

*Skripsi*

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG  
KEMIRI (*Aleurites moluccana*) DENGAN HNO<sub>3</sub> DAN APLIKASINYA  
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *MALACHITE GREEN***

**TENRI FACHRIANI**

**H031171519**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG  
KEMIRI (*Aleurites moluccana*) DENGAN HNO<sub>3</sub> DAN APLIKASINYA  
SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *MALACHITE GREEN***

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*

**Oleh:**

**TENRI FACHRIANI**

**H031171519**



**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI  
TEMPURUNG KEMIRI (*Aleurites moluccana*) DENGAN HNO<sub>3</sub> DAN  
APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA *MALACHITE  
GREEN***

**Disusun dan diajukan oleh**

**TENRI FACHRIANI**

**H031 17 1519**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi

Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

Pada 07 November 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

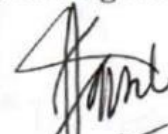
Menyetujui,

**Pembimbing Utama**



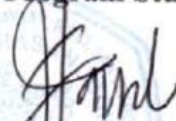
**Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si**  
NIP. 19701103 199903 1001

**Pembimbing Pertama**



**Dr. St. Fauziah, M. Si**  
NIP. 19720202 199903 200

**Ketua Program Studi**



**Dr. St. Fauziah, M. Si**  
NIP. 19720202 199903 200

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Tenri Fachriani  
NIM : H031171519  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Modifikasi Permukaan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan HNO<sub>3</sub> dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna *Malachite Green*” adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 07 November 2022

Yang Menyatakan,



Tenri Fachriani

## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

*Alhamdulillah*, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu wa Ta'ala* yang telah memberikan limpahan rahmat, hidayah serta ilmu pengetahuan yang tak terhingga sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam kepada baginda Rasulullah Muhammad *Shallallahu 'alaihi wasallam* sebagai suri tauladan terbaik. Berhasilnya penyusunan skripsi dengan judul **“Modifikasi Permukaan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan HNO<sub>3</sub> sebagai Adsorben Zat Warna *Malachite Green*”** dengan baik sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis hendak menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada orang tua penulis, Ayahanda **Muhamad Junur**, Ibunda **Sumiati** dan keluarga besarku terkhusus Nenek dan Bonda-bondaku yang senantiasa mendukung, menyemangati, memberikan motivasi, dan bantuan yang begitu luar biasa baik secara moril, materil, maupun spiritual dan yang tiada henti memberikan doa yang terbaik.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada Ayahanda **Dr. Muhammad Zakir, M.Si** dan Ibunda **Dr. St. Fauziah, M.Si** selaku pembimbing yang selama ini telah banyak meluangkan waktu, dengan

sabar memberikan ilmu, pemikiran, motivasi, serta bimbingan kepada penulis dalam melaksanakan penelitian maupun proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menghaturkan terima kasih dan penghargaan sedalam-dalamnya yang kepada:

1. Ketua Departemen Kimia **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan Sekretaris Departemen Kimia **Dr. Nur Umriani Permatasari** beserta dosen dan staf Departemen Kimia yang telah membantu penulis dalam perjalanan selama menempuh pendidikan di Departemen Kimia.
2. Dosen penguji ujian sarjana kimia, yaitu **Prof. Dr. Ahyar Ahmad, Ph.D** dan **Drs. Fredryk Welliam Mandey, M.Sc** terimakasih atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan.
3. Seluruh Analis Laboratorium Kimia Departemen Kimia, Universitas Hasanuddin, **Pak Sugeng, Kak Fiby, Kak Linda, Ibu Tini, Kak Anti, Pak Iqbal dan kak Hanna**. Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
4. Rekan penelitian sekaligus sahabat ukhti ku **Safira Muliani** yang kebersamai perjuangan dalam segala hal hingga saat ini.
5. Sahabat-sahabat **Avengers KF** yaitu **Safira Muliani, Hernawati, Riska Faisal, Winisty, Merlin Patabang, Charmelia Asma Sukmastuty, Andi Nur Annisa, Amrullah** dan **Hasanuddin**, serta seluruh kakak-kakak peneliti kimia fisika yang selalu menemani, membantu dan mengarahkan penulis selama penelitian.
6. Sahabat-sahabat Bidadari Perpus **Wahyudin Rauf, Anni Aulya Syam, Riska Faisal, Nur Alfiah Mufidha, Tri Melinea Ramadhani, Wiwinda,**

**Hernawati, Sumiati, dan Charmelia Asma Sukmastuty**, terima kasih atas pengalaman dan cerita yang telah kita ukir bersama.

7. Keluarga **LDK MPM** dan **Mushalla Istiqamah** ucapan Jazakunnallahu Khayran atas semangat, rasa persaudaraan, kebersamaan yang kalian berikan serta memberikan pengalaman yang sangat berharga dalam kehidupan kampus.
8. Keluarga **Syaaab Qur'an Center** terkhusus akhawat **Para-para Kita'ji**, dan juga sahabat-sahabatku **Musdalifah, Farda Nurilmi** dan **Zalsabila**, Jazakunnallahu Khayran atas motivasi, dukungan dan bantuannya hingga saat ini.
9. Teman-teman **Kimia 2017** penulis ucapkan Jazakumullah Khayran atas bantuan dan persaudaraannya selama di perkuliahan.
10. Semua pihak yang tidak sempat disebut namanya yang telah turut membantu dalam penyelesaian skripsi ini, penulis ucapkan Jazakumullah Khayran.

Penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Maka dari itu penulis menghargai apabila ada kritik dan saran demi penyempurnaan skripsi dan perkembangan ilmu pengetahuan serta penelitian kedepannya. Semoga skripsi ini bernilai ibadah di sisi Allah *Subhanahu wa Ta'ala*.

Makassar, 07 November 2022

Penulis

## ABSTRAK

Modifikasi permukaan karbon aktif berbahan dasar tempurung kemiri (*Aleurites moluccana*) telah dilakukan dengan HNO<sub>3</sub> untuk diaplikasikan sebagai adsorben zat warna *Malachite Green*. Karbon aktif disintesis melalui serangkaian tahapan yaitu proses karbonisasi pada suhu 700 °C, aktivasi kimiawi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% dan modifikasi dengan HNO<sub>3</sub> 4N. Karakterisasi dilakukan dengan analisis titrasi Boehm, instrumen FTIR, SEM dan penentuan luas permukaan dengan metilen biru. Hasil titrasi Boehm menunjukkan peningkatan gugus asam. Hasil SEM menunjukkan morfologi permukaan karbon hasil modifikasi yang mengalami pembentukan pori yang tampak jelas jika dibandingkan dengan karbon sebelum modifikasi. Waktu optimum adsorpsi karbon aktif modifikasi HNO<sub>3</sub> sebagai adsorben *Malachite Green* yaitu 55 menit kemampuan adsorpsi sebesar 28,49 mg/g. Hasil kapasitas adsorpsi karbon aktif modifikasi memenuhi persamaan adsorpsi Langmuir dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9863.

**Kata Kunci:** Karbon aktif; *Malachite Green*; modifikasi; tempurung kemiri



## ABSTRACT

Modification of the surface of activated carbon made from candlenut shell (*Aleurites moluccana*) has been carried out with HNO<sub>3</sub> to be applied as an adsorbent for Malachite Green dye. Activated carbon was synthesized through a series of steps, namely the carbonization process at a temperature of 700 °C, chemical activation with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% and modification with HNO<sub>3</sub> 4N. Characterization was carried out by Boehm titration analysis, FTIR instrument, SEM and determination of surface area with methylene blue. The results of the Boehm titration show an increase in the acid group. The SEM results show the surface morphology of the modified carbon which has a clear pore formation when compared to the carbon before the modification. The optimum time for adsorption of modified HNO<sub>3</sub> activated carbon as Malachite Green adsorbent is 55 minutes with an adsorption capacity value of 28,49 mg/g. The results of the modified activated carbon adsorption capacity met the Langmuir adsorption equation with an R<sup>2</sup> value of 0,9863.

**Keywords:** Activated carbon; adsorption capacity; modification; candlenut shell

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA .....	v
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Limbah Cair .....	5
2.2 Zat Warna Malachite Green.....	6
2.3 Adsorpsi.....	7
2.4 Isotermal Adsorpsi.....	9
2.4.1 Isotermal Langmuir.....	10
2.4.2 Isotermal Freundlich .....	10
2.5 Karbon Aktif .....	11
2.6 Modifikasi Karbon Aktif .....	13
2.7 Tempurung Kemiri Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif.....	15
BAB III METODE PENELITIAN .....	17

3.1 Bahan Penelitian.....	17
3.2 Alat Penelitian.....	17
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.4 Prosedur Penelitian.....	18
3.4.1 Preparasi Sampel.....	18
3.4.2 Karbonisasi.....	18
3.4.3 Aktivasi.....	18
3.4.4 Modifikasi Permukaan.....	19
3.4.5 Pembuatan Larutan Pereaksi.....	19
3.4.6 Karakterisasi Permukaan Karbon Aktif Termodifikasi Secara Kimia melalui Metode Titration Boehm.....	21
3.4.7 Penentuan Luas Permukaan.....	22
3.4.8 Pembuatan Larutan Induk <i>Malachite Green</i> 1000 ppm.....	23
3.4.9 Pembuatan Larutan Zat Warna <i>Malachite Green</i> 10 ppm.....	24
3.4.10 Menentukan Panjang Gelombang Maksimum.....	24
3.4.11 Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	24
3.4.12 Penentuan Kapasitas Adsorpsi oleh Karbon Aktif Modifikasi.....	25
3.4.14 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	26
3.4.15 Karakterisasi Permukaan Material dengan SEM.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Karbonisasi dan Aktivasi Karbon Tempurung Kemiri.....	27
4.2 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Tempurung Kemiri.....	28
4.3 Karakteristik Permukaan Karbon.....	29
4.3.1 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	29
4.3.2 Karakterisasi dengan Titration Boehm.....	31
4.3.3 Karakterisasi Permukaan Karbon dengan SEM.....	33

4.3.4 Karakterisasi Luas Permukaan dengan Menggunakan Metilen Biru .	34
4.4 Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi <i>Malachite Green</i> .....	36
4.5 Kapasitas Adsorpsi KATM terhadap <i>Malachite Green</i> .....	38
4.6 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR Setelah Adsorpsi.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	45
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran .....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46
LAMPIRAN.....	55

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
1. Standar Kualitas Karbon Aktif menurut SNI 06-3730-1995.....	12
2. Komposisi Kimia Tempurung Kemiri ( <i>Aleurites moluccana (L.) Willd</i> .....	16
3. Hasil spektrum dari KTK, KATK dan KATM.....	30
4. Data parameter adsorpsi <i>Malachite Green</i> oleh karbon aktif tempurung kemiri berdasarkan isoterm Langmuir dan Freundlich.....	41
5. Perbandingan bilangan gelombang pada zat warna serta KATM sebelum dan sesudah adsorpsi.....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Struktur Kimia <i>Malachite Green</i> .....	7
2. Tempurung Kemiri ( <i>Aleurites moluccana (L.)</i> ).....	15
3. Skema pembentukan gugus fungsi oleh asam nitrat.....	29
4. Spektrum FTIR dari KTK, KATK, dan KATM.....	30
5. Analisis gugus fungsi dengan metode titrasi Boehm.....	32
6. Hasil SEM Perbesaran 10000 kali dari KTK, KATK, dan KATM.....	33
7. Luas Permukaan KTK, KATK dan KATM.....	35
8. Kurva waktu optimum <i>Malachite Green</i> oleh KATK dan KATM.....	36
9. Hubungan antara jumlah <i>Malachite Green</i> yang di adsorpsi ( $q_e$ ) oleh KATK dan KATM dengan konsentrasi larutan ( $C_e$ ) pada kesetimbangan.....	38
10. Isoterm Langmuir untuk adsorpsi <i>Malachite Green</i> oleh KATK dan KATM.....	39
11. Isoterm Freundlich untuk adsorpsi <i>Malachite Green</i> oleh KATK dan KATM.....	40
12. Spektrum FTIR KATM sebelum adsorpsi, zat warna <i>Malachite Green</i> dan KATM sesudah adsorpsi.....	42
13. Skema interaksi antara karbon aktif dengan zat warna <i>Malachite Green</i> .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Diagram alir.....	54
2. Bagan kerja.....	55
3. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	67
4. Hasil FTIR.....	70
5. Analisis dengan metode titrasi Boehm.....	75
6. Analisis dengan metode SEM.....	84
7. Penentuan luas permukaan dengan metilen biru.....	87
8. Data penentuan panjang gelombang maksimum <i>Malachite Green</i> dengan Konsentrasi 2 ppm.....	89
9. Data Absorbansi kurva standar larutan <i>Malachite Green</i> .....	90
10. Penentuan waktu optimum adsorpsi <i>Malachite Green</i> oleh Aktif tempurung kemiri (KATK).....	91
11. Data penentuan waktu optimum adsorpsi <i>Malachite Green</i> oleh karbon aktif tempurung kemiri modifikasi (KATM).....	92
12. Penentuan kapasitas adsorpsi <i>Malachite Green</i> karbon aktif tempurung kemiri (KATK).....	93
13. Penentuan kapasitas adsorpsi <i>Malachite Green</i> karbon aktif tempurung kemiri modifikasi (KATK).....	94
14. Data paramater adsorpsi isoterm Langmuir dan Freundlich..... .....	95

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Simbol/Singkatan</b>	<b>Arti</b>
FTIR	<i>Fourier Transform Infra Red</i>
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>
KTK	Karbon Tempurung Kemiri
KATK	Karbon Aktif Tempurung Kemiri
KATM	Karbon Aktif Tempurung Modifikasi
UV-Vis	<i>Ultra Violet-Visible</i>
Ce	Konsentrasi zat warna setelah adsorpsi
Co	Konsentrasi zat warna sebelum adsorpsi
qe	Jumlah zat warna yang diadsorpsi per gram adsorben
Qo	Kapasitas adsorpsi
K	Kapasitas adsorpsi isothermal Freundlich



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Limbah cair merupakan air bekas pakai dari berbagai proses penggunaan yang telah mengandung bahan pencemar atau polutan berupa senyawa organik dan anorganik. Air limbah atau limbah cair umumnya memiliki kuantitas yang lebih besar dibandingkan limbah jenis lainnya dan memiliki tipikal kandungan polutan yang lebih beragam, antara lain; minyak, alkohol, fenol, zat warna sintesis, dan logam berat (Martini dkk., 2020). Limbah cair pada industri ini memberikan kontribusi salah satunya berupa pelepasan zat warna ke dalam lingkungan akuatik yang selanjutnya dapat membahayakan atau memberikan efek negatif terhadap makhluk hidup yang berada di sekitarnya (Apriliani, 2010).

Menurut Hashemian (2010), zat warna adalah senyawa aromatik organik potensial yang digunakan pada industri tekstil dan percetakan. Salah satu zat warna yang sering digunakan dalam berbagai industri tekstil adalah *Malachite Green*. *Malachite Green* ( $C_{23}H_{25}ClN_2$ ) adalah senyawa organik yang memiliki berat molekul 364,911 g/mol diklasifikasikan dalam industri sebagai zat warna *triarylmethane*. Zat warna *Malachite Green* berbahaya karena dapat menyebabkan kerusakan sistem reproduksi, sistem kekebalan tubuh serta genotoksik (Silvia dkk., 2020)

Berbagai metode telah dikembangkan dalam penanganan limbah zat warna diantaranya ozonisasi (Rame dkk., 2017), oksidasi (Dianggoni dkk., 2017), koagulasi (Rusydi dkk., 2016), dan adsorpsi. Metode adsorpsi dianggap sebagai

metode yang paling menguntungkan karena prosesnya sederhana, efektif, selektif, biaya operasional rendah dan tidak memberikan efek samping berupa zat beracun (Volesky dan Naja., 2005). Keunggulan lain metode ini adalah tidak terbentuk lumpur atau *slurry*, zat warna dapat dihilangkan dengan baik dan adsorben yang telah digunakan dapat diregenerasi sehingga dapat digunakan kembali untuk proses pengolahan limbah (Liem dkk., 2015).

Pengolahan limbah dengan metode adsorpsi menggunakan berbagai macam adsorben, seperti kitosan, zeolit, *silica gel*, bentonit dan karbon aktif. Karbon aktif banyak digunakan sebagai material adsorben karena memiliki porositas dan luas permukaan yang tinggi (Lubis dkk., 2020). Adsorben karbon aktif yang paling banyak digunakan saat ini adalah adsorben yang berasal dari limbah bahan alam antara lain kulit singkong (Sailah dkk., 2020), ampas tebu (Sari dkk., 2017), tongkol jagung (Budianto dkk., 2019), kulit pisang raja (Dewi dkk., 2015) dan lain sebagainya. Limbah lain yang berpotensi untuk digunakan sebagai adsorben pada penelitian ini adalah tempurung kemiri. Menurut data Badan Pusat Statistik Indonesia hasil produksi kemiri Indonesia dari tahun ke tahun meningkat jumlahnya. Pada tahun 2012 produksi kemiri Indonesia hanya mencapai 73 ribu ton dan mengalami kenaikan hingga 100 ribu ton pada tahun 2014. Masyarakat pada umumnya menjadikan tempurung kemiri sebagai limbah, tetapi sebenarnya mempunyai kegunaan yang cukup bermanfaat sebagai bahan baku pada pembuatan karbon aktif. Darmawan dkk (2016) melaporkan bahwa tempurung kemiri tinggi akan kandungan lignoselulosa (selulosa 25,77%, hemiselulosa 28,73% dan lignin 36,02%) sebagai sumber karbonnya. Menurut Tambunan dkk (2014) karbon tempurung kemiri mengandung 76,315% karbon terikat, 9,56% abu, 8,73% senyawa mudah menguap dan 5,35% air.

Pembuatan karbon aktif menggunakan tempurung kemiri telah banyak dilakukan. Pada penelitian ini efektifitas karbon aktif yang dihasilkan dari tempurung kemiri dapat ditingkatkan dengan cara modifikasi permukaan. Berdasarkan penelitian Ismanto dkk (2010) dan Amiruddin (2016) telah melakukan modifikasi permukaan karbon aktif dengan menggunakan larutan  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa karbon aktif hasil modifikasi dengan menggunakan  $\text{HNO}_3$  menyebabkan peningkatan konsentrasi total asam pada permukaan. Penelitian yang dilakukan oleh Harti, dkk (2014) menunjukkan bahwa modifikasi dengan menggunakan asam nitrat menyebabkan pori-pori terlihat lebih bersih dan rata.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi karbon aktif dari tempurung kemiri dengan  $\text{HNO}_3$  sebagai adsorben zat warna *Malachite Green*. Parameter yang berpengaruh seperti waktu kontak, dan konsentrasi terhadap adsorpsi zat warna oleh karbon aktif tempurung kemiri juga akan dipelajari.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. bagaimana pengaruh modifikasi menggunakan  $\text{HNO}_3$  dari karbon aktif tempurung kemiri terhadap luas permukaan dan kemampuan adsorpsi *Malachite Green*?
2. berapa waktu kontak optimum dan kapasitas adsorpsi *Malachite Green* oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi?

3. gugus fungsi dan metode isotermal adsorpsi apakah yang sesuai pada adsorpsi zat warna *Malachite Green* oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi?

### **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

#### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari kemampuan karbon aktif tempurung kemiri hasil modifikasi dengan HNO<sub>3</sub> sebagai adsorben zat warna *Malachite Green*.

#### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan pengaruh modifikasi menggunakan HNO<sub>3</sub> dari karbon aktif tempurung kemiri terhadap luas permukaan dan kemampuan adsorpsi *Malachite Green*
2. menentukan waktu kontak optimum dan kapasitas adsorpsi *Malachite Green* oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi
3. menentukan gugus fungsi yang terlibat dan metode isotermal adsorpsi yang sesuai pada adsorpsi zat warna *Malachite Green* oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan tempurung kemiri menjadi karbon aktif sebagai adsorben termodifikasi yang mampu menyerap zat warna *Malachite Green* dengan baik pada limbah cair dan diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair**

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga) yang lebih dikenal sebagai sampah. Secara kimiawi dapat ditinjau bahwa limbah ini terdiri dari bahan kimia senyawa organik dan senyawa anorganik. Limbah dengan konsentrasi dan kuantitas tertentu dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Tingkat bahaya keracunan yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah. Karakteristik limbah dipengaruhi oleh ukuran partikel (mikro), sifatnya dinamis, penyebarannya luas dan berdampak panjang atau lama. Sedangkan kualitas limbah dipengaruhi oleh volume limbah, kandungan bahan pencemar dan frekuensi pembuangan limbah. Berdasarkan karakteristiknya, limbah industri dapat digolongkan menjadi empat jenis yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan partikel serta limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) (Anonim., 2008).

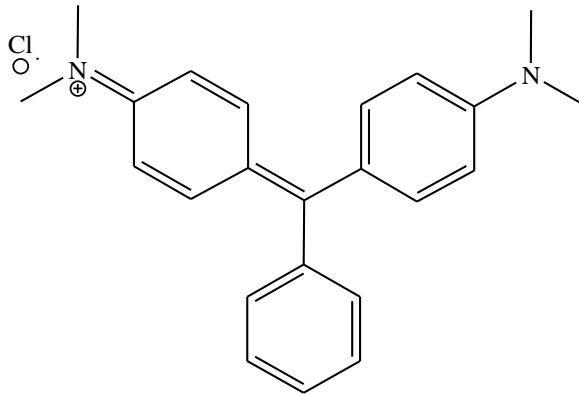
Salah satu limbah cair adalah air limbah yang tercemar oleh zat warna. Limbah zat warna sangat berbahaya bagi lingkungan perairan terutama untuk kehidupan air jika dibuang langsung tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Air limbah zat warna biasanya mengandung sekitar 10 hingga 50 mg/L, pada 1 mg/L zat warna mudah terlihat dan dengan demikian dapat dianggap sebagai suatu kontaminan dan tidak dapat diterima di lingkungan.

Menurut Istratie dkk (2016) dalam penelitiannya mengatakan bahwa kehadiran limbah zat warna dalam jumlah kecil saja dapat menyebabkan perubahan dalam hal warna air. Akibatnya, zat warna dalam air dapat menyerap dan memantulkan cahaya sehingga menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air dan dapat mempengaruhi kehidupan di dalam air yaitu pertumbuhan bakteri dalam air dan fotosintesis tanaman air dapat terganggu yang pada akhirnya dapat menyebabkan kerusakan ekosistem akuatik. Karena itu, penyisihan warna dari *effluent* sebelum dibuang ke badan air sangat diperlukan (Tang dkk., 2012).

## 2.2 Zat Warna Malachite Green

*Malachite Green* ( $C_{23}H_{25}ClN_2$ ) adalah garam klorida organik yang merupakan garam monoklorida dari kation hijau perunggu. Digunakan sebagai pewarna berwarna hijau, *counter-stain* dalam histologi dan untuk sifat anti-jamur dalam akuakultur. Ini memiliki peran sebagai *fluorochrome*, pewarna histologis, obat antijamur, agen karsinogenik, agen teratogenik, kontaminan lingkungan dan agen antibakteri. *Malachite Green* memiliki berat molekul 364,9 g/mol dan memiliki  $\lambda_{max}$  617 nm, bersifat korosif dan iritan (Shivaji dan Shina., 2004).

*Malachite Green* dalam bentuk garam memiliki bentuk padatan kristal berwarna hijau mengkilap seperti logam terlarut dalam etanol, metanol dan aril alkohol serta sangat terlarut dalam air. Dalam air netral larutan berwarna biru kehijauan, pada pH 2 larutan berwarna kuning, sedangkan pada pH 13 larutan menjadi tidak berwarna membentuk *leucomalachite green*. Struktur kimia *Malachite Green* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur kimia *Malachite Green* (Pubchem., 2021)

- Rumus Molekul :  $C_{23}H_{25}ClN_2$
- Nama Kimia : *N*-[4-[[4-(dimetilamino)-fenil]fenilmetilen]-2,5-sikloheksadiena-1-liden]-*N*-metilmetanaminium.
- Nama Dagang : *Malachite Green*
- Nama Indeks Warna : C.I. *Basic Green 4*, C.I. 42000
- Nomor Indeks Warna : *Basic*
- Kelas Kimia : Triarilkarbonium (triarilmetan)
- Nama Komersil : *Green Victoria, light green, fast green.*

(Sandra, 2004)

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi atau penyerapan adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu di dalam fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang mempunyai sifat dapat menyerap (*adsorbent*) (Mc. Cabe, 1985; Said, 2017). Atkins (1999) mengatakan bahwa adsorpsi merupakan peristiwa terakumulasinya partikel pada suatu permukaan. Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar molekul adsorbat dengan situs aktif di permukaan adsorben. Adsorpsi terjadi karena molekul-molekul pada permukaan zat padat atau cair memiliki gaya tarik

dalam keadaan tidak setimbang yang cenderung tertarik ke arah dalam. Keseimbangan gaya tarik tersebut mengakibatkan zat padat dan cair yang digunakan sebagai adsorben cenderung menarik zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya (Sudarja dan Caroko, 2012).

Ada banyak faktor yang mempengaruhi adsorpsi zat warna seperti pH larutan, suhu, konsentrasi zat warna awal, temperatur dan waktu kontak. Maka dari itu, efek dari parameter ini harus diperhitungkan. Optimalisasi kondisi seperti itu akan sangat membantu dalam pengembangan proses penysisihan zat warna skala industri (Yagub dkk., 2014). Pada bagian ini, beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi zat warna dibahas di bawah ini:

#### 1. Luas Permukaan

Menurut Soleha (2018) pada hasil penelitiannya, luas permukaan pada karbon tempurung kluwak sebesar  $654,73 \text{ m}^2/\text{g}$  dan karbon aktif tempurung kluwak sebesar  $714,61 \text{ m}^2/\text{g}$  yang menyimpulkan bahwa terjadi peningkatan luas permukaan. Hal ini disebabkan terbentuknya pori-pori pada permukaan karbon aktivasi. Semakin luas permukaan adsorben, semakin banyak adsorbat yang dapat diserap, sehingga proses adsorpsi dapat semakin efektif. Semakin kecil ukuran diameter partikel maka semakin luas permukaan adsorben (Kusmiati, 2015).

#### 2. Temperatur/Suhu

Pengaruh suhu merupakan parameter proses fisika-kimia yang penting karena suhu akan mengubah kapasitas adsorpsi dari adsorben (Argun dkk., 2008). Jika jumlah adsorpsi meningkat dengan meningkatnya suhu, maka adsorpsi adalah proses endotermik. Hal ini terjadi karena meningkatnya mobilitas molekul zat warna dan peningkatan jumlah situs aktif untuk adsorpsi dengan meningkatnya



suhu. Sedangkan menurunannya kapasitas adsorpsi dengan meningkatnya suhu menunjukkan bahwa adsorpsi adalah suatu proses eksotermis. Ini terjadi karena meningkatnya suhu menurunkan kekuatan adsorptif antara spesies zat warna dan situs aktif pada permukaan adsorben sebagai akibat dari penurunan jumlah adsorpsi (Salleh dkk., 2011).

### 3. pH (Derajat Keasaman)

Salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi kapasitas adsorben dalam pengolahan air limbah adalah pH larutan. Efisiensi adsorpsi tergantung pada pH larutan, karena variasi dalam pH mengarah pada variasi dalam derajat ionisasi molekul adsorptif dan sifat permukaan adsorben (Nandi dkk., 2009).

### 4. Waktu Kontak

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik (Kusmiati, 2015).

## **2.4 Isotermal Adsorpsi**

Isotermal adsorpsi menjelaskan adanya interaksi antara adsorben dengan adsorbat dan menggambarkan kapasitas adsorpsi. Model Langmuir dan Freundlich adalah model yang paling banyak digunakan untuk menggambarkan adsorpsi isoterm (Alzaydien, 2015). Model Langmuir mengasumsikan bahwa hanya ada sejumlah situs aktif yang tersedia untuk diadsorpsi, hanya lapisan tunggal yang terbentuk dan adsorpsi yang terjadi reversibel dan mencapai kondisi kesetimbangan (Iriany dkk., 2013). Isotermal Langmuir menunjukkan bahwa adsorben tersebut monolayer dan isotermal Freundlich menunjukkan bahwa adsorben tersebut multilayer (Astandana dkk., 2016).

### 2.4.1 Isotermal Langmuir

Model isotermal Langmuir merupakan model yang diakui secara luas dan ditemukan aplikasinya telah berhasil dalam proses penyerapan (Saha dkk., 2010). Persamaan isotermal adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi (Day dan Underwood, 2002). Persamaan isotermal Langmuir diberikan oleh persamaan (1)

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_o b} + \frac{C_e}{Q_o} \quad (1)$$

di mana  $C_e$  (mg/L) adalah konsentrasi kesetimbangan zat dalam larutan,  $q_e$  (mg/g) adalah jumlah zat teradsorpsi pada saat kesetimbangan,  $Q_o$  (mg/g) adalah kapasitas maksimum, dan  $b$  (L/mg) adalah konstanta Langmuir.

### 2.4.2 Isotermal Freundlich

Model isotermal Freundlich adalah model yang menerapkan penyerapan pada permukaan yang berbeda-beda dengan interaksi antar molekul adsorben dan tidak membatasi susunan dari monolayernya (Vijayakumar dkk., 2011). Model Isotermal Freundlich merupakan model yang dipilih untuk mengestimasi intensitas penyerapan dari adsorbat pada permukaan adsorben (Shanker dkk., 2012). Bentuk linier dari persamaan Freundlich diberikan oleh persamaan (2)

$$\log (x/m) = \log k + 1/n (\log C_e) \quad (2)$$

di mana  $x$  adalah jumlah yang diadsorpsi (mg),  $m$  adalah massa adsorben yang digunakan (g),  $C_e$  merupakan konsentrasi kesetimbangan (mg/L),  $k$  dan  $n$  merupakan tetapan-tetapan yang menghubungkan semua faktor yang

mempengaruhi proses adsorpsi, seperti kapasitas adsorpsi dan intensitas adsorpsi. Nilai  $n$  dan  $k$  diperoleh dari kemiringan dan *intercept* kurva linier  $\log(x/m)$  vs  $\log C_e$  (Edwin dkk., 2005).

## 2.5 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah adsorben yang paling efektif digunakan dalam pengolahan air industri karena memiliki luas permukaan besar sehingga membuat karbon aktif menjadi adsorben yang kuat. Hal ini biasanya diproduksi dalam bentuk bubuk atau biji-bijian, tergantung pada jenis polutan yang akan diserap (Adelaide dkk., 2017). Karbon aktif memiliki bentuk mikrokristalin dan non-grafit dengan struktur berpori yang telah diproses untuk mengembangkan porositas internalnya. Karbon aktif memiliki porositas tinggi, luas permukaan yang luas, dan tingkat reaktivitas permukaan yang tinggi. Luas permukaan spesifiknya yang besar (sekitar 500-2000 m<sup>2</sup>/g) adalah sifat fisik karbon aktif yang paling penting yang memungkinkan penyerapan fisik (uap air) dan zat terlarut, atau terdispersi dari cairan (Khah dan Ansari., 2009). Secara umum, kapasitas adsorpsi karbon aktif yang tinggi tergantung pada karakteristik karbon aktif seperti luas permukaan, volume pori dan distribusi ukuran pori serta adanya gugus fungsi pada permukaan pori yang memainkan peran penting dalam kapasitas adsorpsi karbon aktif. Luas permukaan adalah karakteristik yang signifikan dari karbon yang telah diaktifkan yaitu memiliki kisaran antara 500-1000 m<sup>2</sup>/g (Luka dkk., 2018). Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan (SNI) 06-3730-1995 pada Tabel 1 (Laos dkk., 2016).

**Tabel 1.** Standar kualitas karbon aktif

Uraian	Persyaratan kualitas	
	Butiran	Serbuk
Kadar air %	Maksimal 4,5	Maksimal 15
Kadar abu %	Maksimal 2,5	Maksimal 10
Daya serap terhadap yodium (mg/g)	Minimal 750	Minimal 750

Karbon yang diolah menjadi karbon aktif pada prinsipnya adalah membuka pori-pori karbon menjadi lebih luas yaitu 2 m<sup>2</sup>/g menjadi 300-2000 m<sup>2</sup>/g pada karbon aktif (Sudrajat dan Pari, 2011). Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi.

1. Proses dehidrasi adalah penghilangan air pada bahan baku. Bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170 °C (Ramdja dkk., 2008).
2. Proses karbonisasi adalah pemecahan bahan organik menjadi karbon. Temperatur diatas 170 °C akan menghasilkan CO, CO<sub>2</sub> dan asam asetat. Pada temperatur 275 °C dekomposisi menghasilkan tar, metanol dan hasil sampingan lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperatur 400 - 600 °C (Efendi dan Hamdi., 2010).
3. Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat (Polli dan Ferdinand., 2017). Ada dua cara untuk melakukan proses aktivasi karbon yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika (Deviyanti dkk., 2014).

Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Polli dan Ferdinand., 2017). Aktivasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika (Prasetyo dan Nasrudin., 2013). Pada proses aktivasi fisika, karbon dipanaskan di dalam tanur pada temperature 800-900 °C (Ramdja dkk., 2008). Aktivasi secara kimia dilakukan dengan mereaksikan karbon dari hasil karbonasi dengan bahan-bahan kimia yang biasanya digunakan untuk proses aktivasi kimia contohnya  $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ ,  $CaCl_2$ ,  $K_2S$ ,  $HCl$ ,  $H_2SO_4$ ,  $NaCl$  dan  $Na_2CO_3$  setelah proses karbonisasi (Juliandini dan Trihadiningrum, 2008). Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktivasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhirnya diaktivasi dengan uap (Ramdja dkk., 2008).

## **2.6 Modifikasi Karbon Aktif**

Modifikasi sifat kimia permukaan karbon aktif dapat dilakukan secara kimia (impregnasi) dan secara fisik (pemanasan). Modifikasi secara kimia dapat meningkatkan gugus karbonil, sementara itu modifikasi secara fisik dapat meningkatkan luas permukaan, volume pori dan gugus karbonil. Sifat kimia permukaan karbon aktif dapat dimanipulasi dengan menggunakan teknik ini untuk menghasilkan adsorben yang disesuaikan untuk fungsi tertentu (Faulconer, 2012). Tujuan dari semua perlakuan ini adalah untuk memodifikasi ukuran pori-pori,

mengendalikan distribusi ukuran pori-pori dan modifikasi polaritas untuk meningkatkan selektifitas kelat unsur karbon (Babatunde dkk., 2016).

Gugus karbonil dapat dibentuk melalui impregnasi dimana jumlah oksigen yang diperoleh tergantung pada metode dan prekursor yang digunakan. Oksidasi kimia dengan metode basah menggunakan oksidator seperti ozon, asam nitrat dan hidrogen peroksida. Penggunaan asam nitrat paling banyak digunakan untuk meningkatkan keasaman total dalam oksidasi kimiawi basah. Oksidasi kimia dengan metode basah umumnya bertujuan untuk mengubah karakteristik kimia permukaan seperti ukuran pori distribusi. Namun, beberapa peneliti telah menemukan bahwa penggunaan asam nitrat pekat justru akan mengurangi luas permukaan dan volume pori total serta lebar pori meningkat karena terjadi kerusakan struktur pori. Sementara itu, penggunaan hidrogen peroksida dapat meningkatkan volume pori dengan diameter  $\sim 6A$  (Faulconer, 2012).

Ada beberapa cara untuk memodifikasi permukaan karbon aktif. Amiruddin (2016) memodifikasi permukaan karbon aktif menggunakan  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  dan  $H_2O_2$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang dimodifikasi mengalami peningkatan gugus asam dan peningkatan yang paling signifikan terjadi pada karbon aktif yang dimodifikasi dengan  $HNO_3$ . Karbon hasil modifikasi dengan  $HNO_3$  mengalami peningkatan konsentrasi gugus karboksil, lakton, dan fenol tetapi mengalami penurunan gugus basa. Menurut Zakir dkk (2019), kapasitas adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi  $HNO_3$  lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif sebelum modifikasi. Luas permukaan oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi  $HNO_3$  mengalami peningkatan yakni dari  $503,57 \text{ m}^2/\text{g}$  menjadi  $524,86 \text{ m}^2/\text{g}$ . Hal

ini membuktikan bahwa modifikasi dengan HNO<sub>3</sub> mampu meningkatkan luas permukaan dari karbon.

## 2.7 Tempurung Kemiri Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif

Kemiri (*Aleurites moluccana*) merupakan salah satu tanaman tahunan yang termasuk salah satu famili *Euphorbiaceae* (jarak-jarakan). Daging buahnya kaku dan juga mengandung 1-2 biji yang diselimuti oleh kulit biji yang keras (Halimah dan Nur., 2016). Menurut kementerian pertanian (2003) dalam Tambunan dkk (2014), kemiri mempunyai 2 lapis kulit yaitu kulit buah dan tempurung, dan dari setiap kilogram biji kemiri akan dihasilkan 30% inti dan 70% tempurung. Pada umumnya masyarakat menjadikan tempurung kemiri sebagai limbah, tetapi sebenarnya mempunyai kegunaan yang cukup bermanfaat sebagai bahan baku pada pembuatan karbon aktif. Tempurung kemiri ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Tempurung kemiri (*Aleurites moluccana* (L.) Willd) (Halimah dan Nur., 2016).

Menurut ITIS (*Integrated Taxonomic Information System* 2021), tata nama Kemiri (*Aleurites moluccana*) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
 Divisi : Tracheophyta  
 Kelas : Magnoliopsida  
 Subkelas : Rosidae  
 Ordo : Malpighiales  
 Famili : Euphorbiaceae  
 Genus : *Aleurites*  
 Spesies : *Aleurites moluccana (L.) Willd.*

Tempurung kemiri merupakan salah satu bahan baku biomassa lignoselulosa yang dapat digunakan dalam sintesis material karbon berpori. Biomassa lignoselulosa terdiri dari tiga komponen utama yang membentuk dinding selnya, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Lignin mengandung 61% elemen karbon yang lebih banyak dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa masing-masing memiliki 42% dan 40%. Tempurung kemiri memiliki kandungan lignin tertinggi. Sehingga kandungan lignin tinggi dalam kemiri memberikan hasil yang sama tinggi untuk karbon aktifnya. Adapun kadar untuk masing-masing senyawa tersebut dalam kemiri ditunjukkan oleh Tabel 2.

**Tabel 2.** Komposisi kimia tempurung kemiri (*Aleurites moluccana (L.) Willd.*) (Darmawan dkk., 2016)

<b>Komposisi kimia</b>	<b>Kadar (%)</b>
Selulosa	25,77
Hemiselulosa	28,73
Total lignin	36,02
– Klason	36,00
– Lignin terlarut asam	0,02
Alkohol – benzena terlarut	8,53

Sumber: (Darmawan dkk., 2016)