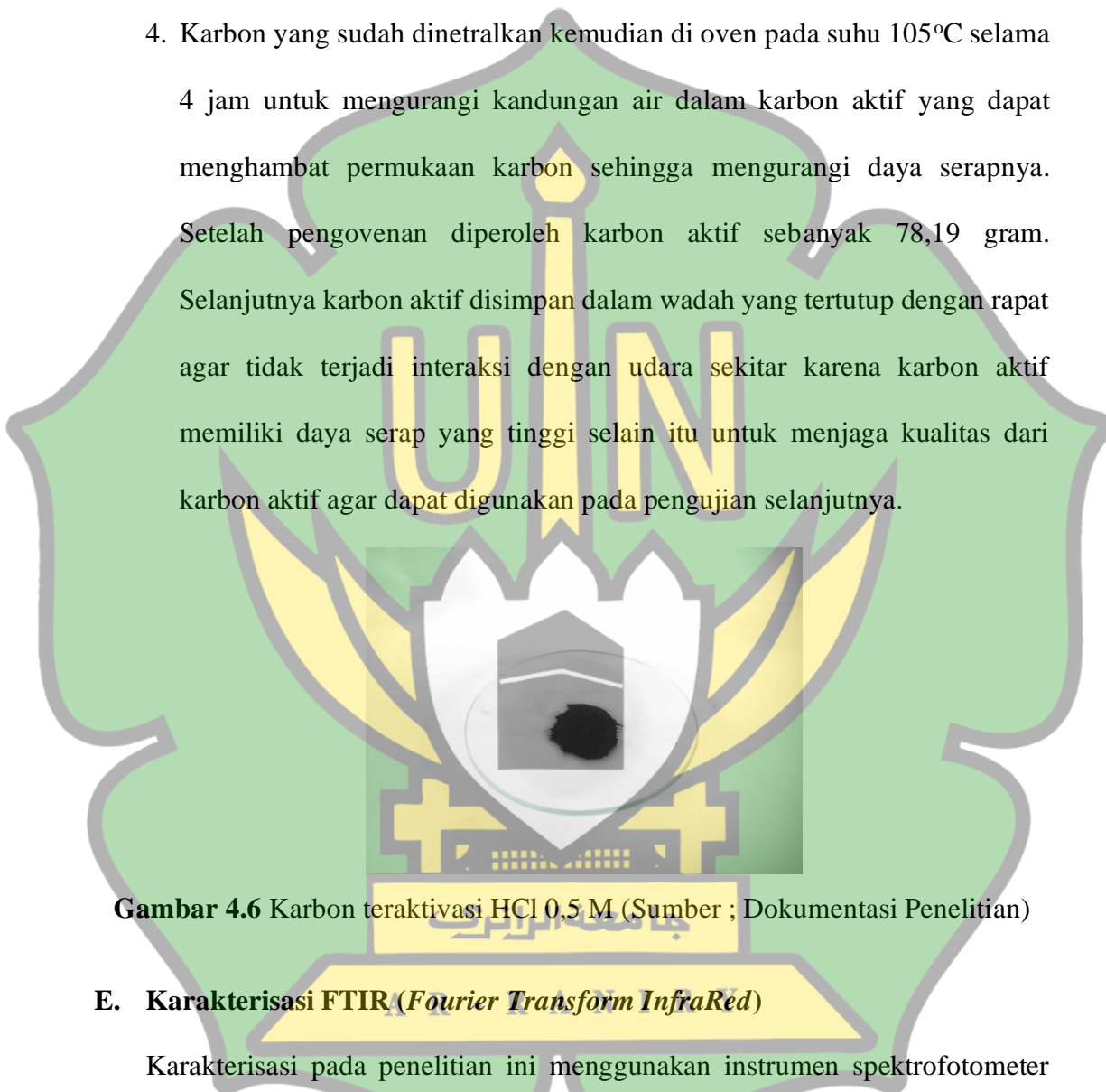
1. Mencuci karbon cangkang kelapa sawit menggunakan teknik sokletasi dengan menggunakan aseton. Proses pencucian ini dilakukan untuk membersihkan kandungan lemak yang melekat pada karbon cangkang kelapa sawit sehingga dapat meningkatkan nilai kapasitansi dari karbon (Alif dkk., 2017). Proses sokletasi dilakukan menggunakan aseton sebanyak 500 mL selama 5 siklus dengan menggunakan hot plate pada titik didih aseton yaitu 56°C. Karbon yang digunakan dalam proses sokletasi ini

sebanyak 80 gram, yang dilakukan dalam dua kali *running*. Tujuannya agar memaksimalkan proses sokletasi karbon. Setelah karbon selesai disokletasi, karbon dimasukkan kedalam desikator untuk pengeringan dari aseton yang membuat karbon menjadi lembap.

2. Karbon hasil sokletasi dimasukkan kedalam aktivator asam kuat yaitu asam klorida (HCl) 0,5 M, proses perendaman ini dilakukan selama 24 jam dan disimpan ditempat yang tidak terpapar sinar matahari. Proses aktivasi ini merupakan tahapan yang sangat penting dalam pembuatan karbon aktif karena melalui proses aktivasi akan meningkatkan daya serap dari karbon aktif yang dapat dilihat dari kemampuan penyerapan dan luas permukaan yang terbentuk. Aktivasi akan mempengaruhi sifat-sifat dari karbon aktif baik secara kimia maupun fisika. Hal itu disebabkan oleh penghilangan gas-gas, air dan hidrogen pada permukaan karbon sehingga fisik karbon berubah. Keberhasilan aktivator dalam proses aktivasi ditandai dengan rendahnya kadar air dalam karbon aktif karena aktivator akan mengikat molekul air yang ada dalam bahan dan akan terlepas dari bahan baku karbon selama karbonisasi (Dewi dkk., 2021).
3. Tahap selanjutnya yaitu proses penetralan karbon yang sudah teraktivasi dengan mencuci karbon menggunakan aqua dm, penetralan dilakukan untuk membersihkan sisa-sisa klorida yang masih menempel di karbon. Sebelum di cuci menggunakan aqua dm diuji terlebih dahulu pH dari karbon tersebut menggunakan pH indikator universal dan diperoleh pH-nya 1. Proses penetralan dilakukan dengan cara merendam karbon kedalam aqua dm dan

disaring menggunakan kertas saring. Kondisi ini dilakukan secara berulang hingga pH-nya turun menjadi pH 6.

4. Karbon yang sudah dinetralkan kemudian di oven pada suhu 105°C selama 4 jam untuk mengurangi kandungan air dalam karbon aktif yang dapat menghambat permukaan karbon sehingga mengurangi daya serapnya. Setelah pengovenan diperoleh karbon aktif sebanyak 78,19 gram. Selanjutnya karbon aktif disimpan dalam wadah yang tertutup dengan rapat agar tidak terjadi interaksi dengan udara sekitar karena karbon aktif memiliki daya serap yang tinggi selain itu untuk menjaga kualitas dari karbon aktif agar dapat digunakan pada pengujian selanjutnya.

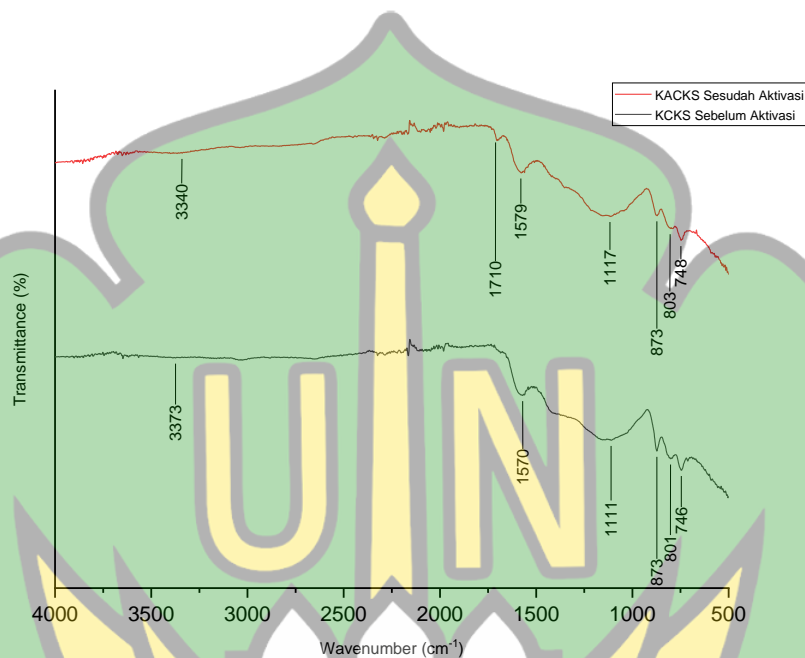


Gambar 4.6 Karbon teraktivasi HCl 0,5 M (Sumber ; Dokumentasi Penelitian)

E. Karakterisasi FTIR (*Fourier Transform InfraRed*)

Karakterisasi pada penelitian ini menggunakan instrumen spektrofotometer *Fourier Transform InfraRed* (FTIR). FTIR adalah metode semi kuantitatif yang digunakan untuk membedakan keasaman Lewis dan Bronsted sehingga diperoleh jumlah asam dengan menggunakan molekul gas (Kasih dkk., 2020). Karakterisasi menggunakan FTIR akan menunjukkan jenis ikatan dan gugus fungsi yang terdapat

pada karbon sebelum dan sesudah aktivasi. Hasil karakterisasi karbon aktif dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Spektra FTIR Karbon Cangkang Kelapa Sawit

Tabel 4.1 Pita serapan khas FTIR dari Karbon Cangkang Kelapa Sawit

Panjang Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsional
Karbon tanpa aktivasi	Karbon teraktivasi HCl	
746 cm ⁻¹ 801 cm ⁻¹	748 cm ⁻¹	=CH <i>bending</i>
873 cm ⁻¹	873 cm ⁻¹	=CH <i>bending</i> dari <i>alkene</i>
1111 cm ⁻¹	1117 cm ⁻¹	C-O <i>Stretching</i>
1570 cm ⁻¹	1579 cm ⁻¹	C=C <i>Aromatic</i>
1710 cm ⁻¹	-	C-O <i>Aromatic</i>
3373 cm ⁻¹	3340 cm ⁻¹	O-H <i>Stretching</i>

Berdasarkan gambar 4.7 dan Tabel 4.1 menginterpretasikan bahwa terdapat beberapa serapan khas yang dimiliki oleh karbon cangkang kelapa sawit sebelum dan sesudah aktivasi. Seperti dapat dilihat pada grafik dan tabel diatas terjadi modifikasi permukaan pada karbon sesudah aktivasi yang ditandai dengan pergeseran bilangan gelombang sehingga adanya peningkatan gugus fungsi

(Achmad dkk., 2021). Pada karbon sebelum aktivasi terdapat pita serapan dengan bilangan gelombang 3373 cm^{-1} , namun pada karbon yang telah teraktivasi terjadi pergeseran bilangan gelombang menjadi 3340 cm^{-1} yang terindikasi sebagai O-H *stretching* yang merupakan gugus fungsi alkohol (Taufik dkk., 2021). Selain itu juga diperkuat dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1117 cm^{-1} yang menandakan adanya vibrasi C-O dari OH sekunder (Wibowo dkk., 2011). Gugus fungsi OH tersebut dikategorikan sebagai gugus fungsi OH kuat karena berada pada rentang bilangan gelombang $3000\text{-}3400\text{ cm}^{-1}$. Pada bilangan gelombang 1710 cm^{-1} terdapat gugus C=O yang merupakan pita serapan dari karbon yang telah teraktivasi berupa karbonil yang teridentifikasi sebagai karboksilat (Guo dkk., 2005).

Pada karbon sebelum teraktivasi terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 1570 cm^{-1} , pada daerah serapan tersebut terdapat juga serapan oleh karbon yang telah teraktivasi yaitu pada bilangan gelombang 1579 cm^{-1} . Daerah rentang tersebut diduga terdapat ikatan C=C *aromatic* yang berada rentang bilangan gelombang $1558\text{-}1580\text{ cm}^{-1}$, hal ini sekaligus membuktikan bahwa proses karbonisasi dan juga aktivasi dapat meningkatkan senyawa aromatik yang merupakan penyusun struktur bentuk heksagonal dari karbon sebelum dan sesudah aktivasi (Wibowo dkk., 2011).

Pada bilangan gelombang $1300\text{-}900\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus fungsi C-O *stretching*, serapan tersebut teridentifikasi pada karbon sebelum aktivasi yaitu pada pita serapan 1111 cm^{-1} dan 1117 cm^{-1} pada karbon setelah teraktivasi (Shafeeyan dkk., 2010). Terdapat serapan yang sama pada bilangan gelombang 873

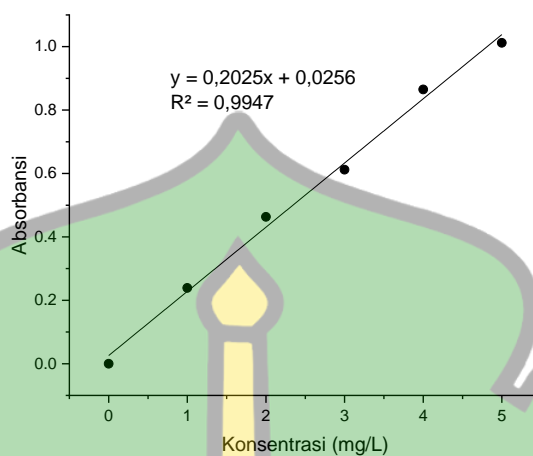
cm^{-1} yang teridentifikasi sebagai $=\text{CH}$ *bending* dari *alkena*. Pada rentang bilangan gelombang 810-770 cm^{-1} teridentifikasi adanya C-H bonding dari hemiselulosa, yang terdapat dua pita serapan karbon sebelum aktivasi yaitu pada bilangan gelombang 746 cm^{-1} dan 801 cm^{-1} dan pada karbon setelah aktivasi terdeteksi pergeseran bilangan gelombang di sekitar 746 dan 803 cm^{-1} .

Berdasarkan pita serapan yang diperoleh dari spektra karbon cangkang kelapa sawit sebelum dan setelah aktivasi dihasilkan beberapa pola serapan yang dihasilkan dengan jenis ikatan OH, C-H, C-O, dan C=C, perlu diketahui juga bahwa keberadaan ikatan OH dan C-O menginterpretasikan bahwa karbon bersifat polar (Wibowo dkk., 2011). Selain itu juga dapat disimpulkan bahwa terjadinya peningkatan, pengurangan dan pergeseran bilangan gelombang yang mengakibatkan terjadinya perubahan gugus fungsi dan pembentukan senyawa baru diasumsikan karena karbonisasi dengan suhu yang tinggi (Wibowo dkk., 2011).

F. Uji Daya Serap Zat Warna Metilen Biru

1. Pembuatan Kurva Standar Larutan Metilen Biru

Pembuatan kurva standar metilen biru dilakukan dengan cara mengukur absorbansi larutan metilen biru menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis pada konsentrasi 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm pada panjang gelombang 664 nm, sehingga diperoleh kurva standar pada Gambar 4.8:



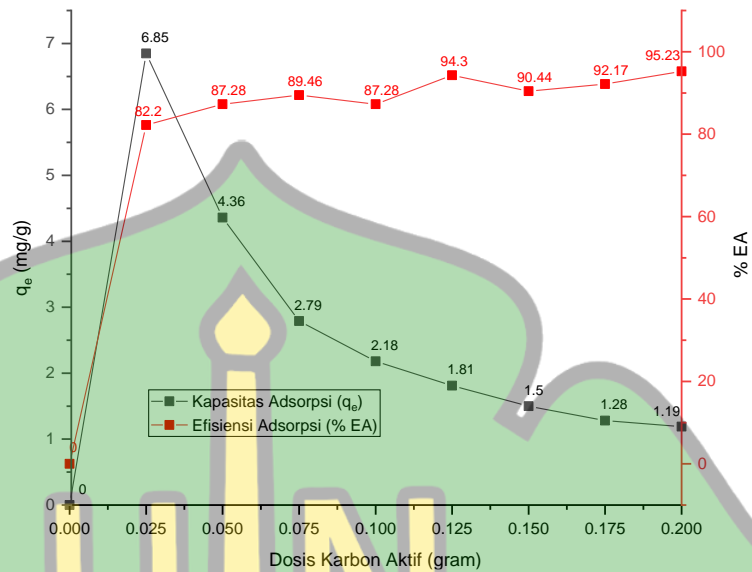
Gambar 4.8 Kurva standar larutan metilen biru

Gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai koefisien korelasi (R^2) adalah 0,9947 sehingga memenuhi syarat dari suatu kurva standar yaitu $0,9 < R^2 < 1$ (Fitriansyah dkk., 2021). Kurva standar digunakan sebagai acuan untuk mengetahui nilai perbedaan dari pembacaan alat dengan membandingkan nilai standar, sehingga dapat menjamin data yang benar dan valid.

2. Pengaruh Konsentrasi Kapasitas Adsorpsi (q_e) dan Persentase Efisiensi Adsorpsi (%EA)

a) Perhitungan Dosis Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Sebelum melakukan pengujian kapasitas adsorpsi dan persentase adsorpsi terlebih dahulu dilakukan pengujian dosis karbon aktif untuk mengetahui seberapa banyak karbon aktif yang baik digunakan untuk proses adsorpsi. Pada penelitian ini diuji beberapa variasi dosis karbon aktif yaitu pada rentang 0,01 sampai j0,20 gram untuk menyerap zat warna metilen biru 10 ppm. Data hasil pengujian dosis dapat dilihat pada Gambar 4.9:



Gambar 4.9 Pengaruh Dosis Karbon Aktif Terhadap Daya Adsorpsi Karbon Aktif

Gambar 4.9 menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis karbon aktif yang digunakan maka semakin meningkat efisiensinya, hal ini terjadi karena situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben yang dosisnya tinggi mampu menyerap lebih banyak adsorbat (Rais Nur Latifah, 2014). Berdasarkan grafik diatas dapat diamati bahwa EA terendah pada dosis 0,025 gram karbon aktif yaitu 82,2% dan EA tertinggi pada dosis 0,20 gram karbon aktif yaitu 95,23%. Pada rentang dosis 0,025 gram hingga 0,20 gram grafik yang diperoleh untuk efisiensi adsorpsinya konstan, namun pada beberapa dosis terjadi penurunan adsorpsi yang cenderung sedikit. Berdasarkan data tersebut dapat menunjukkan bahwa grafik efisiensi adsorpsi konstan naik pada rentang 0,025 gram-0,075 gram dan rentang 0,15 gram-0,20 gram.

Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa kapasitas adsorpsi menurun jika dosis karbon aktif ditambahkan. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak dosis karbon aktif dalam adsorbat maka semakin banyak situs aktif yang dapat menampung

adsorbat. Dari grafik diatas dapat diamati bahwa pada rentang 0,025 gram-0,20 gram kapasitas adsorpsi turun secara konstan mulai dari kapasitas adsorpsi 6,85 mg/g-1,19 mg/g. Dapat diamati juga pada rentang 0,025 gram-0,075 gram terjadi penurunan nilai Q_e yang jaraknya panjang yaitu 6,89 mg/g-2,79 mg/g. Penurunan nilai Q_e juga terjadi pada rentang 0,10 gram-0,20 gram secara konstan dengan nilai Q_e adalah 2,18 mg/g-1,19 mg/g. Penurunan kapasitas adsorpsi dengan peningkatan dosis dapat dianggap berasal dari fakta bahwa beberapa situs aktif tetap tak jenuh selama proses (Rais Nur Latifah, 2014). Untuk menentukan dosis optimum dapat dilihat berdasarkan efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi yang konstan.

Dari gambar 4.9 kita dapat menentukan bahwa dosis optimal yang dapat digunakan untuk zat warna metilen biru dengan konsentrasi 10 ppm yaitu 0,15 gram karena efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsinya berdasarkan grafik cenderung kondisi lebih kosntan. Kondisi ini juga terjadi pada rentang dosis selanjutnya, namun perlu pertimbangan atas banyaknya dosis yang digunakan akan menyebabkan karbon aktif terpakai dalam jumlah besar serta dapat menghemat biaya penelitian.

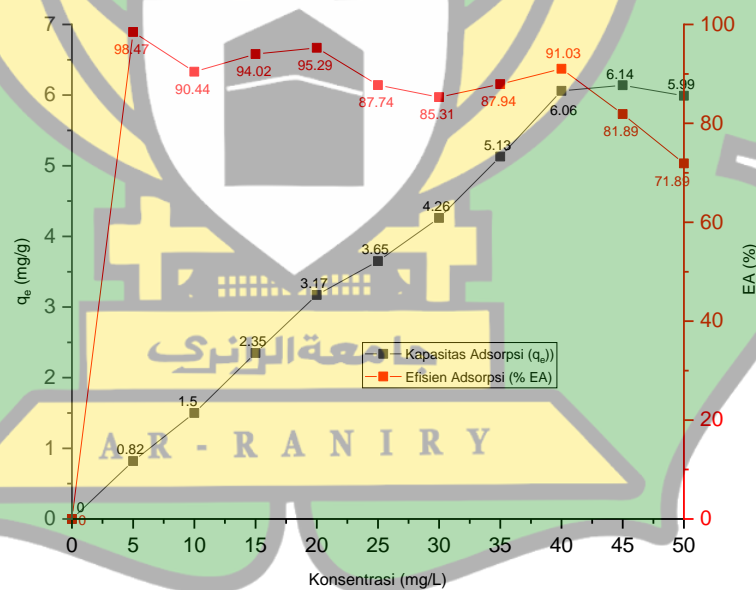


Gambar 4.10 (a) Larutan Metilen Biru 10 ppm; (b) Filtrat hasil adsorpsi pada dosis optimum

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa filtrat hasil adsorpsi menjadi lebih bening dan menandakan bahwa efisiensi adsorpsi dan kapasitas adsorpsi nya tinggi.

b) Pengaruh Konsentrasi terhadap Kapasitas Adsorpsi (Q_e) dan Efisiensi Adsorpsi (%EA)

Pengaruh konsentrasi terhadap kapasitas dan efisiensi adsorpsi pada penelitian ini dapat diketahui dengan cara memvariasikan konsentrasi pada rentang 5-50 ppm untuk memperoleh konsentrasi optimum. Data kapasitas dan efisiensi adsorpsi dari karbon aktif cangkang kelapa sawit pada variasi konsentrasi dapat dilihat pada grafik pada Gambar 4.11. Gambar 4.11 menginterpretasikan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi menyebabkan menurunnya efisiensi adsorpsi karena situs aktif yang ada pada karbon aktif telah jenuh. Hal tersebut terjadi karena kemampuan adsorben untuk menyerap adsorbat sudah maksimum (Sastrawidana, 2022).

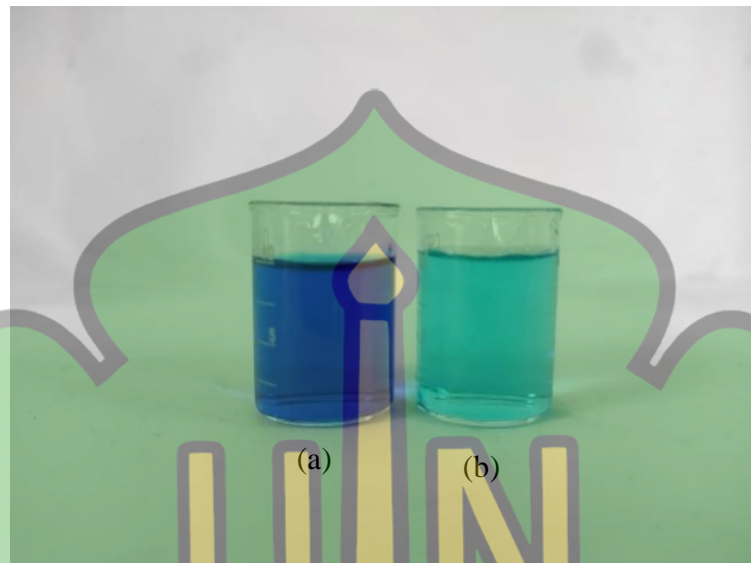


Gambar 4.11 Pengaruh Konsentrasi Adsorbat Terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Efisiensi Adsorpsi

Berdasarkan kurva diatas dapat diamati bahwa pada konsentrasi awal yaitu 5 ppm untuk EA diperoleh masih tinggi yaitu 98,47% lalu selanjutnya pada titik konsentrasi 50 ppm EA cenderung turun hingga 71,89%. Grafik diatas juga

menunjukkan bahwa pada rentang konsentrasi 5-50 ppm penurunan EA pada beberapa titik tidak konstan, namun EA nya masih di atas 90% hingga konsentrasi 40 ppm. Hal tersebut mengindikasikan bahwa konsentrasi dosis 0,15 gram karbon aktif masih mampu mengimbangi jumlah adsorbat hingga konsentrasi 40 ppm.. Namun, pada konsentrasi di atas 40 ppm, EA turun drastis yang disebabkan oleh kejenuhan adsorben dalam menyerap adsorbat. Hal tersebut terjadi karena situs aktif pada permukaan adsorben telah jenuh untuk menyerap molekul adsorbat seiring dengan bertambahnya konsentrasi adsorbat (Sastrawidana, 2022).

Dari gambar 4.11 dapat dilihat grafik kapasitas adsorpsi yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi adsorbat maka semakin meningkat kapasitas adsorpsi adsorben. Hal tersebut terjadi karena banyaknya serapan adsorbat yang dapat ditampung di situs aktif. Dapat dilihat pada konsentrasi 5 ppm dengan q_e 0,82 mg/g yang menandakan bahwa semakin rendah konsentrasi adsorbat maka akan ada situs aktif yang masih kosong pada permukaan adsorben (Wahab dkk., 2010). Pada rentang konsentrasi 5-45 ppm nilai q_e terus meningkat secara konstan dengan jarak 0,82 mg/g-6,14 mg/g. Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa seiring bertambahnya konsentrasi adsorbat maka situs aktif yang berada pada permukaan adsorben terus terisi. Namun, pada konsentrasi 50 ppm nilai q_e turun menjadi 5,99 mg/g. Hal tersebut bahwa situs aktif mulai mengalami kejenuhan dalam menyerap adsorbat atau situs aktif telah terisi dengan maksimum sehingga kapasitas adsorpsinya turun. Penentuan konsentrasi optimum dilihat berdasarkan parameter efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang optimal.

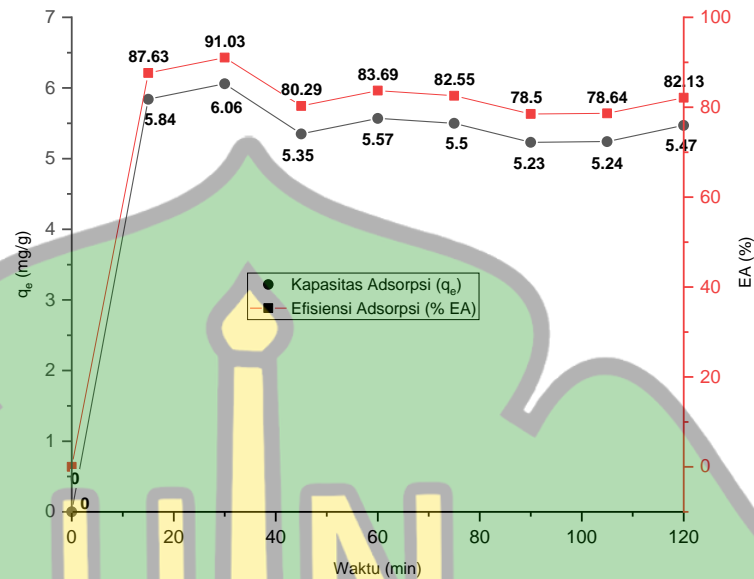


Gambar 4.12 (a) Larutan metilen biru 40 ppm; (b) Filtrat hasil adsorpsi konsentrasi optimum

Berdasarkan grafik tersebut dapat diamati bahwa pada konsentrasi 40 ppm memiliki nilai efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang optimal, sehingga dapat dinyatakan bahwa konsentrasi optimum berada pada 40 ppm. Gambar 4.12 menunjukkan perbandingan warna larutan metilen biru dan filtrat hasil adsorpsi pada konsentrasi optimum.

c) Pengaruh Waktu Kontak terhadap Kapasitas Adsorpsi (q_e) dan Persentase Efisiensi Adsorpsi (%EA)

Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi pada penelitian ini dilakukan dengan cara memvariasikan waktu kontak dalam rentang 0-120 menit dengan selang waktu 15 menit. Grafik hasil pengujian waktu kontak dapat dilihat pada gambar 4.13

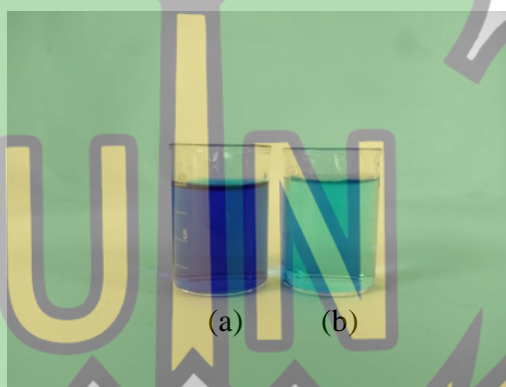


Gambar 4.13 Pengaruh waktu kontak terhadap Kapasitas Adsorpsi (q_e) dan Efisiensi Adsorpsi (%EA)

Gambar 4.13 menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin rendah kapasitas dan efisiensi adsorpsi karbon aktif. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa peningkatan yang signifikan hanya terjadi pada waktu kontak ke 15 sampai 30 menit sedangkan pada waktu kontak di atas 30 menit, baik EA dan q_e mengalami penurunan. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa pada menit ke-15 dengan EA sebesar 87,63% dan q_e sebesar 5,84 mg/g sedangkan pada menit ke-120 memiliki nilai EA sebesar 82,13% dan q_e sebesar 5,57 mg/g. Pada menit ke-30 terjadi peningkatan EA sebesar 91,03 dan q_e sebesar 6,06 mg/g sehingga pada waktu kontak ini memiliki nilai EA dan q_e paling tinggi. Selanjutnya pada menit ke-45 terjadi penurunan EA yaitu 80,29% dan q_e nya 5,35 mg/g, namun pada waktu kontak 60 menit terjadi peningkatan EA dan Q_e yaitu 83,69% dan 5,57 mg/g.

Grafik diatas menunjukkan bahwa pada menit ke-60 untuk efisiensi dan kapasitas adsorpsinya sudah konstan, namun dapat dilihat juga bahwa pada menit ke-30 memiliki efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi. Maka untuk

menentukan waktu kontak tersebut dapat mempertimbangkan efisien waktu yang dapat digunakan untuk adsorpsi sehingga waktu kontak 30 menit lebih ideal untuk dijadikan sebagai waktu kontak optimum untuk menghemat waktu pengerjaan. Gambar 4.14 dibawah ini merupakan larutan metilen biru dan filtrat hasil adsorpsi pada waktu kontak optimum.



Gambar 4.14 (a) Larutan metilen biru 40 ppm; (b) Filtrat hasil adsorpsi pada waktu kontak 30 menit (Sumber : Dokumentasi Penelitian)

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kinerja karbon aktif kulit durian pada penelitian ini tergolong sangat baik, karena nilai %EA nya lebih tinggi dari beberapa penelitian lain.

Tabel 4.2 Perbandingan efisiensi adsorpsi dengan penelitian yang relevan

No.	Bahan Aktivasi	Lama Aktivasi	Efisiensi Adsorpsi (%EA)/Kapasitas Adsorpsi (Q_e)	Referensi
1.	HCl	24 Jam	91,03%	Penelitian ini
2.	CaOH	3 Jam	82,2%	(Low dkk., 2021)
3.	Aktivasi Fisika 900°C	24 Jam	111 mg/g	(Guo dkk., 2005)
4.	Aktivasi Hidrotermal NaOH, suhu 900°C	90 Menit	199,20 mg/g	(Khanday dkk., 2017)
	Oven microwave dengan intensitas	10 menit	97%	(Zaini dkk., 2014)

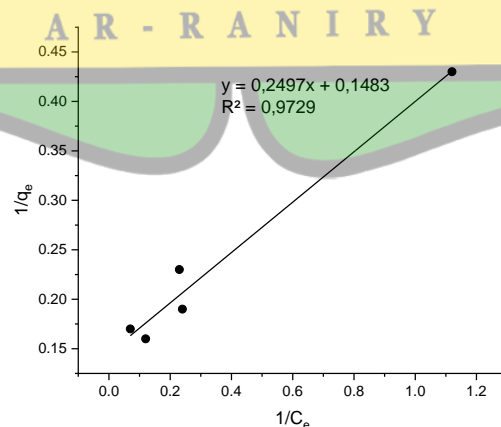
	daya 70% selama dan ZnCl			
	KOH 0,5 N	1 Jam	53,08%	(Ristianingsih dkk., 2022)

3. Penentuan Model Isotherm Adsorpsi

Analisis isotherm adsorpsi sangat penting untuk desain suatu sistem adsorpsi. Isotherm adsorpsi menjelaskan bagaimana molekul adsorbat berinteraksi dengan permukaan adsorben pada kondisi kesetimbangan. Pada penelitian ini digunakan 3 model isotherm untuk melihat model yang sesuai pada adsorpsi zat warna metilen biru dengan karbon aktif cangkang kelapa sawit. Adapun model isotherm yang digunakan adalah Model Langmuir, Freundlich dan Temkin dengan membandingkan nilai koefisien relasinya (R^2) yang mendekati nilai 1.

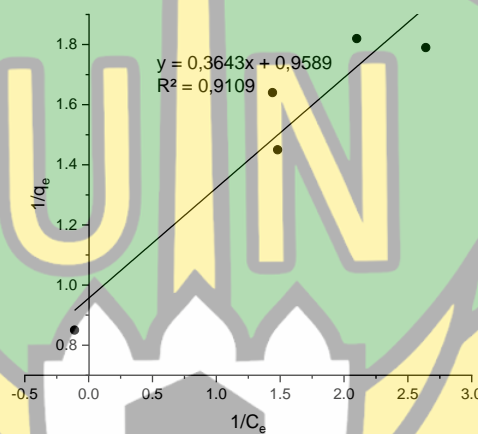
Model isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben akan mengadsorpsi molekul adsorbat sehingga terjerap pada permukaan tunggal (*monolayer*) (Saraswati dkk., 2022). Adsorpsi yang terjadi secara homogen dengan afinitas molekul akan terikat dalam jumlah yang sama untuk setiap lokasi dan tidak dapat berpindah-pindah (Prastika & Alamsah, 2022).

Grafik model isotherm Langmuir dapat dilihat pada gambar 4.15



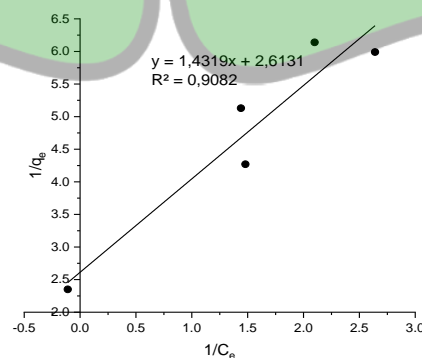
Gambar 4.15 Model Isotherm Langmuir

Isoterm Freundlich menduga bahwa adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben secara fisika (Prastika & Alamsah, 2022). Adsorpsi pada persamaan Freundlich terjadi secara heterogen karena berlansung dalam dua lapisan (*multilayer*). Hal itu terjadi karena tidak semua permukaan adsorben memiliki kemampuan daya serap yang sama (Kasih dkk., 2020). Grafik model isotherm Freundlich dapat dilihat pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Isoterm Freundlich

Isoterm Temkin mengasumsikan bahwa adsorpsi terjadi secara kimia dan berlansung pada permukaan ganda (*multilayer*). Persamaan dari Temkin mirip dengan persamaan Freundlich karena keduanya tidak adanya hukum Henry yang berlaku untuk konsentrasi rendah dan kapasitas untuk konsentrasi yang tinggi (Ismadji dkk., 2021). Gambar 4.17 merupakan grafik dari model isotherm Temkin.



Gambar 4.17 Isoterm Temkin

Dari penjelasan dan grafik diatas dapat disimpulkan data dari ketiga model isotherm yang digunakan pada adsorpsi karbon aktif cangkang kelapa sawit pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Parameter adsorpsi dari ketiga model isotherm yang digunakan

Koefisien	Keterangan	Nilai
Langmuir		
K_L (L/mg)	Konstanta isotherm Langmuir	0,5939
q_m (mg/g)	Kapasitas adsorpsi maksimum model Langmuir	6,7430
R_L	Sifat adsorpsi	0,00
R^2	Koefisien korelasi	0,9729
Freundlich		
K_F (L/g)	Konstanta model Freundlich	9,0970
N	Faktor heterogenitas model Freundlich	2,7449
R^2	Koefisien korelasi	0,9109
Temkin		
K_T (L/mg)	Kapasitas ikatan equilibrium	6,2022
B	Konstanta energi isotherm Temkin konstan	1,4319
R^2	Koefisien korelasi	0,9082

Berdasarkan tabel 4.4 dapat diamati bahwa nilai koefisien korelasi masing-masing model isotherm yaitu 0,9729 dari model isotherm Langmuir, 0,9109 dari isotherm Freundlich dan 0,9082. Dari ketiga nilai koefisien korelasi yang mendekati 1 adalah 0,9729 dari model isotherm Langmuir. Hal tersebut mendefinisikan bahwa proses adsorpsi terjadi secara kemisorpsi atau secara kimia pada satu lapisan diatas permukaan adsorben dengan suhu konstan (Miri & Narimo, 2022). Model isotherm Langmuir memberikan definisi bahwa kapasitas adsorben maksimum terjadi pada *monolayer* adsorbat di permukaan adsorbat, dimana setiap satu situs aktif memegang satu molekul adsorbat.

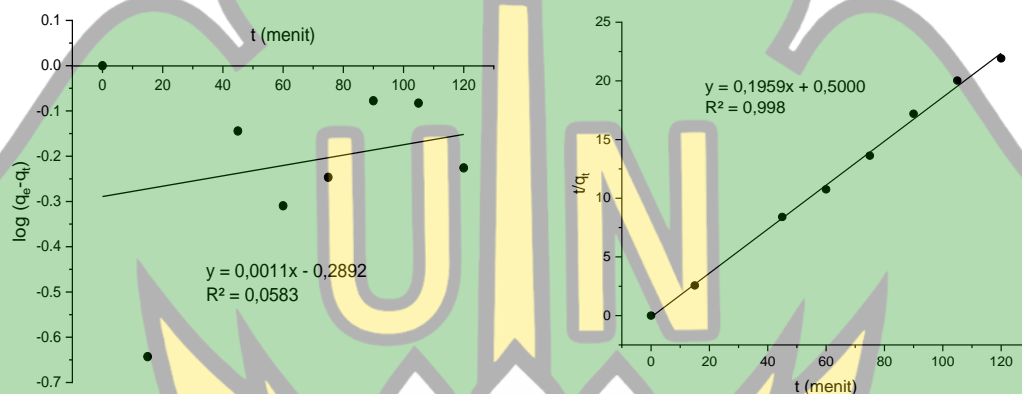
Berdasarkan persamaan regresi linear dari model isotherm Langmuir yaitu $y = 0,2497x + 0,2892$, dapat dihitung nilai q_{maks} dan konstanta Langmuir (K_L). Nilai

q_{maks} dapat mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum yang lebih tinggi dapat diperoleh pada luas permukaan karbon aktif dan volume pori besar. Semakin tinggi nilai q_{maks} maka semakin besar pula kapasitas adsorpsi (Miri & Narimo, 2022). Untuk menghitung nilai q_{maks} digunakan persamaan $q_{maks} = 1/\text{intersep}$ sehingga diperoleh nilainya sebesar 6,74 mg/g. Selanjutnya harga konstanta Langmuir menggambarkan seberapa kuat permukaan adsorben dapat menarik molekul adsorbat. Untuk menghitung nilai konstanta Langmuir ditentukan menggunakan persamaan $\text{slope} = 1/K_L \cdot q_{maks}$ sehingga diperoleh harga konstanta Langmuir sebesar 0,59 mg/g. Harga konstanta Langmuir yang tinggi, membuat molekul adsorbat akan semakin mudah terserap sehingga pada permukaan adsorben akan lebih tertutupi oleh molekul-molekul adsorbat. Namun, harga konstanta yang rendah menyebabkan molekul adsorbat akan sulit teradsorpsi pada permukaan adsorben serta kurva isoterm akan mendekati linear (Ismadji dkk., 2021). Kemudian untuk menentukan sifat adsorpsi dari isoterm Langmuir (R_L) digunakan persamaan $R_L = 1/1 + C_i \cdot K_L$ sehingga diperoleh nilainya sebesar 0,00 sehingga dapat dinyatakan bahwa sifat adsorpsinya berlansung secara *non-reversibel* atau tidak terjadi reaksi bolak balik yaitu adsorpsi dan desorpsi secara bersamaan karena ($R_L = 0$) (Ismadji dkk., 2021).

4. Penentuan Kinetika Adsorpsi

Kinetika reaksi menunjukkan terjadinya proses penyerapan adsorbat oleh adsorbat berdasarkan fungsi waktu. Pada kinetika reaksi, laju adsorpsi menggambarkan karakteristik kemampuan kecepatan penyerapan dari adsorben terhadap adsorbat (Meila Anggriani dkk., 2021). Laju reaksi didefinisikan sebagai

perubahan konsentrasi reaktan atau produk setiap perubahan waktu. Waktu kontak menjadi salah satu faktor yang penting dalam proses adsorpsi. Untuk mengetahui mekanisme laju adsorpsi, konstanta kecepatan reaksi adsorpsi kimia digunakan kinetika model pseudo orde satu dan pseudo orde dua yang dihitung dengan menggunakan $\log(q_e - q_t)$ terhadap t dan $1/q_t$ terhadap t .



Gambar 4.18 (a) Pseudo orde satu; (b) Pseudo orde dua

Tabel 4.4 Model Kinetika untuk Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit

No.	Model Kinetika	Parameter	Nilai
1	Pseudo Orde 1	q_e	1,9462
		K_1	$9,16667 \times 10^{-6}$
		R^2	0,0583
2	Pseudo Orde 2	q_e	5,1046
		q_e^2	26,0569
		K_2	0,0767
		R^2	0,998

Dari gambar 4.18 (a) dapat dilihat bahwa persamaan garis yang diperoleh dari regresi linear adalah $y = 0,0011x + 0,2892$ dengan $R^2 = 0,0583$ untuk model pseudo orde satu dan (b) model pseudo orde dua didapatkan dari linearisasi adalah $y = 0,1874x + 0,1366$ dengan $R^2 = 0,998$. Parameter untuk menentukan model yang sesuai berdasarkan harga R^2 paling tinggi (Anggriani dkk., 2021). Dari kedua model pseudo orde reaksi tersebut terlihat perbedaan nilai koefisien determinasi (R^2)

menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan, dimana nilai koefisien determinasi yang paling tinggi adalah model pseudo orde dua. Sehingga dapat dinyatakan bahwa kinetika adsorpsi metilen biru pada karbon aktif cangkang kelapa sawit sesuai dengan model pseudo orde dua. Model pseudo orde dua mendefinisikan bahwa persamaan laju reaksi dipengaruhi oleh adsorpsi secara kimia antara adsorben dengan adsorbat melalui pertukaran elektron sehingga melibatkan ikatan valensi (Aulia dkk., 2021). Berdasarkan persamaan regresi linear yang terdapat pada grafik, maka dapat dihitung harga q_e dari rumus $1/slope$ sehingga diperoleh nilai q_e sebesar 5,10 mg/g. Kemudian juga dapat dihitung nilai q_e^2 yang diperoleh dari dua kali nilai q_e yaitu sebesar 26,01 mg/g².

Untuk melihat kecepatan laju adsorpsi digunakan parameter berdasarkan pada nilai konstanta (K), semakin kecil nilai K maka adsorpsi akan berlangsung semakin cepat (Anggriani dkk., 2021). Nilai konstanta pada model pseudo orde kedua diperoleh melalui perhitungan nilai $intercept = 1/K_2 q_e$ diubah menjadi $K_2 = 1/intercept \times q_e^2$, setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai konstanta model pseudo orde dua sebesar 0,07 m⁻¹. Hal ini sesuai dengan penelitian menggunakan adsorben tempurung kelapa sawit untuk mengadsorpsi adsorbat zat warna *Reactive Red* dan *Direct Blue* berlaku model kinetika pseudo orde kedua dengan nilai koefisien determinasinya (R^2) = 0,822 pada konsentrasi 50 ppm dan (R^2) sebesar 0,997 pada konsentrasi 100 ppm, dan untuk zat warna *Direct Blue* nilai (R^2) berturut-turut adalah 0,995 untuk 50 ppm dan 0,998 untuk 100 ppm (Sari dkk., 2017).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit dikarbonisasi pada suhu optimum 500°C dan waktu kontak optimum selama 4 jam dengan parameter kadar abu masing-masing 0,8% dan 4,9%.
2. Uji daya serap karbon aktif cangkang kelapa sawit terhadap zat warna metilen biru menggunakan dosis optimum 0,15 gram, konsentrasi optimum 40 ppm dan waktu kontak optimum 30 menit dengan efisiensi adsorpsi sebesar 91,03% dan kapasitas adsorpsi sebesar 6,06 mg/g.
3. Adsorpsi karbon aktif cangkang kelapa sawit terhadap zat warna metilen biru mengikuti model isotherm Langmuir dan kinetika pseudo orde dua.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian sintesis dan karakterisasi karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit (*elaeis guineensis Jacq.*) sebagai adsorben zat warna metilen biru, maka peneliti memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Melakukan studi lebih lanjut tentang karbon aktif seperti analisis morfologi menggunakan instrument BET (*Brunauer-Emmett-Teller*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk melihat pori-pori yang terbentuk dari karbon aktif
2. Melakukan aktivasi dengan aktivator lain untuk melihat perbandingan hasil adsorpsi dari setiap aktivator yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R., Fauziah, S., & Zakir, M. (2021). Pembuatan Dan Modifikasi Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit (*cocos nucifera l.*) sebagai Adsorben Metilen Biru (Preparation And Modification Of Activated Carbon From Palm Oil (*Cocos nucifera L.*) as adsorbent of blue methylene). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3(2), 1. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v3i2.46309>
- Aisyahlika, S. Z., Firdaus, M. L., & Elvia, R. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) Terhadap Zat Warna Sintesis Reactive RED-120 Dan Reactive BLUE-198. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 148–155.
- Alif, A., Tetra, O. N., Aziz, H., & Defri, H. (2017). Pengaruh Perlakuan Sokletasi Dan Aktivator Koh Terhadap Kinerja Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Elektroda Superkapasitor. 5(2), 38–43.
- Arami-Niya, A., Wan Daud, W. M. A., S. Mjalli, F., Abnisa, F., & Shafeeyan, M. S. (2012). Production Of Microporous Palm Shell Based Activated Carbon For Methane Adsorption: Modeling And Optimization Using Response Surface Methodology. *Chemical Engineering Research and Design*, 90(6), 776–784. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2011.10.001>
- Aulia, M., Mahmud, M., & Mu'min, B. (2021). Studi Isoterm Dan Kinetika Adsorpsi Cod (*Chemical Oxygen Demand*) Pada Air Sungai Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin. *Jernih: Jurnal Tugas Akhir Mahasiswa*, 4(2), 23–36. <https://doi.org/10.20527/jernih.v4i2.959>
- Aulia, R., Juliasih, N. L. G. R., & Rinawati, R. (2018). pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari kulit pisang kepok (*musa paradisiaca l.*) Sebagai Adsorben Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Fenantrena. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 3(02), 126–138. <https://doi.org/10.23960/aec.v3.i2.2018.p126-138>
- Batu, M. S., Naes, E., & Kolo, M. M. (2022). Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Sabut Pinang Asal Pulau Timor Sebagai Biosorben Logam Ca Dan Mg Dalam Air Tanah. *Jurnal Integrasi Proses*, 11(1), 21–25.
- Baunsele, A. B., & Missa, H. (2020). Kajian Kinetika Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Adsorben Sabut Kelapa. *Akta Kimia Indonesia*, 5(2), 76–85.
- Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK), Universitas Andalas.
- Dewi, R., Azhari, A., & Nofriadi, I. (2021). Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 12. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i2.3351>
- Donda, Silalahi, M., & Fransisco, Y. (2019). Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit

sebagai Arang Aktif dalam Adsorpsi Minyak Goreng Bekas. *Ready Star*, 2(1), 74–78.

Fitriansyah, A., Amir, H., & Elvinawati, E. (2021). Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif Dari Sabut Pinang (*Areca catechu*) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Indigo SolBlue04-B. *Alotrop*, 5(1), 42–54.
<https://doi.org/10.33369/atp.v5i1.16485>

Ghafar, M., Sari, Nila, M., Kartina, N., Mulyadi, Hidayat, M., & Kurniawati. (2018). Kandungan Karbon Tanah di Kawasan Hutan Sekunder Pegunungan Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 274–280.

Gultom, E. M., & Lubis, M. T. (2014). Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H_3PO_4 Untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(1), 5.

Guo, J., Xu, W. S., Chen, Y. L., & Lua, A. C. (2005). Adsorption of NH_3 onto activated carbon prepared from palm shells impregnated with H_2SO_4 . *Journal of Colloid and Interface Science*, 281(2), 285–290.
<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2004.08.101>

Haji, A. G., Pari, G., Habibati, Amirrudin, & Maulina. (2010). Kajian Mutu Hasil Pirolisis Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Purifikasi*, 11(1), 77–86.

Harahap, H. H., Malik, U., Dewi, R., & Fisika, J. (2014a). Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Menggunakan H_2O sebagai Aktivator untuk Menganalisis Proksimat, Bilangan Iodine dan Rendemen. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau*, 1(2), 189895. <https://www.neliti.com/publications/189895/>

Harahap, H. H., Malik, U., Dewi, R., & Fisika, J. (2014b). Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Menggunakan H_2O sebagai Aktivator untuk Menganalisis Proksimat, Bilangan Iodine dan Rendemen. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau*, 1(2), 189895. <https://www.neliti.com/publications/189895/>

Hartanto, S., & Ratnawati. (2010). Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia. *SAINS MATERI INDONESIA*, 12(1), 12–16.

IBRAHIM, MARTIN, A., & NASRUDIN. (2014). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Berbahan Dasar Cangkang Sawit Dengan Metode Aktivasi Fisika Menggunakan Rotary Autoclave. *Jom FTEKNIK*, 1(2), 1–11.

Ikrima, H., Yelmida, A., & Herman, S. (2020). Isoterm, Termodinamika Dan Kinetika Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Adsorben Serbuk Kulit Udang. *Jom FTEKNIK*, 57(6), 571–573. <https://doi.org/10.2490/jjrmc.57.571>

Ismadji, S., Soetardjo, F. E., Santoso, S. P., Putro, J. N., Yuiana, maria, Hartono, S. B., & Lunardi, V. B. (2021). *Adsorpsi Pada Fase Cair Kesetimbangan*,

Kinetika Dan Termodinamika. <http://www.ukwms.ac.id/>

- Jaya, D. D., & Khair, M. (2020). Pembuatan Karbon Aktif Melalui Karbonisasi Batang Kelapa Sawit. *Chemistry Journal of State University of Padang*, 9(1), 7–10. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia/article/view/108710>
- Kasih, T. S. D., Taufik, M., & Khair, M. (2020). Pembuatan Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Menggunakan Ultrasonik. *Periodic*, 9(2), 60–64.
- Khairil, Irwansyah, Edhy, H. S., & Rizal, S. (2012). Fundamental study on the carbonization characteristics of low rank coal under low temperature and its application on traditional blacksmith. *Advanced Materials Research*, 576, 615–618. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.576.615>
- Khanday, W. A., Asif, M., & Hameed, B. H. (2017). Cross-linked beads of activated oil palm ash zeolite/chitosan composite as a bio-adsorbent for the removal of methylene blue and acid blue 29 dyes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 95, 895–902. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.10.075>
- Khuluk, R. H. (2016). Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera L.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Skripsi*, 1(02), 0–116.
- Kristianingrum, S. (2016). *HANDOUT SPEKTROSKOPI INFRA MERAH (Infrared Spectroscopy, IR)*. 1(1), 1–15.
- Kurniati, E. (2008a). Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8(2), 96–103.
- Kurniati, E. (2008b). Utilization of Palm Oil Shells as Activated Charcoal. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8(2), 96–103.
- Low, A., Chuein, H., Najhan, N., Sherwyn, T., Fatin, N., Mohd, S., Salmi, N., Shima, S., & Shin, A. (2021). Kinetics and equilibrium studies of methylene blue dye adsorption on oil palm frond adsorbent. *Desalination and Water Treatment*, 216, 358–371. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.26795>
- Lubis, R. A. F., Nasution, H. I., & Zubir, M. (2020). Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST)*, 3(2), 67. <https://doi.org/10.24114/ijcst.v3i2.19531>
- Mahmudi, M., Arsad, S., Amelia, M. C., Rohmaningsih, H. A., & Prasetya, F. S. (2020). An Alternative Activated Carbon from Agricultural Waste on Chromium Removal. *Journal of Ecological Engineering*, 21(8), 1–9. <https://doi.org/10.12911/22998993/127431>
- Meila Anggriani, U., Hasan, A., Purnamasari, I., Teknik Kimia, J., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon

Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) Kinetic Adsorption Of Activated Carbon In Decreasing Concentrations Of Copper (Cu) and Lead (Pb) Metals. *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

Miri, N. S. S., & Narimo. (2022). Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 2(2), 58–71. <http://kireka.setiabudi.ac.id>

Mudaim, S. (2021). Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (Aleurites moluccana) dengan Variasi Suhu Karbonisasi. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 5(2), 157–163. <https://doi.org/10.24198/jiif.v5i2.35056>

Mudaim, S., Sahrul, H., & Risdiana. (2021). Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (Aleurites moluccana) dengan Variasi Suhu Karbonisasi. *Jurnal Ilmu Dan Inovasi Fisika*, 5(2), 157–163. <https://doi.org/10.24198/jiif.v5i2.35056>

Najmia, H., Mahreda, E. S., Mahyudin, R. P., & Kissinger, K. (2021). Pemanfaatan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H₃PO₄ untuk Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kondisi pH pada Air Asam Tambang. *EnviroScientiae*, 17(1), 30. <https://doi.org/10.20527/es.v17i1.11351>

Nitsae, M., Solle, H. R. L., Martinus, S. M., & Emola, I. J. (2021). Studi Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Arang Aktif Tempurung Lontar (*Borassus flabellifer L.*) Asal Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kimia Riset*, 6(1), 46–57.

Okwundu, O. S., Aniekwe, E. U., & Nwanno, C. E. (2018). Unlimited Potentials Of Carbon : Different Structures And Uses (A REVIEW) Department Of Chemical And Petrochemical Engineering , *Egypt-Japan University of Science and Technology (E-JUST)*, Egypt . *Department of Chemical Engineering , University of Beni*.

Pane, G. C., & Hamzah, F. (2018). Pemanfaatan Kulit Buah Durian Pada Pembuatan Arang Aktif Dengan Metode Aktivasi Fisika-Kimia Menggunakan Asam Fosfat. *JOM FAPERTA*, 5, 1–14.

Permana, E., Tarigan, I. L., Gusti, D. R., & Lestari, I. (2018). Analisis Mutu Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Larutan Aktifator ZnCl₂. *Jurnal Teknologi*, 12(2), 170–175.

Prastika, A., & Alamsah, I. (2022). Kinetika Adsorpsi Asam Tanat Pada Fotokatalis SiO₂/TiO₂. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(1), 14–22. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i1.1241>

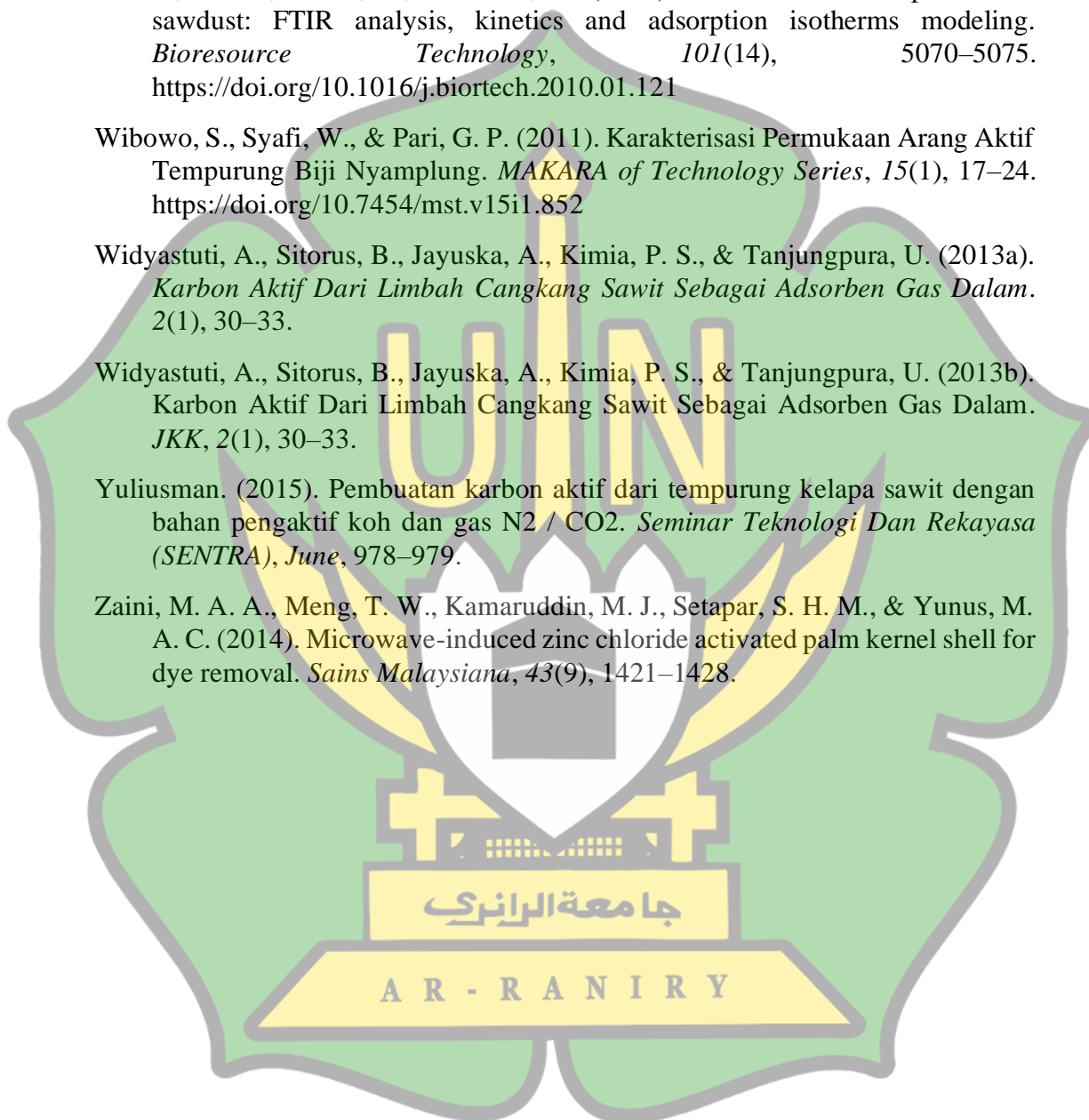
Rahman, T., Fadhlulloh, M. A., Bayu, A., Nandiyanto, D., Mudzakir, A., Kunci, K., Karbon, :, & Metode, A. (2015). Review: Sintesis Karbon Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(3), 120–131.

Rais Nur Latifah, S. R. (2014). Pengaruh pH dan dosis adsorben dari limbah lumpur aktif industri crumb rubber terhadap kapasitas penyerapan ion Cd(II) dan

Zn(II). *Jurnal Litbang Industri*, 2014(2), 73–81.

- Ristianingsih, Y., Lestari, I., & Istiani, A. (2022). Keseimbangan Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Oleh Karbon Aktif Dari Limbah Bunga Jantan Kelapa Sawit Pasca Anthesis Adsorption Equilibrium Of Methylene Blue By Activated Carbon From Post-Anthesis Male Flower Palm Oil Waste. *19*(3), 129–133.
- Saputri, C. A. (2020). Kapasitas Adsorpsi Serbuk Nata De Coco (*Bacterial Sellulose*) Terhadap Ion Pb^{2+} Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Kimia*, *14*(1), 71. <https://doi.org/10.24843/jchem.2020.v14.i01.p12>
- Saraswati, N. L. P. A., Riawan, I. M. O., & Rihi, A. A. (2022). Studi Komparasi Adsorpsi Tiga Jenis Zat Warna Remazol Pada Permukaan Karbon Aktif. *Lantanida Journal*, *10*(1), 1–85.
- Sari, R. A., Firdaus, M. L., & Elvia, R. (2017). Penentuan Keseimbangan, Termodinamika Dan Kinetika Adsorpsi Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit Pada Zat Warna Reactive Red Dan Direct Blue. *ALOTROP*, *1*(1), 10–14.
- Sastrawidana, I. D. K. (2022). Studi Efisiensi dan Isoterm Adsorpsi Remazol Black B Menggunakan Karbon dari Tempurung Kelapa yang Diaktivasi Secara Pirolisis. *Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajarannya*, *16*(1), 1–11.
- Satriyani Siahaan, Melvha Hutapea, & Rosdanelli Hasibuan. (2013). Penentuan Kondisi Optimum Suhu Dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia USU*, *2*(1), 26–30. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1423>
- Shafeeyan, M. S., Daud, W. M. A. W., Houshmand, A., & Shamiri, A. (2010). A review on surface modification of activated carbon for carbon dioxide adsorption. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *89*(2), 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2010.07.006>
- Shreve, R. N. (1977). The Chemical Process Industries. *Industrial Ecology*, 97–115. <https://doi.org/10.4337/9781035303298.00014>
- Sirimuangjinda, A., Atong, D., & Pechyen, C. (2013). Comparison on pore development of activated carbon produced from scrap tire by hydrochloric acid and sulfuric acid. *Advanced Materials Research*, *626*, 706–710. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.626.706>
- Sudradjat, R., Tresnawati, D., & Setiawan, D. (2005). Biji Jarak Pagar (*Manufacture of Activated Charcoal from Jatropha Seed Shell*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, *23*(2), 143–162.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *INFO TEKNIK*, *12*(1), 11–20.
- Taufik, M., Suci, T., Kasih, D., & Khair, M. (2021). Pembuatan Karbon Aktif

- Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Dengan Aktivator Gelombang Microwave. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(1), 40–44.
- Wahab, M. A., Jellali, S., & Jedidi, N. (2010). Ammonium biosorption onto sawdust: FTIR analysis, kinetics and adsorption isotherms modeling. *Bioresource Technology*, 101(14), 5070–5075. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.121>
- Wibowo, S., Syafi, W., & Pari, G. P. (2011). Karakterisasi Permukaan Arang Aktif Tempurung Biji Nyamplung. *MAKARA of Technology Series*, 15(1), 17–24. <https://doi.org/10.7454/mst.v15i1.852>
- Widyastuti, A., Sitorus, B., Jayuska, A., Kimia, P. S., & Tanjungpura, U. (2013a). Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Sawit Sebagai Adsorben Gas Dalam. 2(1), 30–33.
- Widyastuti, A., Sitorus, B., Jayuska, A., Kimia, P. S., & Tanjungpura, U. (2013b). Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Sawit Sebagai Adsorben Gas Dalam. *JKK*, 2(1), 30–33.
- Yuliusman. (2015). Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa sawit dengan bahan pengaktif koh dan gas N₂ / CO₂. *Seminar Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA)*, June, 978–979.
- Zaini, M. A. A., Meng, T. W., Kamaruddin, M. J., Setapar, S. H. M., & Yunus, M. A. C. (2014). Microwave-induced zinc chloride activated palm kernel shell for dye removal. *Sains Malaysiana*, 43(9), 1421–1428.



Lampiran 1 : Surat Keputusan Dekan FTK Tentang Pengangkatan Pembimbing Skripsi

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FTK UIN AR-RANIRY BANDA ACEH
 Nomor: B-5632/Un.08/FTK/Kp.07.6/05/2023

TENTANG:
 PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
 UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FTK UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

- Menimbang** :
- bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi dan ujian munaqasyah mahasiswa pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh maka dipandang perlu menunjuk pembimbing skripsi tersebut yang dituangkan dalam Surat Keputusan Dekan;
 - bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai pembimbing skripsi.
- Mengingat** :
- Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
 - Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;
 - Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
 - Peraturan Pemerintah No. 74 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
 - Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
 - Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013, Tentang Perubahan IAIN Ar-Raniry Banda Aceh Menjadi UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
 - Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, Tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
 - Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry;
 - Keputusan Menteri Agama Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelegasian Wewenang, Pengangkatan, Pemindahan dan pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia;
 - Keputusan Menteri Keuangan Nomor 293/KMK.05/2011 tentang Penetapan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh Pada Kementerian Agama Sebagai Instansi Pemerintah yang Menerapkan Pengelolaan Badan Layanan Umum;
 - Surat Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 01 Tahun 2015, tentang Pendelegasian Wewenang Kepada Dekan dan Direktur Pascasarjana di Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
- Memperhatikan** :
- Keputusan Sidang/Seminar Proposal Skripsi Prodi PKM Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry tanggal 30 Desember 2022.
- Menetapkan** :
- PERTAMA** :
- Menunjuk Saudara:
- Adean Mayasri, M.Sc
 - Muhammad Reza, M.Si
- Untuk membimbing Skripsi:
- Nama : M. Rizki Asyifa
 NIM : 190208036
 Prodi : Pendidikan Kimia
 Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Cangkang Sawit (Elaeis Guineensis Jacq) Sebagai Adsorben Zat Warna Motilen Biru
- KEDUA** : Pembiayaan honorarium pembimbing pertama dan kedua tersebut di atas dibebankan pada DIPA UIN Ar-Raniry Banda Aceh Tahun 2023 Nomor: 025.04.2.423925/2023 tanggal 30 November 2022;
- KETIGA** : Surat Keputusan ini berlaku sampai akhir semester Genap Tahun Akademik 2022/2023;
- KEEMPAT** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan dirubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini.

MEMUTUSKAN

sebagai Pembimbing Pertama
 sebagai Pembimbing Kedua

AR - RANIRY

Ditetapkan di : Banda Aceh
 Pada tanggal : 05 Mei 2023
 An. Rektor



Tembusan

- Rektor UIN Ar-Raniry di Banda Aceh;
- Ketua Prodi PKM Fakultas Tarbiyah dan Keguruan;
- Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan;
- Yang bersangkutan.

Lampiran 2 : Surat Izin Penelitian dari Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN
 Jl. Syeikh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
 Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-179/Un.08/FTK.1/TL.00/01/2023

Lamp : -

Hal : **Penelitian Ilmiah Mahasiswa**

Kepada Yth,

Ka. Prodi TEKNIK KIMIA Universitas Syiah Kuala Banda Aceh

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Pimpinan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **M RIZKI ASYIFA / 190208036**

Semester/Jurusan : / Pendidikan Kimia

Alamat sekarang : Jl. Laks. Malahayati Desa Cadek Kec. Baitussalam Kab. Aceh Besar

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak/Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **Sintesis dan Karakterisasi Limbah Cangkang Sawit (*Elaeis Guinessis Jacq.*) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru**

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 05 Januari 2023

an. Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan,



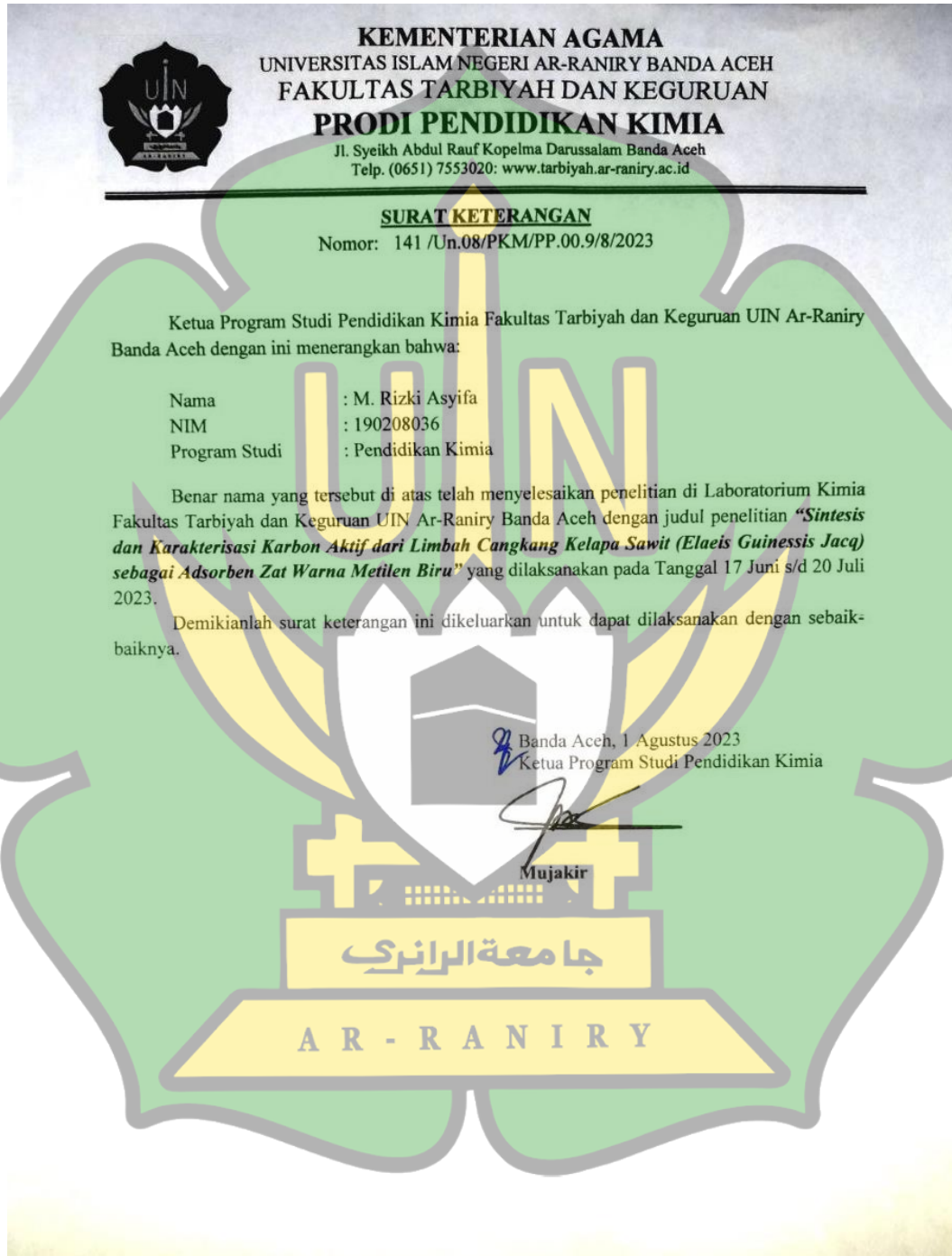
Berlaku sampai : 05 Februari 2023

جامعة الرانيري

Prof. Habiburrahim, S.Ag., M.Com., Ph.D.

A R - R A N I R Y

Lampiran 3 : Surat Telah Menyelesaikan Penelitian dari Program Studi Pendidikan Kimia



Lampiran 4 : Dokumentasi Penelitian

Preparasi sampel



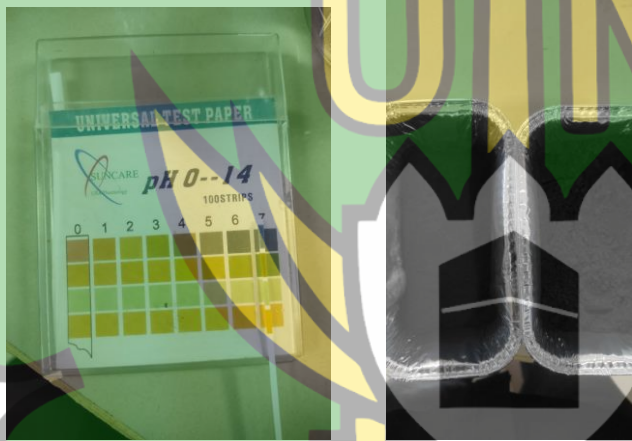
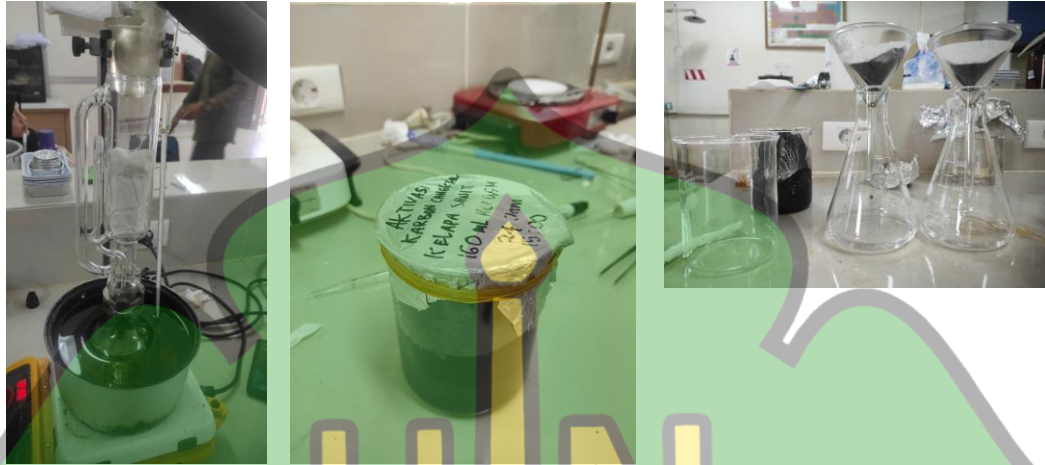
Karbonisasi



Analisis Fisikokimia



Aktivasi Karbon



Uji Daya Serap

