

Skripsi

**PENGARUH pH DAN KONSENTRASI PERMANGANAT TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT KARBON DENGAN NANOPARTIKEL
MnO₂ HASIL REAKSI KMnO₄ DAN KARBON TEMPURUNG KEMIRI
(*Aleurites moluccana*) TERAKTIVASI KOH**

DEWI FATIMAH KM

H031181013



DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

**PENGARUH pH DAN KONSENTRASI PERMANGANAT TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT KARBON DENGAN NANOPARTIKEL
MnO₂ HASIL REAKSI KMnO₄ DAN KARBON TEMPURUNG KEMIRI
(*Aleurites moluccana*) TERAKTIVASI KOH**

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

Oleh:

DEWI FATIMAH KM

H031 18 1013



MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH pH DAN KONSENTRASI PERMANGANAT TERHADAP
KARAKTERISTIK KOMPOSIT KARBON DENGAN NANOPARTIKEL
 MnO_2 HASIL REAKSI KMnO_4 DAN KARBON TEMPURUNG KEMIRI
(*Aleurites moluccana*) TERAKTIVASI KOH

Disusun dan diajukan oleh

DEWI FATIMAH KM

11031181013

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Hasanuddin


pada 13 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 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dewi Fatimah Km
NIM : H031181013
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul "Pengaruh pH dan Konsentrasi Permanganat 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 pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 13 Februari 2023

Yang Menyatakan,

Dewi Fatimah KM



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 “**Pengaruh pH dan Konsentrasi Permanganat terhadap Karakteristik Komposit Karbon dengan Nanopartikel MnO₂ Hasil Reaksi KMnO₄ 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, Ayahanda **Kamaruddin**, Ibunda **Musdalifa** yang selalu tulus dan tak pernah putus dalam mendoakan, memberikan motivasi, dan bantuan yang begitu luar biasa baik secara moril, materil, maupun spiritual. Adik-adik tercinta penulis **Zulfikar** dan **Muhammad Tsauban** yang menjadi penyemangat penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga selalu berada dalam lindungan Allah SWT.

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** selaku sekretaris penguji dan bapak **Dr. Syahrudin Kasim, M.Si** yang telah banyak memberikan arahan, kritik dan masukan untuk penulis yang sangat berarti sebagai acuan dalam perbaikan penulisan skripsi ini. Tak lupa juga penulis ucapkan permohonan maaf yang mendalam jika kiranya selama penelitian banyak hal yang kurang berkenan

Penulis juga ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ketua Departemen Kimia, Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si** dan Ibu **Dr. Nur Umriani Permatasari, M.Si** selaku sekretaris Departemen Kimia yang telah memfasilitasi dan memberikan kemudahan bagi penulis dalam menyelesaikan studi ini.
2. Bapak dan Ibu dosen serta seluruh analis laboratorium Departemen Kimia yang telah membimbing dan membagi ilmunya kepada penulis selama menempuh pendidikan.
3. Ibu **Dr. Paulina Taba, M.Phil** selaku Kepala Laboratorium Kimia Fisika yang telah memberikan izin pemakaian Laboratorium sebagai tempat penelitian dan **Pak Iqbal** yang selalu melayani peminjaman alat kimia serta **Ibu Tini**, yang telah membantu dalam analisis FTIR.
4. Saudara dan seluruh keluarga terkhusus kepada **puang Awa, puang Enning, tante Fitri, om Isal** dan **tante Dina** yang telah mendoakan dan memberikan bantuan baik berupa moril dan materi selama menjalani studi ini.
5. **Kak Elfa, Kak Shafira, kak Putut dan** teman-teman peneliti kimia fisika 2018 terutama teman-teman “panel nano” **Nurmaya, Citra** dan **Jumita** yang selalu menemani, membantu dan mengarahkan penulis selama penelitian.

6. Bestie-bestie paggosip “**Zul, lala dan esry**” tempat penulis berkeluh kesah, selalu memahami dan memaklumi penulis, selalu penulis repotkan, memberikan penulis saran dan semangat serta menghibur penulis di masa-masa sulit selama perkuliahan.
7. Teman-teman pondok bahari “**Inna, Kiki dan Afni**” yang banyak membantu dan selalu memberikan dukungan, saran, motivasi, dan semangat.
8. Bestie Sukses People Sqoad “**Ida, Ana, Lulu dan Abo**” saudara seperjuangan sejak SMA, tempat saya berkeluh kesah, selalu memberikan motivasi serta selalu memberikan saya saran dan semangat.
9. Teman-teman seperjuangan **HIBRIDISASI 2018** dan **KIMIA 2018** yang selalu ada dari awal perkuliahan hingga saat ini. Terima kasih atas kenangan dan pengalaman yang tak terlupakan serta semangatnya semasa penulis menuntut ilmu di kampus merah.
10. Terkhusus kepada **Feni, Pino, Anti, Ijul, Nurfa, Nining, Cila, Fatin, Wahda, Viny dan Marhama** yang masih menemani penulis di masa-masa studi akhir penulis.
11. **Bia dan Chinty** yang mau penulis repotkan, menemani dan memberikan semangat kepada penulis selama masa-masa penyusunan tugas akhir ini.
12. Semua pihak yang membantu penulis semasa perkuliahan, penelitian maupun penyelesaian skripsi yang tidak sempat penulis sebutkan satu-persatu. Terima kasih yang sebanyak-banyaknya. Semoga Allah *Subhanahu wa Ta’ala* membalas kebaikan semua. Aamiin Allahumma Aamiin.
13. 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, 23 Januari 2023

Dewi Fatimah Km

ABSTRAK

Komposit nanopartikel MnO_2 telah disintesis dengan menggunakan KMnO_4 sebagai prekursor dan karbon aktif dari tempurung kemiri yang diaktivasi menggunakan KOH sebagai reduktor untuk mereduksi KMnO_4 menjadi MnO_2 . Proses pembentukan komposit nanopartikel MnO_2 dipengaruhi oleh beberapa faktor, sehingga pembuatan nanopartikel dalam penelitian ini dilakukan dalam berbagai variasi seperti konsentrasi dan pH. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat kimia dari karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH dengan metode titrasi Boehm, menentukan konsentrasi KMnO_4 dan pH optimum dalam sintesis komposit nanopartikel MnO_2 serta menganalisis karakteristik dari komposit nanopartikel MnO_2 menggunakan FTIR dan XRD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivasi menggunakan KOH meningkatkan sifat basa dari karbon, dimana kadar asam total dari tempurung kemiri (KTK) dan karbon aktif tempurung kemiri (KATK) berturut-turut 0,3731 dan 1,3233 meq/g. Hasil analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis menunjukkan bahwa kondisi optimum dalam sintesis komposit nanopartikel MnO_2 adalah dengan menggunakan konsentrasi KMnO_4 0,0032 M pada pH 10 karena dihasilkan absorbansi tertinggi yaitu 2,015. Karakterisasi menggunakan FTIR dan XRD menunjukkan MnO_2 masuk pada permukaan karbon. Karakterisasi menggunakan FTIR terdapat puncak serapan pada bilangan gelombang 570 dan 520 cm^{-1} merupakan vibrasi regangan ikatan Mn-O. Karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan adanya puncak baru pada sudut 2θ sekitar $37,14^\circ$ dan $65,96^\circ$. Komposit nanopartikel MnO_2 yang berhasil disintesis memiliki ukuran partikel 16,69 nm.

Kata kunci: Aktivasi KOH , Komposit nanopartikel MnO_2 , Konsentrasi KMnO_4 , pH, Tempurung Kemiri.

ABSTRACT

The MnO₂ nanoparticle composites have been synthesized using KMnO₄ as a precursor and activated carbon from candlenut shells which was activated using KOH as a reducing agent to reduce KMnO₄ to MnO₂. The process of forming MnO₂ nanoparticles composite is influenced by several factors, so the manufacture of nanoparticles in this study was carried out in various variations such as concentration and pH. This study aims to determine the chemical properties of activated carbon which is activated using KOH by Boehm titration method, determine the concentration of KMnO₄ and optimum pH in the synthesis of MnO₂ nanoparticles composite, and analyzed the characteristics of the MnO₂ nanoparticle composite using FTIR and XRD. The results showed that activation using KOH improves the alkaline of carbon, where the total base content of candlenut shell carbon (CSC) and candlenut shell activated carbon (CSAC) was 0.3731 and 1.3233 meq/g, respectively. The results of the analysis using the UV-Vis spectrophotometer showed that the optimum conditions in the synthesis of MnO₂ nanoparticle composites was using KMnO₄ concentrations 0.0032 M at pH 10 because the highest absorbance was 2.015. Characterization using FTIR and XRD shows MnO₂ entering on the carbon surface. Characterization using FTIR there is an absorption peak at wavenumbers 570 and 520 cm⁻¹ is the stran vibration of Mn-O bond. Characterization using XRD indicates the presence of new peaks at angles 2θ about 37,14° dan 65,96°. The successfully synthesized of MnO₂ nanoparticle composites has a particle size of 16,69 nm.

Keywords: KOH activation, MnO₂ nanoparticle composite, KMnO₄ concentration, pH, Candlenut shell.

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	7
1.3.1 Maksud Penelitian.....	7
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Nanopartikel.....	9
2.2 Komposit Nanopartikel MnO ₂	10
2.3 Karbon Aktif.....	15
2.4 Tempurung Kemiri sebagai Karbon Aktif.....	20
2.5 Karakterisasi.....	23
	xi

2.5.1	Spektrofotometer UV-VIS.....	23
2.5.2	<i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	24
2.5.3	<i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	26
BAB III METODE PENELITIAN.....		27
3.1	Bahan Penelitian	27
3.2	Alat Penelitian.....	27
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian.....	27
3.4	Prosedur Penelitian	27
3.4.1	Pembuatan Larutan Pereaksi	27
3.4.2	Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kemiri.....	30
3.4.3	Pembuatan Nanopartikel MnO ₂	31
3.4.4	Karakterisasi Material	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Pembuatan Karbon Tempurung Kemiri.....	34
4.2	Aktivasi.....	35
4.3	Sintesis Komposit Nanopartikel MnO ₂ dari KMnO ₄	36
4.3.1	Pengaruh Konsentrasi KMnO ₄	39
4.3.2	Pengaruh pH.....	44
4.4	Karakterisasi Komposit Nanopartikel MnO ₂	52
4.4.1	Karakterisasi dengan FTIR	52
4.4.2	Karakterisasi dengan Titrasi Boehm.....	54
4.4.3	Karakterisasi dengan XRD.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		58
5.1	Kesimpulan.....	58

5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Aplikasi nanopartikel dalam berbagai bidang.....	10
2. Standar kualitas karbon aktif menurut SNI 06-3730-1995	19
3. Komposisi kimia tempurung kemiri.....	22
4. Data UV-Vis filtrat hasil reduksi KMnO_4 oleh KATK MnO_2 variasi konsentrasi.....	42
5. Perkiraan panjang gelombang warna pada daerah cahaya tampak	47
6. Data UV-Vis filtrat hasil reduksi KMnO_4 oleh KATK MnO_2 variasi pH.....	48
7. Perbandingan bilangan gelombang pita serapan KTK, KATK dan MnO_2/AC	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur kristal β -MnO ₂ (<i>Pyrolusite</i>)	12
2. Struktur kristal α -MnO ₂ (<i>Hollandite</i>).....	13
3. Struktur kristal γ -MnO ₂ (<i>Nsutite</i>)	13
4. Spektrum Spektrofotometri UV-Vis sintesis nanopartikel MnO ₂ menggunakan ekstrak tumbuhan	14
5. Struktur pori pada karbon aktif	16
6. Tempurung Kemiri	22
7. Karbonisasi tempurung kemiri pada suhu 700 °C.....	35
8. Karbon aktif tempurung kemiri.....	36
9. Ilustrasi pembentukan komposit nanopartikel MnO ₂	37
10. Spektrum UV-Vis dari larutan KMnO ₄ dan koloid MnO ₂ serta foto fenomena <i>tyndall</i>	38
11. Spektrum serapan UV-Vis proses reduksi MnO ₄ ⁻ menjadi MnO ₂ oleh KATK variasi konsentrasi	39
12. Fraksi sisa MnO ₄ ⁻ (%) dalam larutan variasi konsentrasi.....	42
13. Kadar koloid MnO ₂ yang terbentuk pada variasi konsentrasi	43
14. Spektrum serapan UV-Vis proses reduksi MnO ₄ ⁻ menjadi MnO ₂ variasi pH.....	45
15. Fraksi sisa MnO ₄ ⁻ (%) dalam larutan variasi pH.....	48
16. Spektrum UV-Vis KMnO ₄ pada pH 12 sebelum dan setelah tereduksi.....	49
17. Kadar koloid MnO ₂ yang terbentuk pada variasi pH.....	50
18. Spektrum FTIR KTK, KATK dan MnO ₂ /AC	52
19. Grafik perbandingan gugus-gugus fungsi dari KTK, KATK dan MnO ₂ /AC	55

20. Reaksi reduksi MnO_4^- menjadi MnO_2 oleh alkohol.....	56
21. Difraktogram KATK dan MnO_2/AC	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Diagram alir	67
2. Bagan kerja.....	68
3. Perhitungan Pembuatan Pereaksi	72
4. Dokumentasi Penelitian	74
5. Data Spektrum FTIR	76
6. Data absorbansi Spektrofotometer Uv-Vis	79
7. Perhitungan MnO_4^- dalam Larutan dan Kadar MnO_2 Variasi Konsentrasi KMnO_4	91
8. Perhitungan MnO_4^- dalam Larutan dan Kadar MnO_2 Variasi pH	96
9. Hasil analisis dengan titrasi Boehm	99

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan	Arti
AC	<i>Active Carbon</i>
BPS	Badan Pusat Statistik
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
KTK	Karbon Tempurung Kemiri
KATK	Karbon Aktif Tempurung Kemiri
KATKM	Karbon Aktif Tempurung Kemiri Modifikasi
Nm	Nanometer
TK	Tempurung Kemiri
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi industri saat ini, mendorong manusia untuk melakukan penelitian di berbagai bidang, terutama di bidang material. Oleh karena itu, teknologi baru dalam pengembangan sektor industri sangat diperlukan. Berbagai jenis industri sudah mulai menerapkan nanoteknologi untuk pengembangan produknya (Saputro, 2020). Perkembangan nanoteknologi telah merubah kehidupan manusia secara revolusioner dan menyeluruh ke arah yang lebih baik dan telah menjadi tren teknologi dunia. Indonesia seharusnya bisa menjadi salah satu negara pengembang nanoteknologi, karena mempunyai sumber daya alam yang mendukung dan tidak dimiliki oleh negara lain. Oleh sebab itu, potensi nanoteknologi di Indonesia perlu dimaksimalkan (Syafi'I, 2010).

Nanoteknologi secara umum dapat didefinisikan sebagai teknologi perancangan (desain), pembuatan dan aplikasi struktur/material yang berdimensi nanometer (Aryanta, 2014) dan merupakan kajian ilmu dan rekayasa material dalam skala nanometer yang sedang dikembangkan oleh para ilmuwan seluruh dunia (Amiruddin dan Taufiqurrahman, 2013). Nanoteknologi tidak hanya menarik perhatian para ilmuwan dan peneliti, melainkan juga para pengusaha. Hal ini karena adanya keyakinan bahwa aplikasi nanoteknologi di berbagai bidang merupakan era revolusi industri di abad 21 dan memiliki prospek ekonomi yang sangat besar, di mana dengan nanoteknologi material berukuran nano atau sering disebut nanopartikel dapat disintesis. Salah satu bagian dari nanoteknologi adalah nanopartikel yang sangat populer dan semakin pesat perkembangannya sejak awal

tahun 2000 hingga sekarang. Hal ini disebabkan oleh manfaat dan dampaknya yang sangat luas dalam kehidupan manusia (Tsuzuki, 2009). Nanopartikel merupakan salah satu material dengan ukuran partikel antara 1-100 nm yang berperan dalam *building block* dalam berbagai aplikasi teknologi di bidang lingkungan, energi, kesehatan, biomedis dan industri (Saputro dkk., 2019; Saputra dkk., 2011).

Salah satu nanopartikel yang menjadi penelitian yang sangat berkembang saat ini adalah nanopartikel Teknesium (Tc) dan Mangan (Mn) yang terletak pada logam golongan VIIB. Menurut Zakir dkk (2005), pembentukan dan penguraian nanopartikel TcO_2 melibatkan spesies terlarut $TcO_2 \cdot xH_2O$ yang menjadi spesies antara dalam pembentukan nanopartikel TcO_2 . Nanopartikel TcO_2 terbentuk dari hasil reduksi TcO_4^- dalam larutan asam. Penguraian TcO_4^- oleh H^+ menghasilkan spesies polimerik Tc (IV), dimana saat larutan TcO_4^- berada pada pH 1,8 terbentuk spesies Tc (IV) polimer. Pada pH 2,7 selain spesies Tc (IV) polimer juga terbentuk koloid Tc (IV) oksida, sedangkan pada pH 4,1 hanya koloid $TcO_2 \cdot nH_2O$ yang terbentuk. Koloid Tc (IV) dalam bentuk senyawa TcO_2 menjadi bentuk produk yang dominan seiring dengan meningkatnya pH larutan, hal ini menunjukkan bahwa spesies polimer Tc (IV) merupakan prekursor dari koloid TcO_2 . Kajian mekanisme pembentukan nanopartikel MnO_2 juga perlu dilakukan untuk mengungkap kemiripan sifat dari Mn dengan Tc karena kedua logam tersebut dalam tabel periodik masih tergolong (golongan VII B) agar dapat memberikan kontribusi baru dalam perkembangan nanopartikel sains.

Nanopartikel MnO_2 adalah salah satu bahan yang paling menarik dan disukai untuk kapasitor katalitik, magnet dan elektrokimia karena biayanya yang rendah, tidak beracun, jangkauan potensial yang luas dan kompatibilitas

lingkungan (Tompsett dan Parker, 2014; Wang dan Qian, 2007). Nanopartikel MnO_2 dalam pemanfaatannya dapat digunakan sebagai bahan elektroda untuk superkapasitor. Namun, kelemahan utama dari MnO_2 adalah konduktivitasnya yang buruk, yang sangat membatasi pemanfaatan MnO_2 . Sehingga, mendesposisi atau mengkompositkan nanopartikel MnO_2 dengan karbon aktif dinilai efektif karena dapat menghasilkan elektroda superkapasitor yang memiliki konduktivitas yang tinggi dan meningkatkan nilai kapasitansi spesifik (Wang dkk., 2015; Harsojo dkk., 2019). Zhang dkk (2012) telah mendesposisi MnO_2 pada permukaan karbon aktif komersial menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang jauh lebih tinggi (163,3 F/g) dibandingkan dengan karbon aktif komersial tanpa MnO_2 (84,3 F/g).

Sintesis nanopartikel MnO_2 dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti metode elektrokimia, iradiasi ultrasonik, sonokimia dan reduksi kimia. Metode yang paling umum dilakukan adalah reduksi kimia. Metode ini banyak dipakai karena dapat memberikan hasil yang cukup baik, sederhana dan mudah (Maarebia, 2019). Metode reduksi kimia dilakukan dengan penambahan zat reduktor dalam pembentukan nanopartikel (Lee dan Jun, 2019).

Nanopartikel MnO_2 dapat dideposisi secara langsung dengan mereduksi larutan KMnO_4 menggunakan karbon aktif sebagai reduktornya (Zhang dkk., 2012). Pada prinsipnya, pembentukan nanopartikel MnO_2 melalui cara reduksi menggunakan karbon aktif yaitu, larutan KMnO_4 akan tereduksi menjadi MnO_2 (Viscarini dkk., 2015). Proses desposisi MnO_2 ini sangat dipengaruhi oleh konsentrasi KMnO_4 maupun pH yang digunakan. Konsentrasi KMnO_4 dan kondisi pH pada sintesis nanopartikel MnO_2 sangat mempengaruhi kristalinitas yang terbentuk. Penelitian yang dilakukan oleh Yani (2017), mendesposisi nanopartikel

MnO₂/karbon aktif dengan memvariasikan konsentrasi KMnO₄ diperoleh hasil semakin tinggi konsentrasi KMnO₄ yang digunakan maka MnO₂ yang dihasilkan semakin banyak. Kemudian, Penelitian yang dilakukan oleh Putri dan Nurhidayanti (2017), telah berhasil mensintesis MnO₂ dari KMnO₄ pada suasana basa dan asam. Hasil yang didapatkan pada suasana asam cenderung memiliki derajat kristalinitas rendah, sedangkan pada suasana basa cenderung *amorf* dengan luas permukaan yang lebih luas dibandingkan asam.

Karbon aktif dapat dibuat dari limbah biomassa. Biomassa merupakan bahan baku potensial yang dapat digunakan dalam sintesis material karbon berpori. Biomassa yang dapat digunakan adalah limbah perkebunan seperti limbah sawit, bahan tambang, kayu atau limbah kayu, gambut, hasil pertanian dan limbah peternakan, tempurung kelapa dan tempurung kemiri (Muhiddin, 2019). Limbah biomassa mempunyai beberapa keuntungan secara ekonomi (harganya murah), sangat mudah untuk didapatkan dan juga sebagai upaya pengelolaan terhadap limbah serta kemudahan proses pengolahannya dan kualitas hasilnya untuk berbagai aplikasi (BPS, 2002; Pari dkk, 2014).

Tanaman kemiri di daerah Indonesia hampir tersebar di seluruh Nusantara dengan produksi biji 79.137 ton/tahun (Lempang, 2009). Pengolahan dari kemiri dapat menghasilkan limbah tempurung yang mencapai sekitar 193,36 kg/ton (Abineno dan Koyla, 2018). Tempurung kemiri merupakan limbah organik yang dapat diuraikan namun teksturnya cukup keras sehingga waktu yang lama dibutuhkan untuk menguraikannya secara alamiah. Berbagai upaya dilakukan untuk memanfaatkan limbah tempurung kemiri, agar tidak terjadi penumpukkan. Limbah tempurung kemiri dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk yang aman dan ramah lingkungan, yang mana tempurung kemiri dinilai sangat baik

dalam pemanfaatannya sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena mengandung hemiselulosa 48,47% dan lignin 36% (Meilita dan Tuti, 2003; Salindeho dkk., 2017).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh suhadak (2005), diketahui bahwa persentase massa buah kemiri menjadi tempurungnya adalah sebesar 64,57% dan tergolong sangat tinggi bila dibandingkan dengan tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit yang tidak lebih dari 30%. Selain itu, karbon aktif tempurung kelapa memiliki struktur yang sebagian besar mikropori, sehingga kurang efektif digunakan untuk menyerap senyawa yang berdiameter makropori (Actech, 2002 dalam Pari, 2004). Hal ini tentunya menunjukkan bahwa tempurung kemiri memang sangat potensial untuk dijadikan bahan baku karbon aktif (Suhadak, 2005).

Karbon aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi merupakan proses pengurangan dalam ruangan tanpa adanya oksigen dan bahan kimia lainnya. Proses karbonisasi akan menyebabkan terjadinya penghilangan unsur non-karbon, unsur oksigen dan hidrogen dari karbon yang diubah menjadi gas yang selanjutnya akan menghasilkan karbon dengan struktur tertentu. Sedangkan, aktivasi bertujuan untuk mengaktifkan karbon dengan mengangkat residu-residu yang menutupi permukaan pori sehingga dihasilkan karbon dengan luas permukaan yang lebih besar (Wulandari dkk., 2012; Aisah, 2010; Octaviani dan Aziza, 2020). Karbon aktif pada umumnya dapat dibuat melalui proses aktivasi fisika maupun kimia. Aktivasi fisika dilakukan dengan mengalirkan gas CO₂, N₂, uap air atau Argon ke dalam tungku. Sedangkan, aktivasi kimia dilakukan dengan merendam arang berbentuk

granul ke dalam larutan aktivator dari bahan kimia tertentu seperti H_3PO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 , NaOH atau KOH . Penggunaan jenis larutan aktivator pada proses aktivasi kimia dapat memberikan pengaruh yang berbeda-beda terhadap luas permukaan maupun volume pori-pori karbon aktif yang dihasilkan (Erlina dkk., 2015; Manocha, 2003).

Penelitian dengan menggunakan metode aktivasi kimia telah dilakukan oleh beberapa peneliti, salah satunya oleh Sudibandriyo dan Lydia (2011) karbon aktif dibuat dengan menggunakan aktivator ZnCl_2 dan KOH . Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa aktivator terbaik adalah KOH dengan luas permukaan karbon aktif tertinggi sebesar $938,2 \text{ m}^2/\text{g}$, sedangkan aktivasi dengan menggunakan ZnCl_2 hanya diperoleh $632 \text{ m}^2/\text{g}$. Menurut wang (2012), aktivasi kimia dengan menggunakan KOH sangat menjanjikan karena aktivasi dilakukan pada temperatur yang rendah namun mendapatkan hasil yang tinggi. Selain itu, ukuran mikropori terdistribusi dengan baik dan luas permukaan spesifik sangat tinggi hingga $3000 \text{ m}^2/\text{mg}$. Sailah dkk (2020) melaporkan bahwa sampel karbon yang teraktivasi dengan basa memiliki kadar air yang lebih rendah (2,89%) dibandingkan sampel teraktivasi dengan asam (3,49%). Larutan KOH adalah aktivator yang cukup baik pada karbon. Reaksi karbon dengan larutan KOH juga menghidrasi air karena KOH merupakan agen dehidrasi (*dehydrating agent*). Pada proses aktivasi, karbon akan bereaksi dengan KOH sehingga karbon akan terkikis membentuk lubang atau pori-pori. Pembentukan pori-pori akan meningkatkan luas permukaan karbon aktif (Erlina dkk., 2015).

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan pembentukan komposit nanopartikel MnO_2 dari hasil reaksi reduksi antara

KMnO₄ dan karbon aktif tempurung kemiri teraktivasi KOH. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan pH optimal dan konsentrasi KMnO₄ dalam pembuatan nanopartikel MnO₂. Adapun karakterisasi yang dilakukan terdiri atas analisis gugus fungsi dengan metode titrasi Boehm dan FTIR, Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui keberadaan MnO₂ yang kemungkinan besar terdispersi dalam larutan dan analisis struktur dan ukuran kristal dengan *X-Rays diffraction* (XRD).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. bagaimana pengaruh aktivator KOH terhadap sifat kimia karbon aktif tempurung kemiri?
2. bagaimana pengaruh pH dan konsentrasi KMnO₄ terhadap proses reduksi pembentukan komposit nanopartikel MnO₂?
3. bagaimana karakteristik komposit nanopartikel MnO₂ hasil reduksi dari KMnO₄ oleh karbon aktif tempurung kemiri?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mensintesis komposit nanopartikel MnO₂ hasil reaksi KMnO₄ dengan karbon tempurung kemiri teraktivasi KOH serta menentukan pH dan konsentrasi KMnO₄ optimum dalam pembuatan komposit nanopartikel MnO₂.

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 pH dan konsentrasi KMnO_4 terhadap proses reduksi pembentukan komposit nanopartikel MnO_2 ,
3. menganalisis karakteristik komposit nanopartikel MnO_2 hasil reduksi dari KMnO_4 oleh karbon aktif tempurung kemiri.

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pembuatan komposit nanopartikel MnO_2 dan memberikan data mengenai pengaruh pH dan konsentrasi KMnO_4 terhadap struktur komposit nanopartikel MnO_2 serta pengaruh aktivator KOH terhadap sifat fisik dan kimia karbon aktif tempurung kemiri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel

Nanopartikel merupakan salah satu teknologi desain dan pemanfaatan struktur material yang berukuran nanometer. Material nanopartikel yang memiliki ukuran 1-100 nm banyak dimanfaatkan pada bidang industri (Kasim dkk., 2020). Produk yang lebih kecil atau material berskala nano bukan untuk memperindah tapi untuk memperkecil energi yang dibutuhkan, mempercepat proses serta menghemat biaya pekerjaan (Balfas dkk., 2016).

Ukuran partikel yang sangat kecil digunakan untuk merancang, mengatur atau memodifikasi bahan untuk menghasilkan bahan dengan karakteristik dan fungsi baru. Nanopartikel telah menarik minat yang besar dari para peneliti karena menunjukkan sifat fisik dan kimia yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*). Ada dua faktor utama yang membuat perbedaan dari kedua material tersebut, yaitu: pertama, karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Hal ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom yang ada di permukaan material itu sendiri, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain ketika terjadi reaksi kimia; kedua, ketika ukuran partikel mencapai skala nanometer, hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum. Hukum-hukum fisika klasik yang umumnya diterapkan pada partikel ukuran besar mulai menunjukkan penyimpangan prediksi (Abdullah dkk., 2008).

Secara garis besar, produksi nanopartikel dapat dilakukan dengan dua metode. Pertama dengan *metode top-down*, yaitu menggerus material besar hingga menjadi kecil. Kedua metode *bottom-up*, adalah metode dengan menyusun atom atom hingga menjadi partikel berukuran nanometer (Kurniawan, 2018). Penyempurnaan produksi nanopartikel sudah sangat berkembang pesat. Partikel dengan ukuran sepersejuta milimeter atau ukuran nanometer kini digunakan secara luas sampai produk canggih. Nanopartikel sudah digunakan dalam teknik pengecatan, panel surya, suku cadang mikroelektronik, kedokteran modern dan produk canggih lainnya (Mardani, 2019). Beberapa aplikasi nanopartikel dalam berbagai bidang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Aplikasi nanopartikel dalam berbagai bidang (Pal dkk., 2011).

No	Bidang	Aplikasi
1	Tekstil	Bahan anti noda, bahan penutup luka, bahan penghantar listrik, serta polimer alami/sintesis.
2	Kesehatan dan biomedis	Obat, alat kesehatan, terapi kanker, biomarker, antimikroba pengantar obat, antibakteri.
3	Industri	Katalis bahan kimia, cat, tinta nano, teknik refraktif indeks, bahan penghantar listrik.
4	Pangan dan pertanian	Nautrasilitikal, fungisida, katalis pemroses makanan, sensor analisis keamanan pangan dan pengemas makanan
5	Elektronik	Sensor dengan sensitivitas tinggi, computer quantum, sensor kimia, sensor gas, magnet berkekuatan tinggi, laser kuantum.
6	Lingkungan	Sensor pengawas polusi, katalis lingkungan, penangkap polutan, penanganan air limbah, penyaring pemurnian air dan udara
7	Energi	Katalis fuel cell, fotokatalis produksi hidrogen, katalis zat tambah bahan bakar, biosensor, senjata, peningkatan sensorik.

2.2 Komposit Nanopartikel MnO₂

Saat ini, senyawa mangan oksida sedang banyak dikaji dalam penelitian. Mangan oksida memiliki dua struktur rangka, yaitu kristal berlapis dan struktur

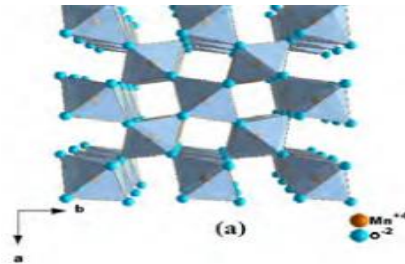
tunnel, dan merupakan salah satu senyawa dari golongan transisi yang paling banyak dipelajari. Beberapa senyawa mangan oksida yang terkenal, yaitu MnO padat berwarna hijau terang, dan Mn₃O₄, Mn₂O, dan MnO₂ berwarna hitam. Senyawa mangan oksida berwarna hitam kecoklatan, biasanya dalam bentuk partikel halus, kristal dan berlapis. Kristal oksida mangan merupakan bahan dengan karakteristik menyerap molekul dan bertindak sebagai penukar ion yang baik. Senyawa oksida mangan banyak diaplikasikan sebagai media penyimpanan magnet berdensitas tinggi, bahan elektrokimia, sebagai sumber utama *ferrite* (aplikasi dalam bidang elektronik) dan sebagai adsorben (Ningsih, 2013).

Mangan dioksida adalah salah satu senyawa anorganik yang menarik karena sifat fisik dan kimianya serta kegunaannya sebagai katalis, penukar ion, adsorben molekular, biosensor dan penyimpanan energi. (Qi dkk., 1999; Shen dkk., 1993; Cao & Suib, 1994). MnO₂ diakui sebagai senyawa yang sangat menarik karena memiliki bentuk struktur dan nilai valensi yang beragam. Umumnya, mangan dioksida adalah material yang kompleks dan merupakan oksida nonstoikiometrik, dimana kation asing, *physisorbed* dan molekul air dapat masuk ke dalam struktur tersebut. Hasil dari kehadiran spesies asing tersebut, menyebabkan valensi rata-rata Mn pada MnO₂ umumnya terletak di antara 3 dan 4. Struktur sebagai oksida MnO₂ didasarkan pada satu unit struktural dasar, yaitu MnO₆ *octahedron*. Karakteristik struktural dari mangan dioksida diantaranya yaitu:

1. *Pyrolusite* (β -MnO₂)

Bentuk yang paling stabil dari semua polimorf MnO₂ memiliki struktur *rutile-type* dengan simetri tetragonal di mana rantai tunggal yang terbuat dari *edge-sharing* MnO₆ yang menyebarkan sepanjang kristalografi sumbu

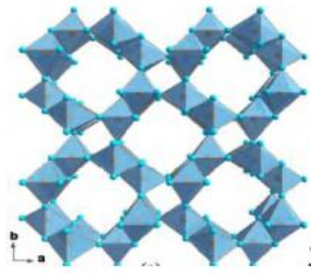
c. Rantai ini terhubung ke empat rantai oleh *corner-sharing*. Jaringan MnO_6 membentuk *tunnels* dengan penampang persegi yaitu, satu segi delapan dan satu segi delapan, juga diwakili oleh 1×1 *tunnels* (Gambar 1).



Gambar 1. Struktur kristal $\beta\text{-MnO}_2$ *Pyrolusite* (Mohamed, 2015).

2. *Hollandite* ($\alpha\text{-MnO}_2$)

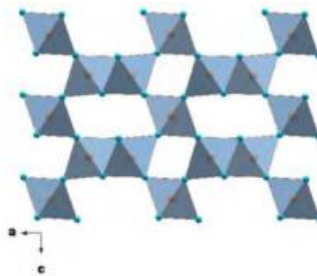
Struktur MnO_2 dengan ukuran rongga yang lebih besar adalah $\alpha\text{-MnO}_2$. Mineral yang dapat ditemukan di alam adalah *hollandite* ($\text{Ba}_x\text{Mn}_8\text{O}_{16}$) dan *cryptomelane* ($\text{K}_x\text{Mn}_8\text{O}_{16}$). $\alpha\text{-MnO}_2$ memiliki simetri tetragonal dengan parameter sel: $a = 9,8776 \text{ \AA}$ dan $c = 2,8654 \text{ \AA}$. Penyisipan kation mendistorsi struktur, maka mineral *hollandite* biasanya memiliki simetri monoklinik. Struktur *Hollandite* atau rantai ganda *edgesharing* MnO_6 oktahedral, membentuk *tunnels* 2×2 ($0,46 \times 0,46$) nm yang merambat sepanjang sumbu c tetragonal sel satuan (Gambar 2). Struktur *tunnels* dari $\alpha\text{-MnO}_2$ dapat distabilkan oleh penyisipan dari Ba^{2+} atau K^+ , atau dengan molekul air di tengah *tunnels* 2×2 , bersamaan dengan reduksi adalah *romanechite* $\text{A}_2\text{Mn}_5\text{O}_{10-x}\text{H}_2\text{O}$ ($\text{A} = \text{Ba}^{2+}, \text{K}^+, \dots$; *tunnels* ukuran 2×3) dan *todorokite* (*tunnels* ukuran 3×3). Mn^{4+} menjadi Mn^{3+} dan perubahan O_2^- oleh OH^- . *Tunnels* besar MnO_2 juga dapat ditemui di alam. Contoh paling terkenal *romanechite* $\text{A}_2\text{Mn}_5\text{O}_{10-x}\text{H}_2\text{O}$ ($\text{A} = \text{Ba}^{2+}, \text{K}^+, \dots$; *tunnels* ukuran 2×3) dan *todorokite* (*tunnels* ukuran 3×3).



Gambar 2. Struktur kristal α -MnO₂ *Hollandite* (Mohamed, 2015).

3. *Nsutite* (γ -MnO₂)

Struktur fase γ -MnO₂ dilintasi oleh lorong yang tak terbatas 2x1 dan 1x1 sepanjang sumbu c. Rumus kimia umum untuk γ -MnO₂ adalah $(\text{Mn}^{4+}_{1-x-y}\text{Mn}^{3+}_y)\text{O}_{2-4x-y}(\text{OH})_{4x+y}$. (Ruetschi, 1984). Struktur *Nsutite* dapat dilihat pada gambar 3.

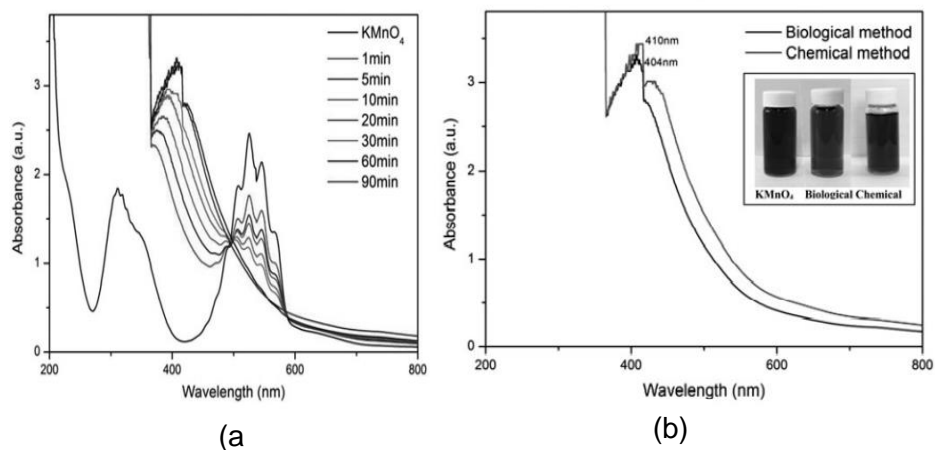


Gambar 3. Struktur kristal γ -MnO₂ (*Nsutite*) (Mohamed, 2015).

Mangan oksida biasanya merupakan bahan yang kurang toksik dibandingkan senyawa lain yang umumnya menjadi dasar nanopartikel, selain itu juga memiliki kompatibilitas lingkungan, kapasitas spesifik yang tinggi, dan efektivitas biaya. MnO₂ adalah salah satu mangan oksida yang paling stabil. Nanopartikel MnO₂ dapat diaplikasikan dalam pertukaran ion, biosensor, kedokteran, penyerapan molekul, superkapasitor, katalisis, dan penyimpanan energi (Chen dkk., 2010). Beberapa metode telah dikembangkan untuk mensintesis nanopartikel MnO₂ seperti sonokimia (Abulizi dkk., 2014),

presipitasi, hidrotermal dan teknik sintesis hijau (hoseinpour dan Ghaemi, 2018).

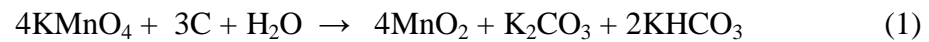
Penelitian Moon dkk. (2015), dengan menggunakan ekstrak daun *Kalopanax pictus* sebagai agen reduksi KMnO_4 untuk menghasilkan nanopartikel MnO_2 . Penambahan ekstrak daun *pictus* tumbuhan ke dalam larutan berair KMnO_4 , akan membuat warna ungu dari KMnO_4 memudar, dan warnanya berubah dari ungu menjadi kuning kecoklatan dan akhirnya menjadi coklat tua. Pembentukan MnO_2 nanopartikel dipantau dengan mengukur perubahan absorbansi yang ditentukan dalam spektrofotometer UV-Vis, Pada Gambar 4, dapat dilihat puncak khas luas yang menonjol untuk MnO_2 nanopartikel terlihat pada 360 hingga 404 nm, yang naik dan bergeser seiring waktu.



Gambar 4. (a) spektrum absorbansi spektrofotometri UV-Vis pada sintesis nanopartikel MnO_2 reduksi KMnO_4 dan sintesis MnO_2 nanopartikel dengan spektrofotometri UV-tampak dengan mereduksi KMnO_4 , dan (b) Spektrum komparatif UV-tampak MnO_2 nanopartikel disintesis secara biologis menggunakan ekstrak tumbuhan dan metode kimia menggunakan natrium tiosulfat.

Selain dapat mereduksi KMnO_4 dengan menggunakan ekstrak tumbuhan dalam pembentukan nanopartikel MnO_2 , karbon aktif juga dapat digunakan sebagai reduktor KMnO_4 . Adapun proses reaksi reduksi yang terjadi jika

KMnO₄ direaksikan dengan karbon aktif dapat dilihat pada reaksi di bawah ini (Zhang dkk., 2012).



Pada reaksi di atas terjadi reduksi KMnO₄ oleh karbon menjadi MnO₂. MnO₂ yang dihasilkan sebagian akan terdesposisi pada permukaan karbon aktif yang ditandai dengan perubahan warna karbon dari hitam menjadi hitam kecoklatan (Zhang, 2012) dan sebagian terdispersi ke dalam sistem koloid yang ditandai dengan perubahan warna larutan dari ungu (KMnO₄) menjadi kuning hingga kuning kecoklatan (Moon dkk., 2014; Jagayi dkk., 2013; Chacon dkk., 2013).

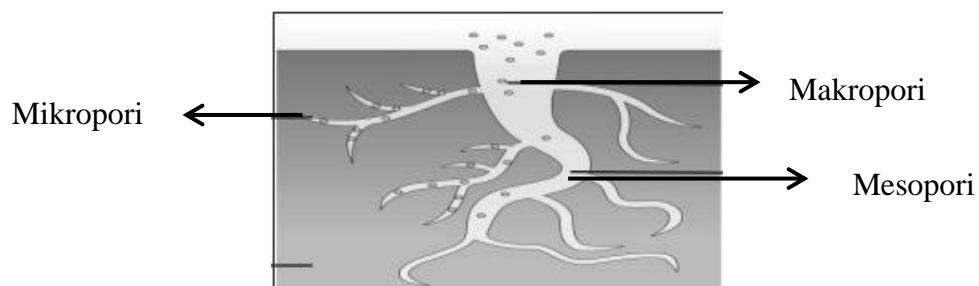
Nanopartikel MnO₂ yang dikompositkan bersama dengan karbon aktif akan menghasilkan elektroda superkapasitor yang memiliki kapasitas dan konduktivitas yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Zhang dkk. (2012), mendeposisikan nanopartikel MnO₂ bersama dengan karbon aktif menghasilkan elektroda superkapasitor yang memiliki kapasitas spesifik sebesar 201 F/g. Penelitian yang dilakukan oleh Nursiti dkk. (2018), mensintesis MnO₂/AC yang memiliki kapasitas 48 F tiap satu gram dibandingkan dengan kapasitor komersil yang kapasitasnya hanya 100 mF tiap 30 gram massa total kapasitor. Hal ini menunjukkan bahwa superkapasitor dengan material nanokomposit MnO₂/AC yang disintesis jauh lebih unggul dibanding kapasitor komersil.

2.3 Karbon Aktif

Arang adalah suatu bahan padat berpori yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon melalui proses pirolisis. Pori-pori dari arang sebagian masih tertutup oleh hidrokarbon, tar dan senyawa organik lain. Proses aktivasi

arang untuk menghilangkan senyawa tersebut menghasilkan produk arang aktif atau biasa juga disebut karbon aktif. Karbon aktif dapat dibedakan dari karbon berdasarkan sifat pada permukaannya. Permukaan pada karbon masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang dapat menghambat keaktifannya, sedangkan pada karbon aktif permukaannya relatif telah bebas dari deposit dan mampu mengadsorpsi karena permukaannya luas dan pori-porinya telah terbuka (Gomez-Serrano dkk., 2003).

Karbon aktif tersusun dari atom karbon (C) yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagon sehingga membentuk padatan amorf. Karbon aktif memiliki ukuran pori-pori yang berbeda dalam strukturnya. Struktur yang berpori dari karbon aktif tersebut dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti adsorben zat logam, adsorben zat warna, adsorben gas, elektroda superkapasitor dan lain-lain (Zdrakov dkk., 2007; Kristianto, 2017). International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), mengklasifikasikan ukuran pori karbon aktif menjadi 3 yaitu, mikropori dengan diameter pori (< 2 nm), mesopori (2-50 nm) dan makropori (> 50 nm). Struktur pori internal karbon dapat dilihat ada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Pori pada Karbon Aktif (Marsh dan Reinoso, 2006).

Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorf, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan

dengan cara khusus agar diperoleh permukaan yang lebih luas. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram (Pujiyanto, 2010). Menurut Kusdarini dkk (2016) secara umum, pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap yaitu:

1. Tahap pertama, proses dehidrasi merupakan penghilangan air dari bahan baku dengan cara pemanasan sampai 170 °C.
2. Tahap kedua, proses karbonisasi adalah pembakaran bahan baku menggunakan udara terbatas dengan temperatur antara 300-900 °C. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon.
3. Tahap ketiga, proses aktivasi yaitu proses pembentukan dan penyusunan karbon sehingga pori-pori menjadi lebih besar. Proses pengaktifan karbon menjadi karbon aktif pada prinsipnya bertujuan untuk menghilangkan atau mengeluarkan kotoran-kotoran yang terdapat pada permukaan karbon.

Pembuatan karbon aktif dilakukan melalui proses aktivasi karbon baik secara fisika ataupun kimia. Aktivasi karbon secara fisika menggunakan oksidator lemah, seperti uap air, gas CO₂, N₂, O₂ dan gas pengoksidasi lainnya. Oleh sebab itu, pada proses ini tidak terjadi oksidasi terhadap atom-atom karbon penyusun arang, akan tetapi oksidator tersebut hanya mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan pori arang. Prinsip aktivasi ini dimulai dengan mengaliri gas-gas ringan, seperti uap air, CO₂, atau udara ke dalam retort yang berisi arang dan dipanaskan pada suhu 800-1000 °C. Pada suhu di bawah 800 °C, proses aktivasi dengan uap air atau gas CO₂ berlangsung sangat lambat, sedangkan pada suhu di atas 1000 °C, akan menyebabkan kerusakan struktur kisi-kisi heksagonal karbon (Manocha, 2003). Salah satu kekurangan proses aktivasi fisika adalah pada

saat terjadi kelebihan oksidasi eksternal sewaktu gas pengoksidasi berdifusi pada karbon sehingga terjadi pengurangan ukuran adsorben dan juga proses ini sulit di kontrol (Shofa, 2012).

Aktifasi cara kimia pada prinsipnya adalah perendaman karbon dengan senyawa kimia sebelum dipanaskan. Pada proses pengaktifan secara kimia, karbon direndam dalam larutan pengaktifasi selama 24 jam, lalu ditiriskan dan dipanaskan pada suhu 200-600 °C selama 1-2 jam. Pada suhu tinggi bahan pengaktif akan masuk di antara sela-sela lapisan heksagonal dan selanjutnya membuka permukaan yang tertutup. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai agen pengaktifasi karbon seperti $ZnCl_2$, H_3PO_4 , KOH , dan $NaOH$. Keuntungan menggunakan proses aktivasi kimia adalah sangat dimungkinkan untuk memperoleh luas permukaan yang sangat tinggi, begitu juga dengan hasil akhir karbonnya (Bergna dkk., 2018; Lempang, 2014). Adapun Kekurangan dalam pemakaian bahan kimia sebagai bahan pengaktif sering mengakibatkan pengotoran pada karbon aktif yang dihasilkan. Umumnya aktivator meninggalkan sisa-sisa berupa oksida yang tidak larut dalam air pada waktu pencucian. Oleh karena itu, dalam beberapa proses sering dilakukan pelarutan dengan HCl untuk mengikat kembali sisa-sisa bahan kimia yang menempel pada permukaan arang aktif dan kandungan abu yang terdapat dalam arang aktif (Lempang, 2014).

Perbedaan bahan baku yang digunakan dan metode aktivasi akan menyebabkan perbedaan sifat dan kualitas karbon aktif. Karbon aktif digunakan dalam bidang industri (pengolahan air, makanan dan minuman, rokok, bahan kimia, sabun, lulur, sampo, cat dan perekat, masker, peralatan pendingin, mobil), kesehatan (penyerapan racun dalam saluran pencernaan dan obat-obatan),

lingkungan (penyerapan logam dalam air limbah, penyerapan residu pestisida dalam air minum dan tanah, penyerapan gas beracun yang dipancarkan di udara, peningkatan total karbon organik tanah, pengurangan biomassa mikroba dan akumulasi tanah) dan pertanian (peningkatan tingkat keberhasilan perbanyakan tanaman dan pencegahan busuk akar melalui kultur jaringan dan kesuburan media tanaman) (Lembang, 2014).

Standar kualitas suatu karbon aktif untuk Indonesia dapat dilihat berdasarkan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995.

Jenis Persyaratan	Parameter
Kadar air	Maks 15%
Kadar abu	Maks 10%
Kadar zat menguap	Maks 25%
Kadar karbon terikat	Min 65%
Daya serap terhadap yodium	Min 750 mg/g
Daya serap terhadap benzene	Min 25%

(Sumber: Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI 1995)

Menurut Octaviani dan Aziza (2020), uji kualitas karbon aktif meliputi, analisis kadar air, kadar abu, kadar senyawa volatil, dan daya serap terhadap Iod.

1. Analisis kadar air yang dilakukan adalah untuk menentukan kadar air yang tersisa setelah karbon aktif mengalami proses aktivasi. Pada prinsipnya penentuan kadar air adalah dengan menguapkan air bebas dalam karbon melalui proses pemanasan, kemudian karbon ditimbang hingga berat konstan (Octaviani dan Aziza 2020).

2. Analisis abu dilakukan untuk mengetahui sisa mineral yang tidak hilang pada karbon aktif selama proses karbonisasi dan proses aktivasi (Prameidia, 2013). Kadar abu akan mempengaruhi kualitas karbon aktif, karena nilai kadar abu yang lebih tinggi akan menyebabkan pori-pori pada karbon aktif tersumbat sehingga mengurangi luas permukaan (Laos dan Selan, 2016).
3. Analisis daya serap I_2 adalah untuk mengetahui kapasitas adsorpsi karbon aktif atau untuk mengetahui kapasitas karbon aktif dalam mengadsorpsi ion logam berat. Penyerapan I_2 menunjukkan kemampuan karbon aktif dalam menyerap komponen dengan berat molekul rendah (Miranti, 2012). Nilai serapan I_2 yang diperoleh menunjukkan banyaknya iodium dalam miligram yang teradsorpsi oleh 1 gram karbon aktif. Jika kemampuan karbon aktif menyerap I_2 tinggi, maka karbon aktif memiliki luas permukaan yang lebih besar dan memiliki struktur mikropori dan mesopori (Miranti, 2012).

2.4 Tempurung Kemiri Sebagai Karbon Aktif

Kemiri (*Aleurites moluccana wild*) adalah tanaman yang berasal dari Malaysia yang kemudian menyebar dari sebelah timur Asia hingga Fiji di kepulauan Pasifik (Barani, 2006). Kemiri termasuk tanaman tahunan dari famili *Euphorbiaceae* dan banyak ditemukan tumbuh di hutan serta sebagian di budidayakan oleh masyarakat karena buahnya mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Tanaman kemiri di Indonesia telah tersebar luas hampir diseluruh wilayah nusantara dan telah di ekspor baik dalam bentuk biji maupun bentuk lainnya (Barani, 2006; Patandung, 2017).

Tanaman kemiri dapat tumbuh dengan baik pada tanah-tanah kapur, tanah berpasir di pantai, tanah pedosilik mulai dari yang kurang subur sampai yang subur dan tanah latosol. Berdasarkan kondisi iklimnya, tanaman kemiri dapat tumbuh di daerah-daerah yang beriklim kering maupun basah yang memiliki curah hujan 1.500-2.400 mm per tahun dan suhu 20–27 °C (Barani, 2006). Kemiri mempunyai dua lapis kulit yaitu kulit buah dan tempurung yang memiliki ketebalan sekitar 3 - 5 mm, berwarna coklat atau kehitaman, dari setiap kilogram biji akan dihasilkan 30 % buah dan 70 % tempurung atau dua per tiga dari berat biji kemiri utuh adalah tempurung dan yang sepertiganya lagi adalah inti (karnel) dari buah kemiri (Maemuna, 2018; Sinaga, 2016; Hendra dan Dermawan, 2007).

Menurut *Integrated Taxonomic Information System* (2018), tanaman Kemiri (*Aleurites moluccana*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

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

Tempurung kemiri adalah limbah organik yang dapat diuraikan namun teksturnya yang keras sehingga untuk menguraikannya secara alamiah membutuhkan waktu yang lama (Sulaiman dkk., 2017). Menurut Abineno dan Koyla (2018), kemiri merupakan tanaman dengan produktivitas sebesar 0,6 ton/Ha dan dapat menghasilkan limbah berupa tempurung mencapai

193,36 Kg/ton. Limbah tempurung kemiri selama ini belum dimanfaatkan secara optimal, padahal limbah ini dapat menjadi produk yang mempunyai nilai jual diantaranya adalah sebagai produk karbon aktif (Patandung, 2017). Tempurung kemiri dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tempurung Kemiri (Sianturi dkk., 2021)

Tempurung kemiri memiliki kandungan lignin yang tinggi. Kandungan lignin yang tinggi tersebut memberikan hasil yang tinggi pula untuk karbon aktifnya (Cagnon dkk., 2009; Petrus, 2011). Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Darmawan, dkk (2016), dari tiga jenis biomassa yang berbeda yaitu kayu pinus, kayu mangium dan tempurung kemiri yang digunakan sebagai bahan dalam pembuatan karbon aktif, tempurung kemiri memiliki kandungan lignin tertinggi. Kandungan lignin dari ke tiga bahan biomassa tersebut yaitu tempurung kemiri sebesar 36,02 %, kayu pinus 29,14 % dan kayu mangium 27,91 %. Adapun komponen kimia yang terkandung dalam tempurung kemiri dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana (L.) Willd.*) (Darmawan dkk., 2016)

Komposisi Kimia Tempurung Kemiri	Kadar (%)
Selulosa	25,77
Hemiselulosa	28,73
Total Lignin	36,02
Klason	36,00
Lignin terlarut asam	0,02
Alkohol - Benzena terlarut	8,53

Aktivasi kimia biasanya digunakan untuk bahan baku yang mengandung lignoselulosa. Pada proses aktivasi ini, karbon dicampur dengan larutan kimia yang bertindak sebagai aktivator. Aktivator ini bertindak sebagai agen dehidrasi, yang mempengaruhi dekomposisi pirolisis, menghambat pembentukan tar, dan mengurangi pembentukan asam asetat dan metanol (Ahmadpour, 1995; Manocha, 2003). Salah satu aktivator yang biasa digunakan adalah KOH. Hal ini, karena 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 (Apriani dkk., 2013).

Menurut Fitrilya (2021), Karbon aktif dapat diperoleh dari tempurung kemiri yang diaktifkan dengan menggunakan aktivator KOH 25 % dengan perbandingan volume KOH : massa karbon 5:1. Karbon aktif yang dihasilkan cukup baik, di mana untuk kadar air dan kadar abu memenuhi standar SNI dengan hasil kadar air yang di peroleh antara 5,90 % - 11.51 % dimana standar SNI maksimum 15 % dan hasil pengujian kadar abu maksimal 8,72 % dengan standar SNI minimum 10 %.

2.5 Karakterisasi

2.5.1 Spektrofotometer UV-VIS

Spektpfotometer UV-Vis adalah salah satu metode instrumen yang paling umum digunakan dalam analisis kimia, digunakan untuk mendeteksi senyawa (padat/cair) berdasarkan absorbansi foton. Agar sampel menyerap foton di daerah UV-Vis (panjang gelombang foton 200-700 nm), biasanya sebelum analisis dilakukan, sampel perlu untuk di proses dengan menambahkan reagen saat membentuk garam kompleks. Unsur diidentifikasi berdasarkan senyawa kompleksnya (Irawan, 2019).

Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk menganalisis suatu kandungan dalam sampel melalui interaksi antar cahaya/sinar dengan panjang gelombang tertentu dan zat dalam bentuk molekul asam. Cahaya/sinar tersebut dapat berupa cahaya tampak (*visible light*), ultraviolet (cahaya tidak terlihat) dan infra merah, dan materinya dapat berupa molekul atau atom dengan elektron valensi. Cahaya dari sumber cahaya disebut juga radiasi elektromagnetik. Interaksi antara cahaya atau radiasi elektromagnetik dengan materi dapat terjadi melalui pancaran, absorpsi dan hamburan, sehingga sering disebut sebagai spektrum emisi, spektrum serapan, dan spektrum hamburan. Spektrofotometer ultraviolet-tampak menggunakan interaksi penyerapan. Spektrofotometer UV-Vis terdiri dari: 1. Sumber cahaya, berupa cahaya polikromatis dari lampu tungsten/Wolfram pada daerah cahaya tampak/visible (400-800 nm) dan lampu deuterium pada daerah ultraviolet (0-400 nm) luas, 2. Monokromator yang berfungsi untuk menyeleksi panjang gelombang, 3. Kuvet/sel sampel berfungsi sebagai tempat sampel. Bentuknya persegi panjang, lebar 1 cm dengan permukaan lurus dan sejajar secara optis, transparan, tidak bereaksi dengan zat kimia, tidak rapuh, dan memiliki bentuk yang sederhana dan kuat, 4. Detektor menangkap cahaya yang melewati sampel, 5. *Read out* adalah sistem yang menangkap sinyal listrik dari detektor dan mengeluarkannya dalam bentuk transmitansi atau absorbansi yang ditampilkan pada tampilan perangkat.

2.5.2 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) adalah alat untuk analisis kualitatif suatu material dengan memanfaatkan spektra inframerah. Hasil analisis FTIR ditampilkan dalam bentuk spektrum sebagai pengganti pencatatan jumlah energi yang diserap, di mana frekuensi cahaya inframerah berupa

gelombang monokromatik. Jika senyawa organik disinari dengan sinar infra merah yang mempunyai frekuensi tertentu (bilangan gelombang $500-4000\text{ cm}^{-1}$), sehingga beberapa frekuensi tersebut diserap oleh senyawa tersebut. Berapa banyak yang melewati senyawa tersebut diukur sebagai presentasi transmitansi (*presentage transmittance*). Presentasi transmitansi dengan nilai 100 berarti semua frekuensi dapat melewati senyawa tersebut tanpa diserap sama sekali. Transmitansi sebesar 5 % mempunyai arti bahwa hampir semua frekuensi tersebut diserap oleh senyawa itu (Sembiring dan Simanjuntak, 2015).

Komponen utama spektrum FTIR adalah *interferometer Michelson*, yang memiliki fungsi mendispersikan (menguraikan) radiasi infra merah ke dalam komponen-komponen frekuensi. Jika dibandingkan dengan metode spektroskopi inframerah tradisional dan metode spektroskopi lainnya, penggunaan *interferometer Michelson* memberikan keunggulan metode FTIR, yaitu informasi struktur molekul dapat diperoleh secara akurat. Kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi spektrum FTIR dapat didukung oleh data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi lainnya. Prinsip kerja FTIR adalah mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa dengan absorbansi inframerah yang dilakukan oleh senyawa tersebut. Setiap senyawa memiliki pola absorbansi yang berbeda, sehingga senyawa tersebut dapat dibedakan dan dikuantifikasi (Sankari dkk., 2010). Prinsip kerja FTIR adalah energi inframerah yang dipancarkan dari sumber cahaya melewati celah sempit untuk mengontrol energi yang dikirimkan ke sampel. Kemudian berkas sampel masuk ke dalam ruang sampel, dan berkas tersebut akan diteruskan atau dipantulkan oleh permukaan sampel sesuai dengan energinya yang merupakan karakteristik sampel, berkas akhirnya mencapai detektor.

2.5.3 X-Ray Diffractometer (XRD)

Difraksi sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal suatu padatan dengan membandingkan nilai jarak bidang kristal (d) dan intensitas puncak difraksi dengan data standar. Pengujian ini merupakan aplikasi langsung dari pemakaian sinar-X untuk menentukan jarak antara kristal dan jarak antara atom dalam kristal. Prinsip dasar dari XRD adalah hamburan elektron yang mengenai permukaan kristal. Bila sinar dilewatkan ke permukaan kristal, sebagian sinar tersebut akan terhamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan ke lapisan berikutnya. Sinar yang dihamburkan akan berinterferensi secara konstruktif (menguatkan) dan destruktif (melemahkan). Hamburan sinar yang berinterferensi inilah yang digunakan untuk analisis. Difraksi sinar-X hanya akan terjadi pada sudut tertentu sehingga suatu zat akan mempunyai pola difraksi tertentu. Pengukuran kristalinitas relatif dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah tinggi puncak pada sudut-sudut tertentu dengan jumlah tinggi puncak pada sampel standar (Siregar, 2018). Penentuan ukuran partikel dapat menggunakan metode *Debye-scherrer* (Maylani, 2015). Adapun rumusnya adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{K \lambda}{B \cos \theta} \quad (2)$$

Dengan D adalah ukuran kristal, K adalah konstanta Scherrer (0.89), λ adalah panjang gelombang sinar-X, B adalah lebar setengah puncak maksimum atau nilai dari *full width half maximum* (FWHM) dan θ adalah sudut difraksi.