

*Skripsi*

**PENGARUH SUHU DAN MASSA KARBON TERHADAP  
KARAKTERISTIK KOMPOSIT KARBON DENGAN NANOPARTIKEL  
MnO<sub>2</sub> HASIL REAKSI KMnO<sub>4</sub> DAN KARBON TEMPURUNG KEMIRI  
(*Aleurites moluccana*) TERAKTIVASI KOH**

**NURMAYA**

**H031181007**



**DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**PENGARUH SUHU DAN MASSA KARBON TERHADAP  
KARAKTERISTIK KOMPOSIT KARBON DENGAN NANOPARTIKEL  
MnO<sub>2</sub> HASIL REAKSI KMnO<sub>4</sub> DAN KARBON TEMPURUNG KEMIRI  
(*Aleurites moluccana*) TERAKTIVASI KOH**

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

**Oleh:**

**NURMAYA**

**H031 18 1007**



**MAKASSAR  
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH SUHU DAN MASSA KARBON TERHADAP  
KARAKTERISTIK KOMPOSIT KARBON DENGAN NANOPARTIKEL  
 $MnO_2$  HASIL REAKSI  $KMnO_4$  DAN KARBON TEMPURUNG KEMIRI  
(*Aleurites moluccana*) TERAKTIVASI KOH

Disusun dan diajukan oleh

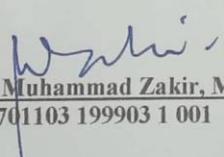
NURMAYA  
H031 18 1007

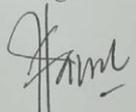
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi  
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin  
Pada 17 Februari 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

  
Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si.  
NIP. 19701103 199903 1 001

  
Dr. St. Fauziah, M.Si.  
NIP. 19720202 199903 2 002

Ketua Program Studi

  
Dr. St. Fauziah, M.Si.  
NIP. 19720202 199903 2 00202

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurmaya  
NIM : H031181007  
Program Studi : Kimia  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul “Pengaruh Suhu dan Massa Karbon terhadap Karakteristik Komposit Karbon dengan Nanopartikel  $MnO_2$  Hasil Reaksi  $KMnO_4$  dan Karbon Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) Teraktivasi KOH” 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 gunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 17 Februari 2023

Yang Menyatakan,

  
Nurmaya

## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim,*

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *Subhaanahu wa Ta'ala* atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, tak lupa juga kepada junjungan kita Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi wa sallam* yang telah menjadi suri tauladan bagi umat manusia sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Suhu dan Massa Karbon terhadap Karakteristik Komposit Karbon dengan Nanopartikel MnO<sub>2</sub> Hasil Reaksi KMnO<sub>4</sub> dan Karbon Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) Teraktivasi KOH**” 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, Bapak **Husain**, Ibu **Umum**, Nenek **Patang**, Kakak **Jusman**, dan Adik **Fatimah** yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, dan bantuan yang begitu luar biasa baik secara moril, materil, maupun spiritual. Terima kasih 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 Ibu **Dr. Indah Raya, M.Si** selaku ketua penguji, Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** yang telah banyak memberikan arahan dan masukan untuk penulis.

Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Ketua Departemen Kimia, **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan seluruh dosen yang telah membimbing dan membagi ilmunya kepada penulis selama menempuh pendidikan di kampus merah tercinta.
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 Elfa, Kak Novi, Kak Elya, Kak Ismul, Kak Safira, Kak Iin, Kak Samriani, Kak Kolo, Kak Putut, Kak Andin**, teman-teman peneliti kimia fisika 2018 “**Physical Chemistry**” **Citra Ichsani Amalia Makkaraka, Dewi Fatimah Km, Jumita Randan, Hajriana, Risna Jupri, Marlina, Magfirah Sulaiman, dan Andi Muhammad Ayad Muayyad** dan seluruh kakak-kakak peneliti kimia fisika yang telah menemani, membantu dan mengarahkan penulis selama melakukan penelitian.
6. **Dewi Fatimah** rekan penelitian yang banyak membantu dan selalu memberikan dukungan, saran, motivasi, dan semangat.

7. **Nurfadila Hamzah, Nurhalizah, dan Sri Ayuni Rahman**, sahabat seperjuangan “**FMLY**” tempat saya berkeluh kesah, selalu memahami dan memaklumi saya, serta yang selalu saya reportkan dan selalu memberikan saya saran dan semangat.
8. Teman seperjuangan dan sekampung “**Dongi’s Squad**” (Dila, Liza, Yuyu, Lia, Uli, Ivo, dan Nabila)
9. Saudara-Saudari “**Rencana Masa Depan**” (Namira, Reyke, Jihad, Salman, dan Ilham)
10. **Kakak-kakak Murabbiyah** selama Tarbiyah (Kak Hikmah, Kak Rasmi, Kak Lili Asmarani, dan Kak Lili Zarkiyah). **Kakak-kakak Mudarisah** selama Tahsin (Kak Ilda dan Kak Fuadah)
11. **Teman-teman seperjuangan jalan kaki area Workshop Unhas** (Rizki Julianti, Nurfatimah dan Nining Fidianti)
12. **Akhawat alumni Pengurus Mushalla Istiqamah periode 1441 H-1442 H** yang senantiasa mendukung saya.
13. **Rekan-rekan KKN SIDRAP 02** yang senantiasa memberikan motivasi dan berbagi semangat selama masa KKN
14. Teman-teman seperjuangan **HIBRIDISASI** dan **KIMIA 2018** yang selalu ada dari awal perkuliahan hingga saat ini. Terima kasih atas kenangan dan pengalaman yang tak terlupakan serta semangatnya.
15. Kakak-kakak **TITRASI, PREKURSOR, POLIHEDRA, KROMOFOR, dan ALIFATIK**. Adik-adik **KONFIGURASI, ISOMER, DIMERISASI, dan ALOTROP**
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 sendiri, yang telah sabar, kuat, 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, 30 Januari 2023**

**Nurmaya**

## ABSTRAK

Komposit karbon dengan nanopartikel  $\text{MnO}_2$  hasil reaksi  $\text{KMnO}_4$  dan karbon tempurung kemiri (*Aleurites moluccana*) teraktivasi KOH dibuat berdasarkan variasi suhu dan massa karbon. Proses pembuatan komposit karbon dengan nanopartikel  $\text{MnO}_2$  melalui 3 tahapan utama, yaitu karbonisasi pada suhu  $700\text{ }^\circ\text{C}$ , aktivasi dengan KOH 25% yang membuat pori dari karbon tempurung kemiri semakin terbuka dan sintesis menggunakan  $\text{KMnO}_4$  dengan konsentrasi dan pH tetap yaitu 0,0016 M dan pH 10 untuk menentukan suhu dan massa karbon optimum dengan pengukuran menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Pada suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  dan massa karbon 0,1 g, didapatkan kadar optimum komposit karbon dengan nanopartikel  $\text{MnO}_2$  sebesar 21,87% dan 50%. Komposit karbon dengan nanopartikel  $\text{MnO}_2$  dikarakterisasi dengan *Fourier Transform-Infrared* (FT-IR) yang menghasilkan adanya pita serapan pada daerah  $570,93\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya serapan gugus MnO, metode titrasi Boehm yang menunjukkan adanya peningkatan nilai asam dan basa total setelah proses sintesis  $\text{KMnO}_4$  oleh karbon aktif tempurung kemiri, dan *X-Ray Diffraction* (XRD) yang menunjukkan adanya nanopartikel  $\text{MnO}_2$  pada permukaan karbon serta diukur hingga memperoleh ukuran nanopartikel  $\text{MnO}_2$  sebesar 3,94 nm.

**Kata Kunci:** Aktivator KOH, Massa Karbon, Suhu, Nanopartikel  $\text{MnO}_2$

## ABSTRACT

Carbon composites with MnO<sub>2</sub> nanoparticles resulting from the KMnO<sub>4</sub> reaction and KOH-activated candlenut shell carbon (*Aleurites moluccana*) were prepared based on variations in temperature and carbon mass. The process of making carbon composites with MnO<sub>2</sub> nanoparticles goes through 3 main stages, namely carbonization at 700 °C, activation with 25% KOH which makes the pores of the candlenut shell carbon more open and synthesis using KMnO<sub>4</sub> with a fixed concentration and pH of 0.0016 M and pH 10 to determine the optimum temperature and carbon mass by measurement using a UV-Vis spectrophotometer instrument. At a temperature of 100 °C and a carbon mass of 0.1 g, the optimum levels of carbon composites with MnO<sub>2</sub> nanoparticles were obtained at 21.87% and 50%. The carbon composite with MnO<sub>2</sub> nanoparticles was characterized by Fourier Transform-Infrared (FT-IR) which resulted in an absorption band in the 570.93 cm<sup>-1</sup> region indicating the absorption of MnO groups, the Boehm titration method which showed an increase in total acid and base values after the synthesis process KMnO<sub>4</sub> by candlenut shell activated carbon, and X-Ray Diffraction (XRD) which showed the presence of MnO<sub>2</sub> nanoparticles on the carbon surface and was measured to obtain an MnO<sub>2</sub> nanoparticle size of 3.94 nm.

**Keywords:** KOH Activator, Carbon Mass, Temperature, MnO<sub>2</sub> Nanoparticles

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PRAKATA.....	v
ABSTRAK .....	ix
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	5
1.3.1 Maksud Penelitian.....	5
1.3.2 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tekonologi Nano.....	6
2.2 Mangan Dioksida (MnO <sub>2</sub> ).....	8
2.3 Nanopartikel MnO <sub>2</sub> .....	9
2.4 Karbon Aktif .....	11
2.5 Tempurung Kemiri ( <i>Aleurites moluccana</i> ) .....	17
2.6 Aktivator KOH.....	19
2.7 Karakterisasi Nanopartikel MnO <sub>2</sub> .....	20

BAB III METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Bahan Penelitian .....	23
3.2 Alat Penelitian.....	23
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.4 Prosedur Penelitian .....	24
3.4.1 Pembuatan Larutan Pereaksi .....	24
3.4.2 Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kemiri .....	25
3.4.3 Optimasi Komposit Nanopartikel MnO <sub>2</sub> .....	26
3.4.4 Sintesis Komposit Nanopartikel MnO <sub>2</sub> Optimum.....	26
3.4.5 Karakterisasi Material .....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
4.1 Pengaruh Aktivator KOH terhadap Sifat Kimia KATK .....	29
4.2 Optimasi Komposit Karbon dengan Nanopartikel MnO <sub>2</sub> .....	30
4.2.1 Pengaruh Massa Karbon .....	31
4.2.2 Pengaruh Suhu .....	35
4.3 Karakterisasi Permukaan Karbon.....	38
4.3.1 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR .....	38
4.3.2 Karakterisasi dengan Titrasi Boehm .....	41
4.3.3 Karakterisasi dengan XRD.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	44
5.1 Kesimpulan .....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA .....	45
LAMPIRAN .....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. (a) Struktur dari $\alpha$ -MnO <sub>2</sub> .....	7
(b) Struktur dari $\beta$ -MnO <sub>2</sub> (b).....	7
2. Struktur $\alpha$ -MnO <sub>2</sub> dilihat dari bagian bawah dari sumbu c – unit sel.....	8
3. (a) Struktur dari $\gamma$ -MnO <sub>2</sub> (a).....	8
(b) Struktur dari $\gamma$ -MnO <sub>2</sub> (b).....	8
4. Gugus Fungsional Berbasis Oksigen pada Permukaan Karbon Aktif ....	16
5. Tempurung Kemiri.....	18
6. Pembentukan Mikropori dalam Karbon Mesopori Teraktivasi KOH.....	20
7. Hasil Karbonisasi dan Proses Aktivasi Karbon .....	29
8. Identifikasi Koloid menggunakan Sinar Laser.....	30
9. Skema Pembentukan Komposit Karbon dengan Nanopartikel MnO <sub>2</sub> ....	31
10. Pembentukan Koloid Nanopartikel MnO <sub>2</sub> Variasi Massa Karbon .....	31
11. Kadar MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Variasi Massa Karbon.....	33
12. Larutan yang Masih mengandung KMnO <sub>4</sub> .....	34
13. Kadar MnO <sub>2</sub> Variasi Massa Karbon .....	34
14. Pembentukan Koloid Nanopartikel MnO <sub>2</sub> Variasi Suhu.....	35
15. Kadar MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Variasi Suhu .....	36
16. Kadar MnO <sub>2</sub> Variasi Suhu .....	37
17. Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR.....	38
18. Karakterisasi dengan Titrasi Boehm .....	41
19. Karakterisasi dengan XRD.....	42

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Parameter Mutu Karbon Aktif .....	12
2. Jenis Pori Karbon Aktif berdasarkan Dimensi.....	14
3. Perbandingan Bilangan Gelombang Pita Serapan KTK dan KATK .....	39

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
1. Diagram Alir Penelitian .....	50
2. Bagan Kerja.....	51
3. Dokumentasi Penelitian .....	55
4. Perhitungan Pembuatan Larutan Pereaksi.....	57
5. Perhitungan $\text{MnO}_4^-$ dan Kadar $\text{MnO}_2$ Variasi Massa Karbon .....	59
6. Perhitungan $\text{MnO}_4^-$ dan Kadar $\text{MnO}_2$ Variasi Suhu .....	64
7. Perhitungan Titrasi Boehm .....	69
8. Tabel Pengukuran dengan Spektrofotometer UV-Vis .....	81
3. Karakterisasi dengan FTIR .....	91
3. Karakterisasi dengan XRD.....	94

## DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

<b>Simbol/Singkatan</b>	<b>Arti</b>
CNT	<i>Carbon Nano Tube</i>
BPS	Biro Pusat Statistik
FT-IR	<i>Fourier Transformed Infrared</i>
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
$\lambda$	Panjang Gelombang
Nm	Nanometer
SNI	Standar Nasional Indonesia
Å	Amstrong
KTK	Karbon Tempurung Kemiri
KATK	Karbon Aktif Tempurung Kemiri

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Penelitian dan penerapan di bidang teknologi nano telah berkembang pesat dalam dekade terakhir. Teknologi baru ini sudah merambah ke berbagai bidang kehidupan, seperti tekstil, pangan, kosmetik, kesehatan, kemasan pangan, dan berbagai produk konsumen lainnya. Perkembangan teknologi nano yang pesat merupakan tantangan dan peluang bagi suatu negara. Namun, sampai saat ini penelitian dan pengembangan teknologi nano di Indonesia masih belum banyak dilakukan, salah satunya penelitian terkait nanopartikel yang sudah banyak dikembangkan oleh para peneliti di negara-negara maju (Ariningsih, 2016).

Nanopartikel merupakan salah satu bidang dalam teknologi nano yang menarik perhatian ilmuwan dalam lingkup sains material dan bioteknologi. Hal ini disebabkan oleh sifatnya yang unik, yakni memiliki ukuran yang kecil (1-100 nm) tetapi mempunyai luas permukaan yang besar. Hal inilah yang menjadikan nanopartikel memiliki peranan yang penting dalam pemanfaatannya seperti dalam bidang medis, farmasi, monitoring lingkungan, elektronik, dan berbagai macam bidang lainnya (Ramkumar dkk., 2016; Nath dan Banerjee, 2013).

Nanopartikel memiliki berbagai macam jenis, salah satunya adalah nanopartikel MnO<sub>2</sub>. Mangan dioksida (MnO<sub>2</sub>) merupakan salah satu senyawa pengoksidasi yang penting untuk senyawa organik maupun senyawa anorganik dengan nilai potensial sebesar 1,23 V. Nanopartikel MnO<sub>2</sub> memiliki beberapa kelebihan dalam berbagai aspek, seperti memiliki tingkat toksisitas yang rendah, biayanya yang terbilang murah, memiliki sifat elektrokimia yang baik,

kompatibilitas/penyesuaian pada lingkungan, dan kemudahan yang dirasakan dalam hal penanganannya (Tazwar dan Defra, 2020).

Penelitian Zakir dkk. (2005), mengenai pembentukan nanopartikel  $\text{TcO}_2$  diperoleh dari suatu proses reduksi senyawa  $\text{TcO}_4^-$  yang melalui beberapa proses, yaitu polimerisasi dan hidrolisis yang akan membentuk  $\text{TcO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Berdasarkan penelitian tersebut, maka diharapkan pembentukan nanopartikel  $\text{MnO}_2$  juga nantinya akan sama dengan pembentukan  $\text{TcO}_2$  sebagai penyimpan energi karena Tc dan Mn masih memiliki persamaan yaitu kedua unsur tersebut berada pada golongan yang sama, yakni golongan VII B.

Cara yang dapat ditempuh dalam pembentukan  $\text{MnO}_2$  yakni dengan mereduksi senyawa  $\text{KMnO}_4$ . Senyawa  $\text{KMnO}_4$  merupakan oksidator kuat dengan potensial reduksi  $E^0_{\text{red}}=1,679$  (Rosalina dkk., 2015). Bahan nanopartikel mangan dioksida ini tidak beracun dan sangat aktif serta memiliki kekuatan dalam mengoksidasi karena bilangan oksidasi Mn adalah +4. (Le dkk., 2019).

Pembentukan nanopartikel  $\text{MnO}_2$  dengan senyawa  $\text{KMnO}_4$  dapat direduksi menggunakan salah satu reduktor, yaitu bahan karbon. Namun dalam proses pengembangannya,  $\text{MnO}_2$  yang dibentuk dari studi bahan karbon terutama pada karbon *nanotube* (CNT), lembaran nanografrit dan karbon *nanofoms/aerogels* terbilang mahal dan prosesnya yang lama, sehingga membutuhkan bahan karbon dengan biaya lebih murah dan prosesnya lebih cepat. Bahan karbon yang bisa dijadikan alternatif untuk permasalahan tersebut adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan salah satu bahan karbon yang menjanjikan bagi superkapasitor, karena memiliki daya yang relatif tinggi, luas permukaan spesifik dan biayanya yang relatif murah (Wang dkk., 2015).

Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai hasil alam, salah satunya adalah tempurung kemiri. Tempurung kemiri merupakan limbah organik yang dapat diuraikan namun dengan teksturnya yang cukup keras dan hal itu membutuhkan waktu untuk menguraikannya secara alamiah, menyebabkan tempurung kemiri hanya menjadi limbah yang kurang termanfaatkan sehingga perlu dilakukan berbagai upaya untuk memanfaatkan limbah ini. Pemanfaatan limbah tempurung kemiri dimaksudkan untuk menanggulangi penumpukan limbah tempurung kemiri dan diharapkan dapat menghasilkan produk yang aman dan ramah lingkungan (Sulaiman dkk., 2017). Tempurung kemiri mengandung holoselulosa 49,22% dan lignin 54,46%. Kandungan lignin yang tinggi berpotensi untuk dibuat karbon yang menghasilkan nilai kalor yang tinggi (Maemuna dkk., 2018).

Karbon aktif dapat dibentuk dari campuran antara karbon dengan pengaktivasi asam maupun basa, salah satunya yaitu aktivator KOH. Senyawa KOH mudah didapat dan efektif dalam penggunaannya (Nurfitria dkk., 2019), misalnya pada penelitian yang dilakukan oleh Apriani dkk, (2013) mengenai pengaruh konsentrasi aktivator kalium hidroksida (KOH) terhadap kualitas karbon aktif kulit durian sebagai adsorben logam Fe pada air gambut, dengan hasil bahwa senyawa KOH sebagai aktivator dapat bereaksi dengan karbon, karena KOH merupakan basa kuat sehingga bisa menghilangkan zat-zat pengotor dalam karbon dan membuat karbon menjadi lebih berpori.

Pembentukan komposit nanopartikel  $MnO_2$  hasil reaksi antara senyawa  $KMnO_4$  dan karbon aktif dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah pengaruh suhu. Suhu berpengaruh pada stabilitas nanopartikel karena energi kinetik nanopartikel meningkat seiring dengan kenaikan suhu, sehingga terjadi tumbukan dan nanopartikel yang lebih besar terbentuk karena adanya gaya

*Van der Waals*. Oleh karena itu, pada penelitian ini, akan digunakan pengaruh suhu sebagai parameter pembentukan komposit karbon dengan nanopartikel MnO<sub>2</sub> (Mahmoudi dkk, 2019).

Faktor lain yang dapat berpengaruh pada pembentukan komposit nanopartikel MnO<sub>2</sub> yaitu massa karbon. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sari dkk. (2021), menyatakan bahwa pengaruh massa karbon yaitu dapat berpengaruh pada bilangan asam, karena semakin bertambahnya massa karbon aktif, maka akan semakin banyak karbon aktif yang bereaksi dengan oksida asam dan gugus peroksida lainnya.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlunya dilakukan penelitian mengenai pembentukan komposit nanopartikel MnO<sub>2</sub> hasil reaksi permanganat dengan karbon tempurung kemiri teraktivasi KOH serta menganalisis pengaruh suhu dan massa karbon, serta dilakukan pula karakterisasi menggunakan metode titrasi Boehm dan instrument *Fourier Transform-Infrared* FT-IR untuk mengetahui adanya gugus fungsi, spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui adanya nanopartikel MnO<sub>2</sub> yang kemungkinan mengalami proses dispersi dalam larutan, serta *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui adanya nanopartikel MnO<sub>2</sub> pada permukaan karbon aktif dan menentukan ukuran partikelnya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. bagaimana pengaruh aktivator KOH terhadap sifat kimia karbon aktif terpurung kemiri?
2. bagaimana pengaruh suhu dan massa karbon terhadap proses reduksi pembentukan komposit nanopartikel MnO<sub>2</sub>?

3. bagaimana karakteristik komposit nanopartikel  $\text{MnO}_2$  hasil reduksi  $\text{KMnO}_4$  oleh karbon aktif tempurung kemiri?

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

#### **1.3.1 Maksud Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah mensintesis komposit nanopartikel  $\text{MnO}_2$  hasil reaksi  $\text{KMnO}_4$  dan karbon tempurung kemiri teraktivasi KOH serta menentukan suhu dan massa karbon optimum dalam pembuatan nanopartikel  $\text{MnO}_2$ .

#### **1.3.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. menentukan pengaruh aktivator KOH terhadap sifat kimia karbon aktif tempurung kemiri.
2. menentukan pengaruh suhu dan massa karbon terhadap proses reduksi pembentukan komposit nanopartikel  $\text{MnO}_2$ .
3. menganalisis karakteristik komposit nanopartikel  $\text{MnO}_2$  hasil reduksi  $\text{KMnO}_4$  oleh karbon aktif tempurung kemiri.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pembuatan nanopartikel  $\text{MnO}_2$  dan memberikan data mengenai pengaruh suhu dan massa karbon terhadap struktur komposit nanopartikel  $\text{MnO}_2$  serta pengaruh aktivator KOH terhadap sifat kimia karbon aktif tempurung kemiri.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Teknologi Nano

Teknologi nano adalah sebuah teknologi multidisiplin yang sedang berkembang dengan pesat saat ini. Teknologi ini banyak berpengaruh dalam beberapa bidang, seperti bidang kesehatan, pertanian dan industri, dimana material ini dibuat dalam skala nano (Singh,2016). Teknologi nano merupakan topik yang begitu banyak diminati, karena memiliki sifat optoelektronik dan fisikokimia yang unik serta aplikasinya yang bervariasi dalam berbagai bidang (El Sayed, 2001).

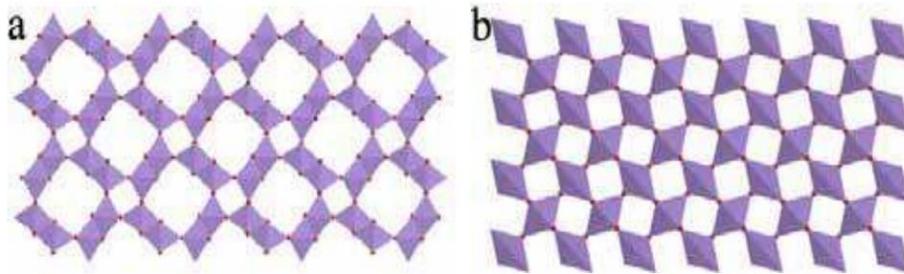
Sejarah teknologi nano dapat dilihat dari tahun 1980, dimana seorang ilmuwan bernama Beveridge mulai mempelajari sintesis logam emas dari bakteri *Bacillus subtilis*. Setelah itu, pada tahun 1989, Dameron mendapati bahwa *Candida glabrata* mensintesis CdS yang berukuran nano. Edward pada tahun 1993 berhasil mensintesis nanopartikel perak dengan bakteri *magnetoactic* yang dilanjutkan oleh Mukherjee dkk pada tahun 2002 yang menggunakan *Fusarium oxysporum* untuk mensintesis nanopartikel dengan logam yang sama. Gurunathan dkk (2009) berhasil mensintesis nanopartikel emas dari *Bacillus licheniformis* setelah menginkubasinya pada suhu ruang 48 jam. Nanopartikel emas yang berhasil disintesis berukuran 10-100 nm (Shi dkk., 2014).

Nanopartikel terbagi menjadi nanopartikel organik (berbasis karbon) dan anorganik. Nanopartikel anorganik termasuk nanopartikel magnetic (besi), nanopartikel logam mulia (perak, emas dan platinum) dan nanopartikel semikonduktor (silika, titanium oksida, seng oksida, seng sulfid, kadmium,

tembaga, dan lain-lain) (Ramkumar dkk., 2016). Nanopartikel anorganik banyak digunakan sebagai agen pembawa obat karena sifat-sifat uniknya, seperti biokompatibilitas, kemampuan untuk menarget sel spesifik dan pelepasan obat yang terkontrol (Asmathunisha dan Kathiresan, 2013).

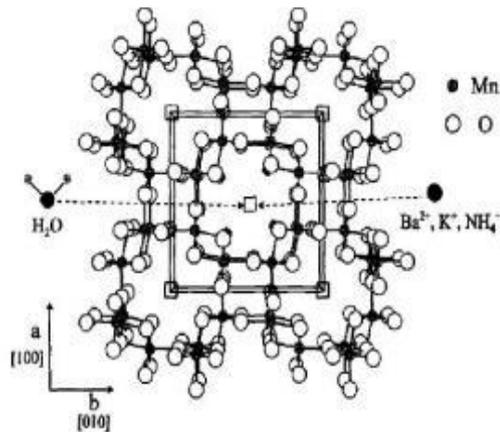
## 2.2 Mangan Dioksida ( $\text{MnO}_2$ )

Mangan dioksida merupakan salah satu material anorganik yang sangat menarik karena sifat fisika dan kimianya. Mangan dioksida memiliki kegunaan yang luas diantaranya sebagai elektrokatalis, pertukaran ion, adsorpsi molekular, biosensor, dan penyimpanan energi.  $\text{MnO}_2$  memiliki struktur kristalin yang beragam dan memiliki beberapa valensi Mn. Pada dasarnya, struktur dan valensi  $\text{MnO}_2$  hanya berasal dari satu struktur saja yaitu  $\text{MnO}_6$  oktahedral. Kombinasi dari  $\text{MnO}_6$  menyebabkan  $\text{MnO}_2$  terdapat dalam berbagai jenis untuk tujuan yang spesifik.



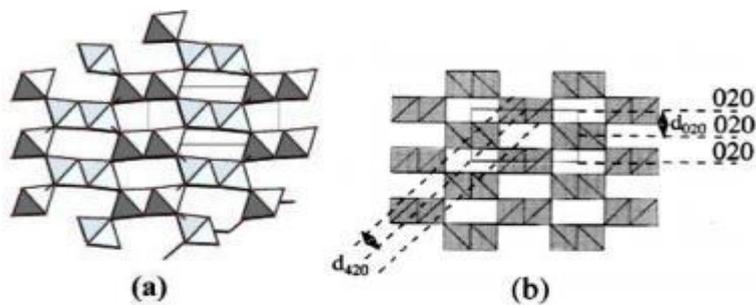
**Gambar 1(a)** Struktur  $\alpha\text{-MnO}_2$  tersusun atas Rantai Ganda  $\text{MnO}_6$  Oktahedral.  
**Gambar 1(b)**  $\beta\text{-MnO}_2$  tersusun atas rantai tunggal  $\text{MnO}_6$  oktahedral.

Gambar 1a menunjukkan bahwa  $\alpha\text{-MnO}_2$  tersusun dari rantai ganda  $\text{MnO}_6$  oktahedral dan ruang interstitial yang terdiri atas saluran satu dimensi yang memiliki ukuran relatif (2x2) dan (1x1) yang membentang dengan arah paralel menuju sumbu c dari sel tetragonal. Sedangkan, Gambar 1b menunjukkan bahwa struktur dari  $\beta\text{-MnO}_2$  hanya terdiri dari rantai tunggal  $\text{MnO}_6$  oktahedral.



**Gambar 2.** Struktur  $\alpha$ - $\text{MnO}_2$  dilihat dari bagian bawah dari sumbu  $c$  – unit sel (Xu dan Bao, 2011)

Gambar 2 menunjukkan struktur memiliki simetris tetragonal dengan ruang per grup  $14/m$ . Kerangka memiliki ruang interstitial yang terdiri atas saluran tunggal berukuran  $(1 \times 1)$  dan  $(2 \times 2)$ . Saluran  $(1 \times 1)$  mewakili ruang interstitial yang ditemukan pada  $\beta$ - $\text{MnO}_2$ . Kation seperti  $\text{Ba}^{2+}$  (*hollandite*),  $\text{K}^+$  (*cryptomelane*),  $\text{NH}_4^+$ , atau  $\text{O}_2^-$  anion (dari  $\text{H}_2\text{O}$  (atau  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) dan  $\text{Li}_2\text{O}$ ) yang menstabilkan kerangka  $\text{MnO}_2$  dengan cara mengisi sebagian pusat dari saluran  $(2 \times 2)$  pada posisi khusus  $(0, 0, z)$ , biasanya mendekati  $(0, 0, \frac{1}{2})$ . Jika oksigen mengisi bagian ini, maka struktur akan membentuk susunan baris tertutup untuk oksigen dengan lapisan paralel pada bidang. Kerangka  $\alpha$ - $\text{MnO}_2$  di alam (mineral) distabilkan dengan kation seperti  $\text{Ba}^{2+}$  (*hollandite*) dan  $\text{K}^+$  (*cryptomelane*) atau dengan ion  $\text{NH}_4^+$  yang terletak didalam saluran besar  $(2 \times 2)$  (Xu dan Bao, 2011).



**Gambar 3(a)** Struktur dari  $\gamma$ - $\text{MnO}_2$  dengan Pertumbuhan yang Tidak Beraturan  
**Gambar 3(b)** Menunjukkan Struktur dari  $\gamma$  - $\text{MnO}_2$ . *Ramsdellite* yang tersusun atas Rantai Ganda  $\text{MnO}_6$

Setiap struktur polimorfi  $\text{MnO}_2$  memiliki ukuran struktur yang berbeda-beda dimana ditentukan oleh jumlah dari subunit oktahedral ( $n \times m$ ). Contohnya,  $\alpha\text{-MnO}_2$  terdiri atas rantai ganda  $\text{MnO}_6$  oktahedral dan membentuk terowongan 1D ( $2 \times 2$ ) dan ( $1 \times 1$ ) pada unit sel tetragonal. Ukuran terowongan ( $2 \times 2$ ) kurang lebih  $\sim 4,6$  angstrom, ukuran ini cukup besar untuk insersi atau ekstraksi kation. Sedangkan struktur  $\gamma\text{-MnO}_2$  tersusun atas struktur ramsdellite ( $1 \times 2$ ) dan pirolusit ( $1 \times 1$ ).  $\beta\text{-MnO}_2$  memiliki struktur terowongan menampung kation. Selanjutnya,  $\delta\text{-MnO}_2$  tersusun atas struktur 2D yang memiliki *interlayer* berukuran  $\sim 7$  angstrom. Dengan spesifikasi tersebut memungkinkan adanya jumlah yang signifikan untuk air maupun kation untuk stabilisasi seperti  $\text{Na}^+$  atau  $\text{K}^+$  (Xu dan Bao, 2011).

Sifat elektrokatalis dari  $\text{MnO}_2$  salah satunya tergantung oleh struktur kristal. Kemampuan elektrokatalis dari  $\text{MnO}_2$  dengan struktur polimorfi berbeda memiliki kemampuan semakin meningkat dari  $\beta\text{-} < \lambda\text{-} < \gamma\text{-} < \alpha\text{-}$ .  $\alpha\text{-MnO}_2$  adalah jenis  $\text{MnO}_2$  dengan kemampuan elektrokatalis paling bagus karena memiliki struktur kristal yang cukup luas untuk menampung dan mendekomposisi molekul oksigen (Putri, 2017).

### 2.3 Nanopartikel $\text{MnO}_2$

Mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) adalah elektroda yang menarik untuk desain superkapasitor karena mudah didapat dan memiliki biaya yang murah. Selain itu,  $\text{MnO}_2$  juga memiliki tingkat toksisitas rendah dan mempunyai rentang tegangan yang lebar. Kapasitansi spesifik  $\text{MnO}_2$  secara teori yaitu sekitar 615 F/g. Partikel  $\text{MnO}_2$  dengan ukuran nano disintesis untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan dan konduktivitas material tersebut (Viscarini dkk., 2014).

Pada prinsipnya, pembentukan partikel  $\text{MnO}_2$  adalah dengan cara mereduksi larutan  $\text{KMnO}_4$  menjadi  $\text{MnO}_2$ . Proses reduksi larutan ini dapat dilakukan secara kimiawi maupun elektrolitik. Menurut Pan dkk. (2011), sintesis nanopartikel  $\text{MnO}_2$  dapat dilakukan secara kimiawi menggunakan metode metode *facile hydrothermal*. Dalam metode ini, larutan  $\text{KMnO}_4$  direduksi dengan menggunakan larutan asam, yaitu dengan cara mencampurkan larutan  $\text{KMnO}_4$  dengan  $\text{MnSO}_4$ . Selanjutnya, pH larutan diatur mendekati 1 dengan cara menambahkan  $\text{HNO}_3$ . Proses ini dilakukan pada suhu antara  $80^\circ\text{C}$  selama 24 jam (Viscarini dkk., 2014).

Metode yang lain adalah menggunakan metode kimia basah, yaitu dengan menambahkan  $\text{KMnO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  kemudian diaduk selama 2 jam. Selanjutnya endapan yang terbentuk dikeringkan pada suhu  $60^\circ\text{C}$  dan divakumkan selama 12 jam. Bagaimanapun, metode-metode di atas membutuhkan harga yang tinggi untuk menyiapkan reagen (larutan asam) sebagai zat aditif proses reduksi. Selain itu, dalam proses-proses tersebut dibutuhkan waktu yang lama untuk membentuk nanopartikel  $\text{MnO}_2$ , hingga mencapai 24 jam (Viscarini dkk., 2014).

Metode elektrokimia mulai muncul sebagai pilihan untuk mensintesis nanopartikel  $\text{MnO}_2$ . Metode ini menawarkan banyak keuntungan jika dibandingkan dua metode di atas yang digunakan untuk mensintesis  $\text{MnO}_2$ . Fajaroh dkk, telah berhasil mensintesis nanopartikel *magnetite* dengan menggunakan metode elektrolisa, dimana produk nanopartikel *magnetite* yang terbentuk hampir berbentuk bola dengan *range* ukuran antara 10-30 nm. Namun, kemurnian produk akhir sangat dipengaruhi kondisi sintesis, yaitu konsentrasi

larutan dan rapat arus yang diberikan. Dengan menggunakan metode ini, ukuran partikel dapat dikontrol dengan mudah dengan cara mengatur rapat arus yang dialirkan dan potensial selama proses elektrolisa (Viscarini dkk., 2014).

Salah satu bahan yang dapat bereaksi dengan  $\text{KMnO}_4$  membentuk nanopartikel  $\text{MnO}_2$  yakni karbon aktif. Setelah penambahan  $\text{KMnO}_4$ , terbentuk endapan nanomaterial  $\text{MnO}_2$  secara seragam pada permukaan karbon aktif. Selanjutnya, struktur nanokomposit dipertahankan setelah pengobatan ultrasonik. Partikel  $\text{MnO}_2$  dengan ukuran nano dapat menawarkan luas permukaan spesifik yang lebih besar untuk akses ion elektrolit dan panjang jalur transpor/difusi yang lebih pendek untuk ion dan elektron. Ketika rasio reaksi karbon aktif/ $\text{KMnO}_4$  diturunkan, morfologi  $\text{MnO}_2$  tumbuh di karbon aktif diubah dari *nanorods* ke nanopartikel. Adapun reaksinya dapat dilihat pada persamaan (1).



Rasio reaksi AC/ $\text{KMnO}_4$  dapat mempengaruhi nukleasi dan pertumbuhan kristal  $\text{MnO}_2$ . Namun, mekanisme pembentukan morfologi yang berbeda dari  $\text{MnO}_2$  masih belum jelas (Zhang dkk., 2012).

## 2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah material berpori dengan kandungan karbon 87%-97% dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, dan material lain. Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi sehingga terjadi pengembangan struktur pori yang bergantung dengan metode aktivasi yang digunakan (Austin, 2006). Karbon aktif adalah karbon bentuk mikrokristalin dan *nongraphitic*. Analisis sinar-X dari karbon aktif menunjukkan struktur yang jauh lebih teratur daripada grafit, hanya memiliki beberapa lapis kristalit dengan ketebalan kurang dari 10 nm (Smisek dan Cerny, 1970)

Karbon aktif adalah karbon yang terbentuk mikrokrystal yang telah diproses membentuk porositas internal. Karbon aktif dicirikan dengan besarnya luas permukaan spesifik 300-2500 m<sup>2</sup>/gr, dimana absorpsi fisik dari gas dan uap dari gas dan melarutkan atau mendispersikan zat-zat dari cairan. Karbon aktif dipasarkan dalam bentuk bubuk dan butiran. Bentuk bubuk umumnya digunakan untuk pemakaian pada fase cairan dan disebut karbon fase cairan. Karbon aktif butiran digunakan untuk pemakaian pada fase gas, maka karbon tersebut disebut karbon absorben gas (Agustina dan Mardi, 2011).

Produk karbon aktif yang telah dihasilkan melalui tahapan karbonisasi dan aktivasi, baik aktivasi kimia maupun aktivasi fisika harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 1995 yang telah ditentukan. Syarat analisis karbon aktif yang telah diproduksi sesuai pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter Mutu Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995)

Parameter mutu (%)	Syarat Mutu Karbon Aktif
Kadar Air	< 15 %
Kadar Abu	< 10 %
Kadar Zat Volatil	< 15 %
Kadar Karbon Tetap	> 65%
Penyerapan Iodium	200 mg/g

Penentuan mutu karbon aktif ditentukan melalui analisis proksimat yang meliputi kadar air, kadar abu dan kadar volatil. Kadar air merupakan salah satu faktor penentu kualitas karbon aktif. Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui tingkat higroskopisitas sampel. Pengujian kadar air secara teori menyatakan bahwa dengan semakin meningkatnya suhu karbonisasi maka kadar air yang terkandung pada karbon semakin kecil dikarenakan air dalam bentuk

*moisture* akan lebih banyak menguap ketika suhu karbonisasi dinaikkan (Hartanto dan Ratnawati, 2010), sedangkan pengujian kadar abu secara teori menyatakan bahwa dengan semakin meningkatnya suhu karbonisasi maka kadar abu yang terkandung pada karbon akan semakin besar karena bahan akan banyak terbakar dan menyisakan abu. Abu merupakan material yang tidak dapat menguap ketika dipanaskan pada suhu tinggi (Putro dkk., 2015). Kadar volatil adalah persentase zat yang mudah menguap ketika dipanaskan pada suhu tinggi (suhu 950 °C) dengan melibatkan oksigen yang terbatas. Gas yang terkandung pada kadar volatil diantaranya gas hidrokarbon, metana dan karbon monoksida. Secara teori semakin meningkatnya suhu karbonisasi maka kadar volatil yang terkandung pada karbon semakin kecil karena suhu tinggi menyebabkan lebih banyak zat yang menguap sehingga kandungan volatil pada karbon semakin kecil (Rasyidi, dkk., 2011).

Struktur dasar karbon aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin) (Sudibandriyo, 2003). Struktur kristal dari karbon aktif akan semakin tinggi seiring dengan tingginya persentase derajat kristalinitas. Derajat kristalinitas merupakan tingkat keteraturan struktur material yang diperoleh dari perbandingan fraksi luas kristalin dengan jumlah antara fraksi luas kristalin dan fraksi luas amorf (Hussain dkk., 2000).

Tingginya persentase derajat kristalinitas menunjukkan struktur karbon aktif jauh dari struktur amorf sehingga memperlihatkan bahwa suatu material akan memiliki struktur kristal, semi-kristal ataupun amorf (Kartika dkk., 2016). Menurut Sudibandriyo (2003), karbon aktif memiliki bentuk amorf yang tersusun atas lapisan bidang datar dimana atom-atom karbon tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanam atom-atom heksagonal. Gambar 6 menunjukkan skema struktur karbon aktif. Setiap garis pada gambar menunjukkan lapisan atom-atom

karbon yang berbentuk heksagonal dan adanya mikrokristalin dengan struktur grafit pada karbon aktif (Sudibandriyo, 2003).

Menurut definisi IUPAC, pori-pori dapat dibedakan menjadi tiga kelompok sehubungan dengan dimensi pori dari karbon aktif (Reinose dkk., 1985). Tabel 2 menunjukkan jenis pori karbon aktif berdasarkan diameter porinya.

**Tabel 2.** Jenis Pori Karbon Aktif berdasarkan Dimensi (Reinose dkk., 1985).

Jenis Pori	Diameter Pori
Makropori	$> 50 \text{ nm } (> 500 \text{ \AA})$
Mesopori	$2 - 50 \text{ nm } (20 - 500 \text{ \AA})$
Mikropori	$0 - 2 \text{ nm } (0 - 20 \text{ \AA})$

Kebanyakan karbon aktif mengandung pori-pori dengan ukuran berbeda yaitu mikropori, mesopori dan makropori. Bahan ini dianggap sebagai adsorben dengan beragam aplikasi. Umumnya karbon aktif berbentuk granular (butir) dan serbuk. Karbon aktif berbentuk serbuk halus memiliki distribusi ukuran partikel 5-10  $\mu\text{m}$  dan untuk karbon yang berbentuk granular memiliki ukuran 0,8 - 1,2 mm. Porositas dan luas permukaan karbon aktif ditentukan oleh efisiensi adsorpsi dari karbon aktif (Setyadhi dkk., 2005). Isotermal adsorpsi merupakan grafik hubungan antara massa adsorbat dan jumlah zat yang teradsorpsi pada suatu suhu tertentu. Berikut ini merupakan klasifikasi isotermal adsorpsi yang diuraikan menurut IUPAC (Sing dkk., 1985):

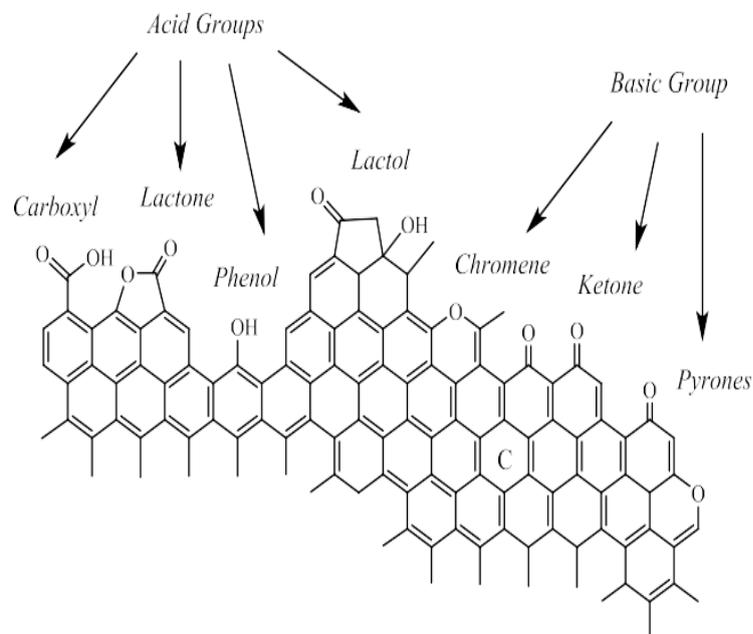
1. tipe I, disebut sebagai isotermal Langmuir yang mencapai nilai maksimum adsorpsi dimana ketajaman kemiringan isotermal dari  $P/P_0$  menunjukkan ukuran mikropori. Isotermal tipe I umumnya berlangsung pada adsorben yang luas permukaannya kecil dan ukuran porinya didominasi oleh mikropori.

Contoh adsorpsi yang termasuk dalam isothermal tipe I adalah adsorpsi nitrogen oleh karbon pada 77 K dan adsorpsi amonia pada arang pada 273 K.

2. tipe II, menggambarkan adsorpsi pada 2 kondisi yaitu pada permukaan adsorben dengan permukaan terbuka dan mikropori. Isothermal ini menunjukkan kurva berubah dari cekung ke cembung yang menandakan cakupan monolayer berakhir dan adsorpsi multilayer dimulai. Isothermal tipe ini terjadi pada adsorben non-poris atau makroporis. Adsorpsi fisika gas oleh padatan tak berpori termasuk dalam klasifikasi isothermal tipe II.
3. tipe III, berbentuk cembung dan khas dari adsorpsi pada situs dengan potensi adsorpsi rendah, seperti sistem polimer organik. Plot grafik dari isothermal tipe III menghasilkan bentuk konveks terhadap tekanan relatif. Isothermal tipe ini umumnya berlangsung pada adsorben tak berpori dan adsorben berpori mikro.
4. tipe IV, Isotherm tipe IV dikaitkan dengan monolayer – multilayer adsorpsi karena mengikuti jalur yang sama dengan bagian yang sesuai dari isotherm Tipe II, dengan ukuran pori yang tergolong mesopori. Isothermal tipe IV memiliki *hysteresis loop*. Tipe isothermal ini memiliki bentuk unik untuk tiap sistem adsorpsi.
5. tipe V, merupakan tipe isothermal dengan karakteristik memiliki energi rendah, homogen dan terjadi pada adsorben dengan pori berukuran mesopori. Tipe isothermal ini juga terjadi pada padatan dengan ukuran mikropori. Contoh adsorpsi yang mengikuti isothermal ini adalah adsorpsi molekul air pada karbon.
6. tipe VI, mencirikan isothermal pada permukaan yang sangat homogen seperti grafit pirolitik. Isothermal tipe VI sering dikenal sebagai isothermal hipotetik.

Contoh adsorpsi yang mengikuti isothermal tipe VI adalah adsorpsi krypton oleh karbon hitam pada 90 K.

Karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen. Menurut Montes-Moran dkk., (2004), gugus fungsional oksigen paling sering muncul pada permukaan karbon. Atom oksigen bergabung ke atom karbon membentuk senyawa organik yang luas, seperti asam karboksilat, keton dan ester. Secara umum dibagi menjadi dua kelompok yang membentuk karakter asam atau basa dalam larutan air.



**Gambar 4.** Gugus Fungsional Berbasis Oksigen pada Permukaan Karbon Aktif (Montes-moran dkk., 2004)

Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif. Selain itu, gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi karena adanya interaksi radikal bebas antara permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer. Fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif bersifat reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Sudibandriyo, 2003).

## **2.5 Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*) Sumber Karbon Aktif**

Tanaman kemiri merupakan tanaman yang banyak dijumpai di Sumatera Selatan. Sumatera Selatan merupakan daerah agraris yang memiliki areal pertanian rakyat, perkebunan dan hutan yang luas. Perkebunan yang ada diantaranya adalah perkebunan kamiri. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai ekonomis dan manfaat dari tempurung kemiri adalah dengan mengubahnya menjadi karbon aktif, melalui beberapa tahap pengolahan. Syarat utama arang yang baik adalah tingginya kandungan unsur karbon di dalam komponen arang, dimana kualitas arang aktif ditentukan berdasarkan Standar Industri Indonesia (SII No. 0258-88). Adapun yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah penentuan zat aktivator yang paling baik digunakan dalam pembuatan karbon aktif dari tempurung kemiri sehingga dapat meningkatkan nilai guna dan nilai ekonomis dari tempurung kemiri tersebut (Agustina dan Mardi, 2011).

Bahan baku yang sering digunakan untuk memproduksi karbon aktif sebagian besar berasal dari minyak bumi dan batubara karena memiliki luas permukaan spesifik dan volume pori-pori yang besar dalam matriks karbonnya (Mendez dkk, 2008; Cuhadaroglu dan Uygun, 2008).

Menurut Sudrajat dan Pari (2011), bahan baku yang dapat digunakan adalah limbah perkebunan seperti tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, kulit buah kopi, sekam padi, tempurung biji karet, tempurung kemiri, dan lain-lain. Bahan-bahan tersebut memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan bahan non biomas atau fosil.

Kemiri adalah tanaman yang berasal dari Hawaii. Tanaman ini kemudian disebarkan ke seluruh negara, termasuk Indonesia (Arlene dkk., 2010). Kemiri di Indonesia sudah sejak lama ditanam, baik untuk tujuan komersial maupun

subsisten untuk menunjang kehidupan masyarakat dalam kehidupan sehari-hari. Tanaman ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan, bijinya dapat digunakan sebagai bahan masakan dan obat-obatan (Krisnawati dkk., 2011).

Menurut Krisnawati dkk (2011), tanaman kemiri dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Ordo : Archichlamydae

Familia : Euphorbiaceae

Genus : *Aleurites*

Spesies : *Aleurites moluccana*



**Gambar 5.** Tempurung Kemiri (Tambunan dkk., 2014).

Kemiri mempunyai 2 lapis kulit yaitu kulit buah dan tempurung. Setiap kilogram dari biji kemiri akan dihasilkan sebanyak 30% inti dan 70% tempurung.

Pada pengolahan biji kemiri akan dihasilkan tempurung kemiri yang memiliki sifat keras dengan nilai kalor 4164 kal/g, sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar. Potensi tempurung kemiri cukup besar, meskipun penggunaannya sebagai bahan bakar kurang aktif, maka salah satu aktivasi pemanfaatannya adalah mengolah tempurung kemiri menjadi karbon aktif (Setiawan dan Yang, 1992).

Pada umumnya masyarakat menjadikan tempurung kemiri sebagai limbah, tetapi sebenarnya mempunyai kegunaan yang cukup bermanfaat sebagai bahan baku pada pembuatan karbon aktif karena kandungan hemiselulosa dan lignin yang tinggi. Karbon aktif dimanfaatkan oleh berbagai industri antara lain industri minyak, karet, gula, dan farmasi. Selama ini, karbon aktif hanya digunakan sebagai pembangkit tenaga uap dan bahan pengeras jalan. Karakteristik karbon aktif yang dihasilkan memenuhi standar Industri Indonesia, dengan daya serap larutan ionnya sebesar 28,9 % (Fauzi dkk., 2012).

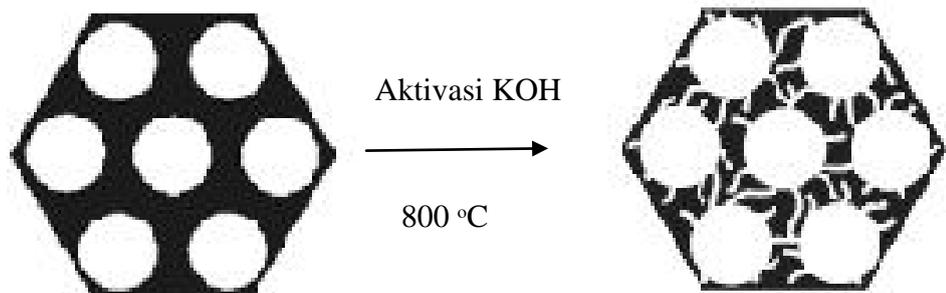
Tempurung kemiri dapat diolah menjadi karbon aktif (zat penyerap) yang dapat digunakan untuk menyerap limbah padatan yang terlarut dalam air, menghilangkan bau, penyerapan zat warna, zat purifikasi, dan sebagainya. Karbon aktif dapat dibedakan dengan karbon berdasarkan sifat pada permukaannya. Permukaan karbon masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang menghambat keaktifannya, sedangkan permukaan karbon aktif relatif telah bebas dari deposit, permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka, sehingga memiliki daya serap tinggi. Peningkatan daya serap karbon dapat dilakukan dengan mengubahnya menjadi karbon aktif melalui proses aktivasi (Simamora dkk., 2020).

## **2.6 Aktivator KOH**

KOH merupakan salah satu larutan aktivator yang baik untuk digunakan pada pembuatan karbon aktif. Penggunaan bahan aktivasi yang baik diharapkan

dapat menghasilkan daya adsorpsi besar pada pemanfaatan karbon aktif sebagai adsorben limbah logam berat. Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang berbentuk granul ke dalam larutan aktivator kalium hidroksida (KOH). Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam sampel selama 24 jam pada larutan KOH 30%, 40%, 50% dan 60% (Erlina, dkk., 2015).

KOH sebagai aktivator dapat bereaksi dengan karbon dan KOH merupakan basa kuat sehingga bisa menghilangkan zat – zat pengotor dalam karbon sehingga membuat karbon menjadi lebih berpori. Proses aktivasi karbon dengan KOH menghasilkan sejumlah mikropori dan mesopori seperti pada Gambar 6 (Apriani dkk., 2013).



**Gambar 6.** Pembentukan Mikropori dalam Karbon Mesopori pada Aktivasi dengan KOH

## 2.7 Karakterisasi Nanopartikel $MnO_2$

### 2.7.1 Spektrofotometer *UV-Vis*

Spektrofotometer *UV-Vis* adalah salah satu metode instrument yang paling sering diterapkan dalam analisis kimia untuk mendeteksi senyawa (padat/cair) berdasarkan absorbansi foton. Agar sampel dapat menyerap foton pada daerah *UV-Vis* (panjang gelombang foton 200 nm–700 nm), biasanya sampel harus diperlakukan atau derivatisasi, misalnya penambahan reagen dalam pembentukan garam kompleks dan lain sebagainya (Irawan, 2019).

Prinsip kerja Spektrofotometer *UV-Vis* yaitu apabila cahaya monokromatik melalui suatu media (larutan), maka sebagian cahaya tersebut diserap ( $I$ ), sebagian dipantulkan ( $I_r$ ), dan sebagian lagi dipancarkan ( $I_t$ ). Aplikasi rumus tersebut dalam pengukuran kuantitatif dilaksanakan dengan cara komparatif menggunakan kurva kalibrasi dari hubungan konsentrasi deret larutan alat untuk analisa suatu unsur yang berkadar rendah baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif, pada penentuan secara kualitatif berdasarkan puncak-puncak yang dihasilkan spektrum dari suatu unsur tertentu pada panjang gelombang tertentu, sedangkan penentuan secara kuantitatif berdasarkan nilai absorbansi yang dihasilkan dari spektrum dengan adanya senyawa pengompleks sesuai unsur yang dianalisisnya (Yanlinastuti dan Fatimah, 2016).

### **2.7.2 *Fourier Transformed-Infrared (FT-IR)***

*Fourier transform infrared (FT-IR)*, merupakan salah satu instrumen yang banyak digunakan untuk mengetahui vibrasi molekul yang dapat digunakan untuk memprediksi struktur senyawa kimia. Teknik spektrometri IR dapat digunakan dalam dua varian: transmisi dan reflektansi. Transmisi digunakan untuk menguji efek dari penyerapan radiasi IR dalam volume sampel. Hal ini dimungkinkan untuk menguji sampel dalam bentuk padat, cair dan gas dengan menggunakan prosedur yang tepat. Gas dan cairan ditempatkan dalam *cuvettes* khusus dengan jendela, terbuat dari bahan transparan untuk radiasi IR (misalnya kristal ionik: KBr, NaCl). Spektrum padatan dapat diukur dengan menggunakan spesimen dari KBr, NaCl, sampel cairan/suspensi dalam parafin cair. Jika objek yang diuji cukup tipis dan transparan, spektrum yang diukur langsung pada sampel. Teknik transmisi tidak dapat digunakan untuk bahan yang kuat menyerap radiasi IR (Sulistiyani dan Huda, 2018).

### **2.7.3 *X-Ray Diffraction (XRD)***

*X-Ray Diffraction (XRD)* merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Selain itu, juga dimanfaatkan untuk mengetahui rincian lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal. *X-Ray Diffraction (XRD)* merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 Angstrom. Radiasi yang digunakan berupa radiasi sinar-X, elektron, dan neutron (Hakim dkk., 2019).