

*Skripsi*

**MODIFIKASI PERMUKAAN KARBON AKTIF DARI  
TEMPURUNG KEMIRI (*Aleurites moluccana*) DENGAN  $\text{HNO}_3$  DAN  
APLIKASINYA SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA METIL JINGGA**

**SAFIRA MULIANI**

**H031 17 1002**



**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 METIL JINGGA**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh

**SAFIRA MULIANI**

**H031 17 1002**



**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 METIL JINGGA**

**Disusun dan diajukan oleh**

**SAFIRA MULIANI**

**H031 17 1002**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi

Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin

Pada 13 Juli 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pertama**

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

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

**Ketua Program Studi**

  
**Dr. Abdul Karim, M.Si**  
**NIP. 19620710 198803 1 002**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Safira Muliani  
NIM : H031171002  
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 Metil Jingga” 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, 13 Juli 2022

Yang Menyatakan,



Safira Muliani

## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim,*

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhanahu wa Ta'ala* atas segala limpahan nikmat dan hidayah-Nya, tak lupa juga kepada junjungan kita Nabi Muhammad *shallallahu 'alaihi wassalam* yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Modifikasi Permukaan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) dengan HNO<sub>3</sub> dan Aplikasinya sebagai Adsorben Zat Warna Metil Jingga**” dengan baik sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Beragam kendala dan tantangan yang dialami penulis, namun berkat do'a, bantuan, motivasi, dan dukungan dari berbagai pihak hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis hendak menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada orang tua penulis, Ayahanda **Rafiuddin**, Ibunda **Fida Sulystiani** dan Nenek tercinta **Hj. Indar Abdurrahman** yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, dan bantuan yang begitu luar biasa baik secara moril, materil, maupun spiritual. Terimakasih kepada keluarga besar penulis yang selalu mendukung, memberikan semangat dan yang tiada henti memberikan doa terbaik.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada bapak **Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si** dan Ibu **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. Tak lupa penulis ucapkan terimakasih kepada bapak **Prof. Dr. Ahyar Ahmad, Ph.D**, selaku ketua penguji, bapak **Drs. F. W. Mandey, M.Sc** selaku sekretaris penguji, dan Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** yang telah banyak memberikan arahan dan masukan untuk penulis.

Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ketua Departemen Kimia, **Dr. Abdul Karim, M.Si** dan seluruh dosen yang telah membimbing dan membagi ilmunya kepada penulis selama menempuh pendidikan.
2. Seluruh staf **Departemen Kimia** dan **Fakultas MIPA** terkhusus kepada **Pak Taufik, Pak Haerul** dan **Kak Rahma** yang senantiasa membantu penulis.
3. Seluruh analis laboratorium Departemen Kimia FMIPA Unhas **Pak Sugeng, Bu Tini, Kak Fibi, Kak Akbar, Bu Anti, Kak Hana, Bu Linda, Pak Iqbal** yang selalu sabar mengarahkan dan membantu penulis.
4. Pihak-pihak yang telah membantu dalam pengambilan sampel penelitian.
5. **Kak Ridha, Kak Kolo, Kak Elfa, Kak Liki, Kak Elya, Kak Ismul, Kak Ainun, Kak Iin, Kak Samriani, Kak Desi, Kak Irma, Kak Andin, Kak Mifta, Kak Inna**, teman-teman peneliti kimia fisika 2017 “**Avengers KF**” **Andi Nur Annisa, Charmelia Asma Sukmastuty, Tenri Fachriani, Hernawati, Winisty, Merlin Patabang , Riska Faisal, Hasanudin, Muh. Amrullah** dan seluruh kakak-kakak peneliti kimia fisika yang selalu menemani, membantu dan mengarahkan penulis selama penelitian.
6. **Tenri Fachriani** rekan penelitian sekaligus rekan kepengurusan dakwah, yang banyak membantu dan selalu memberikan dukungan, saran, motivasi, dan

semangat.

7. **Andi Nur Annisa, Charmelia Asma Sukmastuty dan Indo Esse** tempat saya berkeluh kesah, selalu memahami dan memaklumi saya, serta yang selalu saya reportkan dan selalu memberikan saya saran dan semangat.
8. Akhawat kimia 2017 **Farda Nurilmi, Eka Pratiwi, Andi Nurmi, Alfiah** dan **Ana** yang selalu memberi motivasi dan semangat kepada saya.
9. **Kak Fauziah Ramdani** selaku murabbiyah halaqah tarbiyah dan **Kak Fuadah** selaku Mudarrisah tahsin yang senantiasa mendo'akan dan memberi semangat kepada saya.
10. Akhawat halaqah tarbiyah "**Ummu Syuraik 5**" **Ukhty Nurmi, Dek Husnul, Dek Novia, Dek Sonia, Dek Afifah, Dek Kamtina, Dek Ayu, Dek Ijul, Dek Namira, Dek Risma, Dek Jihan, Kak Wahdania** yang selalu mendo'akan dan memberi semangat.
11. **Kak Nadra, Dek Isra, Kak Asse, Dek Afifah dan Dek Azizah** dari tim kreatif dakwah yang mendo'akan dan memberi semangat kepada saya.
12. Akhawat teamwork Syabaab Qur'an Center **Ukhty Vio, Kak Dhita, Kak Hera, Dek Nela, Kak Armi, Kak Ici, Kak Puput, Dek Delmi** yang senantiasa memberi semangat dan motivasi kepada saya
13. **Akhawat alumni Pengurus Mushalla Istiqamah periode 2019 M** yang senantiasa mendukung saya.
14. Rekan-rekan KKN Tamalate 3 **Afiifah, Yuyun, Ulfah** dan **Nanda** yang selalu memberi motivasi dan semangat kepada saya selama meneliti.
15. Teman-teman seperjuangan **ALIFATIK 2017** dan **KIMIA 2017** yang selalu ada dari awal perkuliahan hingga saat ini. Terima kasih atas kenangan dan

pengalaman yang tak terlupakan serta semangatnya.

16. Semua pihak yang membantu penulis sejak perkuliahan, dalam penelitian maupun penyelesaian skripsi. Terima kasih yang sebanyak-banyaknya. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta'ala* membalas kebaikan semua. Aamiin Allahumma Aamiin.

17. Kepada diri saya sendiri, yang telah sabar, pantang menyerah, dan selalu semangat hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kesalahan serta kekurangan sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan selanjutnya. Akhir kata semoga skripsi ini bermanfaat bagi diri penulis pribadi maupun pembaca. Terima kasih.

**Makassar, 3 Maret 2022**

**Safira Muliani**

## **ABSTRAK**

Modifikasi Permukaan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) telah dilakukan dengan HNO<sub>3</sub> untuk menyerap zat warna metil jingga. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang telah dimodifikasi dengan HNO<sub>3</sub> memiliki keunggulan lebih dibandingkan karbon aktif dengan activator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Material adsorben dikarakterisasi dengan FTIR, titrasi Boehm, luas permukaan dengan metode metilen biru, dan SEM. Hasil FTIR menunjukkan karbon aktif yang dihasilkan cenderung bersifat polar ditandai dengan adanya spektrum gugus O-H dan C-O dan didukung oleh data titrasi Boehm menunjukkan peningkatan gugus asam dan penurunan pada gugus basa. Analisis SEM menunjukkan morfologi pori karbon modifikasi memiliki pori yang lebih bersih, banyak, dan ukuran yang sama dibandingkan pada karbon dan karbon aktif. Karbon tempurung kemiri yang dimodifikasi memiliki permukaan yang lebih besar yaitu 621,22 m<sup>2</sup>/g. Waktu optimum adsorpsi zat warna metil jingga selama 40 menit. Model isotermal adsorpsi karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi mengikuti model isotermal Langmuir dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,9936 dan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 17,668 mg/g. Hasil penelitian, berguna untuk peningkatan skala masa depan menggunakan bahan tempurung kemiri sebagai adsorben berbiaya rendah untuk menghilangkan pewarna anionik.

**Kata Kunci:** Modifikasi, Adsorpsi, Tempurung Kemiri, dan Metil Jingga.

## ABSTRACT

Surface Modification of Activated Carbon from Kemiri Shell (*Aleurites moluccana*) was carried out with HNO<sub>3</sub> to adsorb methyl orange dye. The results showed that activated carbon that had been modified with HNO<sub>3</sub> had more advantages than activated carbon with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> activator. The adsorbent material was characterized by FTIR, Boehm titration, surface area by methylene blue method, and SEM. The FTIR results show that the activated carbon produced tends to be polar characterized by the presence of a spectrum of O-H and C-O groups and is supported by Boehm titration data showing an increase in the acid group and a decrease in the base group. SEM analysis showed that the modified carbon pore morphology had cleaner, more numerous, and the same size pores compared to carbon and activated carbon. The modified candlenut shell carbon has a larger surface area of 621.22 m<sup>2</sup>/g. The optimum time for adsorption of methyl orange dye was 40 minutes. The adsorption isothermal model of modified candlenut shell activated carbon followed the Langmuir isothermal model with a correlation coefficient value of 0.9936 and an adsorption capacity value of 17.668 mg/g. The results of the study, are useful for future scale-up using candlenut shell material as a low-cost adsorbent for the removal of anionic dyes.

**Keywords:** Modification, Adsorption, Candlenut Shell, and Methyl Orange.

## DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	viii

DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	19
1.1 Latar Belakang.....	19
1.2 Rumusan Masalah.....	20
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	21
1.3.1 Maksud Penelitian.....	21
1.3.2 Tujuan Penelitian .....	21
1.4 Manfaat Penelitian .....	21
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	22
2.1 Limbah Cair Industri.....	22
2.2 Zat Warna Metil Jingga .....	23
2.3 Adsorpsi .....	25
2.4 Karbon Aktif .....	26
2.5 Tempurung Kemiri sebagai Sumber Karbon Aktif.....	28
2.6 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif dengan HNO <sub>3</sub> .....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Bahan Penelitian .....	36
3.2 Alat Penelitian.....	36
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian.....	36
3.4 Prosedur Penelitian .....	36
3.4.1 Pembuatan Larutan Pereaksi.....	37
3.4.1.1 Pembuatan Larutan Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0,05 N.....	37
3.4.1.2 Pembuatan Larutan NaHCO <sub>3</sub> 0,05 N .....	37
3.4.1.3 Pembuatan Larutan NaOH 0,05 N .....	37
3.4.1.4 Pembuatan Larutan HCl 0,05 N .....	37
3.4.1.5 Pembuatan Larutan Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> 0,05 N .....	38
3.4.1.6 Pembuatan Larutan H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 0,05 N .....	38

3.4.1.7	Standarisasi Larutan HCl dengan larutan $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,05 N.....	38
3.4.1.8	Standarisasi Larutan NaOH dengan larutan $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 0,05 N.....	38
3.4.1.9	Pembuatan Larutan Induk Metil jingga 1000 ppm....	38
3.4.1.10	Pembuatan Larutan Zat Warna Metil jingga 10 ppm	38
3.4.2	Pembuatan Karbon Aktif Tempurung kemiri .....	39
3.4.2.1	Preparasi Sampel .....	39
3.4.2.2	Karbonisasi .....	39
3.4.2.3	Aktivasi .....	39
3.4.2.4	Modifikasi Permukaan .....	39
3.4.3	Karakterisasi Material.....	40
3.4.3.1	Karakterisasi Permukaan Karbon Secara Kimia melalui Metode Titrasi Boehm .....	40
3.4.3.2	Penentuan Luas Permukaan.....	41
3.4.3.3	Menentukan Panjang Gelombang Maksimum .....	42
3.4.3.4	Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	42
3.4.3.5	Penentuan Kapasitas Adsorpsi oleh Karbon Aktif Modifikasi.....	42
3.4.3.6	Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR .....	44
3.4.3.7	Karakterisasi Morfologi Permukaan Material dengan SEM.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		46
4.1	Karakterisasi Permukaan Karbon Tempurung Kemiri (KTK), Karbon Aktif Tempurung Kemiri (KATK), dan Karbon Aktif Tempurung Kemiri modifikasi (KATM).....	47
4.1.1	Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	47
4.1.2	Karakterisasi dengan Titrasi Boehm.....	49
4.1.3	Karakterisasi Luas Permukaan Karbon dengan Menggunakan Metode Adsorpsi Metilen Biru .....	50
4.1.4	Karakterisasi Morfologi Permukaan Karbon dengan SEM ...	52
4.2	Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Zat Warna Metil Jingga .....	54
4.3	Penentuan Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Metil Jingga.....	57

4.4 Hasil Karakterisasi FTIR Karbon Aktif Termodifikasi setelah Adsorpsi Metil Jingga.....	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan .....	65
5.2 Saran. ....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	66
LAMPIRAN.....	73

## DAFTAR TABEL

**Tabel**

**halaman**

1. Standar Kualitas Karbon Aktif.....	29
2. Menunjukkan perbandingan bilangan gelombang pita serapan KTK, KATK dan KATM .....	47
3. Data parameter adsorpsi metil jingga oleh KATK dan KATM berdasarkan persamaan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.....	61
4. Perbandingan adsorpsi zat warna metil jingga menggunakan berbagai jenis adsorben .....	62
5. Perbandingan bilangan gelombang zat warna serta KATM sebelum adsorpsi, zat warna metil jingga dan KATM setelah adsorpsi.....	63

## DAFTAR GAMBAR

**Gambar**

**halaman**

1. Struktur Metil Jingga.....	24
2. Struktur kimia metil jingga pada kondisi pH berbeda.....	25
3. Beberapa jenis gugus fungsional berbasis oksigen pada permukaan karbon aktif .....	34
4. Spektrum FTIR (a) KTK (b) KATK (c) KATM .....	47
5. Reaksi antara aktivator H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> dengan karbon .....	49
6. Reaksi antara modifikator HNO <sub>3</sub> dengan karbon aktif .....	49
7. Grafik perbandingan gugus-gugus fungsi dari KTK, KATK dan KATM....	50
8. Luas Permukaan KTK, KATK dan KATM .....	51
9. Hasil SEM (a) KTK (b) KATK (c) KATM .....	53
10. Pengaruh waktu kontak pada jumlah metil jingga yang teradsorpsi oleh (a) KATK dan (b) KATM.....	55
11. Hubungan antara jumlah metil jingga yang teradsorpsi (q <sub>e</sub> ) oleh (a) KATK dan (b) KATM dengan konsentrasi larutan pada kesetimbangan (C <sub>e</sub> ).....	57
12. (a)Isoterm Langmuir dan (b) Isotermal Freundlich untuk adsorpsi metil jingga oleh KTK .....	68
13. (a)Isoterm Langmuir dan (b) Isotermal Freundlich untuk adsorpsi metil jingga oleh KATK .....	59
14. (a)Isoterm Langmuir dan (b) Isotermal Freundlich untuk adsorpsi metil jingga oleh KATM .....	59
15. Spektrum FTIR (a) KATM sebelum adsorpsi (b) zat warna metil jingga (c) KATM sesudah adsorpsi.....	63

16. Interaksi permukaan karbon aktif termodifikasi (KATM) dengan metil jingga.....	64
--	----

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>halaman</b>
1. Diagram Alir.....	73
2. Bagan Kerja.....	73
3. Dokumentasi Penelitian .....	87
4. Hasil Analisis dengan Metode Titrasi Boehm .....	89
5. Data Perhitungan Luas Permukaan dengan menggunakan Metilen Biru.....	97
6. Data Panjang Gelombang Maksimum Metil Jingga dengan Konsentrasi 2 ppm .....	99
7. Data Absorbansi Kurva Standar Larutan Metil Jingga .....	100
8. Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Metil Jingga oleh Karbon Aktif Tempurung Kemiri (KATK) .....	101
9. Penentuan Waktu Optimum Adsorpsi Metil Jingga oleh Karbon Aktif Tempurung Kemiri Modifikasi (KATM) .....	102
10. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Metil Jingga oleh Karbon Aktif Tempurung Kemiri (KATK).....	103

11. Penentuan Kapasitas Adsorpsi Metil Jingga oleh Karbon Aktif Tempurung Kemiri Modifikasi (KATM) .....	104
12. Perhitungan Kapasitas Karbon Aktif Tempurung Kemiri (KATK) dan Karbon Aktif Tempurung Kemiri Modifikasi (KATM) .....	105
13. Data SEM KTK, KATK dan KATM .....	109
14. Data FTIR .....	112

### DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>
BPS	Badan Pusat Statistik
KTK	Karbon Tempurung Kemiri
KATK	Karbon Aktif Tempurung Kemiri
KATM	Karbon Tempurung Kemiri Modifikasi
SEM	<i>Scanning Electron Microscope</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>
ppm	<i>part per million</i>
nm	Nanometer
ha	Hektar

UV-Vis	<i>Ultra Violet-Visible</i>
$C_e$	Konsentrasi zat warna setelah adsorpsi
$C_o$	Konsentrasi zat warna sebelum adsorpsi
$q_e$	Jumlah zat warna yang diadsorpsi per gram adsorben
$Q_o$	Kapasitas adsorpsi
$K$	Kapasitas adsorpsi isotermal Freundlich

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia memiliki wilayah yang digunakan sebagai kawasan industri, pariwisata ataupun untuk pemukiman. Namun, kesadaran masyarakat masih kurang untuk menjaga kebersihan lingkungan sekitar, salah satunya adalah lingkungan perairan. Pencemaran pada lingkungan perairan dapat berupa limbah padat maupun limbah cair. Limbah cair tersebut berasal dari kawasan industri tekstil, kertas, cat dan pangan yang menggunakan banyak bahan organik dalam pembuatannya (Sausan dkk., 2021). Dilaporkan oleh Chung and Cernigla dalam Dwiasi bahwa pada tahun 1930 ada kasus pencemaran di industri tekstil pernah terjadi yang telah mengakibatkan terjadinya alergi dan iritasi pada kulit.

Salah satu bahan berbahaya yang biasa terdapat dalam air limbah yaitu zat warna sintesis. Zat warna sintesis merupakan senyawa yang terbentuk dari gabungan zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan ausokrom sebagai pengikat warna dengan serat (Pratiwi, 2010). Pewarna sintesis yang digunakan ini dari berbagai jenis seperti asam, basa, azo, diazo, antrakuinon dan pewarna kompleks logam (Hajati dkk., 2014). Salah satu zat pewarna yang banyak ditemukan pada limbah cair industri yaitu metil jingga. Metil jingga adalah salah satu zat warna anionik yang mengandung gugus azo. Zat warna ini dapat menyebabkan hipertensi dan alergi (Obeid dkk., 2013).

Penggunaan zat warna sintetis dalam dosis besar sering memberikan masalah karena pekatnya warna dari limbah yang dihasilkan sehingga timbulnya toksisitas yang akut dan kronik merupakan salah satu masalah yang serius (Muthmainah, 2013).

Berbagai metode telah diupayakan untuk menangani limbah cair, salah satunya yaitu dengan menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi merupakan alternatif terbaik untuk mengatasi pencemaran zat warna. Peristiwa adsorpsi merupakan suatu fenomena permukaan di mana terjadi interaksi antar dua fasa yang menyebabkan terjadinya akumulasi partikel pada permukaan adsorbat (Pujiastuti, 2001). Keuntungan metode adsorpsi yaitu memiliki efisiensi yang tinggi untuk meminimalisir senyawa yang tidak diinginkan (senyawa organik beracun), penggunaan yang mudah, dan dapat menggunakan jenis adsorben yang bervariasi (Liem dkk., 2015).

Karbon aktif adalah salah satu jenis adsorben yang dapat diaplikasikan pada metode adsorpsi. Adsorben berupa karbon aktif yang digunakan dari limbah pertanian yang tersusun atas lignin, selulosa dan hemiselulosa (Adegoke dan Bello, 2015). Produksi material karbon aktif khususnya dari bahan alam atau biomassa menarik banyak penelitian material saat ini. Pembuatan dan pemanfaatan karbon aktif dari biomassa dapat juga diaplikasikan sebagai elektroda elektrokimia telah diperkenalkan untuk kepentingan biomassa, bioenergi, dan pengembangan energi masa depan (Kalyani dan Anita, 2013). Beberapa karbon aktif telah digunakan sebagai adsorben dan diperoleh dari berbagai limbah seperti, kulit kakao (Purnamawati dan Utami, 2014), kulit pisang raja (Dewi dkk., 2015), ampas tebu (Astandana dkk., 2016) dan lain sebagainya. Limbah lainnya yang berpotensi sebagai adsorben adalah tempurung kemiri. Menurut Tambunan dkk (2014), arang tempurung kemiri mengandung 76,315% karbon terikat; 9,56% abu; 8,73% senyawa mudah menguap dan 5,35% air. Dewi dkk (2019) melaporkan bahwa tempurung kemiri tinggi akan kandungan

lignoselulosa (holoselulosa 49,22% dan lignin 54,46%) sebagai sumber karbonnya.

Tem

Salah satu bentuk upaya untuk memaksimalkan fungsi karbon aktif bukan hanya dari luas permukaan dan pori-porinya saja tetapi juga pada permukaan karbonnya dengan melakukan modifikasi permukaan (Harti dkk., 2014). Selain luas permukaan yang tinggi, modifikasi permukaan juga memiliki pengaruh terhadap karakteristik suatu material karbon. Modifikasi permukaan karbon aktif bertujuan untuk menciptakan gugus fungsi pada permukaan karbon aktif (Ismanto dkk., 2010).

Modifikasi permukaan karbon dengan menggunakan larutan asam umumnya dapat digunakan untuk mengoksidasi permukaan karbon, meningkatkan karakter asam, menghilangkan unsur-unsur mineral dan meningkatkan sifat hidrofilik dari permukaan karbon aktif (Shim dkk., 2001). Penelitian tentang memodifikasi permukaan karbon aktif telah dilakukan oleh Amiruddin (2016), dimana modifikasi dilakukan dengan  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa karbon aktif yang dimodifikasi mengalami peningkatan gugus asam dan peningkatan yang paling signifikan terjadi pada karbon aktif yang dimodifikasi dengan  $\text{HNO}_3$ . Karbon aktif hasil modifikasi dengan  $\text{HNO}_3$  menunjukkan peningkatan konsentrasi pada gugus karboksil, laktone (ester), dan fenol (hidroksil) yang dapat meningkatkan kemampuannya untuk berinteraksi dengan metil jingga. Menurut Gocke dan Aktas (2014), hasil modifikasi karbon aktif dengan  $\text{HNO}_3$  meningkatkan zat warna yang teradsorpsi secara signifikan karena gugus karboksilat yang dihasilkan dapat mempengaruhi penjerapan zat warna.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk memodifikasi karbon aktif dari tempurung kemiri dengan  $\text{HNO}_3$  sebagai adsorben zat warna metil jingga. Parameter yang berpengaruh seperti waktu kontak dan konsentrasi terhadap adsorpsi zat warna oleh karbon aktif tempurung kemiri juga akan dipelajari. Karakterisasi permukaan karbon aktif secara kimia dilakukan dengan metode titrasi Boehm dan karakterisasi gugus fungsinya menggunakan spektroskopi FT-IR.

## **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 metil jingga?
2. berapa waktu kontak optimum adsorpsi metil jingga oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi?
3. gugus fungsi dan metode isothermal adsorpsi apakah (Langmuir atau Freundlich) yang sesuai pada adsorpsi zat warna metil jingga oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi?
4. berapakah kapasitas adsorpsi metil jingga 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  $\text{HNO}_3$  sebagai adsorben zat warna metil jingga.

### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan pengaruh modifikasi menggunakan  $\text{HNO}_3$  dari karbon aktif tempurung kemiri terhadap luas permukaan dan kemampuan adsorpsi metil jingga
2. menentukan waktu kontak optimum untuk adsorpsi metil jingga oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi
3. menentukan gugus fungsi yang terlibat dan metode isotermal adsorpsi yang sesuai pada adsorpsi metil jingga oleh karbon aktif tempurung kemiri termodifikasi
4. menentukan kapasitas adsorpsi metil jingga 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 metil jingga dengan baik pada limbah cair dan diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair Industri**

Kegiatan industri merupakan salah satu unsur penting dalam menunjang pembangunan yang diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup bangsa Indonesia. Dampak positif dapat ditimbulkan dari perkembangan industri karena terciptanya barang, jasa dan lapangan pekerjaan. Namun, dampak negatif juga dapat ditimbulkan dari perkembangan industri karena munculnya limbah yang dapat menimbulkan kerusakan sumber daya alam dan menurunkan kualitas hidup karena lingkungan menjadi kotor dan tercemar (Supraptini, 2002).

Pencemaran lingkungan perairan akibat limbah telah terjadi di beberapa daerah di Indonesia, misalnya di wilayah pesisir Kota Makassar yang memiliki Indeks Pencemar (IP) berkisar antara 1,29 sampai 3,2 dengan status mutu air tercemar ringan (Suharto dkk., 2018). Sungai Blader Cilacap juga mengalami pencemaran limbah industri tekstil dimana parameter COD, pH, dan ammonia bebas yang diukur melebihi batas baku (Pratiwi, 2010). Sungai Meduri di Pekalongan tercemar oleh limbah industri batik sehingga memiliki kandungan BOD yang melebihi baku mutu air kelas III yakni sebesar 6,38-9,5 mg/L (Mahardika dan Haeruddin, 2016).

Air limbah (*waste water*) adalah gabungan dari cairan dan sampah–sampah baik yang berasal dari daerah permukiman, perdagangan, perkantoran, ataupun industri (Metcalf dan Eddy, 1991). Limbah cair dapat mengganggu penetrasi sinar matahari dan difusi oksigen ke badan perairan. Hal tersebut berdampak pada

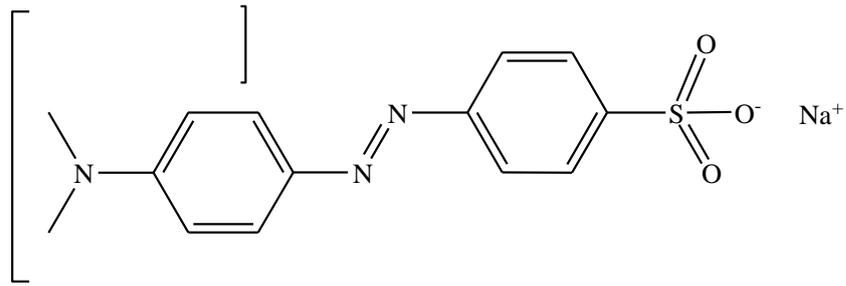
terganggunya proses kehidupan organisme perairan, dan sekaligus dapat mengancam kelestarian ekosistem akuatik (Belkacem dkk., 2007).

Salah satu jenis limbah cair yang relatif banyak dijumpai adalah limbah tekstil. Limbah tekstil yang dihasilkan industri pencelupan sangat berpotensi mencemari lingkungan. Hal ini disebabkan air limbah tekstil tersebut mengandung bahan-bahan pencemar yang sangat kompleks dan intensitas warnanya tinggi. Komponen utama yang berkontribusi pada rendahnya kualitas air limbah dari industri tekstil adalah keberadaan bahan pewarna yang tersedia dalam berbagai jenis senyawa kimia dengan konsentrasi bervariasi. Beberapa tipe bahan pewarna merupakan racun dan berdampak secara karsinogenik dan mutagenik terhadap kehidupan perairan dan manusia (Couto dkk., 2009).

## **2.2 Zat Warna Metil Jingga**

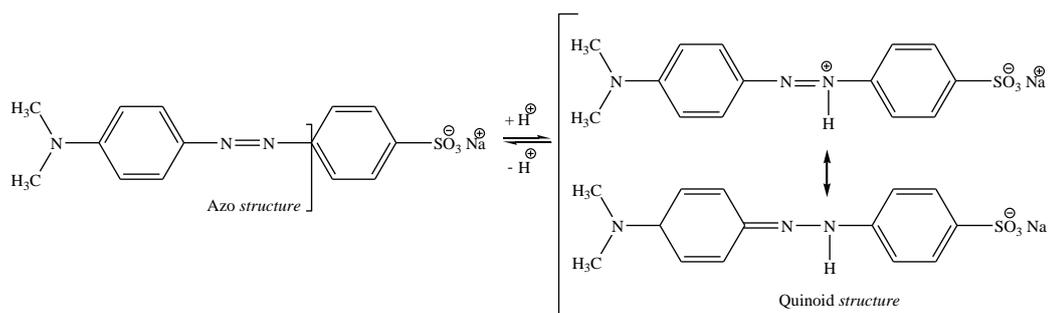
Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor dan auksokrom. Gugus kromofor merupakan gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Pada Gambar 1 dapat dilihat beberapa nama gugus kromofor dan struktur kimianya, sedangkan auksokrom berperan sebagai pengikat warna dengan serat (Manurung dkk., 2004).

Metil jingga merupakan molekul zat warna dengan rumus molekul  $C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$  dan mempunyai berat molekul 327,33 g/mol. Nama IUPAC dari metil jingga yaitu natrium;4-[[4-(dimetilamino)fenil]diazenil]bensulfonat. Panjang gelombang maksimum larutan metil jingga adalah sekitar 465 nm (Oakes dan Gratton, 1998).



**Gambar 1.** Struktur Metil jingga (Fadjri, 2012)

Metil jingga merupakan zat warna dispersi jenis azo yang memiliki kelarutan rendah dalam air dan dapat dihilangkan seperti partikel koloid (Kuo, 1992). Zat warna azo mempunyai sistem kromofor dari gugus azo ( $-N=N-$ ) yang berikatan dengan gugus aromatik Metil jingga juga merupakan zat warna azo yang digunakan dalam pewarnaan kain. Gugus azo yang dimilikinya merupakan zat warna sintesis dan paling reaktif dalam proses pencelupan bahan tekstil (Widjajanti dkk., 2011). Zat warna azo paling banyak digunakan dalam aplikasi komersial. Komponen azo ke dalam lingkungan tidak diinginkan, tidak hanya karena warna yang ditimbulkan tetapi juga karena beberapa zat warna azo dan produk penguraiannya bersifat toksik dan mutagenik bagi kehidupan (Komala dkk., 2008). pH sangat berpengaruh dalam perubahan zat warna metil jingga, pada rentang pH 3-4 dapat berubah warna menjadi warna merah dan pada rentang pH  $>7$  berubah warna menjadi kuning. Hal tersebut terjadi karena adanya perubahan struktur dari azo menjadi quinoid sehingga terjadi pergeseran panjang gelombang maksimum (Basahel dkk., 2015). Perubahan struktur metil jingga dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Struktur kimia metil jingga pada kondisi pH asam dan basa (Basahel dkk., 2015)

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi berasal dari bahasa Latin yaitu “*sorbere*” yang berarti menyerap. Adsorpsi dapat terjadi karena adanya ikatan yang terbentuk antara adsorben dengan adsorbat. Adsorben merupakan fasa yang dapat terkondensasi yaitu fasa padat dan cair sedangkan adsorbat dapat berupa atom, ion atau molekul dalam fasa padat, cair maupun gas (Monk, 2004).

Pada adsorpsi kimia terjadi pembentukan dan pemutusan ikatan, sehingga energi adsorpsinya berada pada kisaran yang sama dengan reaksi kimia. Ikatan antara adsorben dan adsorbat cukup kuat sehingga tidak terjadi spesiasi karena zat teradsorpsi menyatu dengan adsorben membentuk lapisan tunggal dan relatif reversibel. Energi yang menyertai adsorpsi kimia relatif tinggi yaitu berkisar 42-420 kJ/mol. Hal ini diperkuat oleh studi spektroskopi bahwa terjadi transfer elektron dan terbentuk ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat (Halimah, 2016).

Hubungan konsentrasi zat terlarut yang teradsorpsi pada padatan dengan konsentrasi larutan, pada suhu tetap disebut isotermal adsorpsi. Persamaan isotermal adsorpsi yang lazim digunakan ialah yang dikaji dan dikembangkan oleh Freundlich dan Langmuir (Puspitasari, 2006). Pada isotermal Freundlich didasarkan pada asumsi bahwa adsorben yang mempunyai permukaan heterogen mampu mengalami adsorpsi. Pada proses adsorpsi digunakan isotermal Freundlich yang diturunkan secara empiris dengan bentuk (Atkins, 1994):

$$q_e = kC_e^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

Bentuk linier pada persamaan (1) dapat diberikan pada persamaan (2).

$$\log q_e = \log k + \left(\frac{1}{n}\right) \log C_e \quad (2)$$

Jumlah adsorbat yang teradsorpsi persatuan bobot adsorben (mg/g) diumpamakan sebagai  $q_e$ , sedangkan  $C_e$  adalah konsentrasi keseimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/L),  $k$  dan  $n$  merupakan konstanta yang menggabungkan seluruh faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti kapasitas dan intensitas adsorpsi.

Isotermal Langmuir didasarkan pada asumsi bahwa adsorpsi maksimum bersesuaian dengan lapisan tunggal molekul adsorbat yang diadsorpsi ada permukaan adsorben, dimana energi adsorpsi konstan dan tidak terjadi perpindahan adsorbat pada bidang permukaan. Bentuk linear dari persamaan isotermal Langmuir ditunjukkan pada persamaan 3 (Periasamy dan Namasivayam, 1995):

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{1}{Q_0} C_e \quad (3)$$

Konsentrasi kesetimbangan (mg/L) diumpamakan sebagai  $C_e$ , sedangkan  $q_e$  adalah jumlah zat yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/g),  $Q_0$  dan  $b$  adalah konstanta Langmuir yang berturut-turut menyatakan kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi.

#### **2.4 Karbon Aktif**

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang mempunyai luas permukaan yang sangat besar yaitu 300 sampai 2000 m<sup>2</sup>/gr. Luas permukaan yang sangat besar ini disebabkan karena mempunyai struktur pori-pori. Pori-pori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap. Secara umum, ada dua jenis karbon aktif yaitu karbon aktif fasa cair dan karbon aktif fasa gas. Karbon aktif fasa cair dihasilkan dari material dengan berat jenis

rendah, seperti arang dari bambu kuning yang mempunyai bentuk butiran (*powder*), rapuh (mudah hancur), mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika dan biasanya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan organik lainnya. Sedangkan karbon aktif fasa gas dihasilkan dari material dengan berat jenis tinggi (Dewi dkk., 2009).

Karbon aktif merupakan salah satu bahan alternatif yang digunakan untuk mengurangi kadar logam besi dan mangan pada air. Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaannya dan meningkatkan beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri sehingga mampu menyerap sejumlah pengotor dalam air. Karbon aktif biasa dibuat dari tempurung kemiri, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, tempurung kelapa, sabut kelapa, sekam padi, dan batu bara (Prabarini, 2012). Pada industri besar maupun kecil, karbon aktif sangat diperlukan karena dapat mengabsorpsi bau, warna, gas, dan logam. Karbon aktif fasa cair dihasilkan dari material dengan berat jenis rendah, seperti arang mempunyai kadar abu yang tinggi berupa silika. Sedangkan karbon aktif fasa gas dihasilkan dari material dengan berat jenis tinggi (Ramdja dkk., 2008).

## **2.5 Tempurung Kemiri sebagai Sumber Karbon Aktif**

Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon yang diperlakukan dengan khusus untuk mendapatkan produk dengan kemampuan adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, bergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Hendra dan Darmawan, 2007).

Menurut Khairunisa (2008), karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang efektif digunakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi dari karbon aktif adalah sifat fisika dan sifat kimia dari karbon aktif. Sifat fisika karbon aktif berhubungan dengan jumlah dan ukuran pori-pori yang dapat diisi oleh adsorbat. Setiap molekul akan mengisi pori-pori sesuai dengan ukurannya. Sedangkan sifat kimia karbon aktif bergantung pada gugus aktif pada permukaan karbon aktif yang dapat berinteraksi secara kimiawi dengan molekul adsorbat pada proses adsorpsi. Sifat kimia dari gugus-gugus aktif yang terdapat pada karbon aktif dihasilkan pada saat dilakukan aktivasi.

Karbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi merupakan produk setengah jadi, sedangkan karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktifkan baik secara fisika maupun kimia. Perbedaan struktur karbon aktif dengan karbon biasa terletak pada persilangan rantai karbon dan ketebalan lapisannya (*microcrystalin*) (Halimah, 2016).

Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan (SNI) 06-3730-1995, yang dapat dilihat pada Tabel 1

**Tabel 1.** Standar Kualitas Karbon Aktif (Laos dkk., 2016)

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

Secara umum, pembuatan karbon aktif terdiri atas tiga tahap yaitu tahap dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi (Ramdja dkk., 2008):

### 1. Dehidrasi

Dehidrasi adalah proses penghilangan air pada bahan baku karbon aktif melalui pemanasan hingga temperatur 110 °C.

### 2. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses pembakaran bahan baku menggunakan udara terbatas pada suhu antara 300-900 °C sesuai dengan tingkat kekerasan bahan baku yang digunakan. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon. Proses karbonisasi ini menghasilkan karbon dalam bentuk arang dengan permukaan spesifik yang kecil.

### 3. Aktivasi

Proses aktivasi material karbon dibagi menjadi 2 yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia (Prasetyo dan Nasrudin, 2013).

#### a. Aktivasi Fisika

Pada proses aktivasi fisika, karbon biasanya dipanaskan di dalam tanur pada temperatur 800-900 °C. Beberapa bahan baku lebih mudah untuk diaktivasi jika diklorinasi terlebih dahulu. Selanjutnya dikarbonisasi untuk menghilangkan hidrokarbon yang terklorinasi dan akhirnya diaktivasi dengan uap .

#### b. Aktivasi Kimia

Proses aktivasi kimia, karbon hasil karbonisasi diaktivasi menggunakan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif. Bahan kimia yang digunakan dapat berupa asam, basa, atau garam misalnya  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ,

HCl,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ , dan sebagainya. Zat-zat ini mengaktivasi karbon dengan cara masuk diantara plat heksagon dari kristalit dan memisahkan permukaan yang mula-mula tertutup. Dengan demikian, senyawa kontaminan yang berada dalam pori menjadi lebih mudah terlepas saat pemanasan dilakukan. Hal ini menyebabkan luas permukaan yang aktif bertambah besar dan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif.

Salah satu sumber karbon aktif yaitu tempurung kemiri. Kemiri (*Aleurites moluccana* L. Willd) merupakan salah satu tanaman yang sudah dibudidayakan secara luas di dunia. Tanaman ini (Gambar 2) merupakan tanaman asli Indo-Malaysia dan sudah masuk ke Kepulauan Pasifik sejak zaman dahulu. Kemiri di Indonesia telah lama ditanam untuk menunjang kehidupan masyarakat sehari-hari, terutama bagi masyarakat Indonesia bagian timur. Tanaman dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti bijinya dapat digunakan sebagai bahan media penerangan, masakan dan obat-obatan, sedangkan batangnya dapat digunakan untuk kayu (Krisnawati, 2011).



**Gambar 2.** Tanaman Kemiri (Krisnawati, 2011).

Penyebaran kemiri di Indonesia hampir meliputi seluruh wilayah kepulauan. Meskipun daerah penyebarannya luas dan pertumbuhannya mudah, kemiri belum banyak ditanam dalam skala yang besar (hutan). Penanaman pada umumnya hanya

dilakukan di pekarangan sekitar rumah atau di sekitar kebun. Tanaman kemiri telah dibudidayakan di Indonesia terutama di Provinsi Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sumatera Selatan, Bengkulu, Lampung, Jawa Barat, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur, Bali, Sulawesi Selatan, Maluku dan Nusa Tenggara Timur, dengan luas total 205.532 ha (Krisnawati, 2011).

Menurut Sunanto (1994) taksonomi kemiri, adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae  
Divisi : Spermatophyta  
Subdivisi : Angiospermae  
Kelas : Dicotyledoneae  
Ordo : Archichlamydae  
Keluarga : Euphorbiaceae  
Genus : *Aleurites*  
Spesies : *Aleurites moluccana*

Pohon kemiri tumbuh di daerah dengan rata-rata curah hujan per tahun yang berkisar antara 640 sampai dengan 4290 mm atau rata-rata 1940 mm. Suhu rata-rata untuk pertumbuhan kemiri berkisar antara 18 sampai dengan 28 °C. Suhu maksimum pada bulan terpanas sekitar 26–30 °C, sedangkan suhu minimum pada bulan terdingin sekitar 8–13 °C. Kemiri dapat tumbuh di daerah yang kering dengan curah hujan tahunan hanya mencapai 200 mm seperti di Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Timur dan di tempat yang basah seperti di Jawa Barat. Pohon kemiri dapat tumbuh di berbagai jenis tanah, termasuk lempung merah, liat berbatu, pasir dan batu kapur. Pohon kemiri juga tidak memerlukan sistem drainase yang baik. Jenis ini bisa tumbuh pada tanah yang agak asam dan sedikit basa dengan pH 5–8 (Krisnawati, 2011).

Kondisi tanah di berbagai daerah Indonesia sangat mendukung untuk budidaya tanaman kemiri. Hal tersebut juga mendorong besarnya produksi kemiri di Indonesia. Jumlah produksi buah kemiri di Indonesia pada tahun 2002 menurut Biro Pusat Statistik adalah sebesar 1.703.362 kg (BPS), namun tempurung kemiri sebagai hasil samping dari pengolahan biji kemiri belum dimanfaatkan secara optimal padahal biomassa tempurung kemiri dapat menjadi sumber karbon aktif. Tempurung kemiri mengandung holoselulosa 49,22%. Kadar holoselulosa tempurung kemiri ini lebih rendah daripada holoselulosa kayu yang besarnya antara 65-75%. Kadar pentosa tempurung kemiri sebesar 14,55%. Kandungan lignin dalam tempurung kemiri sebesar 54,68%. Lignin merupakan komponen kimia dalam bagian tumbuhan yang selalu bergabung dengan selulosa dan bukan merupakan karbohidrat, melainkan didominasi oleh gugus aromatis berupa fenilpropana (Lempang dkk., 2011).

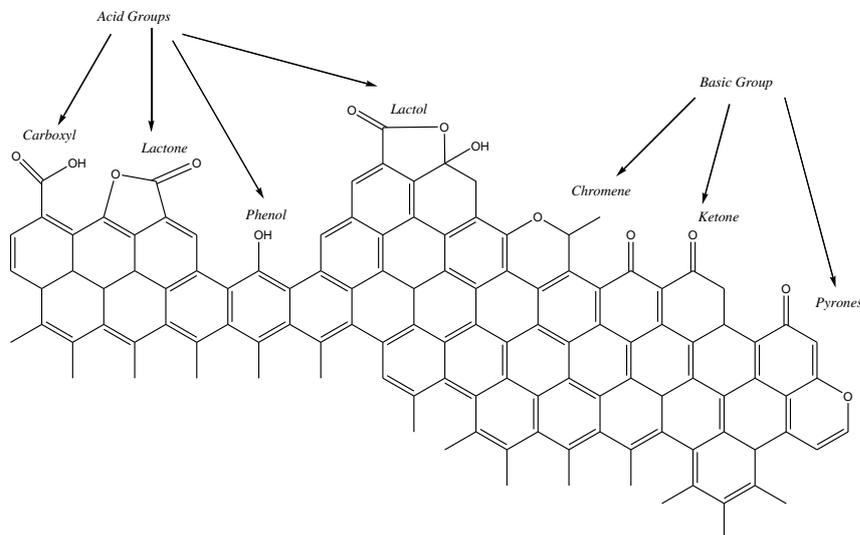
## **2.6 Modifikasi Permukaan Karbon Aktif dengan HNO<sub>3</sub>**

Permukaan karbon dapat dimodifikasi untuk mengembangkan sifat fisikokimia yang diinginkan dengan prosedur aktivasi yang memadai. Sehingga karbon dengan proporsi mikropori, mesopori, dan makropori dapat diperoleh. Karbon dapat diaktivasi dengan asam, basa, atau zat pengoksidasi untuk menghasilkan sifat kimia dan fisika yang baik untuk aplikasi yang berbeda (Chen dan Wu, 2004).

Modifikasi permukaan karbon aktif dilakukan untuk menambah gugus aktif. Gugus aktif yang akan ditambah merupakan gugus oksigen. Sifat keasaman karbon aktif berkaitan erat dengan gugus fungsional oksigen pada permukaannya seperti pada Gambar 3. Keberadaan gugus fungsi yang mengandung oksigen pada permukaan karbon aktif akan meningkatkan polaritas karbon aktif dan membuatnya

lebih hidrofilik. Keadaan tersebut akan meningkatkan adsorpsi dari ion-ion larutan elektrolit pada permukaan karbon dan meningkatkan efektivitas dari luas permukaan karbon aktif (Centeno dan Stoeckli, 2006).

Modifikasi sifat kimia permukaan karbon aktif dapat dilakukan secara kimia (acidic treatment atau impregnation) dan secara fisik (heat treatment). Modifikasi secara kimia (acidic treatment) dapat meningkatkan gugus karbonil, sementara itu modifikasi secara fisik (heat treatment) 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).



**Gambar 3.** Beberapa jenis gugus fungsional berbasis oksigen pada permukaan karbon aktif (Rehman dkk., 2019)

Gugus fungsional yang berbasis oksigen dapat dibentuk melalui perlakuan asam di mana jumlah oksigen yang diperoleh bergantung pada metode dan

prekursor yang digunakan. Oksidasi kimia dengan metode asam menggunakan oksidator seperti ozon, asam nitrat dan hidrogen peroksida. Penggunaan asam nitrat paling banyak digunakan untuk meningkatkan keasaman total dalam oksidasi kimiawi basa. Oksidasi kimia dengan metode basa 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 BET dan volume pori total serta lebar pori meningkat karena terjadi kerusakan struktur pori. Sedangkan, penggunaan hidrogen peroksida dapat meningkatkan volume pori dengan diameter  $\sim 6\text{A}$  (Faulconer, 2012).

Ada beberapa cara untuk memodifikasi permukaan karbon aktif. Amiruddin (2016) memodifikasi permukaan karbon aktif dengan  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif yang dimodifikasi mengalami peningkatan gugus asam dan peningkatan yang paling signifikan terjadi pada karbon aktif yang dimodifikasi dengan  $\text{HNO}_3$ . Karbon aktif hasil modifikasi dengan  $\text{HNO}_3$  mengalami peningkatan konsentrasi gugus karboksil, lakton, dan fenol, tetapi mengalami penurunan gugus basa. Wulandari (2017) melaporkan tentang modifikasi permukaan karbon aktif tempurung kemiri dengan  $\text{HNO}_3$  mampu meningkatkan gugus fungsional asam pada permukaan karbon aktif daripada karbon yang tidak dimodifikasi.