

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF LIMBAH KULIT DURIAN  
(*Durio zibethinus Murr*) SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA  
METILEN BIRU**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh:**

**M. ASYIQIN**

**NIM. 190208029**

**Mahasiswa Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan  
Prodi Pendidikan Kimia**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
DARUSSALAM – BANDA ACEH  
2023 M/144**

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF LIMBAH KULIT DURIAN (*DURIO ZIBETHINUS MURR*) SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METILEN BIRU**

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan (FTK)  
Universitas Islam Negeri Ar-raniry Darussalam Banda Aceh  
Sebagai Beban Studi untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
dalam Ilmu Pendidikan Kimia

Oleh

**M. ASYIQIN**

Mahasiswa Fakultas Tarbiyah dan Keguruan  
Prodi Pendidikan Kimia  
NIM : 190208029

Disetujui untuk Diseminarkan oleh :



**Pembimbing I,**

**Adean Mavasri, M. Sc**  
NIP. 199203122018012002

**Pembimbing II,**

**Muhammad Reza, M.Si**  
NIP. 199402122020121015

**PEMANFAATAN KARBON AKTIF LIMBAH KULIT DURIAN (*DURIO ZIBETHINUS MURR*) 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 M  
27 Muharram 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

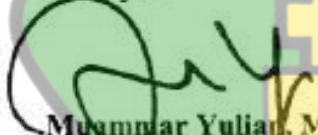
Ketua

  
Adean Mayasri, M.Sc.  
NIP. 199203122018012002

Sekretaris

  
Muhammad Reza, M.Si.  
NIP. 199401122020121015

Penguji I

  
Muammar Yulian, M.Si.  
NIP. 198411302006041002

Penguji II

  
Mukhlis, S.T., M.Pd.  
NIP. 197211102007011050

Mengetahui

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Darussalam Banda Aceh



  
Rofiq Saiful Malik, S.Ag, MA., M.Ed., Ph.D.,  
NIP. 197301091990031003

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. ASYIQIN  
NIM : 190208029  
Prodi : Pendidikan Kimia  
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan  
Judul Skripsi : Pemanfaatan Karbon Aktif Limbah Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr*) 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.

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Banda Aceh, 01 Agustus 2023

Menyatakan



M. ASYIQIN

## ABSTRAK

Nama : M. ASYIQIN  
NIM : 190208029  
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan/ Pendidikan Kimia  
Judul : Pemanfaatan Karbon Aktif Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr*) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru  
Tanggal Sidang : 14 Agustus 2023  
Tebal Skripsi :  
Pembimbing I : Adean Mayasri, M.Sc  
Pembimbing II : Muhammad Reza, M.Si

Kulit durian merupakan limbah dari produksi lokal buah durian yang mencapai 400.000 ton per tahun sehingga dapat mencemari lingkungan seperti bau yang tidak sedap. Kulit durian memiliki kandungan selulosa yang tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan menjadi karbon aktif sebagai adsorben zat warna metilen biru. Tujuan penelitian ini memanfaatkan karbon aktif kulit durian sebagai adsorben zat warna metilen biru dan mengukur daya serapnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdapat beberapa tahap yaitu preparasi, karbonisasi, aktivasi, dan uji adsorpsi. Pembuatan karbon aktif dari limbah kulit durian dengan cara dikarbonisasi pada suhu 300 °C selama 4 jam. Parameter rendemen, kadar air, dan kadar abu dihasilkan masing-masing sebesar 31,8 %, 12,8 %, dan 4 %. Hasil spektrum FTIR karbon aktif kulit durian memiliki gugus fungsi O-H, C=C, C-O, dan C-H, pada bilangan gelombang 3277  $\text{cm}^{-1}$ , 1591  $\text{cm}^{-1}$ , 1205  $\text{cm}^{-1}$ , dan 1385  $\text{cm}^{-1}$ . Parameter uji daya serap karbon aktif kulit durian dengan dosis 0,125 gram terhadap metilen biru 45 ppm selama 30 menit menghasilkan kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi sebesar 8,52 mg/g dan 98,45 %. Model isotherm dan kinetika adsorpsi yang digunakan adalah model Temkin dan model kinetika pseudo orde dua dengan nilai koefisien determinan sebesar 0,9739 dan 0,99867. Pemanfaatan karbon aktif dari limbah kulit durian sebagai adsorben zat warna metilen biru memiliki kualitas yang baik, yang dapat dibuktikan pada efisiensi adsorpsi terhadap metilen biru dengan nilai 98,45 %.

## 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: **“Pemanfaatan Karbon Aktif Limbah Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr*) 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 dan bapak Muhammad Reza, M.Si Selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dalam memberikan masukan, bimbingan dan arahan kepada saya sehingga proposal penelitian dapat diselesaikan tepat waktu.
4. Ucapan terima kasih yang sangat mendalam kepada Ayahanda Syarifuddin dan Ibunda Mariana yang telah menyemangati penulis agar menjadi sosok yang tegar, tangguh dan berakhlakul karimah selama berkuliah di UIN Ar-Raniry.
5. Kepada teman-teman angkatan 2019 yang telah mendukung dan memberikan saran selama proses pembuatan proposal 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, 9 Agustus 2023  
Penulis,

M. Asyiqin

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPEL JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SIDANG .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Tujuan Penelitian.....	3
C. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
A. Karbon.....	5
B. Buah Durian .....	8
C. Karbonisasi.....	10
D. Aktivasi .....	10
E. Karakterisasi Karbon Aktif .....	12
F. Spektrofotometer Uv-Vis .....	13
G. Daya Serap (Adsorpsi) Karbon Aktif.....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>25</b>
A. Garis Besar Penelitian.....	25
B. Alat dan Bahan .....	25
C. Waktu dan Tempat.....	25
D. Prosedur Kerja.....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
A. Preparasi Sampel .....	41
B. Karbonisasi.....	42
C. Penentuan Suhu dan Waktu Optimum .....	42
D. Aktivasi Karbon Kulit Durian.....	45
E. Analisis FTIR (Fourier Transform InfraRed) Karbon Kulit Durian Sebelum dan Sesudah Aktivasi.....	48
F. Pembuatan Kurva Standar Larutan Metilen Biru.....	50
G. Penentuan Kapasitas Adsorpsi ( $q_e$ ) dan Efisiensi adsorpsi (%).....	52
H. Penentuan Model Isotherm.....	59
I. Penentuan Kinetika Adsorpsi .....	65



<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>68</b>
A. Kesimpulan.....	68
B. Saran.....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>79</b>
<b>RIWAYAT HIDUP PENULIS.....</b>	<b>86</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Ikatan pada karbon .....	5
Gambar 2.2	: Contoh senyawa monosakarida.....	6
Gambar 2.3	: Buah durian .....	9
Gambar 2.4	: Morfologi karbon aktif.....	10
Gambar 2.5	: Hasil analisis FTIR pada karbon aktif kulit durian .....	13
Gambar 2.6	: Skema alat spektroskopi FTIR .....	13
Gambar 2.7	: Skema alat Spektrofotometer Uv-Vis .....	14
Gambar 2.8	: Kurva standar larutan metilen biru.....	15
Gambar 2.9	: Ilustrasi adsorpsi dengan persamaan langmuir .....	19
Gambar 2.10	: Ilustrasi proses adsorpsi monolayer dan multilayer persamaan langmuir .....	21
Gambar 4.1	: Proses perendaman kulit durian .....	41
Gambar 4.2	: Pengaruh Variasi Suhu karbonisasi terhadap rendemen kadar abu dan kadar air karbon kulit durian.....	43
Gambar 4.3	: Pengaruh Variasi waktu karbonisasi terhadap rendemen, kadar abu, dan kadar air karbon kulit durian.....	44
Gambar 4.4	: Proses pencucian karbon kulit durian menggunakan metode sokletasi .....	46
Gambar 4.5	: Karbon aktif kulit durian.....	48
Gambar 4.6	: Kurva FTIR karbon kulit durian sebelum dan sesudah Aktivasi .....	49
Gambar 4.7	: Kurva standar larutan metilen biru.....	51
Gambar 4.8	: Pengaruh Variasi Dosis karbon aktif kulit durian terhadap Kapasitas Adsorpsi (mg/g) dan Efisiensi adsorpsi (%) pada metilen Biru .....	53
Gambar 4.9	: (Kiri) metilen biru 10 ppm, (kanan) filtrat metilen biru hasil adsorpsi karbon aktif dengan dosis 0,13 gram .....	54
Gambar 4.10	: Pengaruh Variasi Konsentrasi Metilen Biru Terhadap Kapasitas Adsorpsi (mg/g) dan Efisiensi adsorpsi (%) karbon aktif kulit durian .....	55
Gambar 4.11	: (Kiri) metilen biru 45 ppm, (kanan) filtrat hasil adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru .....	56
Gambar 4.12	: Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi (mg/g) dan efisiensi adsorpsi (%) karbon aktif kulit durian dalam menyerap metilen Biru.....	64
Gambar 4.13	: (Kiri) metilen biru 45 ppm, (kanan) filtrat hasil adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru pada waktu kontak 30 menit.....	57
Gambar 4.14	: Model isotherm Langmuir adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru .....	61
Gambar 4.15	: Model isotherm Freundlich adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru .....	62
Gambar 4.16	: Model isotherm Temkin adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru .....	63

Gambar 4.17 : Kurva model kinetika adsorpsi pseudo orde satu dan pseudo orde dua..... 66



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) Gugus Fungsi .....	33
Tabel 4.1 : Informasi mengenai pemasangan data, kurva, perhitungan, dan parameter isotherm.....	60
Tabel 4.2 : Persamaan Model Kinetika Reaksi Adsorpsi.....	65



## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 : Hukum lambert-beer.....	16
Persamaan 2.2 : Kapasitas adsorpsi .....	20
Persamaan 2.3 : Persen efisiensi adsorpsi .....	20
Persamaan 2.4 : Isotherm Langmuir .....	22
Persamaan 2.5 : Isotherm Freundlich.....	24
Persamaan 2.6 : Isotherm Temkin.....	26
Persamaan 2.7 : Kinetika pseudo orde 1 .....	27
Persamaan 2.8 : Kinetika pseudo orde 2 .....	28
Persamaan 3.1 : % rendemen .....	37
Persamaan 3.2 : % kadar air .....	38
Persamaan 3.3 : % kadar abu .....	38
Persamaan 3.4 : Kapasitas adsorpsi .....	41
Persamaan 3.5 : Persen efisiensi adsorpsi .....	41
Persamaan 3.6 : Isotherm Langmuir .....	42
Persamaan 3.7 : Isotherm Freundlich.....	43
Persamaan 3.8 : Isotherm Temkin.....	44
Persamaan 3.9 : Kinetika pseudo orde 1 .....	45
Persamaan 3.10 : Kinetika pseudo orde 2 .....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Surat Keputusan Dekan FTK Tentang Pengangkatan Pembimbing Skripsi .....	79
Lampiran 2 : Surat Izin Penelitian dari Fakultas Tarbiyah dan Keguruan.....	80
Lampiran 3 : Surat Telah Melakukan Penelitian dari Prodi Pendidikan Kimia .....	81
Lampiran 4 : Surat Telah Melakukan Penelitian dari Prodi Teknik Kimia .....	82
Lampiran 5 : Dokumentasi penelitian .....	83
Lampiran 6 : Dokumentasi analisis.....	85



# BAB I PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang Masalah

Durian (*Durio zabethinus Murr*) merupakan salah satu buah tropis dari famili Bombacaceae yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi. Buah durian memiliki beberapa jenis dan keanekaragaman pada sifat morfologinya, begitu pula dengan kualitas dari buah tersebut (Handayani., 2017). Daerah yang sentral terhadap buah durian salah satunya berada di provinsi Aceh. Pada saat ini pun buah durian terhitung banyak dibudidayakan didaerah tersebut (Suwardi dkk., 2020).

Buah durian cukup populer di kalangan para penikmat, karena memiliki cita rasa yang menggugah selera. Produksi lokal buah durian mencapai sekitar 600.000 ton per tahun dengan limbah dari kulit duriannya adalah 400.000 ton per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa banyak dari masyarakat memiliki nilai konsumsi yang relatif tinggi terhadap buah tersebut (Trubus., 2010). Namun, semakin banyak buah durian yang dikonsumsi oleh para konsumen, akan meningkatkan potensi limbah kulit durian dan menyebabkan pencemaran lingkungan seperti bau yang tidak sedap dan jika dibakar akan menimbulkan pencemaran udara. Kulit durian menjadi sebagai penyumbang limbah pertanian dengan volume yang sangat banyak, kira-kira mencapai 480.000 metrik ton limbah kulit durian diproduksi setiap tahun (Xu dkk., 2017). Oleh karena itu, perlu dilakukan alternatif pengolahan terhadap kulit durian untuk meningkatkan nilai ekonomi dan mengurangi pencemaran lingkungan.

Buah durian memiliki kandungan daging sekitar 20-35 %, bijinya 5-15 %, dan 60-75 % berupa kulit. Artinya ada lebih dari 50 % bagian durian yang terbuang sebagai limbah ke lingkungan (Hanum dkk., 2017). Kulit durian mengandung 60,45% selulosa, 13,09% hemiselulosa dan 15,45% lignin. Adanya kandungan selulosa yang tinggi menyebabkan kemungkinan mengubah kulit durian menjadi produk yang lebih berguna seperti karbon aktif (Masrol dkk., 2015). Karbon aktif merupakan suatu adsorben yang cukup baik dan bermanfaat untuk menyerap zat pengotor organik dan anorganik yang terdapat didalam limbah hasil industri. (Udyani dkk., 2019).

Karbon aktif memiliki struktur berbentuk heksagonal dan pada setiap sudutnya terdapat atom C yang telah diaktifkan menggunakan reagen (pereaksi) kimia dalam proses aktivasi (Ariyani dkk., 2017). Daya serap dari karbon aktif sangat baik, dimana tingkat daya serap tersebut dipengaruhi oleh pori-pori permukaan dan luas permukaan. Semakin kecil pori-pori permukaan semakin besar luas permukaannya dan mengakibatkan daya serap semakin meningkat (Wahyuni & Fathoni, 2019).

Daya serap dari karbon aktif cenderung berasal dari jumlah atom C dan luas permukaannya, sehingga untuk meningkatkan daya serap pada karbon aktif memerlukan proses aktivasi menggunakan reagen kimia atau pemanasan pada suhu tinggi sekitar 400-700 °C (Sari dkk., 2021). Dengan demikian permukaan karbon aktif akan semakin luas yaitu 300–200 m<sup>2</sup>/gram dan daya serapnya akan lebih tinggi dibandingkan sebelum proses aktivasi. Hal tersebut disebabkan karena atom karbon yang terdapat dalam karbon aktif masing-masing memiliki



permukaan yang berongga, sehingga dapat menyerap molekul yang terdapat dalam suatu larutan (Ariyani dkk., 2017).

Penyerapan molekul adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan karena adanya gaya tarik menarik antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat disebut sebagai proses adsorpsi. (Widyasari dkk., 2021). Melalui metode adsorpsi, karbon aktif dapat dijadikan sebagai adsorben untuk mengatasi masalah pada pencemaran air, misalnya digunakan untuk menghilangkan zat warna pada limbah zat warna tekstil. Berdasarkan penelitian yang lain, Karbon aktif kulit durian dapat menyerap zat warna Rhodamin B dengan daya serap 24,643 mg/g dengan persentase penyerapan 96,02% (Prasetyo dkk., 2011). Karbon aktif kulit durian juga dapat menyerap zat warna metilen biru kapasitas penyerapan sebesar 28,647 mg/g dengan persentase 99,66 % (Rha Hayu dkk., 2022). Berdasarkan hal tersebut, karbon aktif dari limbah kulit durian akan dijadikan sebagai adsorben untuk menyerap zat warna metilen biru pada skala lab. Penggunaan zat warna metilen biru sebagai adsorbat dalam penelitian ini karena persentase terserapnya ke permukaan adsorben sebesar 99,66%, serta biaya yang murah dan mudah didapat. Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik melakukan penelitian yaitu memanfaatkan limbah kulit durian menjadi karbon aktif sebagai adsorben zat warna metilen biru.

## **B. Tujuan Penelitian**

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

1. Memanfaatkan limbah kulit durian menjadi karbon aktif sebagai adsorben zat warna metilen biru.
2. Menghitung daya adsorpsi dari karbon aktif limbah kulit durian untuk penyerapan zat warna metilen biru.

### **C. Ruang Lingkup Penelitian**

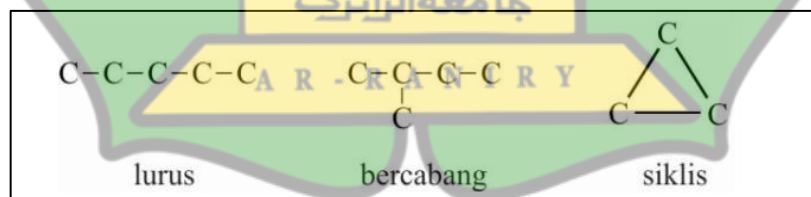
Penelitian ini mencakup pembuatan karbon aktif menggunakan kulit durian sebagai pemanfaatan limbah. Proses pembuatannya menggunakan beberapa tahap, seperti preparasi sampel, karbonisasi, dan aktivasi. Selanjutnya uji karakterisasi menggunakan Spektrofotometer FTIR, dan analisis sifat fisikokimia antara lain uji rendemen, kadar air, dan kadar abu. Kemudian, uji kinerja daya serap karbon aktif menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada zat warna metilen biru.

Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi lebih lanjut tentang pemanfaatan limbah kulit durian menjadi karbon aktif sebagai adsorben zat warna, sehingga dapat disajikan sebagai alternatif dari karbon aktif yang dibutuhkan oleh masyarakat dalam kehidupan sehari-hari, selain itu dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### A. Karbon

Karbon merupakan suatu unsur kimia yang memiliki keunikan dan dapat ditemukan dalam bentuk yang berbeda atau disebut juga dengan sebutan alotrop (Okwundu dkk., 2018). Dari semua unsur kimia yang kita ketahui, karbon merupakan unsur keenam dalam Tabel periodik dengan massa atom rata-rata 12 sma (biasanya direpresentasikan sebagai  $^{12}_6\text{C}$ ) (Nasir dkk., 2018). Setelah oksigen, karbon adalah elemen utama yang paling umum terdapat dalam tubuh kita dan menyumbang 18% dari berat badan kita. Keunikan lain dari karbon, dapat membentuk ikatan tunggal, rangkap atau rangkap tiga, dan memiliki kemampuan untuk *catenate* (berikatan satu sama lain), membentuk rantai siklik atau asiklik, membentuk rantai lurus atau bercabang, dan dapat juga berikatan dengan unsur non-logam lainnya (Okwundu dkk., 2018).



**Gambar 2.1** Ikatan pada Karbon (Sumber: Roni & Legiso, 2021)

Karbon memiliki berbagai keunggulan dari segi sifat fisika dan kimia, salah satunya menjadikannya sebagai material dengan aplikasi yang luas (Rahman dkk., 2015).

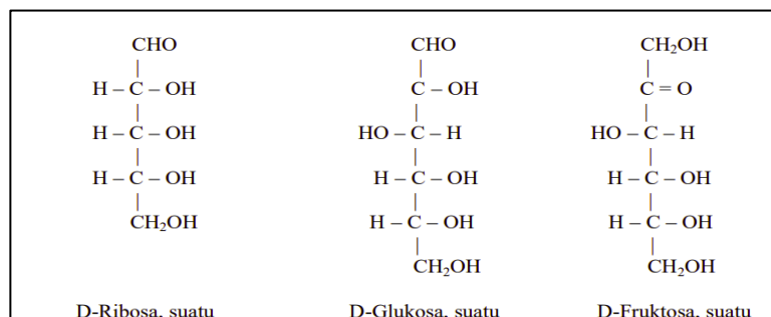
## 1. Sumber Karbon

Sumber karbon banyak terdapat pada makhluk hidup, salah satunya pada tumbuhan karena merupakan unsur pembangun biomassa dan menjadi sumber energi dimana proses produksinya dilakukan oleh organisme yang mempunyai klorofil. Karbon menjadi unsur yang sangat penting sebagai pembangun bahan organik, disebabkan bahan kering tumbuhan hampir sebagian besar terdiri dari bahan organik (Ghafar dkk., 2018).

Karbon juga berasal pada buah-buahan yang mengandung banyak sakarida yang merupakan turunan dari karbohidrat. Terdapat tiga golongan karbohidrat yang utama yaitu: monosakarida, oligosakarida dan polisakarida (Wibawa., 2017).

### a. Monosakarida

Monosakarida merupakan senyawa turunan karbohidrat yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi bentuk yang lebih sederhana lagi. Berdasarkan jumlah dari atom karbon (C) dalam suatu molekul, maka monosakarida dapat dibedakan menjadi beberapa klasifikasi yaitu monosakarida yang memiliki 3 atom C disebut triosa, 4 atom C disebut tetrosa, 5 atom C disebut pentosa. Contoh dari pada monosakarida di atas adalah D-Ribosa, D-Glukosa, D-fruktosa, dan dapat dilihat pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2** contoh senyawa monosakarida (Sumber: Ischak dkk., 2017)

### b. Oligosakarida

Oligosakarida merupakan molekul turunan karbohidrat yang memiliki 2 sampai 10 molekul monosakarida atau dapat disebut gabungan dari beberapa monosakarida. Contoh senyawa oligosakarida adalah disakarida dengan rumus molekul  $(C_n(H_2O)_{n-1})$ , dalam senyawa tersebut terdapat dua molekul monosakarida berikatan dengan ikatan glikosida. Contoh lain dari molekul oligosakarida adalah sukrosa, laktosa, dan maltosa.

### c. Polisakarida

Polisakarida merupakan turunan senyawa karbohidrat yang memiliki jumlah paling besar di alam. Polisakarida dapat dijadikan energi simpanan dan sebagai fungsi struktur yang terdapat di dalam dinding sel dan jaringan pengikat. Asam atau enzim dapat menghidrolisis polisakarida secara sempurna yang menghasilkan monosakarida dan turunannya. Terdapat dua jenis polisakarida, yaitu :

- 1) Homopolisakarida, yang memiliki hanya satu jenis molekul monosakarida
- 2) Heteropolisakarida, memiliki beberapa molekul monosakarida yang berbeda-beda.

Karbon yang memiliki sifat alotrop (dapat diubah ke bentuk yang lain), memiliki potensi untuk memodifikasinya. Seperti mengubahnya menjadi karbon aktif dan dimanfaatkan sebagai pengadsorpsi suatu zat. Karbon aktif memiliki beberapa sifat yang spesifik, seperti porositas yang tinggi, luas permukaan yang besar, bersifat sangat aktif dan mampu menyerap apa saja yang berkontak dengan

karbon aktif tersebut, sehingga disebut sebagai zat adsorben (Sivakumar dkk., 2012). Warna hitam dan berbentuk seperti serbuk merupakan ciri khas dari karbon aktif, dan biasanya adsorben ini digunakan sebagai media pemurnian air, udara, larutan, dan cairan. Luas permukaan dari karbon aktif sebesar  $500 \text{ m}^2$ , dimana berdasarkan hal tersebut karbon aktif memiliki kemampuan untuk menyerap suatu adsorbat yang terdapat di dalam larutan. Oleh karena itu adsorben ini dapat dimanfaatkan untuk menyerap suatu molekul yang terdapat di dalam air dan nilai efisiensi cukup baik apabila digunakan untuk media pengolahan air kotor menjadi air bersih (Hendrawan dkk., 2017).

Karbon aktif didapat dengan cara memanfaatkan bahan alam yang banyak mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk memperbesar luas permukaannya. Salah satu bahan alam yang mengandung banyak karbon adalah limbah biomassa (Herlambang dkk., 2017). Tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa serbuk gergaji, kayu keras, batu bara, dan kulit durian merupakan limbah biomassa yang mengandung karbon (Marlinawati dkk., 2015). Berdasarkan penjelasan sebelumnya bahwa komponen-komponen di atas memiliki banyak karbon di dalamnya, sehingga memiliki potensi untuk mengubahnya menjadi karbon aktif.

## **B. Buah Durian**

Durian (*Durio zibethinus Murr*) merupakan buah tropis yang memiliki rasa yang sangat lezat dan aroma yang unik. Wajar saja banyak dari kalangan masyarakat yang menyebutnya *the king of fruit* karena rasanya sangat khas. Selain rasanya yang lezat buah tersebut juga memiliki banyak manfaat bagi kesehatan

seperti perawatan anti penuaan, meningkatkan tekanan darah dan sebagai afrodisiak.



**Gambar 2.3** buah durian (Sumber: popmama.com, 2022)

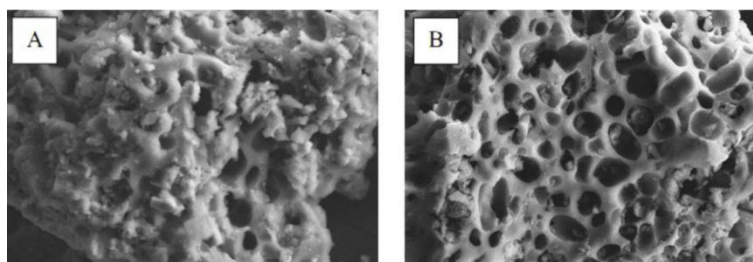
Indonesia menjadi salah satu negara yang memiliki keanekaragaman tanaman dan buah tropis seperti buah durian. Pulau Kalimantan dan Sumatera merupakan tempat yang banyak menghasilkan buah durian (Hariyati dkk., 2013). Provinsi Aceh merupakan komoditas unggulan buah durian yang menduduki posisi puncak pada bidang buah-buahan lokal khususnya buah durian, terdapat beberapa daerah sentra buah durian yaitu Aceh Utara, Pidie, dan Bireun (Handayani, 2017). Terdapat beberapa klasifikasi dari buah durian yaitu sebanyak 5-15 % merupakan biji, 20-35 % daging, dan 60-75 % kulit. Masyarakat hanya mengkonsumsi daging buah durian, sehingga limbah dan biji menjadi limbah dan belum dimanfaatkan secara maksimal (Sisanto dkk., 2017). Komposisi kimia yang terdapat dalam kulit durian adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Adanya kandungan selulosa menyebabkan kemungkinan mengubah kulit durian menjadi produk yang lebih berguna seperti arang aktif (Masrol dkk., 2015). Dalam pembuatan karbon aktif, terdapat beberapa metode yang dilakukan mulai dari karbonisasi, karakterisasi, hingga pengukuran daya serap karbon aktif terhadap suatu zat.

### C. Karbonisasi

Proses yang mengubah biomassa seperti kulit durian dan menghasilkan arang sebagai produk utama merupakan proses karbonisasi atau dapat dikatakan sebagai proses konversi zat organik ke dalam residu yang mengandung karbon. karbonisasi dilakukan dengan pembakaran tidak sempurna kulit durian pada suhu 400-600 °C untuk menghilangkan kandungan air dan material-material lain dalam kulit durian yang tidak dibutuhkan oleh arang seperti hidrogen dan oksigen atau material yang menguap (Ridhuan & Suranto, 2017). Dalam proses karbonisasi selulosa akan terurai menjadi karbon dan unsur non karbon akan dikeluarkan dari kulit durian (Arlofa., 2016).

### D. Aktivasi

Karbon yang belum teraktivasi masih memiliki zat yang menutupi pori, sehingga untuk menghilangkan zat tersebut maka dilakukan proses aktivasi. Dengan proses ini juga akan memperbesar luas permukaan dan pori yang terbentuk saat proses karbonisasi. Oleh karena itu daya serap akan meningkat dibandingkan karbon yang belum diaktivasi. Perubahan sifat baik fisika maupun kimia akan terjadi setelah proses aktivasi sehingga dapat mempengaruhi daya serap karbon aktif terhadap suatu adsorbat (Budiono dkk., 2009).



**Gambar 2.4.** Morfologi karbon aktif sebelum aktivasi (a) dan setelah aktivasi (b)  
(Sumber: Setiawan dkk., 2020)



Proses aktivasi dapat dibedakan menjadi aktivasi fisika dan kimia.

### 1. Aktivasi Fisika

Proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik disebut sebagai aktivasi fisika dengan bantuan uap panas dan gas  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ , dan  $\text{O}_2$ . Gas tersebut berfungsi untuk memperbesar rongga yang terdapat pada karbon sehingga menyebabkan luas permukaannya menjadi besar. Jumlah berat biomassa dengan karbon yang dihasilkan dari proses aktivasi fisika juga mengalami penurunan disebabkan ada struktur karbon yang berubah. Namun, aktivasi fisika juga memiliki kekurangan dimana pada saat kelebihan oksidasi eksternal gas pengoksidasi ketika proses difusi karbon akan menyebabkan pengurangan ukuran adsorben (Ramadhani dkk., 2020).

### 2. Aktivasi Kimia

Proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan bahan kimia disebut sebagai aktivasi kimia. Dalam proses aktivasi ini digunakan agen pengaktivasi sebagai bahan kimia yang berfungsi untuk membersihkan pori-pori pada karbon sehingga menyebabkan daya serapnya meningkat.

Keberadaan aktivator juga dapat mengurangi kadar air yang terdapat pada karbon aktif, karena zat aktivator dapat menjadi agen pengdehidrasi. Dimana, molekul air yang terdapat didalam karbon akan diikat oleh zat aktivator (Dewi dkk., 2021). Aktivasi kimia, biasanya dilakukan dengan cara direndam karbon kedalam zat-zat yang bersifat asam seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , dan  $\text{HCl}$ .

### E. Karakterisasi Karbon Aktif

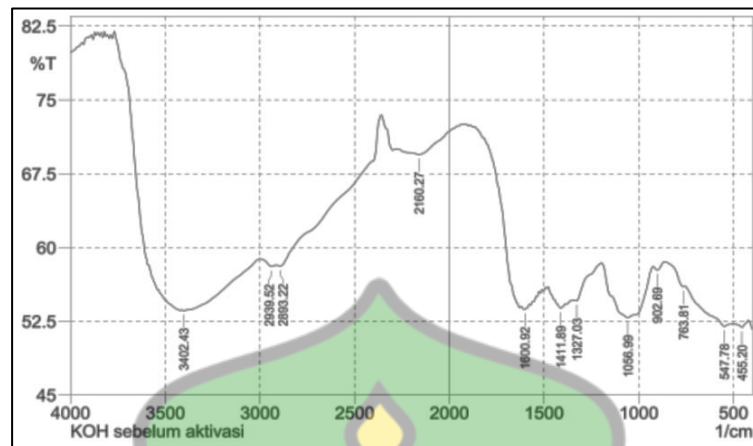
Karakterisasi merupakan suatu parameter untuk menentukan kualitas dari karbon aktif. Setelah proses aktivasi, karbon aktif diuji karakterisasinya dengan cara diidentifikasi gugus fungsi menggunakan spektrofotometer FTIR.

#### Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)

Spektrofotometer FTIR merupakan suatu instrumen yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu mineral baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis pada spektrofotometer FTIR berdasarkan pada vibrasi molekul, dan dengan vibrasi tersebut akan menciptakan spektrum sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi mineral yang terdapat dalam karbon aktif. Spektrum mineral terdapat pada penyerapan inframerah pada rentang bilangan gelombang 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  (Rasyida dkk., 2014).

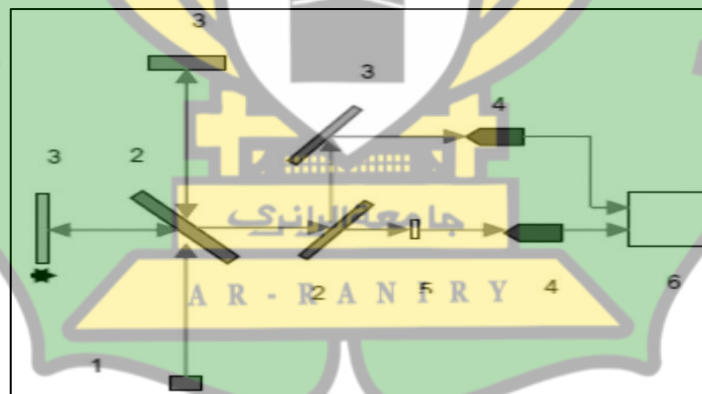
Spektrofotometer FTIR juga dapat difungsikan untuk mengidentifikasi senyawa organik yang terdapat di dalam sampel. Hal tersebut karena spektrumnya yang kompleks. Gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa organik juga dapat menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik (Silviah dkk., 2019). Sinar yang diserap oleh tiap-tiap molekul akan menciptakan sebuah getaran dan memunculkan spektrum-spektrum puncak, dari spektrum tersebut kita dapat mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada suatu molekul.

Gambar 2.5 menunjukkan Spektrum FTIR yang dihasilkan saat cahaya yang ditembakkan melewati sampel dan diukur intensitas cahayanya menggunakan detektor berdasarkan bilangan gelombang.



**Gambar 2.5.** Hasil analisis FTIR pada karbon aktif kulit durian  
(Sumber : Hanum dkk., 2017)

Spektrum FTIR tersebut kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ) atau bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Silviyah dkk., 2019). Struktur alat Spektrofotometer FTIR secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Skema alat spektroskopi FTIR. (1) Sumber inframerah. (2) Pembagi berkas (beam splitter). (3) Kaca pemantul. (4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display (Sumber : Anam dkk., 2007)

## F. Spektrofotometer Uv-Vis

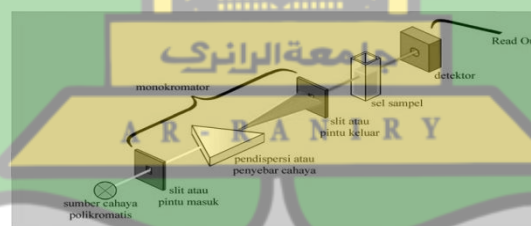
Spektrofotometer Uv-Vis merupakan suatu instrumen yang sering digunakan dalam analisis kimia untuk mengidentifikasi suatu zat baik dalam bentuk padat atau cairan berdasarkan absorbansi foton (Irawan., 2019). Instrumen

ini memakai teknik penyerapan cahaya dimana absorbansi cahaya ( $A$ ) berbanding lurus dengan konsentrasi ( $C$ ) dan ketebalan kuvet ( $b$ ) yang dinamakan dengan hukum Lambert-beer, yang dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$A = -\log \frac{I_b}{I_0} = -\log (T) \dots\dots\dots 2.1)$$

Dengan  $I_0$  dan  $I_b$  adalah intensitas cahaya yang masuk dan dilewatkan (Junaidi, 2017).

Spektrofotometer Uv-Vis memiliki prinsip kerja yaitu pada saat lampu meneruskan cahaya kepada monokromator melalui lensa, cahaya tersebut akan berubah menjadi monokromatis (tunggal). Kemudian cahaya akan ditembakkan pada suatu media yang memiliki konsentrasi tertentu, dan cahaya tersebut ada yang diserap oleh media tersebut dan ada juga yang dilewatkan. Detektor akan menerima cahaya yang dilewatkan dan mengukur cahaya tersebut, sehingga nantinya akan diketahui jumlah cahaya yang diserap. Konsentrasi suatu zat pada sampel yang dianalisis sebanding dengan jumlah cahaya yang diserap.

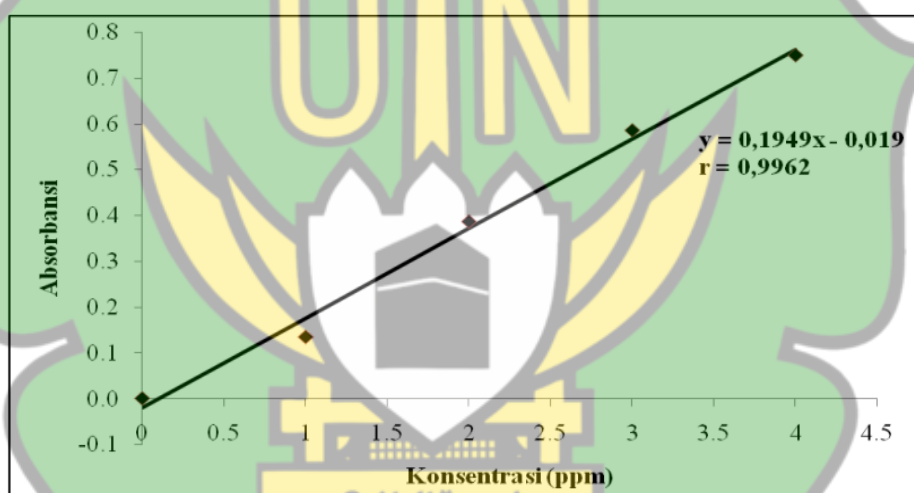


**Gambar 2.7.** Skema alat spektrofotometer Uv-vis (Sumber : Mubarok., 2021)

Spektrofotometer Uv-Vis dalam penelitian ini digunakan sebagai suatu instrumen untuk mengukur daya serap dari karbon aktif terhadap larutan metilen biru. Terdapat beberapa pengujian dalam pengoperasian instrumen ini seperti penentuan panjang gelombang maksimum dari larutan metilen biru. Panjang gelombang maksimum akan terjadi saat eksitasi elektronik memberikan serapan

yang tinggi. sehingga untuk mengukur serapan pada suatu zat dilakukan pada panjang gelombang maksimum, karena pada keadaan tersebut absorbansi pada setiap satuan konsentrasi paling besar (Apriliyani dkk., 2018)

Penentuan konsentrasi pada suatu sampel menggunakan spektrofotometer Uv-vis terlebih dahulu dibuat kurva standar terhadap suatu sampel. Kurva standar dapat dibuat dengan mengukur absorbansi pada suatu sampel dengan beberapa variasi konsentrasi (Widihati dkk., 2011). Berikut contoh kurva kalibrasi pada sampel larutan metilen biru :



**Gambar 2.8** Kurva standar larutan metilen biru (Sumber: Widihati dkk., 2011)

Gambar 2.8 menunjukkan Kurva standar larutan metilen biru yang memiliki persamaan regresi linear  $y = 0,1949x - 0,019$  dengan nilai koefisien determinan 0,9962. Nilai tersebut hampir mendekati 1, yang menunjukkan hubungan linier antara konsentrasi dan absorbansi.

### G. Daya Serap (Adsorpsi) Karbon Aktif

Penyerapan suatu zat oleh adsorben disebut sebagai proses adsorpsi yang terjadi pada permukaan adsorben akibat adanya gaya tarik menarik oleh situs aktif

dengan adsorbat pada permukaan adsorben tanpa meresap kedalam. Saat proses adsorpsi terjadi molekul pada suatu material akan menempel pada permukaan adsorben dengan gaya van der Waals dan akan berikatan secara kimia (Lubis dkk., 2020). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi karbon aktif yaitu:

1. Sifat adsorben

Sifat dari zat pengadsorpsi biasanya dilihat pada ukuran pori-porinya. Struktur dari pori berbanding terbalik dengan luas permukaan, dimana saat pori karbon aktif semakin kecil maka luas permukaan akan semakin besar. Sehingga saat bertambahnya luas permukaan dan volume pori dari zat adsorben, maka akan mengalami peningkatan daya serapnya. (Jamilatun dkk., 2015).

2. Luas permukaan

Luas permukaan menjadi salah satu aspek penting dalam proses adsorpsi. Karena semakin besar luas permukaan adsorben maka adsorbat yang terserap akan semakin banyak. (Syauqiah dkk., 2011).

3. Konsentrasi adsorbat

konsentrasi merupakan jumlah zat terlarut yang terdapat dalam suatu larutan. Semakin banyak jumlah zat yang terdapat didalam adsorbat maka proses penyerapan juga akan semakin besar, sehingga situs aktif yang terdapat pada permukaan adsorben terisi penuh dengan jumlah masing-masing konsentrasi adsorbat (Syauqiah dkk., 2011).

#### 4. Waktu kontak

Adsorben yang menyerap suatu zat dengan waktu yang singkat menandakan bahwa laju adsorpsinya sangat baik. Penentuan waktu kontak maksimum dilihat saat terjadi kesetimbangan dimana situs aktif pada permukaan adsorben tidak dapat menyerap lagi, sehingga membuat kapasitas adsorpsi nya menurun. (Syauqiah dkk., 2011).

#### 5. Kapasitas adsorpsi karbon aktif

Kapasitas adsorpsi adalah salah satu parameter penting dari karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben yang menunjukkan kapasitas suatu adsorben dalam menyerap adsorbat. Sehingga dengan mengukur kapasitas adsorpsi kita juga dapat mengukur banyaknya adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben (Asnawati, 2017). Kapasitas adsorpsi dari karbon aktif dapat diukur menggunakan instrumen spektrofotometer Uv-Vis dengan adsorbatnya adalah larutan metilen biru. Banyak nya larutan metilen biru yang terserap kedalam karbon aktif dikatakan sebagai kapasitas dari karbon aktif tersebut, dan dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{\text{massa adsorben}} \times \text{volume larutan} \dots \dots \dots 2.2)$$

keterangan :

$q_e$  = Kapasitas Adsorpsi  
 $C_0$  = konsentrasi metilen biru (ppm)  
 $C_e$  = konsentrasi metilen biru dari regresi linear (mg/L)

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

$$\%EA = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

- %EA = persen efisiensi adsorpsi  
 Co = konsentrasi metilen biru (ppm)  
 Ce = konsentrasi metilen biru dari regresi linear (mg/L)

Dalam penentuan kapasitas adsorpsi memerlukan kurva standar dari adsorbatnya, sehingga berdasarkan kurva tersebut kita dapat mengetahui nilai regresi linear. Setelah mendapatkan nilai regresi linear  $y = ax + b$ , maka kita dapat mencari konsentrasi yang diserap oleh adsorben terhadap adsorbat. Kemudian diplot nilai konsentrasi adsorbat yang terserap kedalam rumus di atas, maka didapat nilai kapasitas adsorpsinya.

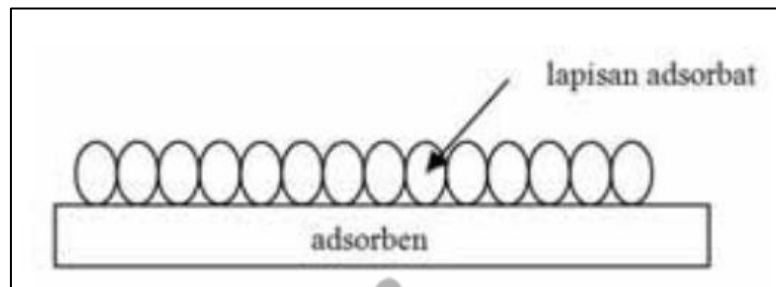
#### 6. Penentuan Isothermal Adsorpsi

Isotherm adsorpsi merupakan suatu proses yang terjadi pada saat jumlah adsorbat terserap oleh adsorben dalam keadaan setimbang (Sembodo., 2005). Proses isotherm adsorpsi berfungsi untuk mempelajari mekanisme adsorpsi berdasarkan fungsi konsentrasi antara adsorbat yang terserap oleh adsorben terhadap konsentrasi larutan. Penentuan isotherm adsorpsi dilakukan menggunakan tiga jenis model persamaan sebagai berikut :

##### a. Isothermal Langmuir

Proses kesetimbangan yang terjadi pada saat kecepatan adsorpsi sama dengan desorpsi disebut dengan isotherm Langmuir. Menggunakan model ini, dapat dipelajari bahwa proses adsorpsi akan terjadi pada tiap-tiap sisi aktif pada permukaan adsorben dan bersifat homogen (Yustinah dkk., 2019). Kapasitas penyerapan maksimum terjadi saat adsorben menyerap adsorbat dan membentuk lapisan tunggal (monolayer) pada permukaan adsorben (M. Handayani, 2009).





**Gambar 2.9** Ilustrasi adsorpsi dengan persamaan langmuir  
(Sumber : Handayani & Sulistiyono, 2007)

Isotherm Langmuir memiliki beberapa asumsi dalam proses adsorpsi yaitu:

- 1) Suatu molekul adsorbat yang diserap oleh adsorben akan membentuk lapisan tunggal (monolayer)
- 2) Mekanisme adsorpsinya itu secara kimia (Chemisorption), dimana molekul akan teradsorpsi pada permukaan adsorben dan berikatan dengan ikatan kimia.
- 3) Molekul yang teradsorpsi tidak ada yang berinteraksi disebabkan masing-masing molekul sudah berikatan dengan situs aktif.
- 4) Molekul teradsorpsi pada situs aktif pada permukaan adsorben dan tidak dapat bergerak karena terbentuk lapisan tunggal sehingga bersifat irreversible

Persamaan isotherm Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m \times K_L} \frac{1}{C_e} \dots \dots \dots (2.4)$$

- $C_e$  = konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)
- $q_e$  = kapasitas adsorpsi (mmol/g)
- $q_m$  = kapasitas adsorpsi maksimum monolayer (mmol/g)
- $k_L$  = koefisien kesetimbangan model Langmuir (L/mmol)

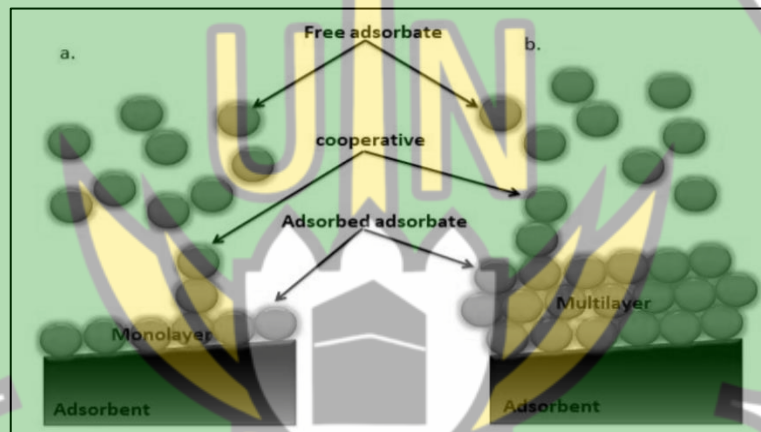
Berdasarkan persamaan di atas, jika diplot kurva antara nilai  $\frac{1}{q_e}$  versus  $\frac{1}{C_e}$ , maka akan diperoleh nilai regresi linear  $y = ax + b$  dengan tangen arah  $\frac{1}{q_m}$  (intercept) dan titik potong dengan ordinat pada  $\frac{1}{q_m \times K_L}$  (slope). Berdasarkan nilai  $\frac{1}{q_m}$  dan  $\frac{1}{q_m \times K_L}$  tersebut, maka dapat dihitung tetapan Langmuir ( $K_L$ ) (Astuti, 2018). Parameter dalam isotherm Langmuir terdapat pada nilai  $q_m$  atau kapasitas adsorpsi monolayer yang maksimum. Dimana jika nilai  $q_m$  nya tinggi maka, adsorpsi monolayer terhadap suatu adsorben memiliki nilai yang sangat bagus. Parameter yang kedua terdapat pada konstanta Langmuir ( $K_L$ ) yang menyatakan derajat interaksi antara adsorben dan adsorbat. Jika nilai  $K_L > 1$ , maka mekanisme adsorpsinya tidak bagus karena memungkinkan terjadinya proses desorpsi. Apabila nilai  $K_L = 1$ , maka proses adsorpsinya akan terjadi secara linear tergantung pada jumlah adsorbat dan konsentrasi adsorbat. Jika nilai  $K_L = 0$ , maka proses adsorpsinya secara irreversible yang membuat daya serap dari adsorben kuat. Jika nilai  $K_L = 0$ , maka proses adsorpsinya berjalan dengan lancar dan sangat baik (Saraswati dkk., 2022).

#### b. Isotherm Freundlich

Persamaan Freundlich berkebalikan dengan persamaan langmuir, dimana persamaan ini menggunakan pendekatan penyerapan secara fisis. Dalam isotherm ini proses adsorpsi terjadi pada beberapa lapisan multilayer dan ikatan tidak kuat.

Proses adsorpsi terjadi berdasarkan tingkat energi yang berbeda, sehingga model isotherm freundlich memiliki beberapa asumsi yaitu :

- 1) Molekul yang teradsorpsi pada permukaan adsorben tidak ada asosiasi dan disosiasi.
- 2) Mekanisme adsorpsi molekul pada permukaan adsorben terjadi secara fisis.
- 3) Jika pada isotherm Langmuir permukaan adsorben bersifat homogen, sedangkan pada model ini permukaan adsorben bersifat heterogen.



**Gambar 2.10** Ilustrasi proses adsorpsi monolayer (a) dan multilayer (b). persamaan langmuir (Sumber : Maryani, dkk 2020)

Persamaan isotherm Freundlich dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\log q_e = \log k_F + \frac{1}{n} \log C_e \dots \dots \dots (2.5)$$

- $q_e$  = kapasitas adsorpsi (mmol/g)
- $K_F$  = koefisien model Freundlich (L/g)
- $C_e$  = konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)
- $n_f$  = pangkat model Freundlich

Berdasarkan persamaan tersebut, jika diplot kurva antara  $\log q_e$  versus  $\log C_e$ , maka akan diperoleh nilai regresi linear  $y = ax + b$  dengan tangen arah  $\frac{1}{n}$  (slope) dan titik potong dengan koordinat  $\log k_F$  (intercept).

Dalam persamaan ini parameter yang menentukan mekanisme adsorpsi terdapat pada  $\log K_F$  (konstanta Freundlich) dan nilai  $\frac{1}{n}$ , dimana nilai  $\log K_F$  merupakan parameter penentu kapasitas maksimum berdasarkan energi ikatan yang terdapat pada permukaan adsorben. Artinya, saat nilai  $K_F$  menunjukkan nilai yang tinggi maka kapasitas adsorpsi akan semakin besar. Sebaliknya saat nilai  $K_F$  menunjukkan hasil yang rendah maka kapasitas adsorpsinya semakin kecil (Miri & Narimo, 2022). Sedangkan nilai  $\frac{1}{n}$  menunjukkan tingkat linearitas suatu adsorbat terhadap adsorpsi. Jika nilai  $n = 1$ , maka proses adsorpsi akan terjadi secara linearitas. Jika nilai  $n > 1$  maka, proses adsorpsi akan terjadi secara fisis. Dalam persamaan ini, mekanisme adsorpsi yang baik jika nilai  $n > 1$

#### c. Persamaan Temkin

Proses adsorpsi yang terjadi pada media yang tidak homogen, dan adsorbat yang terserap pada permukaan adsorben dan berikatan secara kimia (*Chemisorption*) merupakan asumsi dari model isotherm Temkin. (Suryawan dkk., 2018). Persamaan Temkin dapat dituliskan sebagai berikut:

$$q_e = \frac{RT}{B_T} \ln K_T + \frac{RT}{B_T} \ln C_e \dots \dots \dots (2.6)$$

- $q_e$  = kapasitas adsorpsi (mmol/g)
- $B_T$  = konstanta panas adsorpsi (J/mol)
- $K_T$  = konstanta kesetimbangan pengikatan ( $L/g^{-1}$ )
- $C_e$  = konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)

Berdasarkan persamaan di atas, jika diplot kurva antara  $q_e$  (sumbu y) versus  $\ln C_e$  (sumbu x), maka akan diperoleh nilai regresi linear  $y = ax + b$  dengan tangen arah  $\frac{RT}{B_T}$  (intercept) dan titik potong dengan koordinat  $\ln K_T$ ,

sehingga berdasarkan nilai regresi linear yang didapat dapat dihitung nilai konstanta Temkin ( $K_T$ ) (Ikrima dkk, 2020).

#### 7. Penentuan kinetika adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan suatu proses yang menyatakan laju proses adsorpsi dalam fungsi konsentrasi terhadap waktu. Parameter dari penentuan kinetika adsorpsi dilihat pada waktu minimum adsorben dapat menyerap molekul adsorbat. Model kinetika adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua model yaitu kinetika pseudo orde satu dan pseudo orde dua (Maihendra & Ahmad Fadli, 2013).

##### a. Pseudo orde satu

Model kinetika pseudo orde satu diturunkan berdasarkan persamaan laju reaksi Lagergren yang digunakan untuk adsorpsi cair-padat berdasarkan kapasitas padatan. Dalam model persamaan ini kecepatan proses adsorpsi bergantung hanya pada salah satu zat yang bereaksi atau sebanding dengan salah satu pangkat reaktannya (Sanjaya & Agustine, 2015). Persamaan linear pseudo orde satu dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$\text{Log } (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t \dots \dots \dots (2.7)$$

- $q_e$  = kapasitas adsorpsi dalam keadaan setimbang (mmol/g)  
 $q_t$  = kapasitas adsorpsi pada waktu t (mmol/g)  
 $K_1$  = konstanta pseudo orde satu ( $\text{min}^{-1}$ )

Jika dibuat sebuah grafik  $\log (q_e - q_t)$  versus waktu (t), maka akan diperoleh nilai regresi linear dengan tangen arah yaitu  $-\frac{k_1}{2,303}$  (intercept) dan titik potong pada sumbu y sebesar  $\log q_e$  (slope). Sehingga nilai  $k_1$  dapat ditentukan (Astuti, 2018).

b. Pseudo orde dua

Model kinetika adsorpsi pseudo orde dua mengasumsikan bahwa laju penyerapan suatu adsorben berbanding lurus dengan konsentrasi dua reaktan atau berbanding lurus dengan konsentrasi pada salah satu reaktan. Jika pada suatu proses adsorpsi menggunakan model kinetika pseudo orde dua maka laju adsorpsi yang terjadi berbanding lurus dengan kecepatan adsorben dalam menyerap adsorbat dan molekul adsorbat yang terserap oleh adsorben. Atau kecepatan penyerapan adsorbat oleh adsorben berlangsung dua kali (Sanjaya & Agustine, 2015).

Kecepatan penyerapan suatu adsorben terhadap adsorbat per satuan waktu ( $dq/dt$ ) sama dengan dua kali kapasitas adsorben yang masih kosong ( $q_e - q_t$ ), sehingga pada proses awal adsorpsi konsentrasi larutan akan berkurang secara drastis dan laju adsorpsi akan terus menurun hingga mencapai kesetimbangan (Angela dkk., 2015). Laju kinetika pseudo orde 2 dinyatakan dalam persamaan linear berikut :

$$\frac{t}{q_t} = \left( \frac{1}{K_2 q_e^2} \right) + \left( \frac{1}{q_e} \right) t \dots \dots \dots (2.8)$$

- $K_2 q_e^2$  = laju awal adsorpsi ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )
- $q_e$  = kapasitas adsorpsi dalam keadaan setimbang ( $\text{mmol/g}$ )
- $q_t$  = kapasitas adsorpsi pada waktu  $t$  ( $\text{mmol/g}$ )
- $K_2$  = konstanta pseudo orde dua ( $\text{g} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )

Jika dibuat sebuah grafik  $\frac{t}{q_t}$  versus waktu ( $t$ ), maka akan diperoleh nilai regresi linear dengan tangen arah yaitu  $\frac{1}{q_e}$  (intercept) dan titik potong pada sumbu y sebesar  $\frac{1}{K_2 q_e^2}$  (slope). Sehingga nilai  $k_2$  dapat ditentukan (Astuti., 2018).

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **A. Garis Besar Penelitian**

Secara umum, penelitian ini meliputi lima tahap, yaitu preparasi sampel, karbonisasi, aktivasi, proses fisikokimia yang meliputi uji rendemen, kadar air, kadar abu, dan karakterisasi gugus fungsi menggunakan spektrofotometer FTIR. Kemudian pengukuran daya serap (adsorpsi) zat warna metilen biru oleh karbon aktif menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis

### **B. Alat dan Bahan**

#### **1. Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah electric horizontal furnace, alu dan mortar, neraca analitik osuka, batang pengaduk, desikator, ayakan 80-100 mesh, alat-alat gelas, cawan porselen, perangkat sokletasi, oven memmert, hot plate thermo saintific, stirrer cimarec, indikator universal, spektrofotometer FTIR perkin elmer dan spektrofotometer Uv-vis Genesys 30

#### **2. Bahan**

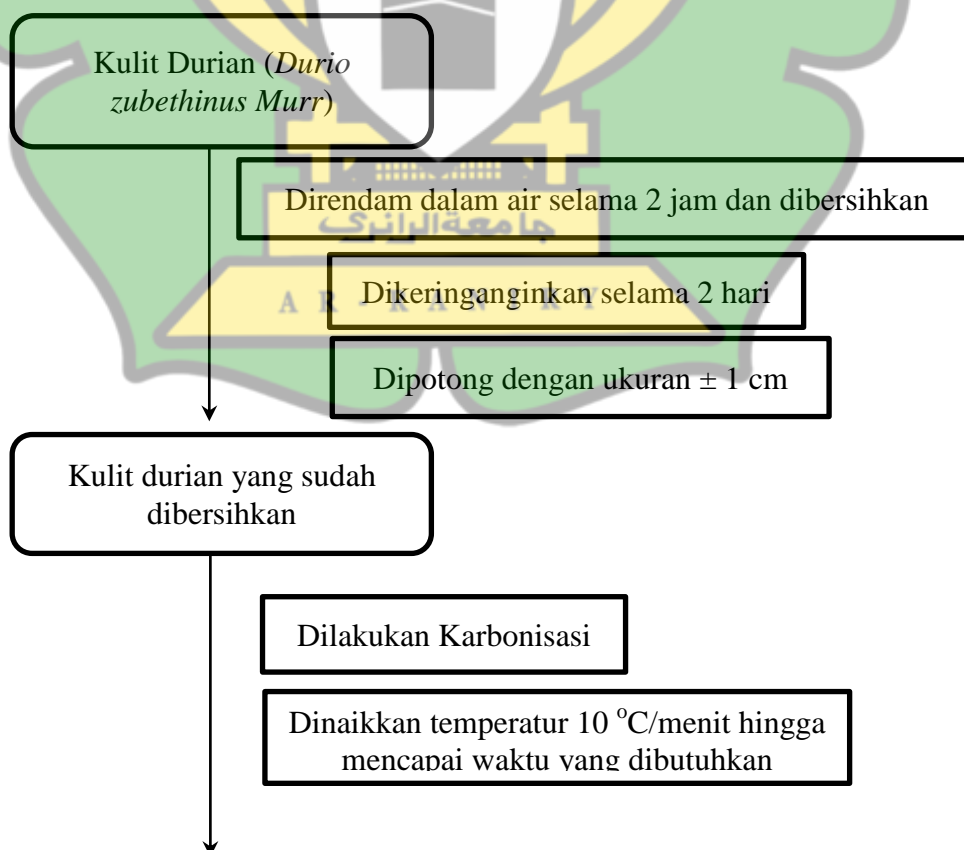
Bahan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit durian, zat warna metilen biru ( $C_{16}H_{18}ClN_3S$ ), aseton ( $C_3H_6O$ ) 98%, aqua DM, larutan asam klorida (HCl) 0,5 M, dan gas Nitrogen ( $N_2$ ).

### **C. Waktu dan tempat**

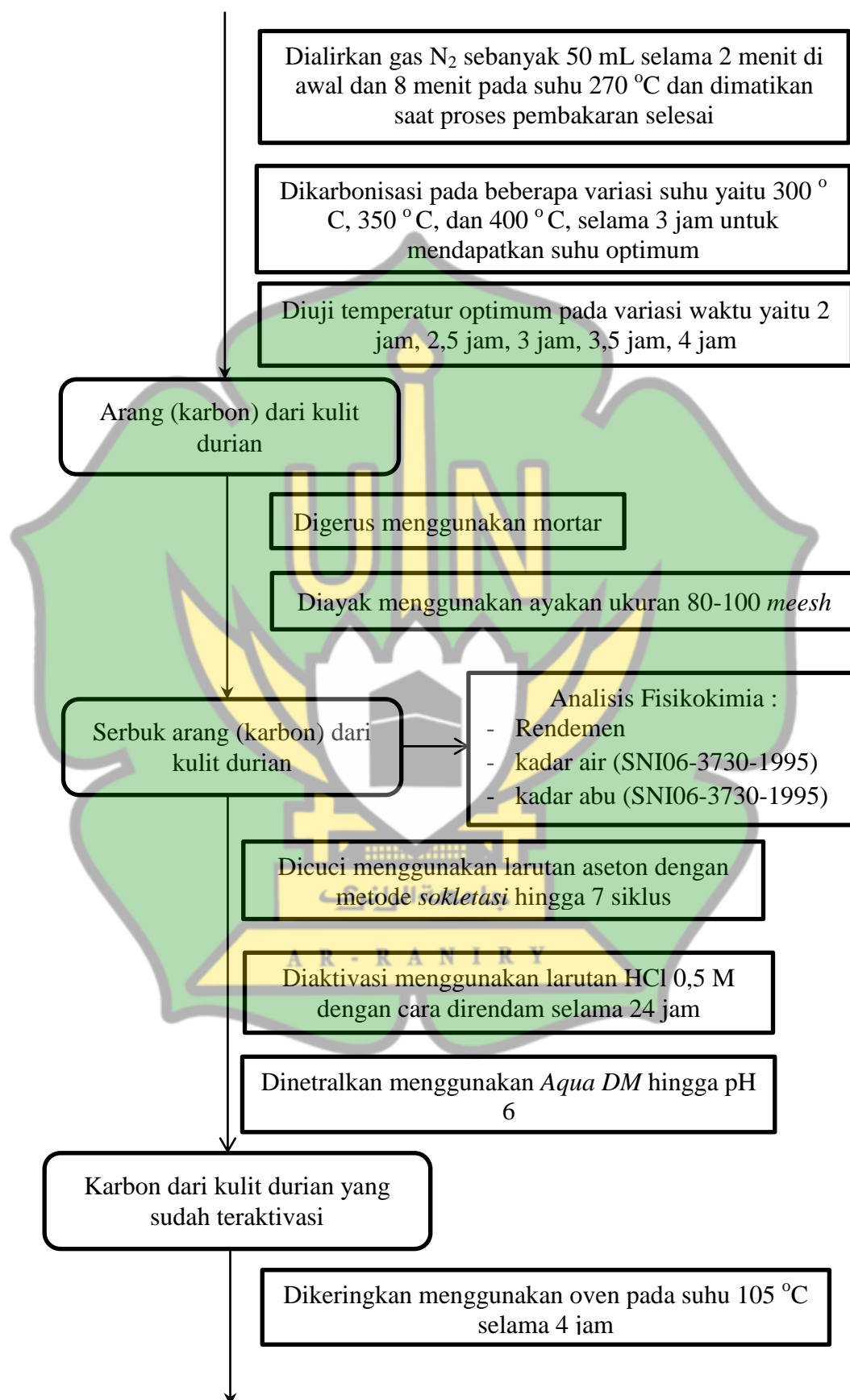
Penelitian ini dilakukan selama tujuh bulan yang dimulai dari bulan Januari 2023 sampai dengan bulan Juli 2023. Pengambilan sampel limbah kulit

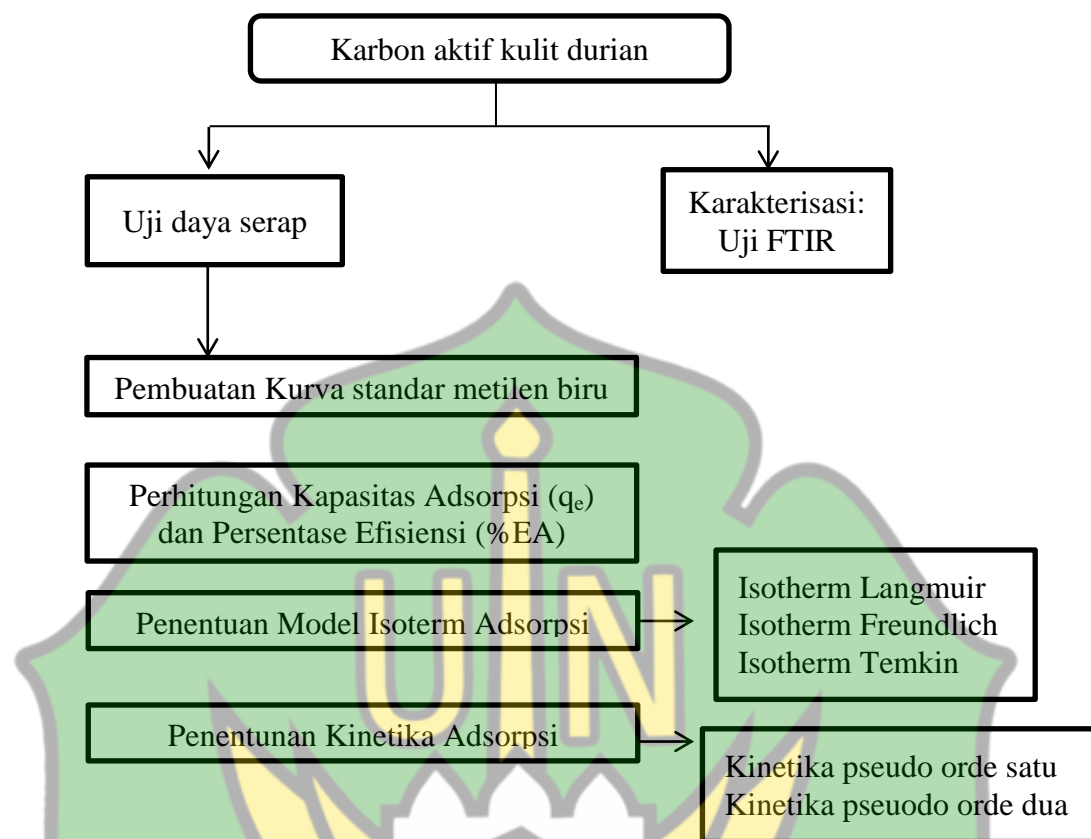
durian dilakukan di daerah Desa keudah, Kecamatan Kuta Raja, Kota Banda Aceh. Tahap Pretreatment yang meliputi tahapan pembersihan dan penjemuran dilakukan di Desa Meunasah Papeun. Proses karbonisasi dilakukan di Laboratorium Sumber Daya dan Energi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Uji karakterisasi gugus fungsi menggunakan Spektrofotometer FTIR dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Proses aktivasi, dan beberapa uji Fisikokimia seperti rendemen, kadar air, kadar abu, serta uji daya adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru dengan Spektrofotometer Uv-Vis dilakukan di Laboratorium Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

#### D. Prosedur kerja









### 1. Preparasi Sampel

Proses preparasi sampel dilakukan untuk membersihkan limbah kulit durian dari sisa-sisa daging durian. Kulit durian direndam selama 2 jam, kemudian dibersihkan manual menggunakan tangan hingga tidak ada sisa dari daging durian. Hal tersebut bertujuan agar tidak terjadi penjamuran. Kulit durian yang telah dibersihkan dikeringanginkan selama 2 hari hingga kulit menjadi kering. Setelah itu akan dipotong kulit durian dengan ukuran  $\pm 1$  cm (Arisna dkk., 2016)

### 2. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan pembakaran dengan tidak melibatkan oksigen, sehingga produk utama dalam proses ini adalah arang. Dalam proses ini, suhu dinaikkan  $10$  °C/menit hingga mencapai waktu dan suhu yang telah ditentukan.

Sebelum dilakukan running pada alat furnace dialiri gas  $N_2$  sebanyak 50 mL selama 2 menit, yang bertujuan untuk menolak Oksigen yang terdapat didalam alat furnace. Kemudian pada saat suhu mendekati 300 °C dialiri kembali gas  $N_2$  sebanyak 50 mL selama 8 menit, dengan tujuan untuk menjaga proses karbonisasi agar tidak terjadi pembakaran sempurna, disebabkan Oksigen yang terdapat di dalam furnace ditolak oleh gas  $N_2$  sehingga tidak terjadi pembakaran sempurna. (Danish, dkk, 2021). Pada tahap karbonisasi, terlebih dahulu akan dilakukan optimasi temperatur dengan cara memvariasikan temperatur karbonisasi pada 300 °C, 350 °C, dan 400 °C selama 3 jam (Sari, dkk., 2021). Parameter temperatur optimum dilihat pada nilai kadar abu. Setelah mendapatkan temperatur optimum, akan dilanjutkan dengan optimasi waktu dengan memvariasikan waktu karbonisasi pada 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, 3,5 jam, dan 4 jam. Pada penelitian ini perlu dilakukan optimasi temperatur dan waktu pada proses karbonisasi untuk mendapatkan karbon aktif yang memiliki kualitas terbaik. Parameter dari temperatur dan waktu optimum dapat diukur berdasarkan kadar abu dengan cara diambil 1 gram karbon kulit durian pada tiap-tiap suhu dan difurnace kembali pada suhu 600 °C selama 2 jam dan hasil furnace di timbang kembali dan diukur kadar abunya berdasarkan rumus perhitungan. Pengukuran kadar abu bertujuan untuk melihat jumlah mineral dalam karbon yang tidak habis menguap saat karbonisasi, sehingga diperlukan kadar abu yang rendah untuk memperoleh karbon aktif yang baik.

Parameter suhu dan waktu optimal dapat dilihat pada nilai kadar abu yang mengikuti SNI yaitu 10%. Dari beberapa variasi suhu dan waktu kita akan melihat

manakah yang memiliki nilai kadar abu dibawah 10 % (Adi dkk., 2022). Dalam penelitian yang lain, menyatakan bahwa semakin tinggi suhu dan lamanya waktu karbonisasi maka persen kadar abunya juga akan semakin tinggi (Jaya & Khair, 2020).

Kulit durian setelah difurnace dengan suhu dan waktu optimum, maka akan berubah menjadi arang (karbon), kemudian karbon akan digerus menggunakan alu dan mortar untuk memperluas permukaan karbon serta diayak menggunakan ayakan 80-100 mesh agar mudah diproses lebih lanjut pada tahap aktivasi (Husin & Hasibuan, 2020). Setelah itu, karbon kulit durian akan diuji fisikokimia terlebih dahulu yaitu berupa uji rendemen, kadar air, dan kadar abu. Sehingga, nantinya akan dibandingkan bagaimana uji fisikokimia pada karbon sebelum dan sesudah aktivasi.

Sebelum aktivasi menggunakan HCl, karbon kulit durian akan dicuci menggunakan aseton dengan metode sokletasi sebanyak 7 siklus. Dalam proses sokletasi pelarut dan sampel yang akan dicuci dipisah pada tempat yang berbeda. Proses pencuciannya akan dilakukan secara terus menerus menggunakan pelarut yang relatif sedikit (Firyanto dkk., 2020). Zat pengotor yang masih tersisa saat proses karbonisasi akan dihilangkan pada proses pencucian ini, sehingga akan meningkatkan daya adsorpsi.

### 3. Aktivasi

Aktivasi merupakan proses pembersihan karbon kulit durian dari senyawa anorganik dan organik yang terdapat dalam pori-porinya. Setelah proses aktivasi, pori-pori karbon kulit durian akan bersih sehingga luas permukaannya semakin

besar dan akan menambah daya adsorpsinya. Aktivasi karbon kulit durian menggunakan larutan Asam Klorida (HCl) 0,5 M dengan cara direndam selama 24 jam. Dalam penelitian ini digunakan HCl karena berdasarkan penelitian Herlin Alfiany, dkk (2013), bahwa aktivasi arang tongkol jagung terbaik adalah menggunakan HCl, dimana daya adsorpsinya terhadap iodin 773,85 mg/g sedangkan HNO<sub>3</sub> 637,82 mg/g dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 665,76 mg/g (Alfiany dkk., 2013). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini juga digunakan HCl sebagai aktivator. Setelah diaktivasi, kemudian dinetralkan dengan cara dicuci karbon aktif menggunakan Aqua DM hingga pH 6. Selanjutnya, karbon aktif akan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama 4 jam (Ridhayanti., 2020). Karbon aktif kulit durian siap digunakan untuk proses selanjutnya.

#### 4. Karakterisasi Menggunakan Spektrofotometer FTIR

Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi khas yang terdapat pada karbon aktif kulit durian (Hutapea dkk., 2017). Hasil spektrum FTIR dari sampel karbon aktif kulit durian menunjukkan beberapa pita serapan pada daerah panjang gelombang 2900 – 3500 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan gugus fungsi O-H, kemudian daerah 2900 cm<sup>-1</sup> menunjukkan adanya gugus fungsi C-H, dan pada daerah sekitar 1705 cm<sup>-1</sup> terdapat puncak yang menunjukkan adanya regangan C=O di permukaan karbon (Irnameria., 2020). Pengujian dilakukan dengan cara diletakkan sampel karbon aktif pada alat Spektrofotometer FTIR, kemudian dilakukan pemindaian hingga menghasilkan spektrum pada monitor. Pada tahap ini, pengujian FTIR akan dilakukan terhadap karbon kulit durian sebelum diaktivasi dan sesudah. Kemudian, Spektrum yang didapat akan

dianalisis menggunakan beberapa kajian pustaka untuk melihat gugus fungsi yang terdapat pada sampel karbon aktif kulit durian.

**Tabel 3.1** Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) Gugus Fungsi

Ikatan	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
Regang O-H, H-N	3750-3000
Regang $-\text{CH}_3$ , $-\text{CH}_2-$ , C-H, C-H aldehyd	3000-2700
$-\text{C}=\text{C}-$ , $\text{C}\equiv\text{N}$	2400-2100
C=O (asam, aldehyd, keton, amida, ester, anhidrida)	1900-1650
C=C (aromatik dan alifatik), C=N	1675-1500
C=C-H, Ar-H bending	1475-1300

(Sumber: Dachriyanus., 2017)

#### 5. Analisis Fisikokimia Karbon Aktif Kulit Durian

Analisis Fisikokimia dari karbon aktif kulit durian mencakup beberapa pengujian, antara lain uji rendemen, kadar air, dan kadar abu. Pada tahap ini, pengujian akan dilakukan terhadap karbon sebelum dan sesudah aktivasi.

##### b. Perhitungan rendemen

Penetapan rendemen arang sebelum dan sesudah aktivasi akan dilakukan dengan menghitung perbandingan massa karbon aktif yang akan dihasilkan dengan berat bahan baku yang digunakan

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{berat karbon aktif}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

(Marlinawati dkk., 2015)

##### c. Perhitungan Kadar Air (SNI06-3730-1995)

Kadar air dapat dihitung dengan cara menimbang berat wadah kosong dan berat wadah berisi karbon sebelum dan sesudah aktivasi 1 gram dan akan dipanaskan dalam oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 3 jam, kemudian dihitung kadar airnya dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{Kadar air} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

A = Massa sebelum dikeringkan (g)

B = Massa sesudah dikeringkan (g)

(Ridhayanti., 2020)

d. Perhitungan Kadar Abu (SNI06-3730-1995)

Sebanyak 1 gram karbon sebelum dan sesudah diaktivasi dimasukkan ke dalam wadah. wadah dimasukkan ke dalam furnace dan di running alat pada suhu 600 °C selama 2 jam setelah itu ditimbang residu.

$$\% \text{kadar abu} = \frac{(C-A)}{(B-A)} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

A = berat cawan kosong

B = berat sampel + berat cawan

C = berat residu + berat cawan

(Ridhayanti., 2020)

6. Pengukuran Daya Serap Larutan Metilen Biru

a. Pembuatan kurva standar larutan metilen biru

Pembuatan kurva standar dapat dilakukan setelah penentuan panjang gelombang ( $\lambda$ ) maksimum dengan cara disiapkan larutan induk dan diukur panjang gelombang ( $\lambda$ ) pada rentang 650-700 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Vis (Huda & Yulitaningtyas, 2018). Pada penelitian yang lain, pengukuran panjang gelombang metilen biru pada rentang 600-700 nm. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, panjang gelombang maksimum terdapat pada 665 nm (Nurzihan dkk., 2019). Setelah itu, dibuat variasi konsentrasi larutan metilen biru pada beberapa konsentrasi yaitu 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm dengan cara diencerkan dari larutan induk/stok metilen biru 1000 ppm, kemudian diukur

absorbansi pada tiap konsentrasi tersebut menggunakan spektrofotometer Uv-Vis depadangan panjang gelombang 665 nm. Berdasarkan absorbansi yang diperoleh dibuat kurva regresi linear dengan cara diplot absorbansi (sumbu y) dengan konsentrasi (sumbu x). (Fitriansyah dkk., 2021).

b. Perhitungan kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) dan persen efisiensi adsorpsi (%EA)

1) Variasi Dosis Karbon Aktif

Variasi dosis dapat dilakukan dengan memvariasikan massa karbon aktif yaitu 0,025 gram, 0,05 gram, 0,075 gram, 0,1 gram, 0,125 gram, 0,15 gram, 0,175 gram, dan 0,2 gram. Kemudian, dimasukkan kedalam 25 mL larutan metilen biru pada konsentrasi 10 ppm, dan diaduk menggunakan magnetic stirrer pada kecepatan 150 rpm selama 30 menit. Hasil pengadukan disaring dengan menggunakan kertas saring. Setelah itu, diukur absorbansi filtratnya menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis

2) Variasi Konsentrasi Metilen Biru

Pada tahap ini, berdasarkan perlakuan sebelumnya dosis optimum dari karbon aktif kulit durian diuji daya serap terhadap variasi konsentrasi metilen biru dengan cara karbon aktif dimasukkan kedalam 25 mL larutan metilen biru pada variasi konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm, 30 ppm, 35 ppm, 40 ppm, 45 ppm, 50 ppm, 55 ppm, dan 60 ppm. Kemudian larutan tersebut diaduk dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu kontak selama 30 menit (Hanum dkk., 2017). Hasil pengadukan disaring dengan menggunakan kertas saring. Setelah itu, diukur absorbansi filtratnya menggunakan Spektrofotometer



Uv-Vis. Konsentrasi dari metilen biru sangat mempengaruhi daya serap dari karbon aktif, semakin tinggi konsentrasi dari zat metilen biru, maka semakin banyak pula zat yang diserap oleh karbon aktif (Marlinawati dkk., 2015).

### 3) Variasi Waktu Adsorpsi

Setelah didapatkan konsentrasi optimum dari larutan metilen biru, kemudian diuji lagi sebanyak massa karbon aktif pada dosis optimum dimasukkan kedalam 25 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi optimum. Setelah itu diaduk dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan akan divariasikan waktu kontak pada 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit dan 120 menit. Hasil pengadukan disaring dengan menggunakan kertas saring. Setelah itu, diukur absorbansi filtratnya menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis.

Dari beberapa perlakuan di atas, diukur kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) dan efisiensi adsorpsi (%). Banyaknya metilen biru yang diserap oleh setiap gram karbon aktif kulit durian dapat dihitung dengan persamaan kapasitas adsorpsi sebagai berikut :

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)}{\text{massa adsorben}} \times \text{volume larutan} \dots \dots \dots (3.4)$$

keterangan :

- $q_e$  = Kapasitas Adsorpsi
- $C_o$  = konsentrasi metilen biru (ppm)
- $C_e$  = konsentrasi metilen biru dari regresi linear (mg/L)

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

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

Keterangan :

$C_o$  = konsentrasi metilen biru (ppm)

$C_e$  = konsentrasi metilen biru dari regresi linear (mg/L)

c. Penentuan Isotherm Adsorpsi Berdasarkan Variasi Konsentrasi

Isotherm adsorpsi merupakan mekanisme terserapnya adsorbat pada permukaan adsorben. Sehingga dengan isotherm kita dapat mempelajari proses adsorpsi yang terjadi. Pada tahap ini, sebanyak 0,125 gram karbon aktif dimasukkan kedalam 25 mL larutan metilen biru pada konsentrasi 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm, 30 ppm, 35 ppm, 40 ppm, 45 ppm, 50 ppm, 55 ppm, 60 ppm. Kemudian larutan tersebut diaduk dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu kontak optimum yang diperoleh pada perlakuan sebelumnya. Hasil pengadukan disaring dengan menggunakan kertas saring. Setelah itu, akan diukur absorbansi filtratnya menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis (Hanum dkk., 2017).

Studi equilibrium akan dilakukan menggunakan empat jenis model persamaan isotherm adsorpsi. Keempat model isotherm adsorpsi tersebut dinyatakan secara matematis sebagai berikut:

$$\text{Model Langmuir : } \frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m \times k_L C_e} \dots\dots\dots(3.6)$$

$C_e$  = konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)

$q_e$  = kapasitas adsorpsi (mmol/g)

$q_m$  = kapasitas adsorpsi maksimum (mmol/g)

$k_L$  = koefisien kesetimbangan model Langmuir (L/mmol)

Model persamaan ini dapat diinterpretasikan dengan cara diplot kurva hubungan antara nilai  $\frac{1}{q_e}$  (sumbu y) versus  $\frac{1}{C_e}$  (sumbu x) sehingga mendapatkan nilai regresi linear yaitu  $y = ax + b$ , dimana berdasarkan persamaan di atas  $\frac{1}{q_m}$  sebagai

intercept dan  $\frac{1}{q_m \times K_L}$  sebagai slope. Sehingga berdasarkan nilai regresi linear yang didapatkan dapat dihitung nilai dari konstanta Langmuir ( $K_L$ ) (Astuti, 2018)

$$\text{Model Freundlich : } \log q_e = \log k_F + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(3.7)$$

- $q_e$  = kapasitas adsorpsi (mmol/g)
- $K_F$  = koefisien model Freundlich (L/g)
- $C_e$  = konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)
- $n_f$  = pangkat model Freundlich

Model persamaan ini dapat diinterpretasikan dengan cara diplot kurva hubungan antara nilai  $\log q_e$  (sumbu y) versus  $\log C_e$  (sumbu x) sehingga mendapatkan nilai regresi linear  $y = ax + b$ , dimana berdasarkan persamaan di atas  $\frac{1}{n}$  sebagai intercept dan  $\log K_f$  sebagai slope, Sehingga berdasarkan nilai regresi linear yang didapatkan dapat dihitung nilai dari konstanta Freundlich ( $K_f$ ) dengan cara dihilangkan  $\log K_f = \text{anti log } K_f$  (Astuti, 2018)

$$\text{Model Temkin : } q_e = \frac{RT}{B} \ln K_T + \frac{RT}{B} \ln C_e \dots\dots\dots(3.8)$$

- $q_e$  = kapasitas adsorpsi (mmol/g)
- $C_e$  = konsentrasi kesetimbangan zat warna dalam larutan (mmol/L)
- $B_T$  = panas adsorpsi model Temkin (J/mol)
- $K_T$  = konstanta isotherm Temkin (L/g)

(Saraswati & Riawan, 2022)

Model persamaan ini dapat diinterpretasikan dengan cara diplot kurva hubungan antara nilai  $q_e$  (sumbu y) versus  $\ln C_e$  (sumbu x), sehingga mendapatkan nilai regresi linear  $y = ax + b$ . nilai  $\frac{RT}{B}$  sebagai intercept dan slopenya adalah  $\ln K_T$ , Berdasarkan nilai regresi linear yang didapatkan dapat dihitung nilai dari konstanta Temkin ( $K_T$ ) (Ikrima dkk., 2020).

Pada tahap ini, untuk mengidentifikasi model yang sesuai dengan penelitian ini adalah menggunakan nilai regresi linear yang paling mendekati dengan nilai 1.

#### d. Penentuan kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan laju adsorben dalam menyerap adsorbat. Model kinetika adsorpsi yang sering digunakan adalah pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua. Kinetika adsorpsi dapat diukur dengan cara sebanyak 0.125 gram sampel karbon aktif kulit durian akan ditambahkan kedalam 25 mL larutan metilen biru dengan konsentrasi optimum yang akan didapatkan pada proses kapasitas adsorpsi sebelumnya. Kemudian campuran tersebut akan diaduk dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan divariasikan waktu kontak pada 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit dan 120 menit. Hasil pengadukan akan disaring dengan menggunakan kertas saring. Setelah itu, diukur absorbansi filtratnya menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis, waktu kontak optimum dapat diperoleh berdasarkan nilai  $q_e$  optimumnya. Pengukuran kinetika adsorpsi akan dianalisa menggunakan reaksi orde pertama dan juga reaksi orde kedua (Nitsae dkk., 2021). Pada reaksi orde pertama diplot nilai  $\log (q_e - q_t)$  vs waktu kontak dan dibuat kurva, sehingga didapatkan nilai regresi linearnya. Sedangkan untuk reaksi orde kedua diplot nilai  $t/q_t$  versus waktu kontak dan dibuat kurva standar, sehingga nantinya akan dapat juga regresi linearnya. Untuk nilai  $\log (q_e - q_t)$  dan  $(t/q_t)$  dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Pseudo Orde Satu : } \log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K_1}{2,303} t \dots \dots \dots (3.9)$$

$$\text{Pseudo Orde dua : } \frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots \dots \dots (3.10)$$

- $q_e$  = kapasitas adsorpsi dalam keadaan setimbang (mmol/g)  
 $q_t$  = kapasitas adsorpsi pada waktu t (mmol/g)  
 $K_1$  = konstanta pseudo orde satu ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $K_2$  = konstanta pseudo orde dua ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $t$  = waktu (menit)



## BAB IV PEMBAHASAN

### A. Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif merupakan limbah biomassa yang mengandung banyak selulosa yaitu limbah kulit durian. Berdasarkan penelitian yang lain, kulit durian mengandung 60,45% selulosa, 13,09% hemiselulosa dan 15,45% lignin (Masrol, dkk., 2015). Adanya kandungan selulosa yang tinggi ini memberi peluang yang besar untuk mengubah kulit durian menjadi karbon aktif. Pada tahap preparasi, terlebih dahulu dikumpulkan beberapa sampel limbah kulit durian yang berada di daerah Desa Keudah, Kecamatan Kuta Raja, Kota Banda Aceh. Kemudian, dilakukan pembersihan (Gambar 4.1) dengan cara direndam terlebih dahulu agar daging durian yang terdapat pada kulitnya mudah dibersihkan. Setelah proses pembersihan selesai, kemudian kulit durian dikeringanginkan namun tidak terpapar sinar matahari, lalu dipotong dengan ukuran  $\pm 1$  cm agar mempermudah saat proses karbonisasi.



**Gambar 4.1.** Proses perendaman kulit durian (Sumber : Dokumentasi penelitian)

## B. Karbonisasi

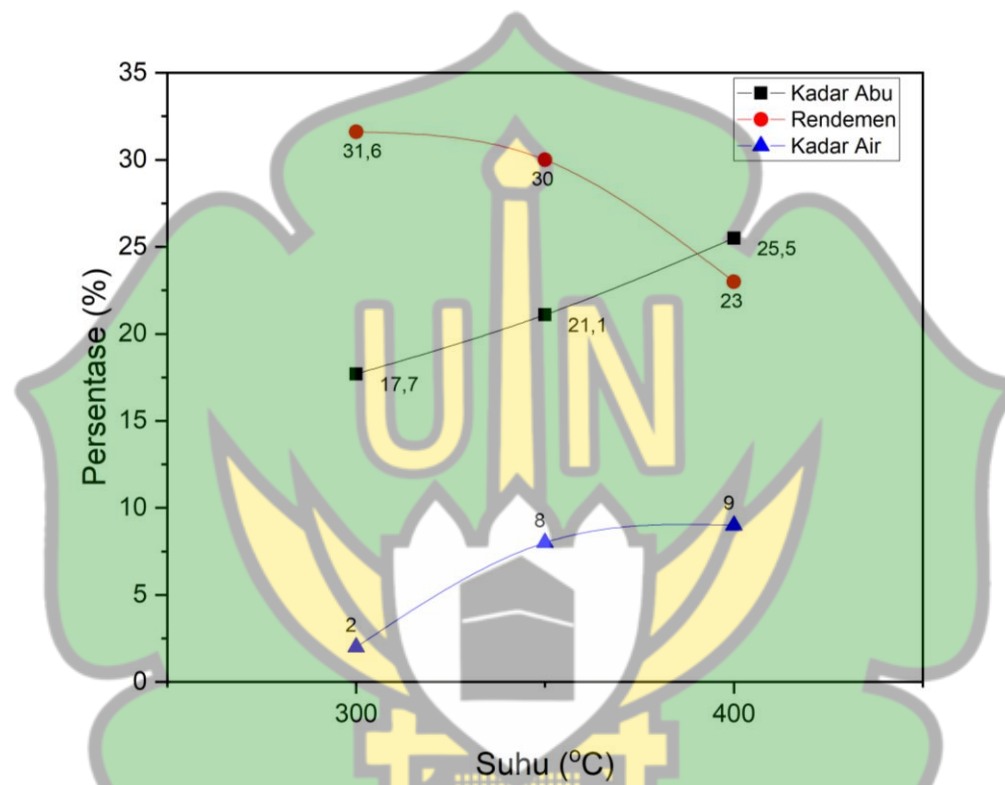
Dalam pembuatan karbon aktif, proses karbonisasi sangat diperlukan untuk mengubah biomassa tersebut menjadi produk karbon aktif. Proses karbonisasi ini bisa disebut sebagai proses konversi zat organik dengan tidak melibatkan oksigen. Dalam proses karbonisasi, terjadi penguraian selulosa menjadi unsur karbon dan unsur non karbon yang terdapat dalam karbon kulit durian akan diuapkan (Arlofa., 2016). Pada saat proses karbonisasi berlangsung diperlukan gas N<sub>2</sub> untuk menjaga pemanasan agar tidak terpapar oksigen sehingga tidak dapat terjadi pembakaran sempurna dan membuat sampel kulit durian tidak menjadi abu akan tetapi menjadi karbon. Proses karbonisasi akan menghasilkan abu jika prosesnya tidak berlangsung dalam keadaan lingkungan yang terbatas oksigen (Nurdiansah & Susanti, 2013).

Variasi suhu dan waktu karbonisasi dilakukan untuk mendapatkan suhu dan waktu yang optimum sehingga produk karbon yang dihasilkan memiliki kualitas paling baik. Karbon dibuat dengan mengkarbonisasi limbah kulit durian menggunakan alat furnace pada suhu 400-600 °C untuk menghilangkan kandungan air dan material-material lain dalam kulit durian yang tidak dibutuhkan oleh karbon seperti hidrogen dan oksigen atau material yang menguap (Ridhuan & Suranto, 2017).

## C. Penentuan Suhu dan Waktu Optimum

Penelitian ini, menggunakan beberapa variasi temperatur yaitu 300 °C, 350 °C, dan 400 °C. untuk mendapatkan suhu optimum pada tiap-tiap variasi tersebut diuji sifat fisikokimia yang meliputi rendemen, kadar air, dan kadar abu yang

dapat dilihat pada Gambar 4.2 yang menunjukkan bahwa pada suhu 300 °C memiliki kadar rendemen yang paling tinggi yaitu 31,6 % dengan kadar air dan kadar abu yang relatif rendah yaitu 2 % dan 17,7% dan dapat dijadikan suhu tersebut sebagai suhu optimum

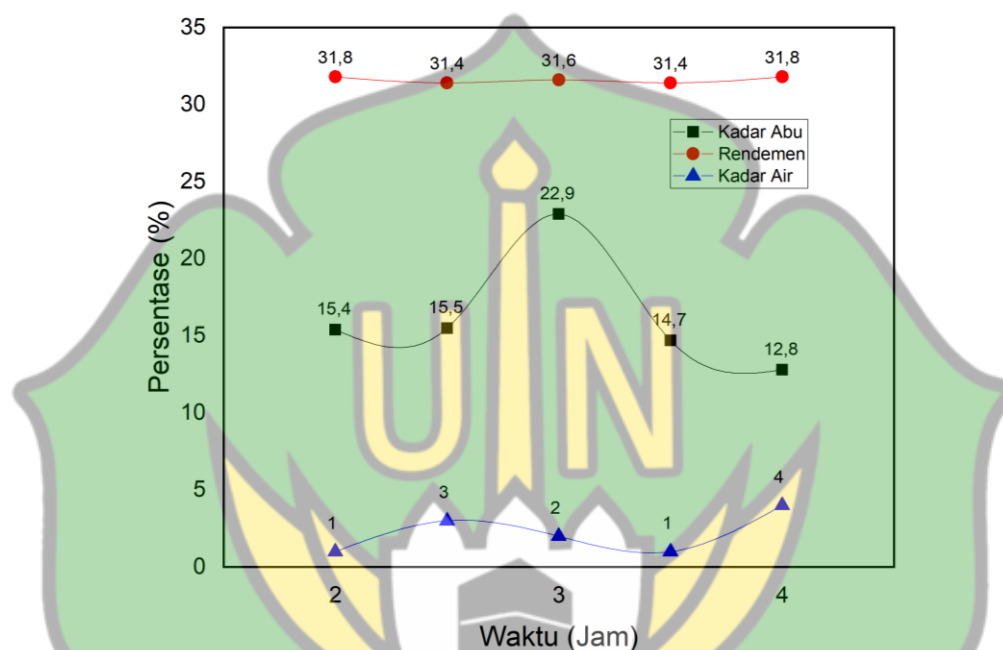


**Gambar 4.2** Pengaruh variasi suhu karbonisasi terhadap rendemen, kadar abu, dan kadar air karbon kulit durian

Semakin tinggi suhu karbonisasi, maka semakin rendah rendemen dari karbon kulit durian. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada suhu yang tinggi banyak kandungan karbon dari kulit durian yang terbakar, sehingga membuat rendemennya menurun. Proses karbonisasi pada suhu yang tinggi menyebabkan terjadi reaksi antara karbon pada sampel dengan oksigen (pemanasan tidak dilakukan dalam oksigen terbatas) sehingga rendemen karbon akan mengalami penurunan (Jaya & Khair, 2020).



Setelah diperoleh suhu optimum, karbonisasi dilanjutkan untuk mendapatkan waktu optimum dengan cara memvariasikan waktu pada 2;2,5;3;3,5; dan 4 jam. Kadar abu, rendemen, dan kadar air dapat dilihat pada Gambar 4.3



**Gambar 4.3** Pengaruh Variasi Waktu Karbonisasi terhadap rendemen, kadar abu, dan kadar air Karbon Kulit Durian

Parameter waktu optimum juga dapat dilihat berdasarkan nilai rendemen, kadar air dan kadar abu. Berdasarkan Gambar 4.3 waktu 4 jam memiliki kadar rendemen paling tinggi yaitu 31,8 % dengan kadar abu yang rendah yaitu 12,8 % dan kadar airnya yaitu 4 %. Waktu karbonisasi 4 jam dapat dijadikan waktu optimum karena kadar rendemen paling tinggi dan kadar abu paling rendah. Kandungan mineral yang tersisa saat proses karbonisasi disebut sebagai kadar abu, sehingga setelah pengujian kadar abu hasil yang didapatkan berupa oksida logam yang tidak habis menguap saat proses pengabuan. Karbon aktif yang baik harus memiliki kadar abu yang rendah, hal tersebut karena semakin banyak kadar

abu maka akan menutupi pori-pori dari karbon aktif sehingga akan mengurangi daya serap (Legiso dkk., 2020). Proses karbonisasi dengan waktu yang lama dan suhu yang tinggi akan meningkatkan kadar abu pada karbon, karena banyak kandungan air yang menghilang (Setyawan & sumarni, 2018).

Variasi suhu dan waktu pada Gambar 4.2 dan 4.3 dianggap bahwa kandungan air dan beberapa senyawa lain yang mudah menguap akan hilang sehingga akan membentuk pori-pori karbon, bentuk fisik dan warna juga berubah menjadi serbuk yang berwarna hitam (Jaya & Khair, 2020).

#### **D. Aktivasi Karbon Kulit Durian**

##### **1. Sokletasi**

Hasil dari proses karbonisasi berupa karbon kulit durian, kemudian hasil tersebut diayak terlebih dahulu menggunakan ayakan pada ukuran 80-100 mesh dengan tujuan memperkecil ukuran karbon kulit durian dan memperluas permukaannya. Karbon kulit durian setelah proses karbonisasi, pori-porinya masih tertutup dengan sisa-sisa zat organik dan air yang tidak habis menguap sehingga perlu dilakukan aktivasi untuk membersihkan kembali pori-pori tersebut, sehingga saat menjadi karbon aktif daya serap terhadap suatu adsorbat akan meningkat (Dewi dkk., 2021).

Metode sokletasi digunakan untuk proses pencucian karbon kulit durian dengan menggunakan pelarut organik yaitu aseton. Prinsip sokletasi adalah proses yang berkesinambungan karena menggunakan pelarut yang sama dan relatif sedikit (Isabel & Mahfud, 2017). Metode sokletasi dapat melarutkan sisa zat

organik yang terdapat didalam karbon kulit durian yang tidak habis saat proses karbonisasi. Proses pencucian karbon kulit durian dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Proses pencucian Karbon Kulit Durian menggunakan metode sokletasi (sumber : dokumentasi penelitian)

Gambar 4.4 menunjukkan pelarut aseton dapat mengekstraksi sisa zat organik yang terdapat didalam karbon kulit durian yang ditandai dengan perubahan warna pelarut dari putih menjadi kuning pudar. Hal ini, dapat disimpulkan bahwa karbon kulit durian masih memiliki zat organik yang belum menguap dan terurai saat proses karbonisasi.

Karbonisasi memiliki beberapa tahap yaitu pada suhu  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  terjadinya penguapan air, selulosa akan menguap dan terurai pada suhu  $270\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Tahapan ketiga merupakan penggabungan struktur karbon pada kisaran suhu  $497^{\circ}\text{C}$ – $847\text{ }^{\circ}\text{C}$ . pada suhu tersebut komponen selulosa dan lignin akan terdegradasi dan menghasilkan produk gas seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , benzena, dan produk padatan berupa karbon (Desi dkk., 2015). Penelitian ini menggunakan suhu karbonisasi yang rendah yaitu  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sehingga komponen selulosa dan

lignin masih belum terurai pada suhu tersebut, dan pada proses pencucian kedua zat tersebut larut didalam pelarut organik yaitu aseton.

## 2. Aktivasi Menggunakan HCl

Aktivasi merupakan suatu proses pembersihan pori-pori dari karbon kulit durian menggunakan reagen kimia. Setelah aktivasi diameter pori akan bertambah besar dan porositas karbon aktif akan meningkat. Dalam penelitian ini dilakukan aktivasi secara kimia menggunakan larutan HCl. Penggunaan larutan HCl sebagai agen pengaktivasi karena larutan tersebut efektif dalam pembersihan pori-pori karbon. Hal tersebut berdasarkan penelitian yang lain bahwa aktivasi karbon tongkol jagung menggunakan beberapa agen pengaktivasi yaitu  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , dan HCl. Serapan optimum dari karbon aktif tongkol jagung terdapat pada karbon yang diaktivasi dengan HCl (Alfiany dkk., 2013). Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga digunakan HCl sebagai agen pengaktivasi. Berdasarkan pembahasan sebelumnya, dimana karbon dari kulit durian masih terdapat zat organik yaitu lignin, maka aktivasi menggunakan agen pengaktivasi asam sangat efektif dalam mencerna lignin yang tertinggal pada karbon kulit durian (Lubis dkk., 2020). Dalam proses aktivasi unsur mineral zat pengaktivasi akan masuk ke dalam sela-sela Heksagon dari kristalit dan akan mengakibatkan terbukanya pori-pori yang semula tertutup (Ramadhani dkk., 2020)

Karbon kulit durian sebanyak 80 gram diaktivasi menggunakan 205 mL HCl 0,5 M selama 24 jam di dalam gelas kimia dan disimpan pada tempat yang tidak terpapar dengan matahari dan udara terbuka. Setelah proses aktivasi selesai, karbon aktif kulit durian dicuci dengan aqua DM sekaligus dinetralkan hingga pH

6. Setelah pH karbon aktif kulit durian mencapai 6, dikeringkan karbon aktif menggunakan oven pada suhu 105 °C selama 4 jam. Karbon aktif kulit durian dapat dilihat pada Gambar 4.5. Penetralkan sampai pH 6 dilakukan agar mempermudah saat proses adsorpsi, dimana adsorbat yang digunakan adalah metilen biru dan pada saat proses adsorpsi akan terjadi persaingan ion  $H^+$  dan gugus karbon aktif pada saat berikatan dengan metilen biru yang terdisosiasi menjadi ion-ionnya. Hasil optimum pH adsorpsi karbon aktif yaitu pH 6, karena jika pH terlalu rendah ion  $H^+$  dari larutan akan mencegah terjadinya interaksi zat warna dengan gugus aktif yang terdapat pada permukaan adsorben yaitu aluminat dan silikat (Ernawati dkk., 2021).



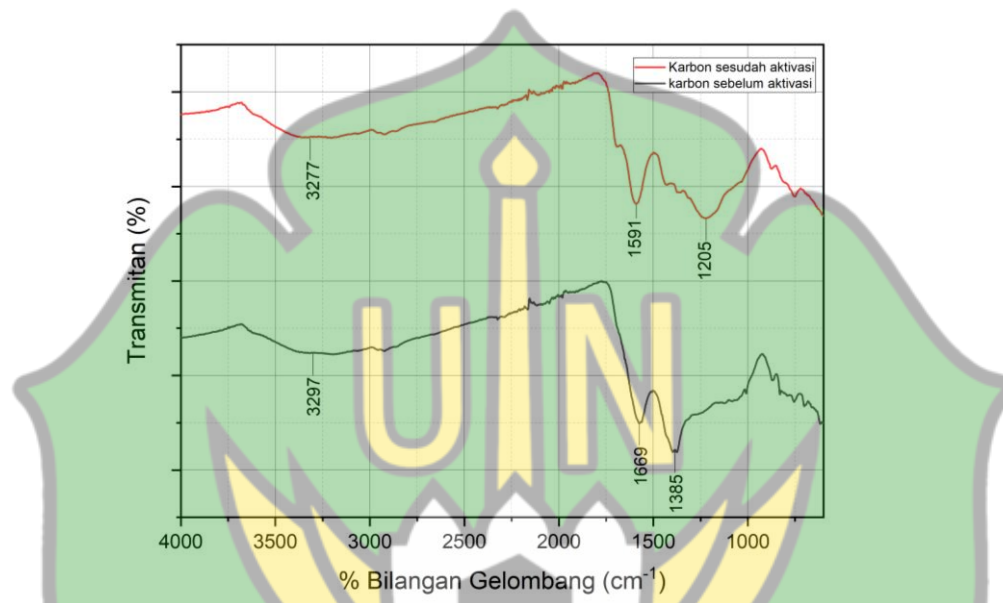
**Gambar 4.5** Karbon Aktif limbah kulit durian

#### **E. Analisis FTIR (Fourier Transform InfraRed) Karbon Kulit Durian**

##### **Sebelum Dan Sesudah Aktivasi**

Karbon Aktif kulit durian diidentifikasi gugus fungsionalnya menggunakan Spektrofotometer FTIR. Pada saat proses adsorpsi daya serap dari karbon aktif bukan hanya ditentukan oleh luas pori-pori saja, akan tetapi juga

dapat ditentukan oleh komposisi kimia yang berupa gugus fungsi (Ridhayanti, 2020). Karakterisasi dengan menggunakan FTIR dilakukan pada bilangan gelombang 4000-600  $\text{cm}^{-1}$  (Lestari dan Nasra, 2022) Spektrum FTIR dari karbon durian sebelum dan sesudah aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.6



**Gambar 4. 6** Spektrum FTIR Karbon Kulit durian sebelum dan sesudah aktivasi

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan gugus fungsi yang khas dari kedua karbon. Karbon aktif dari limbah biomassa memiliki gugus fungsi yang khas seperti O-H dengan bilangan gelombang pada rentang 3500-3200  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C=O pada rentang 1820-1600  $\text{cm}^{-1}$ , gugus C=C pada rentang bilangan gelombang 1500-1400, C-H pada rentang 3000-2850  $\text{cm}^{-1}$ , C-C asimetris pada rentang 2000-1900  $\text{cm}^{-1}$ , C=C aromatik pada rentang 1600-1400, C-H bending dan regangan CO pada rentang 1080-1360 (Hevira dkk., 2020).

Kurva spektrum FTIR pada Gambar 4.5 menunjukkan adanya pergeseran pita serapan karbon sebelum aktivasi yaitu pada bilangan gelombang 1385  $\text{cm}^{-1}$  dan diidentifikasi terdapat renggangan C-H bending dan pada karbon setelah

aktivasi bergeser pada bilangan gelombang  $1205\text{ cm}^{-1}$  yang diidentifikasi terdapat gugus C-O. Pita serapan selanjutnya terdapat pada bilangan gelombang  $1591\text{ cm}^{-1}$  yang terdapat gugus C=C (Aromatik), serta pada bilangan gelombang  $3277\text{ cm}^{-1}$  yang diidentifikasi terdapat gugus O-H (Hidroksil) (Dachriyanus, 2004).

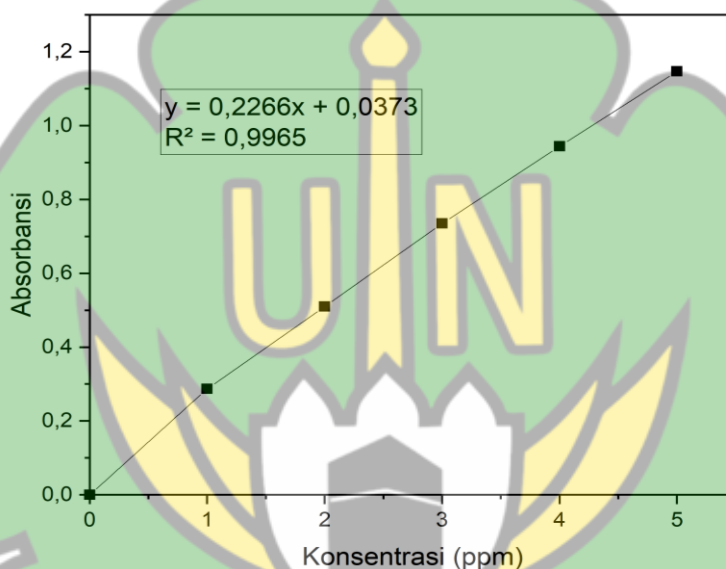
Pembuatan karbon aktif, memerlukan proses aktivasi karena pada saat karbonisasi masih terdapat sisa zat organik yang belum habis menguap dalam pori karbon. Terjadi pergeseran bilangan gelombang pada karbon aktif, yang disebabkan karena penguraian dan vibrasi ikatan senyawa organik pada karbon aktif. Hal tersebut dapat dilihat pada pergeseran pita serapan pada bilangan gelombang  $1385\text{ cm}^{-1}$  (C-H) bergeser ke  $1205\text{ cm}^{-1}$  (C-O) (Lestari dan Nasra, 2022).

Proses karbonisasi masih menyisakan lignin dalam karbon kulit durian yang tidak habis menguap sehingga masih tersisa zat organik tersebut. Berdasarkan pita serapan pada grafik di atas terdapat gugus fungsi yang menyamai dengan lignin yang terdapat pada gugus C=C dengan bilangan gelombang antara  $1500 - 1600\text{ cm}^{-1}$  dan gugus O-H pada bilangan gelombang  $3200 - 3550\text{ cm}^{-1}$ , dimana kedua gugus tersebut pada Gambar 4.5 terdapat pada bilangan gelombang  $1591\text{ cm}^{-1}$  dan  $3277\text{ cm}^{-1}$  (Setiati dkk., 2016).

#### **F. Pembuatan Kurva Standar Larutan Metilen Biru**

Kurva standar metilen biru dibuat dengan cara memvariasikan konsentrasi dan diukur absorbansi pada tiap-tiap konsentrasi, kemudian diplot kurva absorbansi (sumbu y) vs konsentrasi (sumbu x) sehingga nanti akan didapatkan nilai regresi linear  $y = ax + b$  yang dapat dilihat pada Gambar 4.7. Diperoleh

regresi linear  $y = 0,2266x + 0,0373$  dan  $R^2 = 0,9965$ . Kurva standar metilen biru pada Gambar berikut cukup linear dengan nilai regresi yang hampir mendekati 1, semakin besar nilai  $R^2$  tingkat linearitas suatu proses semakin bagus. Hasil pada Gambar 4.7 menunjukkan nilai tinggi dan sesuai dengan hukum Lambert Beer (Warono dan Syamsudin, 2013).



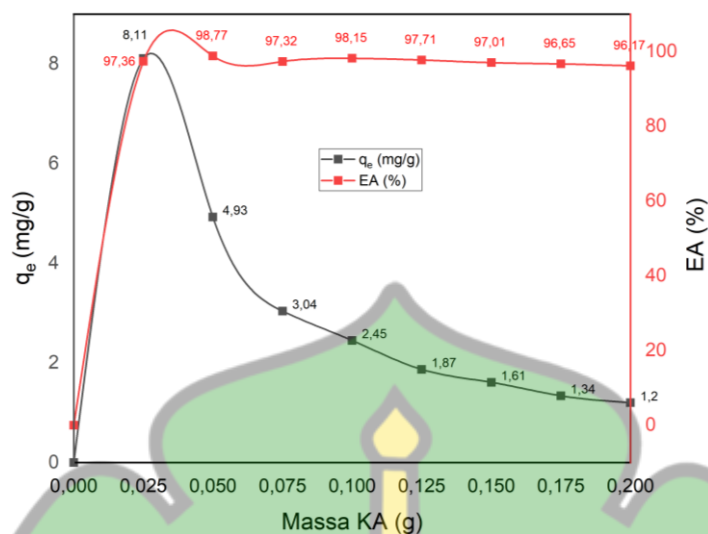
**Gambar 4.7** Kurva standar larutan metilen biru

Kurva kalibrasi dari larutan standar diperlukan untuk melihat korelasi antara absorbansi dengan konsentrasi larutan standar. Semakin tinggi konsentrasi semakin besar absorbansi dari larutan tersebut. pembuatan kurva kalibrasi bertujuan untuk mendapatkan persamaan regresi linear dari larutan standar metilen biru yang akan digunakan untuk menentukan konsentrasi metilen biru yang terserap oleh karbon aktif saat proses adsorpsi (Nurzihan dkk., 2019).



### G. Penentuan Kapasitas Adsorpsi ( $q_e$ ) Dan Efisiensi adsorpsi (%)

Penyerapan suatu molekul adsorbat pada permukaan adsorben disebut sebagai proses adsorpsi. Karbon aktif merupakan adsorben yang sering digunakan untuk proses adsorpsi karena daya serap yang tinggi (Kosim, 2022). Kapasitas adsorpsi adalah salah satu parameter penting dari karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben. Parameter adsorpsi dilihat pada kapasitas suatu adsorben dalam menyerap adsorbat, yang menyatakan banyaknya adsorbat yang mampu terserap pada permukaan adsorben (Asnawati, 2017). Dalam penelitian ini, diberikan perlakuan terhadap dosis dari karbon aktif dan konsentrasi metilen biru dengan beberapa variasi, dengan tujuan untuk melihat jumlah gram karbon aktif yang dapat menyerap minimal dan maksimal dari konsentrasi metilen biru. Dosis dari karbon aktif divariasikan pada rentang 0,025 gram sampai 0,20 gram untuk menyerap zat warna metilen biru. Kemudian pada tiap dosis tersebut diuji adsorpsi terhadap metilen biru 10 ppm selama 30 menit. Besarnya serapan metilen biru oleh karbon aktif diukur menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. Pengaruh variasi dosis terhadap kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) dan efisiensi adsorpsi (%) dapat dilihat pada Gambar 4.8. semakin besar massa karbon aktif maka kapasitas adsorpsinya akan semakin menurun yang dapat dilihat pada dosis 0,025 gram dengan nilai  $q_e$  sebesar 8,11 mg/g dan terus mengalami penurunan hingga dosis 0,20 gram dengan nilai  $q_e$  sebesar 1,2 mg/g. Sedangkan efisiensi adsorpsi mengalami kenaikan dari 97,36% pada dosis 0,025 gram ke 98,77% pada dosis 0,05 gram. Namun, pada dosis di atas 0,05 gram, %EAnya turun kembali secara tidak signifikan dan cenderung konstan.



**Gambar 4.8** Pengaruh Variasi Dosis Karbon Aktif Kulit Durian terhadap Kapasitas Adsorpsi (mg/g) dan Efisiensi adsorpsi (%) pada Metilen Biru

Penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan karena semakin besar massa karbon aktif maka jumlah pori dan luas permukaannya akan semakin besar, serta sisi aktif pada permukaan adsorben akan bertambah. Sehingga menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi karena keterbatasan adsorbat yang diserap oleh sisi aktif. Molekul adsorbat dapat berikatan dengan permukaan adsorben disebabkan masing-masing memiliki sifat hidrofobik (Kimia dkk., 2021).

Dosis optimum dapat dilihat pada 0,125 gram dengan Kapasitas adsorpsi nya 1,88 (mg/g) dan Efisiensi Adsorpsi 97,72 %. Pertimbangannya karena pada dosis tersebut penurunan kapasitas adsorpsi dan efisiensi nya relatif konstan dibandingkan pada dosis-dosis yang lain dan dengan dosis yang sedikit karbon aktif masih dapat menyerap zat warna metilen biru dengan tingkat efisiensi yang sangat tinggi dan cenderung konstan. Perbedaan warna larutan metilen biru sebelum dan setelah adsorpsi dengan 0,125 gram karbon aktif dapat dilihat pada

Gambar 4.9. Peningkatan massa adsorben menyebabkan nilai efisiensi adsorpsi semakin meningkat dan kapasitas adsorpsi mengalami penurunan (Arif, 2014).

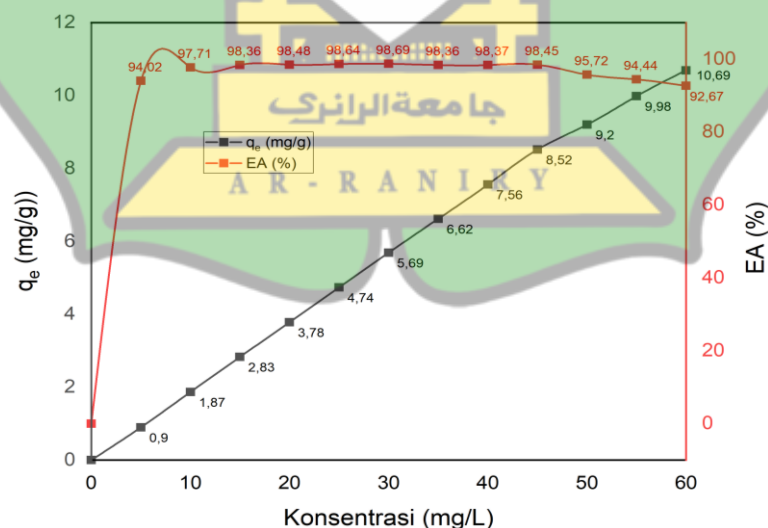
Kapasitas adsorpsi merupakan daya tampung sisi aktif adsorben terhadap konsentrasi dari adsorbat. Jadi, semakin besar dosis adsorben maka kapasitas adsorpsinya akan menurun karena sisi aktif adsorben sudah menyerap semua konsentrasi dari adsorbat sehingga terdapat sisi aktif yang kosong. Sedangkan efisiensi adsorpsinya akan meningkat karena adsorben masih memiliki kemampuan untuk menyerap adsorbat. Berdasarkan penelitian yang lain menyatakan bahwa penyerapan metilen biru meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi adsorben dari 0,1 g/100 ml hingga 0,5 g/100 ml. hal ini disebabkan karena ketersediaan situs adsorben yang banyak serta ketersediaan luas permukaan yang besar (Pathania dkk., 2017).



**Gambar 4.9** (Kiri) metilen biru 10 ppm, (kanan) filtrat metilen biru hasil adsorpsi karbon aktif dengan dosis 0,13 gram

Setelah mendapatkan dosis optimum, dilanjutkan pada proses variasi konsentrasi metilen biru yaitu pada rentang 5 ppm sampai 60 ppm, kemudian hasil adsorpsi disaring dan filtratnya diukur absorbansi menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. Perhitungan kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi karbon aktif terhadap variasi konsentrasi metilen biru, dapat dilihat pada Gambar 4.10.

semakin tinggi konsentrasi metilen biru, maka semakin besar kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) dari karbon aktif kulit durian. Namun, hal menarik dari data tersebut adalah efisiensi adsorpsinya (%EA) cenderung konstan pada setiap konsentrasi metilen biru. Kapasitas adsorpsi pada konsentrasi 5 ppm dengan nilai  $q_e$  0,9 mg/g terus meningkat sampai konsentrasi 60 ppm dengan nilai  $q_e$  10,69 mg/g. Kapasitas adsorpsi karbon aktif kulit durian cenderung besar akibat dengan dosis 0,125 gram mampu menyerap hingga konsentrasi yang tinggi. Penentuan konsentrasi optimum dilihat pada nilai  $q_e$  yang tinggi dengan %EA nya relatif konstan. Maka, yang paling sesuai berdasarkan pertimbangan tersebut adalah konsentrasi 45 ppm dengan nilai  $q_e$  yaitu 8,52 mg/g dan nilai %EA yaitu 98,45. Hal tersebut juga dilihat pada peningkatan  $q_e$  yang relatif konstan dan penurunan %EA pada konsentrasi 50 ppm artinya di konsentrasi tersebut sisi aktif adsorben mengalami penurunan efektivitas penyerapan.



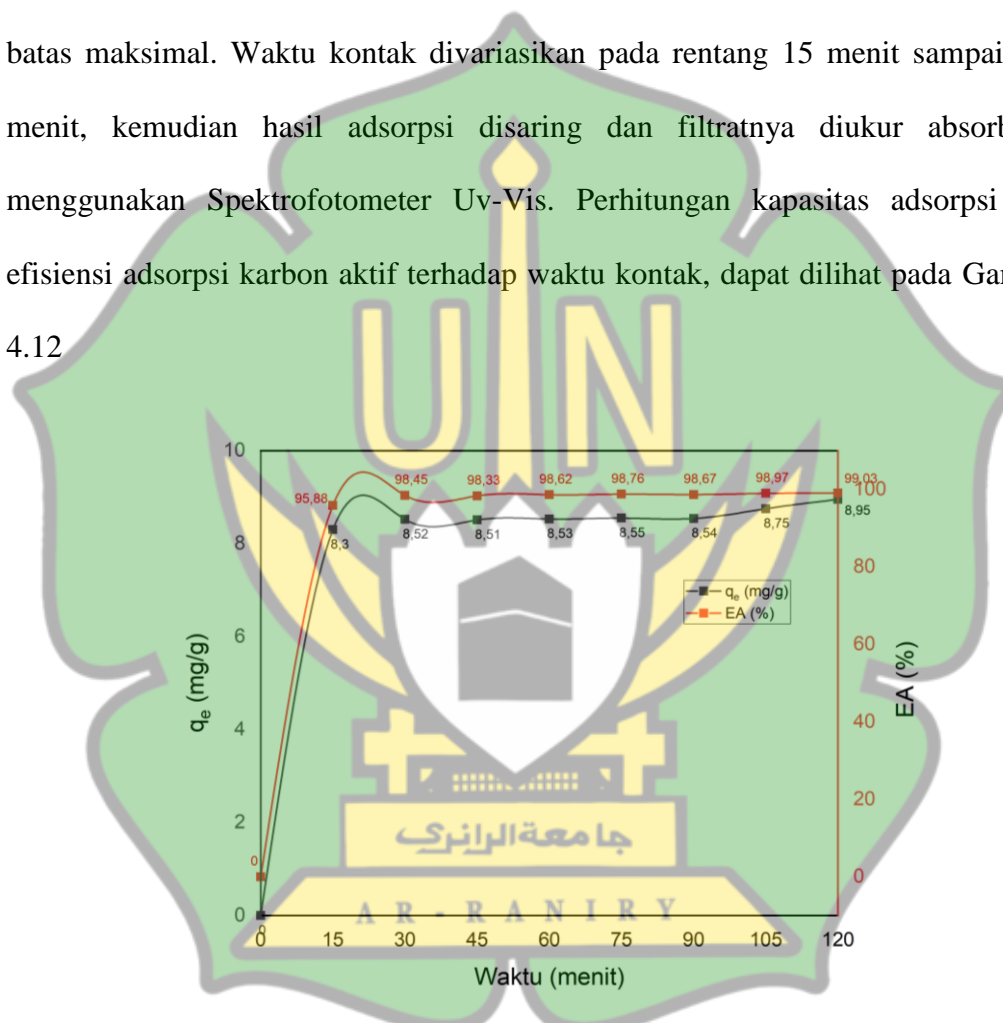
**Gambar 4.10** pengaruh Variasi Konsentrasi Metilen Biru Terhadap Kapasitas Adsorpsi (mg/g) dan Efisiensi adsorpsi (%) karbon aktif kulit durian

Konsentrasi metilen biru akan mempengaruhi serapan dari karbon aktif. Semakin tinggi konsentrasi adsorbat, daya serap dari adsorben juga akan meningkat sehingga sisi aktif pada permukaan adsorben akan jenuh dan tidak dapat menyerap lagi metilen biru (Rha Hayu dkk., 2022). Peningkatan kapasitas adsorpsi karbon aktif disebabkan ion Metilen Biru yang diserap oleh sisi aktif bertambah banyak, sehingga semakin tinggi konsentrasi, maka tiap-tiap sisi aktif dari adsorben akan menyerap konsentrasi tersebut dan membuat kapasitas adsorpsinya semakin tinggi (Wong dkk., 2019). Penurunan efisiensi adsorpsi pada konsentrasi metilen biru 50 ppm disebabkan karena sisi aktif dari adsorben sudah mencapai titik kejenuhan artinya keterbatasan sisi aktif untuk menampung lagi konsentrasi sehingga menyebabkan efisiensi adsorben nya menurun. Pada konsentrasi zat warna yang rendah, sisi aktif masih mampu menyerap molekul adsorbat. Sebaliknya saat konsentrasi zat warna semakin besar sisi aktif pada adsorben akan terbatas, sehingga akan mengalami penurunan kapasitas adsorpsi (Hevira dkk., 2020). Perbedaan warna larutan metilen biru dengan konsentrasi 45 ppm sebelum dan setelah adsorpsi dengan 0,125 gram karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** (Kiri) metilen biru 45 ppm, (kanan) filtrat hasil adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru

Setelah mendapatkan dosis dan konsentrasi optimum, selanjutnya penentuan waktu kontak optimum pada adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap zat warna metilen biru. Penentuan pengaruh waktu bertujuan untuk mendapatkan waktu terbaik yang diperlukan adsorben untuk mengadsorpsi adsorbat hingga batas maksimal. Waktu kontak divariasikan pada rentang 15 menit sampai 120 menit, kemudian hasil adsorpsi disaring dan filtratnya diukur absorbansi menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. Perhitungan kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi karbon aktif terhadap waktu kontak, dapat dilihat pada Gambar 4.12



**Gambar 4.12** pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit durian dalam menyerap metilen biru

Gambar 4.12 menunjukkan waktu optimum terdapat pada 30 menit dengan kapasitas adsorpsi 8,52 dan efisiensi adsorpsinya 98,45 %. Semakin lama waktu adsorpsi, maka semakin meningkat kapasitas dan efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru. Pada waktu kontak 15 – 30 menit proses

adsorpsi berlangsung dengan cepat. Hal tersebut disebabkan karena masih banyak situs aktif yang tersedia untuk tempat masuknya adsorbat pada awal proses dan semakin menurun jumlah situs aktif seiring berjalannya waktu (Riwayati dkk., 2019). Serapan berjalan lambat pada waktu 45 menit, artinya pada waktu tersebut telah terjadi kesetimbangan sehingga kapasitas adsorpsi menurun. Dalam keadaan setimbang kemungkinan situs aktif adsorben telah jenuh yang mengakibatkan adsorpsi berjalan lama dan mengakibatkan kapasitas adsorpsi dan efisiensinya menurun (Surikumaran dkk., 2014). Sehingga waktu kontak 30 menit dipilih sebagai waktu optimum, karena waktu tersebut dinilai paling efisien. Pada waktu yang relatif singkat karbon aktif kulit durian dapat menyerap metilen biru dengan efisiensi 98,45 %.

Nilai  $q_e$  dan %EA pada waktu kontak 45-120 menit cenderung konstan. Hal tersebut karena terjadinya proses desorpsi setelah kesetimbangan karena situs aktif yang tersedia berkurang dan lebih sulit ditempati oleh molekul metilen biru karena halangan sterik dari metilen biru yang terikat sebelumnya (Sudrajat dkk., 2021). Perbedaan warna larutan metilen biru dengan konsentrasi 45 ppm sebelum dan setelah adsorpsi dengan 0,125 gram karbon aktif dengan waktu kontak 30 menit dapat dilihat pada Gambar 4.13



**Gambar 4.13** (Kiri) metilen biru 45 ppm, (kanan) filtrat hasil adsorpsi karbon aktif terhadap metilen biru pada waktu kontak 30 menit

Waktu kontak optimum pada kinetika adsorpsi dilihat pada saat terjadi kesetimbangan, dimana adsorbat akan terserap merata ke permukaan karbon aktif dan sisi aktif tidak dapat menyerap lagi karena sudah terisi penuh. Sehingga dapat diasumsikan bahwa semakin lama waktu adsorpsi, maka situs aktif akan semakin sedikit dan menyebabkan penurunan laju adsorpsi (Kamel, 2014).

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kinerja karbon aktif kulit durian pada penelitian ini tergolong sangat baik, karena nilai %EA nya lebih tinggi dari beberapa penelitian lain

**Tabel 4.1** Perbandingan efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit durian hasil penelitian yang lain

No	Bahan Aktivasi	Lama Aktivasi	%EA	Referensi
1	HCl	24 jam	98,45 %	Penelitian ini
2	KOH	5 jam	90.90 %	(Arlofa, 2016)
3	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	24 jam	96 %	(Abd Latib dkk., 2014)
4	NaOH	24 jam	99,66 %	(Rha Hayu dkk., 2022)

#### H. Penentuan Model Isotherm

Secara umum, isotherm adsorpsi menggambarkan bagaimana adsorbat berinteraksi dengan adsorben (Shafey & Mashaikhi, 2023). Menggunakan model isotherm, kita dapat melihat jumlah zat adsorbat yang terserap oleh satuan berat adsorben dan jumlah adsorbat yang tetap berada dalam larutan saat kesetimbangan (Nurhidayati dkk., 2022). Model isotherm adsorpsi yang diperoleh dari nilai tetapan isotherm akan menggambarkan sifat permukaan dan kapasitas adsorpsi dari adsorben.

Pengaruh variasi konsentrasi metilen biru terhadap daya serap karbon aktif kulit durian dapat dimanfaatkan untuk mempelajari 3 model isotherm yaitu



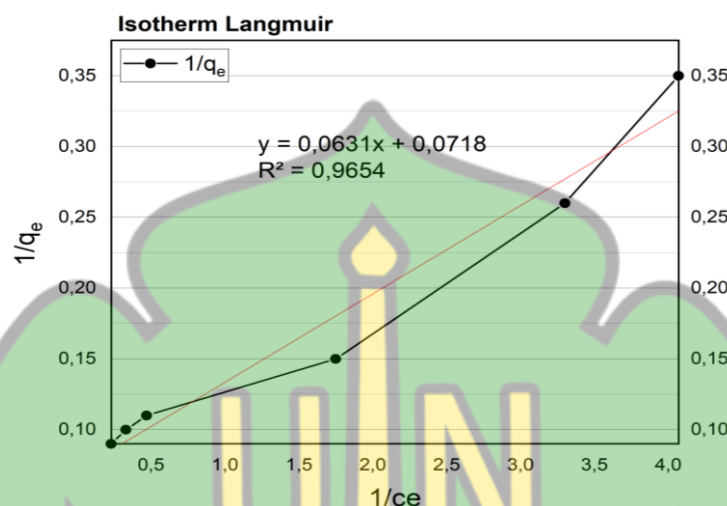
Langmuir, Freundlich, dan Temkin. Keterangan perhitungan model isotherm adsorpsi dapat dilakukan dengan pengolahan data fitting untuk mendapatkan persamaan linier  $y = ax + b$ . Nilai koefisien determinan ( $R_2$ ) juga perlu dipertimbangkan untuk mempelajari model isotherm, semakin besar nilai  $R_2$  semakin dekat hubungan model isotherm terhadap proses adsorpsi. Parameter model isotherm adsorpsi yang harus dianalisis disajikan pada Tabel 4.1

**Tabel 4.2** Informasi mengenai pemasangan data, kurva, perhitungan, dan parameter Isotherm

Model Isotherm	Persamaan Linier	Plot	Parameter
Langmuir	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m \times K_L} \frac{1}{C_e} + \frac{1}{q_m}$	$\frac{1}{C_e}$ vs $\frac{1}{q_e}$	$\frac{1}{q_m} = \text{Intercept}$ $\frac{1}{q_m \times K_L} = \text{slope}$
Freundlich	$\log q_e = \log k_F + \frac{1}{n} \log C_e$	$\ln C_e$ vs $\ln q_e$	$\log k_F = \text{intercept}$ $\frac{1}{n} = \text{slope}$
Temkin	$q_e = \frac{RT}{B_T} \ln K_T + \frac{RT}{B_T} \ln C_e$	$\ln C_e$ vs $q_e$	$\ln K_T = \text{intercept}$ $B_T = \text{slope}$

Berdasarkan Tabel 4.4, maka diplot pada tiap-tiap model isotherm untuk mempelajari bagaimana mekanisme adsorpsi karbon aktif kulit durian dalam menyerap zat warna metilen biru. Model isotherm Langmuir dapat dilihat dengan memplot nilai  $1/C_e$  versus  $1/q_e$  sehingga didapatkan Kurva yang menunjukkan nilai regresi linear yaitu  $y = 0,0631x + 0,0718$  dengan nilai koefisien determinan ( $R_2$ ) yaitu 0,9654 yang dapat dilihat pada Gambar 4.14. Berdasarkan parameter Langmuir pada Tabel 4.4 yaitu  $\frac{1}{q_m} = \text{intercept}$  dan  $\frac{1}{q_m \times K_L} = \text{slope}$ , dapat dihitung nilai  $q_m$  dan konstanta Langmuir ( $K_L$ ) untuk mempelajari model isotherm

Langmuir. Hasil perhitungan menunjukkan nilai  $q_m$  yaitu 13,93 dan konstanta Langmuir ( $K_L$ ) yaitu 220,72.

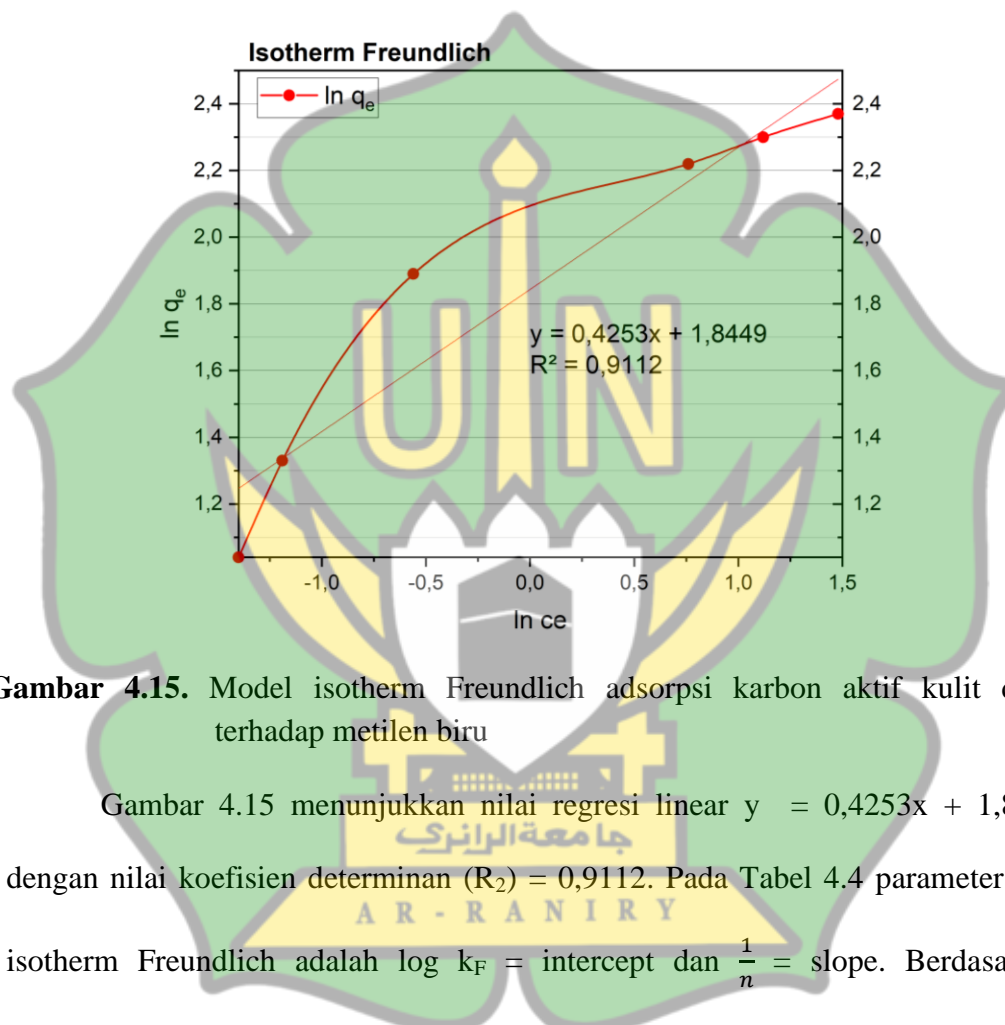


**Gambar 4.14.** Model isotherm Langmuir adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru

Proses adsorpsi pada model isotherm Langmuir didefinisikan sebagai akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) pada permukaan adsorben dan ikatan adsorben dengan adsorbat cukup kuat sehingga terbentuk ikatan kimia (sitasi). Parameter dalam isotherm Langmuir terdapat pada nilai  $q_m$  atau kapasitas adsorpsi monolayer yang maksimum. Dimana jika nilai  $q_m$  nya tinggi maka, adsorpsi monolayer terhadap suatu adsorben memiliki nilai yang sangat bagus. Parameter yang kedua terdapat pada konstanta Langmuir ( $K_L$ ) yang menyatakan derajat interaksi antara adsorben dan adsorbat. Jika nilai  $K_L > 1$ , maka mekanisme adsorpsinya tidak bagus karena memungkinkan terjadinya proses desorpsi. Apabila nilai  $K_L = 1$ , maka proses adsorpsinya akan terjadi secara linear tergantung pada jumlah adsorbat dan konsentrasi adsorbat. Jika nilai  $K_L = 0$ , maka proses adsorpsinya secara irreversible yang membuat daya serap dari adsorben

kuat. Jika nilai  $K_L = 0$ , maka proses adsorpsinya berjalan dengan lancar dan sangat baik (Saraswati dkk., 2022).

Analisis model isotherm Freundlich diperoleh kurva regresi linear dengan cara memplot nilai  $\ln C_e$  versus  $\ln q_e$  yang dapat dilihat pada Gambar 4.15



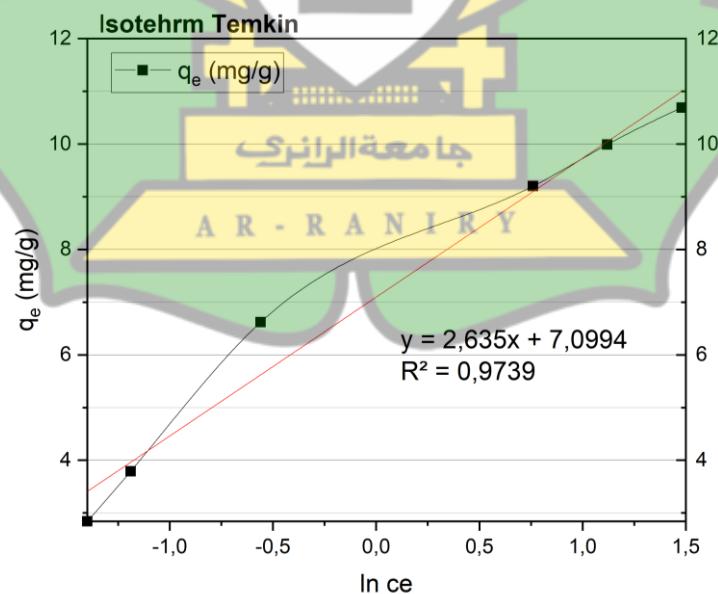
**Gambar 4.15.** Model isotherm Freundlich adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru

Gambar 4.15 menunjukkan nilai regresi linear  $y = 0,4253x + 1,8449$  dengan nilai koefisien determinan ( $R^2$ ) = 0,9112. Pada Tabel 4.4 parameter dari isotherm Freundlich adalah  $\log k_F = \text{intercept}$  dan  $\frac{1}{n} = \text{slope}$ . Berdasarkan persamaan tersebut dapat dihitung nilai konstanta Freundlich ( $k_F$ ) yaitu 69,97 dan nilai  $\frac{1}{n}$  nya yaitu 0,4253.

Model isotherm Freundlich mengindikasikan bahwa proses adsorpsi terjadi pada permukaan heterogen dalam bentuk multilayer dengan interaksi adsorben terhadap adsorbat yang lemah. Bisa dikatakan model ini berkebalikan dengan Langmuir (Ragadhita & Nandiyanto, 2021). Nilai  $K_F$  menunjukkan

kesetimbangan yang terjadi saat proses adsorpsi. Jika nilai  $K_F$  bermuatan positif terjadi kesetimbangan pada permukaan adsorben dengan lapisan multilayer. Sebaliknya, jika nilai  $K_F$  bermuatan negatif maka kesetimbangan pada lapisan multilayer tidak terjadi. Semakin besar nilai  $k_F$  maka semakin besar kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat dalam bentuk multilayer (Amelia dkk., 2023). Sedangkan nilai  $\frac{1}{n}$  menunjukkan tingkat linearitas suatu adsorbat terhadap adsorpsi. Jika nilai  $\frac{1}{n} = 1$ , maka proses adsorpsi akan terjadi secara linearitas. Jika nilai  $\frac{1}{n} > 1$  maka, proses adsorpsi akan terjadi secara fisis. Dalam persamaan ini, mekanisme adsorpsi yang baik jika nilai  $n > 1$ .

Model isotherm Temkin dapat dipelajari dengan cara diplot antara  $\ln C_e$  versus  $q_e$  (mg/g) sehingga didapatkan regresi linear  $y = 2,635x + 7,0994$  dengan koefisien determinan ( $R^2$ ) yaitu 0,9739 yang dapat dilihat pada Gambar 4.16



**Gambar 4.16.** Model isotherm Temkin adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru

Parameter isotherm Temkin yaitu  $\ln K_T = \text{intercept}$  dan  $B_T = \text{slope}$ , berdasarkan persamaan tersebut dapat dihitung parameter adsorpsi menggunakan model Temkin. Hasil perhitungan didapatkan Nilai konstanta Temkin ( $K_T$ ) sebesar  $14,79 \text{ L/mg}^{-1}$  dan nilai  $B_T$  (konstanta Temkin berdasarkan panas serapan) sebesar  $2,64 \text{ J/mol}^{-1}$ .

Isotherm Temkin memiliki 3 asumsi, yaitu panas adsorpsi (fungsi suhu) akan menurun secara linear pada saat meningkatnya permukaan adsorben, proses adsorpsi mengasumsikan penyaluran energi ikatan yang bersamaan pada permukaan adsorben, dan proses adsorpsi akan melibatkan interaksi antara adsorbat dan adsorben (Gouamid dkk., 2013). Parameter pada model isotherm Temkin dilihat pada nilai  $B_T$  yang merupakan tetapan kesetimbangan berdasarkan energi ikatan maksimum. Semakin besar nilai  $B_T$ , maka interaksi antara adsorbat-adsorben dengan energi ikatan akan semakin besar, jika nilai  $B_T > 8$  maka proses interaksi adsorbat dengan adsorben akan terjadi secara kimia. Sedangkan jika nilai tersebut  $< 8$ , maka interaksi antara adsorbat-adsorben hanya terjadi secara fisis (Ragadhita & Nandiyanto, 2021).

Penentuan model isotherm dapat dilihat pada nilai koefisien determinan ( $R_2$ ) yang paling mendekati dengan angka 1 (Amelia dkk., 2023). Berdasarkan ketiga model isotherm dalam pembahasan di atas nilai  $R_2$  yang paling mendekati 1 adalah model isotherm Temkin yaitu 0,9739. Jadi, mekanisme adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap zat warna metilen biru mengikuti model isotherm Temkin.

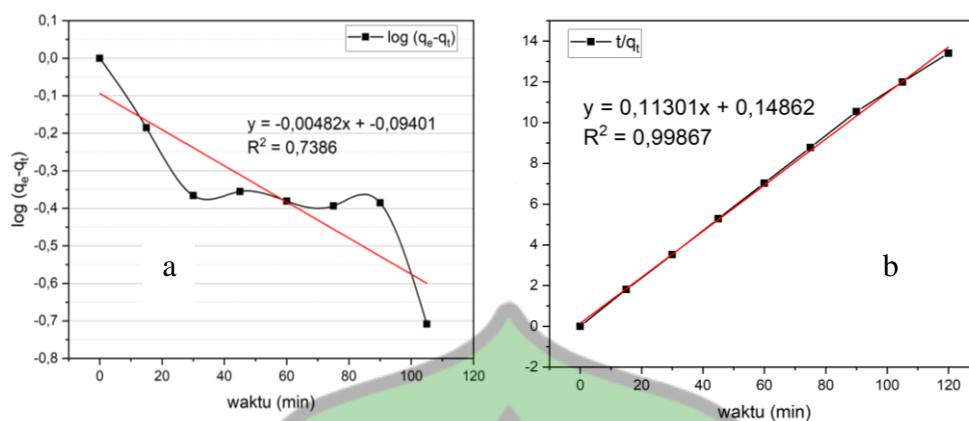
## I. Penentuan Kinetika Adsorpsi

Penentuan kinetika adsorpsi merupakan suatu proses untuk mengetahui laju adsorpsi. (Muhammad, 2014). Model kinetika adsorpsi juga diperlukan untuk memprediksikan kecepatan terserapnya adsorbat dari larutan ke permukaan adsorben. Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru dapat digunakan untuk mempelajari kinetika adsorpsi. Hasil penelitian ini diuji pada kedua model kinetika untuk menentukan model kinetika yang paling sesuai berdasarkan nilai regresi linearnya ( $R^2$ ).

**Tabel 4.3** Persamaan Model Kinetika Reaksi Adsorpsi

Model	Persamaan Linear	Plot Grafik
Pseudo orde satu	$\text{Log}(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{K_1}{2,303}t$	$\text{Log}(q_e - q_t)$ vs $t$
Pseudo orde dua	$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{K_2 q_e^2}$	$\frac{t}{q_t}$ vs $t$

Tabel 4.5 menunjukkan persamaan linear pada dua model kinetika adsorpsi. Nilai  $K_1$  dan  $K_2$  merupakan konstanta kecepatan adsorpsi pseudo orde satu dan pseudo orde dua secara berturut-turut. Variabel  $q_e$  dan  $q_t$  merupakan banyaknya adsorbat yang teradsorpsi pada keadaan setimbang dan pada waktu  $t$  (Basuki dkk., 2022). Model kinetika pseudo orde satu dapat diperoleh dengan membuat kurva regresi linear antara  $\text{Log}(q_e - q_t)$  versus  $t$ , model kinetika pseudo orde dua dapat diperoleh dengan membuat kurva regresi linear antara  $t/q_t$  versus waktu yang dapat dilihat pada Gambar 4.17.



**Gambar 4.17** Model kinetika adsorpsi (a) pseudo orde 1; (b) pseudo orde 2

Model pseudo orde satu pada Gambar 4.17 menunjukkan nilai regresi linear  $y = -0,00482x + 0,09401$  dan koefisien determinan ( $R^2$ ) = 0,7386, berdasarkan persamaan dari Tabel 4.5 dapat dihitung nilai  $q_e$  (mg/g) sebagai jumlah adsorbat yang terserap dalam keadaan setimbang dan  $K_1$  konstanta kecepatan adsorpsi. Hasil perhitungan menunjukkan nilai  $q_e$  sebesar 0,9102 dan  $K_1$  sebesar -4,01667. Model pseudo orde dua pada Gambar 4.17 menunjukkan nilai regresi linear  $y = 0,11301x + 0,14862$  dengan nilai koefisien determinan ( $R^2$ ) yaitu 0,99867. Nilai  $q_e$  sebesar 0,8487 dan  $K_2$  sebesar 0,0859 (Kustomo & Santosa, 2019).

Koefisien determinan ( $R^2$ ) merupakan parameter yang perlu dipertimbangkan untuk melihat mekanisme adsorpsi yang terjadi. Nilai  $R^2$  yang paling mendekati 1 akan digunakan sebagai acuan dalam melihat mekanisme laju adsorpsi (Kurniawati dkk., 2016). Berdasarkan Gambar 4.17, model pseudo orde dua menunjukkan nilai koefisien determinan ( $R^2$ ) yang tinggi sebesar 0,99867. Model pseudo orde dua mengasumsikan bahwa kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi tergantung pada jumlah situs aktif dan Kuadrat konsentrasi salah satu reaktannya atau konsentrasi dua reaktan yang terlibat (Kurniawati dkk.,

2016). Proses adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap zat warna metilen biru terjadi secara kimia yang melibatkan ikatan valensi melalui pertukaran elektron antara adsorben dan adsorbat (Aulia dkk., 2021). Nilai  $K_2$  merupakan konstanta laju yang menginterpretasikan kecepatan suatu adsorpsi, semakin besar nilai  $K_2$  maka semakin cepat terjadinya proses adsorpsi (Arvianto dkk., 2019)





## BAB V PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa

1. Suhu dan waktu optimum pada proses karbonisasi kulit durian adalah 300 °C selama 4 jam, aktivasi menggunakan HCl 0,5 M selama 24 jam, penetralan dengan aqua DM hingga pH 6, pengeringan dengan oven pada suhu 105 °C selama 4 jam.
2. Kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru pada waktu optimum adalah 8,52 mg/g dan 98,45 %.
3. Mekanisme adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap zat warna metilen biru mengikuti model isotherm Temkin dan model kinetika pseudo orde 2, dengan nilai koefisien determinan masing-masing adalah 0,9739 dan 0,99867.

### B. Saran

Dalam penelitian ini, suhu karbonisasi terlalu rendah yaitu 300 °C sehingga masih tersisa zat organik yang tidak habis menguap berupa lignin. Hal tersebut dapat dibuktikan saat proses sokletasi dimana aseton yang tidak berwarna setelah proses menghasilkan warna kuning yang diidentifikasi senyawa lignin dari

sisanya karbonisasi. Oleh karena itu, karbonisasi limbah kulit durian dalam pembuatan karbon aktif disarankan digunakan suhu yang lebih tinggi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abd Latib, E. H., Suraya Mustfha, M., Sufian, S., & Ku Shaari, K. Z. (2014). Methylene blue dye adsorption to durian shell activated carbon. *Key Engineering Materials*, 594–595(February 2016), 350–355. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.594-595.350>
- Adi, S., Masthura, & Daulay, A. H. (2022). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Biji Durian. *JISTech (Journal of Islamic Science and Technology) JISTech*, 7(1), 65–72. <http://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/jistech>
- Amelia, H., Fitria, R., & Sunardi, S. (2023). Kajian Isoterm Adsorpsi Metilen Biru pada Biochar Kulit Sagu (Metroxylon sagu). *Justek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(1), 135. <https://doi.org/10.31764/justek.v6i1.13746>
- Apriliyani, S. A., Martono, Y., Riyanto, C. A., Mutmainah, M., & Kusmita, K. (2018). Validation of UV-VIS Spectrophotometric Methods for Determination of Inulin Levels from Lesser Yam (*Dioscorea esculenta* L.). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 21(4), 161–165. <https://doi.org/10.14710/jksa.21.4.161-165>
- Arif, A. R. (2014). Adsorpsi Karbon Aktif dari tempurung kluwak. *Skripsi UIN ALAUDDIN*, 3(2), 3909. <http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127>
- Ariyani, A., R., P. A., P., E. R., & R., F. (2017). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Arang Aktif Dengan Variasi Konsentrasi Naoh Dan Suhu. *Konversi*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.20527/k.v6i1.2992>
- Arlofa, N. (2016). Kondisi Optimum Konsentrasi Aktivator Dan Suhu Biosorben Pada Zat Warna Tekstil. *Jurnal Kimia Universitas Serang Raya, November 2016*, 1–7.
- Arvianto, R. I., Mauludi, K., Damayanti, A. K., & Pradipta, M. F. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Emas Menggunakan Kulit Mangga (*Mangifera indica*) Termodifikasi Asam Sulfat. *Chimica et Natura Acta*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.24198/cna.v7.n1.19191>
- Asnawati, A. (2017). Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa Terhadap Rhodamin B dalam Sistem Dinamis. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 23. <https://doi.org/10.20473/jkr.v2i1.3553>
- Astuti, W. (2018). Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa. In *UNNES PRESS* (Vol. 5, Issue 3).
- Aulia, M. A., 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>

- Basuki, K. T., Fatuzzahroh, M., Ariyanti, D., & Saputra, A. (2022). Studi Kinetika Adsorpsi Ion Stronsium. *Jurnal Teknologi Kimia Mineral*, 1, 22–26.
- Budiono, A., Anorganik, L. K., Analitik, L. K., Kimia, J., & Diponegoro, U. (2009). *Asam Sulfat dan Asam Fosfat untuk Adsorpsi Fenol*. 4, 1–12.
- Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- Dachriyanus, D. (2017). Analisis Struktur Senyawa Organik secara Spektroskopi. In *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas. <https://doi.org/10.25077/car.3.1>
- Desi, Suharman, A., & Vinsiah, R. (2015). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea brasiliensis*) (The Effect of Carbonisation Temperature Variation to The Adsorption Ability of Rubber Fruit Shell Activated Carbon). *Prosiding SEMIRATA*, 294–303.
- 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>
- El-Shafey, E.-S. I., & Said M. Al-Mashaikhi, S. M. A.-M. (2023). Adsorption of Methylene Blue Onto Hydrophobic Activated Carbon. *Sultan Qaboos University Journal for Science [SQUJS]*, 28(1), 42–52. <https://doi.org/10.53539/squjs.vol28iss1pp42-52>
- Ernawati, Mafliah, I., Ubang, I., Podung, P. N., Nurbaiti, W., & Lestari, S. (2021). Adsorpsi Metilen Biru dengan Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 5(5), 173–179.
- Farida Hanum, Rikardo Jgst Gultom, & Maradona Simanjuntak. (2017). Adsorpsi Zat Warna Metilen Biru Dengan Karbon Aktif dari Kulit Durian Menggunakan KOH dan NaOH Sebagai Aktivator. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(1), 49–55. <https://doi.org/10.32734/jtk.v6i1.1565>
- Firyanto, R., Kusumo, P., & Yuliasari, I. E. (2020). Pengambilan Minyak Atsiri dari Tanaman Sereh Menggunakan Metode Ekstraksi Soxhletasi. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.56444/cjce.v1i1.1252>
- 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.

- Gouamid, M., Ouahrani, M. R., & Bensaci, M. B. (2013). Adsorption Equilibrium, kinetics and Thermodynamics of Methylene Blue from Aqueous Solutions Using Date Palm Leaves. *Energy Procedia*, 36, 898–907. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.103>
- Hadi Ikrima, Yelmida, S. H. (2020). Isoterm, Termodinamika Dan Kinetika Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Adsorben Serbuk Kulit Udang. *Jom FREKNIK*, 7(6), 571–573. <https://doi.org/10.2490/jjrnc.57.571>
- Handayani, M. (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich. *Rosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN*, Vi, 130–136.
- Handayani, R. S., & , I. (2017a). Analisis Keragaman Kualitas Buah Durian Unggulan (*Durio zibethinus*) Aceh Utara. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(3), 147. <https://doi.org/10.29244/jhi.8.3.147-154>
- Handayani, R. S., & , I. (2017b). Analisis Keragaman Kualitas Buah Durian Unggulan (*Durio zibethinus*) Aceh Utara. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 8(3), 147. <https://doi.org/10.29244/jhi.8.3.147-154>
- Hariyati, T., Kusnadi, J., & Arumingtyas, E. L. (2013). Genetic diversity of hybrid durian resulted from cross breeding between <i></i><i></i>Durio kutejensis<i></i> and <i></i><i></i>Durio zibethinus<i></i> based on random amplified polymorphic DNAs (RAPDs). *American Journal of Molecular Biology*, 03(03), 153–157. <https://doi.org/10.4236/ajmb.2013.33020>
- Hendrawan, Y., Sutan, S. M., & R, R. K. Y. (2017). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu ( *Bagasse* ) Menggunakan Activating Agent NaCl. 5(3), 200–207.
- Herlambang, S., Rina, S., Santoso, P., & Sutiono, H. T. (2017). Biomassa sebagai Sumber Energi Masa Depan. *Buku Ajar*, 1–51.
- Herlin Alfiany, Syaiful Bahri, N. (2013). *Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb dengan Beberapa Aktivator Asam*. 2(3), 75–86.
- Hevira, L., Zilfa, Rahmayeni, Ighalo, J. O., & Zein, R. (2020). Biosorption of indigo carmine from aqueous solution by Terminalia Catappa shell. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104290. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104290>
- Huda, T., & Yulitaningtyas, T. K. (2018). Kajian Adsorpsi Methylene Blue Menggunakan Selulosa dari Alang-Alang. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 1(01), 9–19. <https://doi.org/10.20885/ijca.v1i01.11322>

- Husin, A., & Hasibuan, A. (2020). Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat ( $H_3PO_4$ ) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(2), 80–86. <https://doi.org/10.32734/jtk.v9i2.3728>
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44750>
- Irnameria, D. (2020). Karakterisasi Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Durian Pada Suhu Karbonisasi 300 °C Menggunakan Zat Aktivator Natrium Hidroksida Dan Asam Sulfat. *Journal of Nursing and Public Health*, 8(1), 23–28. <https://doi.org/10.37676/jnph.v8i1.1009>
- Jamilatun, S., Setyawan, M., Salamah, S., Purnama, D. A. A., & Putri, R. U. M. (2015). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivasi Sebelum dan Sesudah Pirolisis. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 0258, 1–8.
- 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>
- Junaidi. (2017). Spektrofotometer UV-Vis untuk Estimasi Ukuran Nanopartikel Perak. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika*, 5(1), 97–102.
- Kamel, A. H. (2014). Preparation and Characterization of Innovative Selective Imprinted Polymers for the Removal of Hazardous Mercury Compounds From Aqueous Solution. *Life Science Journal*, 10(May), 106.
- Kimia, D. T., Utara, U. S., & Almamater, J. (2021). *Jurnal Teknik Kimia USU Studi Adsorpsi Furfural Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian*. 10(1), 19–24.
- Kosim, M. E. (2022). Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Karbon Aktif Komersil Terhadap Logam Tembaga Dalam .... *Jurnal Redoks*, 7, 36–47. <https://jurnal.univpgr-palembang.ac.id/index.php/redoks/article/view/6637%0Ahttps://jurnal.univpgr-palembang.ac.id/index.php/redoks/article/viewFile/6637/5960>
- Kurniawati, P., Wiyantoko, B., Kurniawan, A., & Purbaningtiyas, T. E. (2016). Kinetic study of Cr(VI) Adsorption on Hydrotalcite Mg/Al with Molar Ratio 2:1. *Eksakta*, 13(1–2), 11–21. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol13.iss1-2.art2>
- Kustomo, & Santosa, S. J. (2019). Studi Kinetika dan Adsorpsi Zat Warna Kation (Metilen Biru) dan Anion (Metil Orange) pada Magnetit Terlapis Asam Humat. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(2), 64–69. <https://doi.org/10.36873/jjms.v1i2.212>

- Legiso, Susanto, T., Ramadhan, M. B., Roni, K. A., Lestari, D. W., & Farida. (2020). Aktivasi Karbon Aktif Dari Kulit Durian Sebagai Adsorben Limbah Dari Kegiatan Laundry. *Majalah BIAM*, 16(02), 58–63.
- Lestari, D., & Nasra, E. (2022). Preparasi Karbon Aktif Kulit Durian dengan Aktivator NaOH serta Penyerapannya terhadap Logam Berat Pb(II). *Chemistry Journal*, 11(2), 50–55. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/kimia>
- 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>
- Maihendra, Ahmad Fadli, Z. (2013). *Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal Pb<sup>2+</sup> Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate*. 2(2), 7–9.
- Maria Angela N S, Arenst Andreas, A. P. (2015). *Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivasi H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> sebagai Adsorben Larutan Zat Warna Metilen Biru*. 1–7.
- Marlinawati, Yusuf, B., & Alimuddin. (2015a). Pemanfaatan Arang Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethunu L.*) sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (II). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(1), 23–27.
- Marlinawati, Yusuf, B., & Alimuddin. (2015b). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Durian (*Durio zibenthilus L.*) Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(1), 23–27.
- Masrol, S. R., Ibrahim, M. H. I., & Adnan, S. (2015). Chemi-mechanical Pulping of Durian Rinds. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.030>
- 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>
- Muhammad. (2014). Penyerapan B-Karoten Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit: Kajian Kinetika. *Jurnal Teknologi Kimia Unima*, 3(2), 53–63.
- Muhammad Fridho Setyawan, S. (2018). Pirolisis Limbah Kulit Durian Menjadi Arang Aktif dan Asap Cair dengan Aktivator Asam Phospat. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 3(Mi), 5–24.
- Nasir, S., Hussein, M. Z., Zainal, Z., & Yusof, N. A. (2018). Carbon-based nanomaterials/allotropes: A glimpse of their synthesis, properties and some applications. *Materials*, 11(2), 1–24. <https://doi.org/10.3390/ma11020295>

- Ni Luh Putu Ananda Saraswati, I Made Oka Riawan, A. A. R. (2022). *Lantanida Journal*, 10(1).
- Nurdiansah, H., & Susanti, D. (2013). Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 13–18.
- Nurhidayati, I., Mellisani, B., Puspita, F., & Rahmawati Putri, F. A. (2022). Penentuan Isoterm dan Kinetika Adsorpsi Ion Besi oleh Sedimen Sebagai Adsorben. *Warta Akab*, 46(1). <https://doi.org/10.55075/wa.v46i1.98>
- Nurzihan, A., Nuri, R. U., Siregar, S. H., & Nasution, H. (2019). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Bentonit Termodifikasi Ethylene Diamine Tetra Aceticacid (EDTA). *Jurnal UMRI*, 1, 1–13.
- Okwundu, O. S., Aniekwe, E. U., & Nwanno, C. E. (2018). Unlimited potentials of carbon: different structures and uses (a Review). *Metallurgical and Materials Engineering*, 24(3), 145–171. <https://doi.org/10.30544/388>
- Pathania, D., Sharma, S., & Singh, P. (2017). Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from Ficus carica bast. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S1445–S1451. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.04.021>
- Prasetyo, A., Yudi, A., & Astuti, R. N. (2011). Adsorpsi Metilen Blue Pada Karbon Aktif. *Jurnal Neutrino*, 4(1), 16–23.
- Ragadhita, R., & Nandiyanto, A. B. D. (2021). How to calculate adsorption isotherms of particles using two-parameter monolayer adsorption models and equations. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 6(1), 205–234. <https://doi.org/10.17509/ijost.v6i1.32354>
- 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.
- Ramadhani, L. F., Imaya M. Nurjannah, Ratna Yulistiani, & Erwan A. Saputro. (2020). Review: teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 42–53. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i2.518>
- Rasyida, K., Kuswandi, B., & Kristiningrum, N. (2014). Deteksi Kemurnian Air Zamzam Menggunakan Metode Spektrofotometri Fourier Transform Infrared ( FTIR ) dan Kemometrik. *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 2(2), 320–326.
- Rha Hayu, L. D., Nasra, E., Azhar, M., & Etika, S. B. (2022). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr.*). *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.24036/p.v11i1.113349>



- Ridhayanti, S. A. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Durian Sebagai Adsorben Limbah Industri Tahu Di Daerah Sepanjang, Sidoarjo. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 4(1), 23. <https://doi.org/10.32493/jitk.v4i1.3842>
- Ridhuan, K., & Suranto, J. (2017). Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1), 50–56. <https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.119>
- Riwayati, I., Fikriyyah, N., & Suwardiyono, S. (2019). Adsorpsi Zat Warna Methylene Blue Menggunakan Abu Alang-Alang (*Imperata Cylindrica*) Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 6–11. <https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3016>
- Sanjaya, A. S., & Agustine, R. P. (2015). Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. *Konversi*, 4(1), 17. <https://doi.org/10.20527/k.v4i1.261>
- Sari, A. M., Yudistirani, A., Ab, S., & Aulia, P. (2021). *The Effect of Carbonization Temperature of Durian Peel Activated Carbon on The Purification of Used Cooking Oil*. November, 2–7.
- Sembodo, B. S. T. (2005). *Isoterm kesetimbangan adsorpsi timbal pada abu sekam padi*. 4(2), 100–105.
- Setiati, R., Wahyuningrum, D., & Kasmungin, S. (2016). Analisa Spektrum Infra Red Pada Proses Sintesa Lignin Ampas Tebu Menjadi Surfaktan Lignosulfonat. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 1–11.
- Silviyah, S., S. C., & Masruroh. (2019). Penggunaan Metode FT-IR untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada proses pembaluran penderita mioma. *Pharmaceutical Research*, 0274, 1–9.
- Sisanto, Yuwana, & Sulistyowati, E. (2017). Utilization of Durian ( *Durio zibethinus Murr* ) Seeds by- Product as a Stabilizer of Dairy Cow Milk Ice Cream. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 12(1), 9–23.
- Sudrajat, H., Susanti, A., Putri, D. K. Y., & Hartuti, S. (2021). Mechanistic insights into the adsorption of methylene blue by particulate durian peel waste in water. *Water Science and Technology*, 84(7), 1774–1792. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.361>
- Surikumarana, H., Mohamad, S., & Sari, N. M. (2014). Molecular imprinted polymer of methacrylic acid functionalised  $\beta$ -Cyclodextrin for selective removal of 2,4-dichlorophenol. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(4), 6111–6136. <https://doi.org/10.3390/ijms15046111>
- Suryawan, I. W. K., Afifah, A. S., & Prajati, G. (2018). Adsorpsi Warna Metylen Blue Menggunakan Powder dan Granular Activated Carbon Biji Binjai

- (Mangifera Caesia). *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 3(2), 211. <https://doi.org/10.31544/jtera.v3.i2.2018.211-218>
- Suwardi, A. B., Navia, Z. I., Harmawan, T., Syamsuardi, & Mukhtar, E. (2020). Ethnobotany and conservation of indigenous edible fruit plants in south Aceh, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(5), 1850–1860. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210511>
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif Isna Syauqiah<sup>1</sup>, Mayang Amalia, Hetty A. Kartini Abstrak-Dalam limbah cuci foto. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Udyani, K., Purwaningsih, D. Y., Setiawan, R., & Yahya, K. (2019). Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika dengan Microwave. *Jurnal IPTEK*, 23(1), 39–46. <https://doi.org/10.31284/j.ipitek.2019.v23i1.479>
- Wahyuni, I., & Fathoni, R. (2019). Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Variasi Waktu Aktivasi. *Jurnal Chemurgy*, 3(1), 11. <https://doi.org/10.30872/cmg.v3i1.2776>
- Warono, D., & Syamsudin. (2013). Unjuk Kerja Spektrofotometer Analisa Zat Aktif Ketoprofen. *Konversi*, 2, 60.
- Wibawa, A. A. P. P. (2017). Biokimia Karbohidrat. *Universitas Udayana*, 1–51.
- Widihati, I., Diantariani, N., & Nikmah, Y. (2011). Fotodegradasi Metilen Biru Dengan Sinar UV dan Katalis Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. *Jurnal Kimia*, 5(1), 31–42.
- Widyasari, E., Supriadi, S., & Said, I. (2021). Adsorption Capacity of Activated Charcoal Made of Rice Husk on Cd(II) Metal Ions. *Jurnal Akademika Kimia*, 10(4), 213–217. <https://doi.org/10.22487/j24775185.2021.v10.i4.pp213-218>
- Wong, S., Tumari, H. H., Ngadi, N., Mohamed, N. B., Hassan, O., Mat, R., & Saidina Amin, N. A. (2019). Adsorption of anionic dyes on spent tea leaves modified with polyethyleneimine (PEI-STL). *Journal of Cleaner Production*, 206, 394–406. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.201>
- Xu, W., Zhao, Q., Wang, R., Jiang, Z., Zhang, Z., Gao, X., & Ye, Z. (2017). Optimization of organic pollutants removal from soil eluent by activated carbon derived from peanut shells using response surface methodology. *Vacuum*, 141, 307–315. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2017.04.031>
- Yustinah, Hudzaifah, Aprilia, M., & AB, S. (2019). Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch. *Jurnal KONVERSI*, 9(1), 17–28. <https://doi.org/10.24853/konversi.9.1.12>

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran 1 : Surat Keputusan Dekan FTK Tentang Pengangkatan Pembimbing Skripsi

**SURAT KEPUTUSAN DEKAN FTK UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**  
 Nomor: B-5631/Un.08/FTK/Kp.07.6/05/2023

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

**DEKAN FTK UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**

Menimbang : a. 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;  
 b. bahwa saudara yang tersebut namanya dalam surat keputusan ini dipandang cakap dan memenuhi syarat untuk diangkat sebagai pembimbing skripsi.

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;  
 2. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005, tentang Guru dan Dosen;  
 3. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;  
 4. Peraturan Pemerintah No. 74 Tahun 2012 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah RI Nomor 23 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;  
 5. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;  
 6. Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013, Tentang Perubahan IAIN Ar-Raniry Banda Aceh Menjadi UIN Ar-Raniry Banda Aceh;  
 7. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, Tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;  
 8. Peraturan Menteri Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2015, tentang Statuta UIN Ar-Raniry;  
 9. Keputusan Menteri Agama Nomor 492 Tahun 2003, tentang Pendelogasian Wewenang, Pengangkatan, Pemindahan dan pemberhentian PNS di Lingkungan Departemen Agama Republik Indonesia;  
 10. 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;  
 11. 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.


**MEMUTUSKAN**

Menetapkan :  
 PERTAMA : Menunjuk Saudara:  
 1. Adean Mayasri, M.Sc sebagai Pembimbing Pertama  
 2. Muhammad Reza, M.Si sebagai Pembimbing Kedua

Untuk membimbing Skripsi:  
 Nama : Muhammad Asyiqin  
 NIM : 190208029  
 Prodi : Pendidikan Kimia  
 Judul Skripsi : Pemanfaatan Limbah Kulit Durian (Durio Zubathenius Murr) Sebagai Adsorpsi Zat Warna Melen 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 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.  
 KEEMPAT :

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



**Tembusan**

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

## Lampiran 2 : Surat Izin Penelitian dari Fakultas Tarbiyah dan Keguruan



**KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
FAKULTAS TARBİYAH DAN KEGURUAN**

Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh  
Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-181/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 : **MUHAMMAD ASYIQIN / 190208029**  
Semester/Jurusan : VIII / Pendidikan Kimia  
Alamat sekarang : Gampoeng Lamreung Dsn. Meunasah Papeun Kec. Krueng Barona Jaya  
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 **Pemanfaatan Limbah Kulit Durian (*Durio Zubathenius*) Menjadi Karbon Aktif sebagai Adsorben Zat Warna**

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

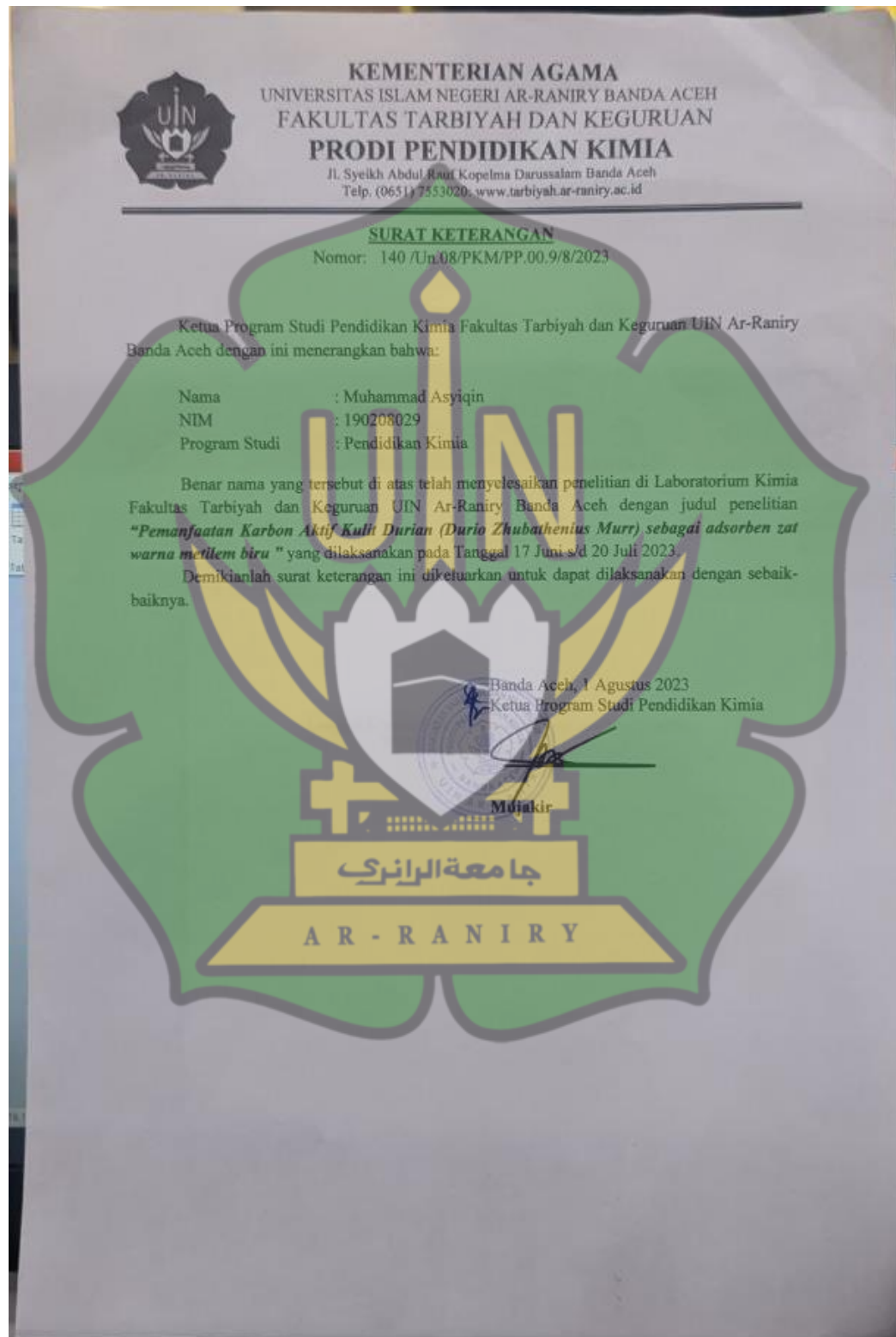
Banda Aceh, 05 Januari 2023  
an, Dekan  
Wakil Dekan Bidang Akademik dan  
Kelembagaan,



Berlaku sampai : 05 Februari  
2023

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

**Lampiran 3 : Surat Telah Melakukan Penelitian dari Prodi Pendidikan Kimia**



**Lampiran 4 : Surat Telah Melakukan Penelitian dari Prodi Teknik kimia**


**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS SYIAH KUALA**  
**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**LABORATORIUM SUMBER DAYA DAN ENERGI**  
 Jl. Tgk. Syech Abul Rauf No. 7 Darussalam-Banda Aceh 233111 Telp 0651-51977 pes 4326

---

**SURAT IZIN PEMAKAIAN LABORATORIUM**  
**SUMBER DAYA DAN ENERGI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini adalah Kepala Laboratorium Sumber Daya Energi dan Dosen Pembimbing, bersama ini memberikan izin pemakaian Laboratorium Sumber Daya Energi beserta fasilitasnya kepada mahasiswa berikut untuk melaksanakan penelitian:

1. Nama/NIM : Muhammad Asyiqin/190208029 (No.HP081396131899)
2. Pembimbing : Adean Mayasri, M.Sc
3. Judul Penelitian : Pemanfaatan Limbah Kulit Durian (*Duri Zubhatenius*)  
Menjadi Karbon Aktif Sebagai Pengadsorben Zat Warna Metilen Biru

Tanggal Mulai	16 Januari 2023	
Tanggal Selesai	4 Februari 2023 8 Juni 2023	

Segala sesuatu yang mengakibatkan kerugian akan menjadi tanggung jawab mahasiswa yang bersangkutan.

Darussalam, 13 Januari 2023

Menyetujui,  
 Kepala Laboratorium Sumber Daya dan Energi  
 A R - R A N I R Y  
 Dr. Ir. Asri Gani, M.Eng  
 NIP. 196603121998021001

Pembimbing Penelitian,  
 Adean Mayasri, M.Sc  
 NIP. 199203122018012002

Tembusan:

1. Ybs untuk dilaksanakan
2. Arsip Laboratorium

### Lampiran 5 : Dokumentasi penelitian



Gambar pengambilan kulit durian



Gambar pencucian kulit durian



Gambar proses karbonisasi



Gambar karbon kulit durian



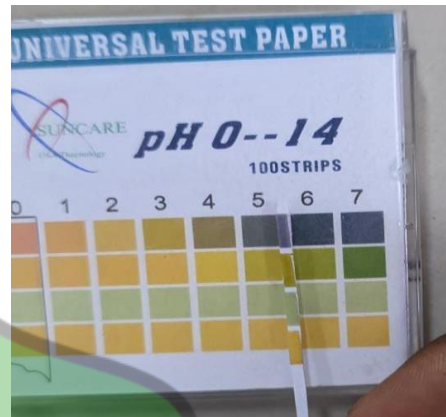
Gambar proses sokletasi menggunakan aseton



Gambar proses aktivasi dengan HCl



Gambar penetralan menggunakan aqua DM



Gambar hasil uji pH menggunakan indikator universal



Gambar proses pengeringan karbon aktif



Gambar karbon aktif kulit durian



Electrical Horizontal Furnace



Gambar spektrofotometer genesyes 30



## Lampiran 6 : Dokumentasi analisis



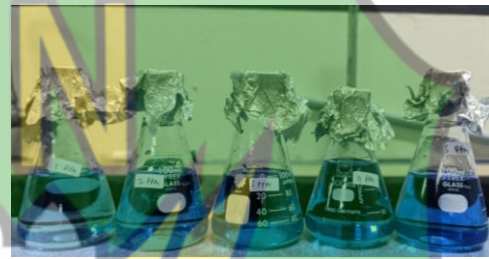
Gambar analisis rendemen



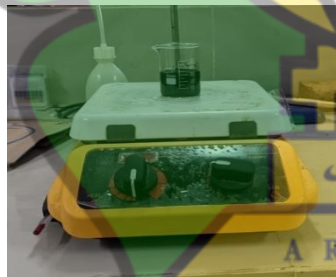
Gambar analisis kadar abu



Gambar analisis kadar air



Gambar hasil pengenceran larutan standar metilen biru



Gambar proses adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru



Gambar pengukuran absorbansi filtrat metilen biru



Gambar filtrat hasil adsorpsi karbon aktif kulit durian terhadap metilen biru

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Muhammad Asyiqin  
 NIM : 190208029  
 Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan  
 Program Studi : Pendidikan Kimia  
 Tempat/Tanggal Lahir : Aceh Besar, 11 Mei 2001  
 Alamat : Meunasah Papeun, Kec. Krueng Barona Jaya, Kab.  
 Aceh Besar  
 Agama : Islam  
 Telp/HP : 0895325798695  
 Email : 190208029@student.ar-raniry.ac.id

### RIWAYAT PENDIDIKAN

SD : Min Ulee Kareng : 2013  
 SMP : SMPS Babul Maghfirah : 2016  
 SMK : SMK SMTI Banda Aceh tahun lulus : 2019  
 Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

### Data Orang Tua

Nama Ayah : Syarifuddin  
 Pekerjaan Ayah : PNS  
 Nama Ibu : Mariana  
 Pekerjaan Ibu : IRT  
 Alamat Lengkap : Meunasah Papeun, Kec. Krueng Barona Jaya, Kab.  
 Aceh Besar