

**PENGARUH KONSENTRASI NANOKOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$
TERHADAP GUGUS FUNGSI, SIFAT OPTIK DAN STRUKTUR
MORFOLOGI MENGGUNAKAN METODE SINTESIS HIJAU**

Skripsi

Oleh

**ANGELIKA RAMONA PUTRI HASIBUAN
2117041017**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH KONSENTRASI NANOKOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ TERHADAP GUGUS FUNGSI, SIFAT OPTIK DAN STRUKTUR MORFOLOGI MENGGUNAKAN METODE SINTESIS HIJAU

Oleh

ANGELIKA RAMONA PUTRI HASIBUAN

Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ telah berhasil disintesis melalui penggabungan CoFe_2O_4 yang disintesis dari ekstrak *Moringa oleifera* (MO) dan Cdots yang disintesis dari kulit semangka. Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ disintesis menggunakan metode sintesis hijau. Penelitian ini diawali dengan menyintesis MO, menyintesis CoFe_2O_4 , menyintesis Cdots, lalu menyintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$. Sehingga diperoleh $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -10, $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -20, dan $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -30 yang masing-masing didasarkan pada variasi konsentrasi Cdots pada nanopartikel CoFe_2O_4 yaitu 10, 20, dan 30 ml. Setelah proses sintesis, dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, UV-Vis dan TEM. Hasil pengujian FTIR pada nanokomposit menunjukkan keberadaan gugus fungsi khas dari Cdots dan gugus fungsi khas dari CoFe_2O_4 . Penggabungan keduanya menghasilkan pergeseran bilangan gelombang yang diakibatkan oleh munculnya ikatan baru antara Cdots dan CoFe_2O_4 . Hasil pengujian UV-Vis menunjukkan penambahan Cdots tidak mempengaruhi secara signifikan pada absorbansi, tetapi terjadi pergeseran puncak absorbansi ke kiri seiring penambahan variasi Cdots. Hal ini yang mengakibatkan naiknya nilai *band gap energy*. Hasil pengujian TEM menunjukkan morfologi kedua sampel berbentuk *semi-spherical* dan cenderung aglomerasi seiring penambahan Cdots. Akan tetapi penambahan konsentrasi Cdots menghasilkan ukuran diameter partikel semakin mengecil dan relatif lebih seragam. Hal ini mengakibatkan luas permukaan semakin besar dan efektif untuk digunakan pada berbagai aplikasi. Hasil *Selected Area Electron Diffraction* (SAED) menunjukkan cincin difraksi dengan keberadaan kisi masih berada pada fasa CoFe_2O_4 .

Kata Kunci: FTIR, nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$, konsentrasi Cdots, sintesis hijau, TEM, UV-Vis.

ABSTRACT

THE EFFECT OF CONCENTRATION OF CoFe₂O₄/Cdots NANOCOMPOSITES ON FUNCTIONAL GROUPS, OPTICAL PROPERTIES AND MORPHOLOGICAL STRUCTURE USING GREEN SYNTHESIS METHOD

By

ANGELIKA RAMONA PUTRI HASIBUAN

CoFe₂O₄/Cdots nanocomposites have been successfully synthesized by combining CoFe₂O₄ synthesized from *Moringa oleifera* (MO) extract and Cdots synthesized from watermelon rind. CoFe₂O₄/Cdots nanocomposites were synthesized using a green synthesis method. This study began with synthesizing MO, synthesizing CoFe₂O₄, synthesizing Cdots, then synthesizing CoFe₂O₄/Cdots. So it's obtained CoFe₂O₄/Cdots-10, CoFe₂O₄/Cdots-20, and CoFe₂O₄/Cdots-30. That each based on variations in Cdots concentration on CoFe₂O₄ nanoparticles that is 10, 20, and 30 ml. After the synthesis process, characterization was carried out using FTIR, UV-Vis and TEM. The results of FTIR testing on nanocomposites show the presence of typical functional groups from Cdots and typical functional groups from CoFe₂O₄. The combination of both results in a shift in wave numbers caused by the emergence of new bonds between Cdots and CoFe₂O₄. The results of UV-Vis testing show that the addition of Cdots does not significantly affect the absorbance, but there is a shift in the absorbance peak to the left along with the addition of Cdots variations. This causes the band gap energy value to increase. The TEM test results show that the morphology of both samples is *semi-spherical* and tends to agglomerate with the addition of Cdots. However, the addition of Cdots concentration results in a smaller particle diameter and is relatively more uniform. This results in a larger surface area and is effective for use in various applications. The *Selected Area Electron Diffraction* (SAED) results show that the diffraction ring with the presence of a lattice is still in the CoFe₂O₄ phase.

Keywords: FTIR, CoFe₂O₄/Cdots nanocomposite, Cdots concentration, green synthesis, TEM, UV-Vis.

**PENGARUH KONSENTRASI NANOKOMPOSIT $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$
TERHADAP GUGUS FUNGSI, SIFAT OPTIK DAN STRUKTUR
MORFOLOGI MENGGUNAKAN METODE SINTESIS HIJAU**

Oleh

ANGELIKA RAMONA PUTRI HASIBUAN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

**Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Penelitian

**PENGARUH KONSENTRASI NANOKOMPOSIT
 $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cd}$ TERHADAP GUGUS FUNGSI,
SIFAT OPTIK DAN STRUKTUR MORFOLOGI
MENGGUNAKAN METODE SINTESIS HIJAU**

Nama Mahasiswa

Angelika Ramona Putri Hasibuan

Nomor Induk Mahasiswa : 2117041017

Jurusan

Fisika

Fakultas

Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Suprihatin, S.Si., M.Si.

NIP. 197304141997022001

Prof. Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.

NIP. 197503151999031003

2. Ketua Jurusan

Arif Surtano, S.Si., M.Si., M.Eng.

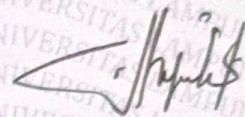
NIP. 19710909200121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Suprihatin, S.Si., M.Si.**



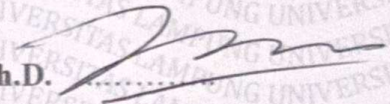
Sekretaris

: **Prof. Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng.**



Penguji Bukan

: **Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.**



Pembimbing

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 28 Mei 2025

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Konsentrasi Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ terhadap Gugus Fungsi, Sifat Optik dan Struktur Morfologi Menggunakan Metode Sintesis Hijau”** ini sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak ada bagian yang di dalamnya terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia diberi sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 Mei 2025



Angelika Ramona Putri Hasibuan
NPM. 2117041017

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Angelika Ramona Putri Hasibuan, lahir di Batam pada tanggal 24 November 2003. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dari Bapak Tuana Hasibuan dan Ibu Junika Sitorus. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari Sekolah Dasar di SD Swasta Kristen Cahaya Bangsa yang diselesaikan pada tahun 2015. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 11 Batam dan lulus pada tahun 2018. Selanjutnya pendidikan Menengah Atas ditempuh penulis di SMAN 5 Batam dengan Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang diselesaikan pada tahun 2021. Di tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan perkuliahan. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN dengan mengambil konsentrasi pada bidang Fisika Material.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam kegiatan organisasi maupun kepanitiaan. Penulis menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota bidang Sains dan Teknologi (Saintek) pada tahun 2021-2023. Selain itu, penulis juga sering mengikuti kepanitiaan di Unit Kegiatan Mahasiswa Kristen (UKMK). Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum pada beberapa mata kuliah yaitu Fisika Dasar 1 pada tahun 2023, Fisika Dasar 2, Pemrograman Komputer, Fisika Inti pada tahun 2024, dan Fisika Komputasi pada tahun 2025. Pada tahun 2024 penulis melakukan pengabdian masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung Periode I di Desa Hurun, Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Pesawaran, Lampung.

Hasil dari program kerja penulis diterbitkan dalam Jurnal Buguh yang berjudul **“Pemanfaatan Limbah Daging Buah Pala Menjadi Manisan Pala Desa Hurun Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran”**. Penulis telah menyelesaikan kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) yang berjudul **“Karakterisasi dan Kajian Sifat Dielektrik *Green-synthesized Nanoparticles Magnetite (Fe₃O₄)* di *Research Group of Materials and Nanostructure UGM*”** pada tahun 2023. Selanjutnya, pada tahun 2024 di tempat yang sama penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di bidang Material dengan judul **“Pengaruh Konsentrasi Nanokomposit CoFe₂O₄/Cdots terhadap Gugus Fungsi, Sifat Optik dan Struktur Morfologi Menggunakan Metode Sintesis Hijau”**.

MOTTO

**“Segala perkara dapat kutanggung
di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku”**

Filipi 4:13

**“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada padaKu
mengenai kamu, demikianlah firman Tuhan, yaitu rancangan damai
sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu
hari depan yang penuh harapan”**

Yeremia 29:11

**“Janganlah takut, sebab Aku menyertai engkau, janganlah bimbang sebab
Aku ini Allahmu; Aku akan meneguhkan, bahkan akan menolong engkau;
Aku akan memegang engkau dengan tangan kananKu yang membawa
kemenangan”**

Yesaya 41:10

**“I trust in God, my Savior. The one who will never fail, I sought the Lord
and He heard and He answered. That’s why I trust Him”**

Trust in God – Elevation Worship

“Do The Best, Let God Take a Rest”

Penulis

PERSEMBAHAN

Dengan rasa syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karya kecil ini dipersembahkan

Kepada

Kedua Orang Tuaku Tercinta
Bapak Tuana Hasibuan dan Ibu Junika Sitorus

“Terima kasih atas segala do’a, motivasi, dukungan, dan kesabaran yang selalu diberikan untuk keberhasilan putrinya hingga berhasil menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung sebagai seorang Sarjana Sains”

Kerabat
Keluarga Besar Opung Angel Hasibuan

“Terima kasih atas segala do’a, *support* dan semangat yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat bertahan dan menyelesaikan pendidikan perkuliahan di Universitas Lampung”

Teman-teman seperjuangan
Fisika Angkatan 2021

“Terima kasih untuk bantuan, dukungan dan kebersamaan selama perkuliahan”

Almamater Tercinta
UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yesus Kristus, karena berkat dan anugerah-Nya sampai saat ini masih memberikan hikmat dan kesehatan, sehingga penulis berkesempatan untuk menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Konsentrasi Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ terhadap Gugus Fungsi, Sifat Optik dan Struktur Morfologi Menggunakan Metode Sintesis Hijau”** yang merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada bidang Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Skripsi ini membahas tentang pengaruh variasi konsentrasi Cdots pada Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ yang ditinjau dari gugus fungsi, sifat optik dan struktur morfologi menggunakan sintesis hijau.

Penulis menyadari bahwa penyajian skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini kedepannya dapat menjadi rujukan untuk penelitian selanjutnya agar lebih sempurna dan dapat memperkaya ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 28 Mei 2025

Angelika Ramona Putri Hasibuan

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan Yesus Kristus, karena berkat dan anugerah-Nya sampai saat ini masih memberikan nikmat iman dan kesehatan, sehingga penulis berkesempatan untuk menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Konsentrasi Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ terhadap Gugus Fungsi, Sifat Optik dan Struktur Morfologi Menggunakan Metode Sintesis Hijau”**. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Pertama sekaligus Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu, nasihat dan masukan dalam penulisan skripsi juga selama masa studi di Jurusan Fisika.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Edi Suharyadi, S.Si., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah banyak memberikan saran, fasilitas dan arahan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D., selaku Pembahas yang telah memberi masukan dan saran dalam penulisan skripsi sehingga penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
5. Seluruh dosen Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan bekal ilmu yang bermanfaat selama masa studi di S1 Fisika FMIPA Universitas Lampung.
6. Seluruh pegawai administrasi Jurusan Fisika FMIPA yang telah membantu dalam urusan administrasi selama studi di S1 Fisika.

7. Kedua orang tua tercinta, Bapak Tuana Hasibuan dan Ibu Junika Sitorus yang selalu memberikan do'a, motivasi, nasihat, kasih sayang dan dukungan moral untuk keberhasilan studi penulis.
8. Adik-adikku tersayang, Yolanda Hasibuan dan Tesalonika Hasibuan yang selalu mendengarkan dan menghibur penulis.
9. Seluruh teman-teman ES-Club atas bantuan, arahannya selama penelitian. Terhusus kepada Mbak Siti Fatimah yang telah sabar mengajari dan menemani penulis selama penelitian.
10. Seluruh rekan-rekan S1 Fisika FMIPA Universitas Lampung angkatan 2021 atas dukungan dan kebersamaanya selama kuliah.
11. Kepada teman-teman grup riset, Flora, Anisatul dan Larashati atas bantuan, motivasi, dan semangatnya selama penelitian.
12. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for all doing this hard work, I wanna thank me for having no day off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for beings me at all times.*

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yesus Kristus berkenan untuk membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu dengan yang lebih baik.

Bandar Lampung, 28 Mei 2025

Angelika Ramona Putri Hasibuan

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	xi
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Nanokomposit.....	5
2.2 Cobalt Ferrite (CoFe ₂ O ₄).....	6
2.3 Carbon-dots (Cdots).....	8
2.4 Sintesis Hijau (<i>Green Synthesis</i>).....	10
2.5 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	12
2.6 <i>Ultraviolet-Visible</i> (UV-Vis).....	14
2.7 <i>Transmission Electron Microscope</i> (TEM).....	17

2.8	Penelitian Terdahulu.....	19
III.	METODE PENELITIAN.....	21
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2	Alat dan Bahan.....	21
3.3	Prosedur Penelitian.....	21
3.3.1	Sintesis MO.....	22
3.3.2	Sintesis <i>Cobalt Feritte</i> (CoFe_2O_4).....	22
3.3.3	Sintesis Cdots.....	23
3.3.4	Sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$	23
3.3.5	Karakterisasi.....	24
3.4	Diagram Alir.....	25
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1	Mekanisme Sintesis Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$	27
4.2	Hasil Karakterisasi FTIR.....	29
4.3	Hasil Karakterisasi UV-Vis.....	31
4.4	Hasil Karakterisasi TEM.....	33
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
5.1	Kesimpulan.....	36
5.2	Saran.....	36
	DAFTAR PUSTAKA.....	37
	LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur CoFe_2O_4 <i>inverse spinel</i> sel penuh (Pui <i>et al.</i> , 2011).....	6
Gambar 2.2 Struktur CoFe_2O_4 koordinat ion logam (Pui <i>et al.</i> , 2011).....	7
Gambar 2.3 Tiga Jenis Cdots (Zhu <i>et al.</i> , 2015).....	9
Gambar 2.4 Ilustrasi Pembentukan Cdots (Liu <i>et al.</i> , 2019).....	10
Gambar 2.5 Diagram Alir Sintesis Nanopartikel (Singh <i>et al.</i> , 2018).....	11
Gambar 2.6 Mekanisme Sintesis Hijau (Sajjad <i>et al.</i> , 2018).....	12
Gambar 2.7 Spektroskopi FTIR (Dachriyanus, 2004).....	14
Gambar 2.8 Skema Spektrofotometer UV-Vis <i>single-beam</i> (Dachriyanus, 2004).....	15
Gambar 2.9 Skema Spektrofotometer UV-Vis <i>double-beam</i> (Dachriyanus, 2004).....	15
Gambar 2.10 Skema Alat TEM (Tang and Yang, 2017).....	18
Gambar 2.11 Geometri Difraksi Elektron (Fultz and James, 2008).....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Sintesis Nanopartikel CoFe_2O_4	25
Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$	26
Gambar 4.1 Spektrum FTIR (a) Cdots (b) CoFe_2O_4 (c) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -10 (d) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -20 (e) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -30.....	29
Gambar 4.2 Spektrum UV-Vis (a) Cdots (b) CoFe_2O_4 (c) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -10 (d) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -20 (e) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -30.....	31
Gambar 4.3 <i>Band gap energy</i> (a) Cdots (b) CoFe_2O_4 (c) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -10 (d) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -20 (e) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -30.....	32
Gambar 4.4 Citra Morfologi Nanokomposit (a) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -10 (b) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -30.....	34
Gambar 4.5 Distribusi Ukuran Partikel Nanokomposit (a) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -10 (b) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ -30.....	34

Gambar 4.6 Cincin Difraksi Nanokomposit (a) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots-10}$	
(b) $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots-30}$	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Contoh bahan matriks nanokomposit.....	6
Tabel 4.1 Data Variasi antara CoFe_2O_4 dan Cdots.....	27
Tabel 4.2 Gugus Fungsi dan Bilangan Gelombang.....	31
Tabel 4.3 <i>Band gap energy</i> dan Panjang Gelombang.....	33

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada beberapa dekade terakhir, perkembangan ilmu pengetahuan mengenai nanoteknologi telah berkembang sangat pesat. Nanoteknologi mampu memperkenalkan banyak inovasi pada berbagai bidang. Penerapan teknologi nano telah banyak dieksplorasi di berbagai bidang yaitu industri dan ilmiah, termasuk kimia, material, fisika, kedokteran dan elektronik (Gogotsi, 2006).

Nanoteknologi memiliki potensi besar dalam berbagai aplikasi, seperti: biomedis, *nanodevice*, fotokatalis/fotodegradasi dan lain sebagainya. Nanoteknologi merupakan suatu teknologi yang melibatkan prekursor sebagai sumber material nano, ukuran dan bentuk partikel dalam skala nano ini dapat mencapai keunikan sifat, yang dapat dimanipulasi sesuai kebutuhan yang diinginkan (Wang, 2008).

Salah satu bidang nanoteknologi yang mendapatkan perhatian adalah nanokomposit. Kombinasi dari dua atau lebih nanopartikel dapat dikonversi menjadi nanokomposit yang menarik untuk dikembangkan. Produk hasil penggabungan dua atau lebih nanopartikel yang diikat dengan matriks, dan tujuannya untuk menghasilkan sifat lebih unggul dibanding material penyusunnya disebut nanokomposit (Dalmas *et al.*, 2006).

Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) adalah material ferit spinel dengan sifat magnetik yang sangat baik, memiliki koersivitas tinggi, serta memiliki resistivitas listrik dan magnetisasi saturasi tinggi. Oleh karena itu CoFe_2O_4 banyak menarik minat bidang penelitian karena memiliki sifat fisik maupun kimia yang unik sehingga berpotensi dalam berbagai aplikasi yaitu sebagai cairan magnet, agen pembawa

obat, *magnetic resonance imaging* (MRI), dan hipertermia untuk pengobatan kanker (Srinivasan *et al.*, 2018), penyusun sensor *Giant Magnetometer* (GM) dan penyusun material (Ramli *et al.*, 2016).

Carbon dots (Cdots) adalah nanopartikel karbon dengan ukuran nanometer (>10nm) yang memiliki sifat fluoresensi yang menonjol, dan biokompatibilitas yang baik (Baker and Baker, 2010). *Carbon dots* juga menunjukkan potensi sebagai agen fotokatalitik dan fototerapeutik berkat kemampuannya dalam menyerap dan memancarkan cahaya (Shen *et al.*, 2012) juga kemampuannya sebagai vektor pembawa dalam aplikasi biomedis (Lin *et al.*, 2014). Cdots dapat disintesis dengan metode hidrotermal, *microwave irradiation*, *chemical oxidation* (Sakdaronnarong *et al.*, 2020) dan lain sebagainya. Diantara berbagai metode sintesis, hidrotermal termasuk proses sintesis Cdots yang sederhana, murah, ramah lingkungan dan dapat menghasilkan partikel dengan ukuran yang relatif seragam (Atchudan *et al.*, 2020).

Menggabungkan *Cobalt Ferrite* (CoFe_2O_4) dengan *Carbon dots* (Cdots) dalam bentuk nanokomposit membuka peluang baru untuk meningkatkan kinerja kedua material tersebut. Kombinasi dari kedua material ini dapat menghasilkan nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ yang menarik untuk dijadikan aplikasi canggih dalam berbagai bidang. Sintesis nanokomposit telah banyak dilakukan seperti metode sintesis konvensional, akan tetapi sintesis konvensional memiliki kekurangan yaitu relatif mahal, rumit, tidak ramah lingkungan (Yusefi *et al.*, 2021). Oleh sebab itu dilakukan sintesis menggunakan metode sintesis hijau (*green synthesis*) untuk menanggulangi kelemahan-kelemahan tersebut. Sintesis hijau memiliki sifat *sustainable*, hemat biaya, mudah, dan ramah lingkungan (tidak menimbulkan limbah berbahaya) (Abdelghany *et al.*, 2018). Sintesis hijau telah banyak dilakukan menggunakan ekstrak tanaman, diantaranya adalah *Syzygium cumini seed* (Venkateswarlu *et al.*, 2014), *Punica granatum* (Venkateswarlu *et al.*, 2019), *Citrullus lanatus* (Prasad *et al.*, 2016), *Garcinia mangostana* (Yusefi *et al.*, 2021), *Aqueous leaf* (Ramesh *et al.*, 2018) *Moringa oleifera* (MO) (Altaf *et al.*, 2021) dan lain sebagainya.

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari dan menganalisis pengaruh variasi konsentrasi Cdots terhadap gugus fungsi, sifat optik dan struktur morfologi dari CoFe_2O_4 . Sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 menggunakan metode kopresipitasi, sintesis Cdots menggunakan metode hidrotermal dan sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ secara keseluruhan menggunakan metode sintesis hijau dengan variasi konsentrasi Cdots yaitu 10, 20, dan 30 ml. Hasil sintesis, dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transformed Infra Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi, *Ultraviolet-Visible* (UV-Vis) untuk mengetahui sifat optik, dan *Transmission Electron Microscopy* (TEM) untuk melihat struktur morfologi, cincin difraksi, dan diameter ukuran partikel.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi Cdots terhadap gugus fungsi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi Cdots terhadap sifat optik nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi Cdots terhadap struktur morfologi, cincin difraksi, dan diameter ukuran partikel nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi Cdots terhadap gugus fungsi nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$.
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi Cdots terhadap sifat optik nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$.
3. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi Cdots terhadap struktur morfologi, cincin difraksi, dan diameter ukuran partikel nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Variasi konsentrasi Cdots yaitu 10, 20, 30 ml.
2. Sintesis nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ menggunakan metode sintesis hijau.
3. Sintesis Cdots dari kulit semangka menggunakan metode hidrotermal.
4. Sintesis CoFe_2O_4 menggunakan metode kopresipitasi.
5. Analisis gugus fungsi, sifat optik, morfologi dan diameter ukuran partikel menggunakan karakterisasi FTIR, UV-Vis, dan TEM.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi Cdots pada nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$.
2. Sebagai informasi atau rujukan untuk penelitian selanjutnya, terutama tentang nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$.
3. Sebagai tambahan referensi di Jurusan Fisika FMIPA Unila di bidang Material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanokomposit

Pada skala nanometer, sifat fisik, kimia dan biologis dari bahan dapat sangat berbeda dan seringkali tidak terduga karena ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum kuantum, misalnya nanopartikel emas dan perak yang memiliki kemampuan untuk menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu yang tergantung pada ukuran dan bentuk nanopartikel (Kelly *et al.*, 2003).

Nanopartikel itu sendiri adalah partikel berukuran 1-100 nanometer yang bertujuan untuk mengatasi kelarutan zat aktif yang sukar larut, memperbaiki bioavailabilitas yang buruk, memodifikasi sistem penghantaran obat, meningkatkan stabilitas zat aktif dan memperbaiki absorpsi (Mohanraj *and* Chen, 2006). Produk akibat penggabungan dua atau lebih nanopartikel yang diikat dengan matriks, dan tujuannya untuk menghasilkan sifat lebih unggul dibanding material penyusunnya disebut nanokomposit (Dalmás *et al.*, 2006). Nanokomposit digambarkan sebagai dua fase bahan dimana fase pertama setidaknya dalam satu dimensi nanometer (1–100 nm) dan biasanya menghasilkan komposit dengan sifat yang superior (Oksman *and* Sain, 2006).

Nanokomposit terdiri dari matriks dan penguat (*reinforcement*). Sama halnya dengan komposit biasa, berdasarkan bahannya matriks nanokomposit dibagi menjadi 3 kategori yaitu: *Ceramic Matrix Nanocomposites* (CMNC), *Metal Matrix Nanocomposites* (MNNC), dan *Polymer Matrix Nanocomposites* (PMNC). Biasanya nanokomposit menggunakan *reinforcement* (penguat) yaitu *Carbon Nanotube* (CNT) (Camargo *et al.*, 2009).

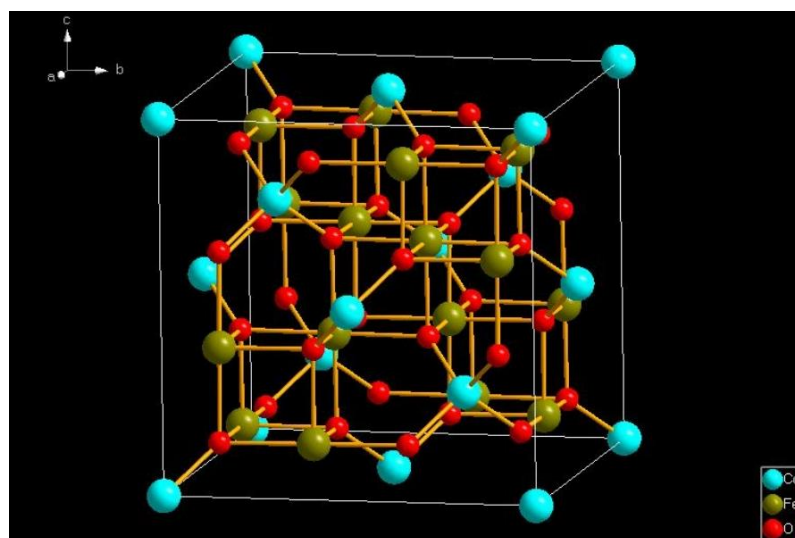
Berdasarkan masing-masing kategori bahan matriks pada nanokomposit, beberapa contoh bahan matriks nanokomposit seperti yang ditampilkan pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Contoh bahan matriks nanokomposit

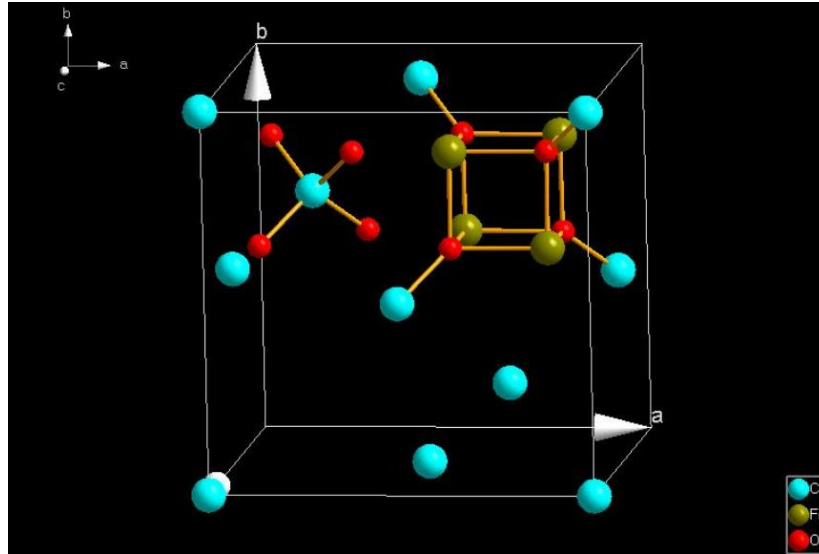
Bahan	Contoh
Logam	Fe-Cr/ Al_2O_3 , Ni/ Al_2O_3 , Co/Cr, Fe/MgO, Al/CNT, Mg/CNT
Keramik	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$, SiO_2/Ni , $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CNT}$
Polimer	<i>Thermoplastic/Thermoset, Polymer/Layered Silicates, Polyester/TiO_2, Polymer/CNT, Polymer/Layered Double Hydroxides</i>

2.2 Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4)

Ferrite pada dasarnya merupakan bahan oksida feromagnetik yang memiliki resistivitas dan permeabilitas tinggi. Meskipun magnetisasi saturasi *ferrite* kurang dari setengah feromagnetik, tetapi *ferrite* memiliki banyak kelebihan yaitu dapat diaplikasikan pada frekuensi yang lebih tinggi, ketahanan panas yang besar, ketahanan korosi yang tinggi dan masih banyak lagi (Buschow, 2015). Ada berbagai jenis tipe *ferrite* salah satunya adalah *ferrite spinel*. *Ferrite Spinel* merupakan paduan oksida logam yang memiliki struktur *face centered cubic* (FCC) dengan rumus yaitu XFe_2O_4 dimana X merupakan ion logam divalent seperti seng, nikel, mangan, atau cobalt (contohnya Fe_3O_4 , CoFe_2O_4 , NiFe_2O_4 dan MnFe_2O_4) (Moussy, 2013). Salah satu *ferrite spinel* yang sering digunakan adalah CoFe_2O_4 yang diilustrasikan pada **Gambar 2.1** dan **Gambar 2.2**.



Gambar 2.1 Struktur CoFe_2O_4 *inverse spinel* sel penuh (Pui et al., 2011).



Gambar 2.2 Struktur CoFe_2O_4 koordinat ion logam (Pui *et al.*, 2011).

Berdasarkan koersivitas magnetnya, *ferrite* dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu:

1. *Soft Ferrite*

Soft ferrite artinya *ferrite* yang memiliki koersivitas rendah, kerugian histeresis rendah dan magnetisasi tinggi. Contoh bahan *soft ferrite* adalah *Manganese ferrite* (MnFe_2O_4), *Zinc ferrite* (ZnFe_2O_4), *Nickel ferrite* (NiFe_2O_4), *Copper ferrite* (CuFe_2O_4), *Lithium ferrite* ($\text{Li}_{0.5}\text{Fe}_{2.5}\text{O}_4$). Aplikasi *soft ferrite* biasanya terdapat pada transformator, *inductor* dan lain sebagainya (Buschow, 2015).

2. *Hard Ferrite*

Hard ferrite artinya *ferrite* yang memiliki koersivitas yang relatif tinggi (2Koe atau lebih). Contoh bahan *hard ferrite* adalah *Barium ferrite* ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) dan *Cobalt ferrite* (CoFe_2O_4). Aplikasi *hard ferrite* biasanya terdapat pada *loudspeaker*, otomotif sistem, magnet permanen dan lain sebagainya (Buschow, 2015).

Cobalt Ferrite (CoFe_2O_4) merupakan salah satu contoh magnet ferit yang memiliki stabilitas kimia, kekerasan mekanis yang luar biasa, koersivitas tinggi (5400 Oe), magnetisasi saturasi sedang (≈ 80 emu/g) dan memiliki *band gap* yang cukup baik, yaitu 2,6 eV. Nilai ini sangat baik bila diaplikasikan sebagai

fotokatalis (Ravindra *et al.*, 2012). Nanopartikel CoFe_2O_4 berpotensi dalam berbagai aplikasi yaitu sebagai cairan magnet, agen pembawa obat, *magnetic resonance imaging* (MRI), dan hipertermia untuk pengobatan kanker (Srinivasan *et al.*, 2018), penyusun dalam sensor *Giant Magnetometer* (GM) dan penyusun material (Ramli *et al.*, 2016).

Preparasi nanopartikel termasuk cukup rumit sehingga memerlukan teknik khusus untuk mencegah penggumpalan (Maaz *et al.*, 2007). Terdapat beberapa metode sintesis yang digunakan untuk mensintesis nanopartikel CoFe_2O_4 seperti metode sol gel (Yulianti *et al.*, 2020), *spin coating* (Putri *et al.*, 2019), metode kopresipitasi (Kim *et al.*, 2003), teknik keramik (Tawfik *et al.*, 2002), metode hidrolisis (Duong *et al.*, 2007), metode hidrotermal (Pauline and Amaliya, 2011) dan lain sebagainya.

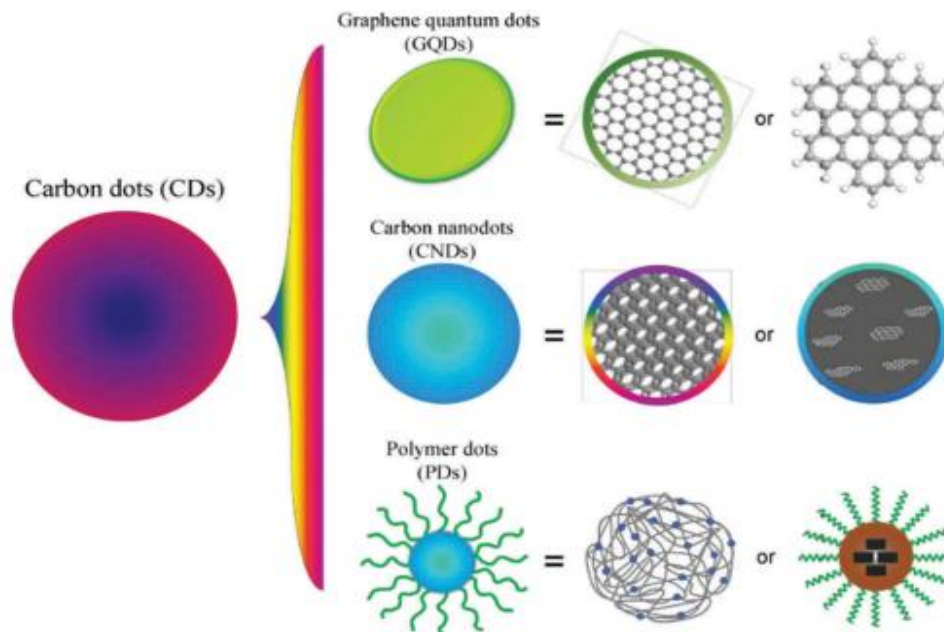
2.3 Carbon dots (Cdots)

Salah satu pengembangan dari nanoteknologi adalah adanya nanopartikel material *Carbon dots* atau Cdots. Cdots termasuk dalam kelas nanomaterial karbon 0D yang ditemukan secara tidak sengaja oleh peneliti yang memurnikan *Single-Walled Carbon Nanotubes* (SWNT) (Xu *et al.*, 2004). Cdots merupakan kelas nanomaterial fluoresensi yang baru ini ditemukan karena ukurannya yang kecil (<10nm), biokompatibilitas yang sangat baik, deteksi penyakit dan aman untuk aplikasi pencitraan atau penginderaan (Baker and Baker, 2010).

Sifat fluoresensi Cdots yang menarik telah memicu bidang studi baru dalam penginderaan, *bioimaging*, optoelektronik, bioterapi, katalisis, sensor dan kedokteran. Hal ini menjadikan Cdots sebagai kandidat yang lebih baik pada banyak aplikasi (Zhu *et al.*, 2013). Cdots terdiri dari dua bagian yaitu inti karbon (*core*) dan *surface state*. Struktur inti karbon sangat bergantung pada prekursor dan metode preparasi. Pemilihan prekursor didasarkan pada sumber karbon yang terkandung didalamnya. Penggunaan metode sintesis dan prekursor yang berbeda akan menghasilkan perbedaan pada kadar karbon, oksigen, nitrogen yang

terbentuk, struktur permukaan, dan gugus fungsinya sehingga berakibat pada perbedaan karakteristiknya (Chahal *et al.*, 2021).

Berdasarkan strukturnya, Cdots dibagi menjadi 3 kategori yaitu *Graphene quantum dots* (GQDs), *Carbon nanodots* (CNDs) dan *Polimer dots* (PDs) (Zhu *et al.*, 2015) seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.3**.

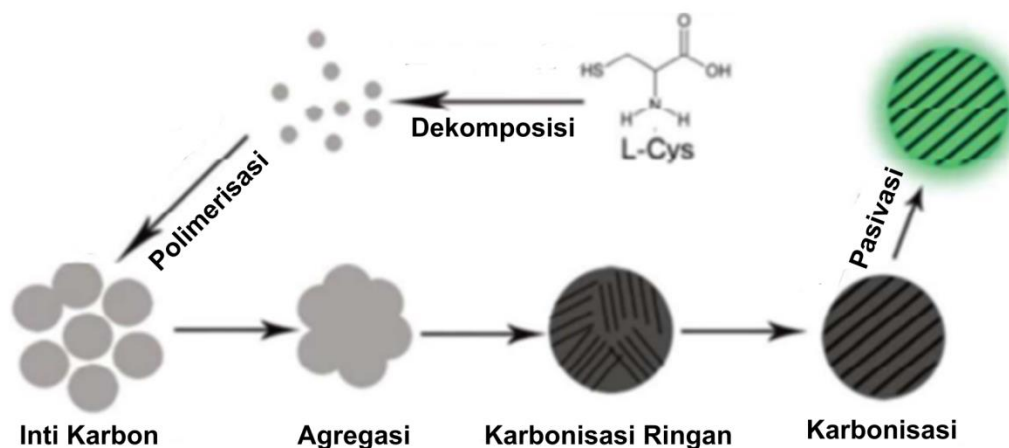


Gambar 2.3 Tiga Jenis Cdots (Zhu *et al.*, 2015).

Material Cdots memiliki sifat tidak toksik dengan kelarutan yang baik, juga memiliki pendadaran yang tinggi (Liu *et al.*, 2017). Bahan karbon yang berstruktur nano ini memiliki emisi yang efisien dalam rentang cahaya tampak yang menunjukkan pengembangan penghasil emisi karbon yang baik (Cao *et al.*, 2007). Emisi Cdots berasal dari elektron-elektron yang mengalami perpindahan dari *single state* ke keadaan dasar berupa foton yang menyebabkan terjadinya pendadaran (Qi *et al.*, 2012). Intensitas pendadaran sampel sangat bergantung pada kepadatan molekul penyusun Cdots (Hui *et al.*, 2016).

Metode sintesis Cdots termasuk yang mudah dan murah juga menawarkan keuntungan unik dalam nanoteknologi (Zhang *et al.*, 2017). Sintesis Cdots dapat berasal dari tumbuh-tumbuhan berupa sawi, kentang, jagung (Fatimah *et al.*,

2017), buah nam-nam (Dwandaru *et al.*, 2020), lemon, anggur (Fini *et al.*, 2018) kulit semangka (Zhou *et al.*, 2011). Aplikasi Cdots antara lain adalah penginderaan, pencitraan biologis, pengiriman obat dan transfer gen (Tuerhong *et al.*, 2017). Ilustrasi pembentukan Cdots dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



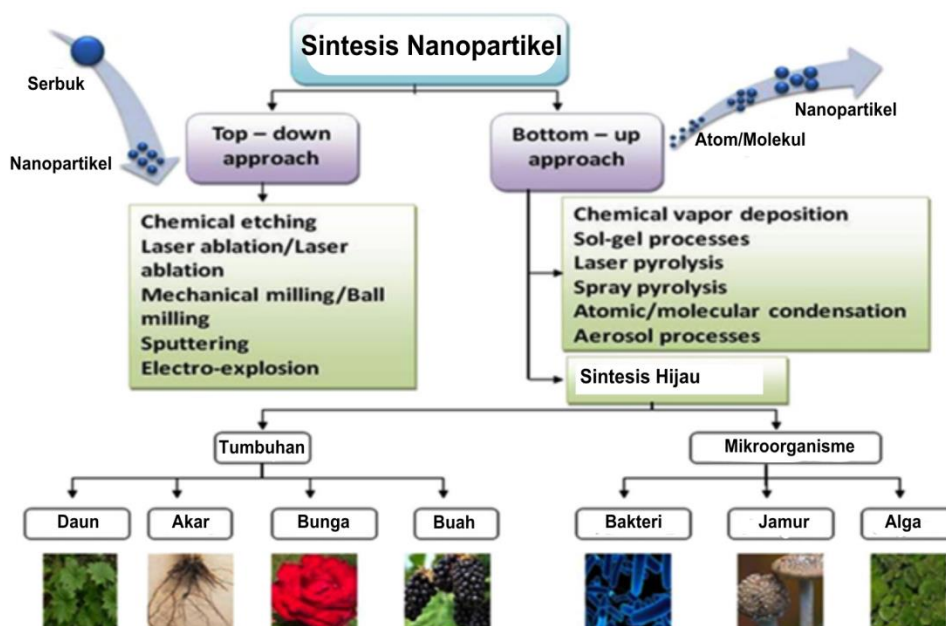
Gambar 2.4 Ilustrasi Pembentukan Cdots (Liu *et al.*, 2019).

2.4 Sintesis Hijau (*Green Synthesis*)

Metode sintesis hijau (*green synthesis*) merupakan metode sintesis yang menggunakan bahan alami seperti tanaman dan mikroorganisme. Dalam sintesis hijau penggunaan ekstrak tanaman lebih banyak digunakan dibanding menggunakan mikroorganisme, karena ekstrak tanaman lebih mudah diperoleh, dapat diproduksi secara luas, mengandung banyak vitamin, mineral dan memiliki banyak kandungan fitokimia (saponin, terpenoid, tanin, amina, plavanoid, phenol) yang berfungsi sebagai *capping agent* (menstabilkan) nanopartikel selama proses sintesis (Hussain *et al.*, 2015).

Metode konvensional (tradisional) telah digunakan sejak lama, akan tetapi penelitian telah membuktikan bahwa metode sintesis hijau (*green synthesis methods*) lebih efektif untuk menghasilkan nanopartikel dan kemungkinan kegagalan yang lebih kecil, biaya rendah dan kemudahan karakterisasi. Metode sintesis hijau secara signifikan menarik karena potensinya untuk mengurangi toksisitas nanopartikel. Oleh karena itu, penggunaan vitamin, mineral dari ekstrak

tumbuhan sedang sangat dipopulerkan sekarang ini (Abdelghany *et al.*, 2018). Skema sintesis nanopartikel ditampilkan pada **Gambar 2.5**.



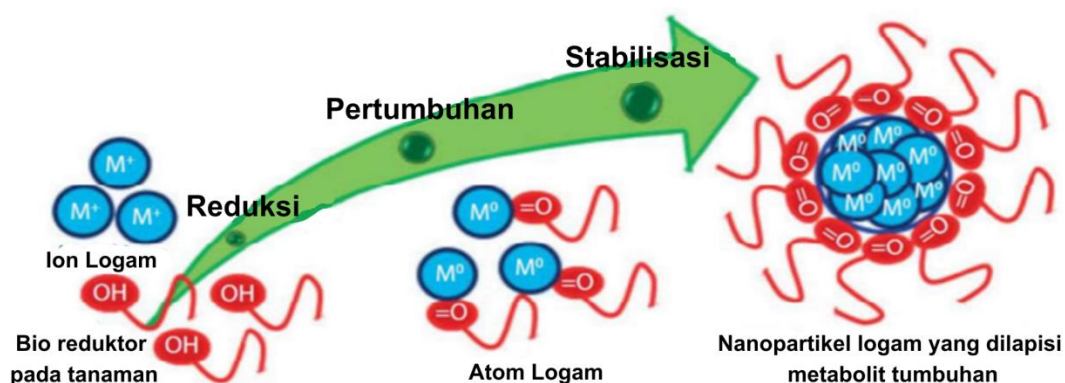
Gambar 2.5 Diagram Alir Sintesis Nanopartikel (Singh *et al.*, 2018).

Dapat dilihat bahwa sintesis nanopartikel secara umum dibagi menjadi dua pendekatan yaitu *top down* dan *bottom up*. Metode *top-down* (secara fisika) merupakan proses mendapatkan partikel ukuran nano dengan cara menghancurkan partikel berukuran besar. Sedangkan metode *bottom-up* (secara kimia) merupakan suatu proses mendapatkan molekul dengan memulai atom-atom atau molekul-molekul atau partikel-partikel yang *disassembly* membentuk partikel berukuran nano yang diinginkan (Abdullah *et al.*, 2008). Untuk sintesis menggunakan metode hijau sendiri menggunakan pendekatan *bottom up* (Singh *et al.*, 2018).

Sintesis nanopartikel menggunakan metode hijau dapat ditingkatkan dengan mudah, mengingat sifatnya yang luar biasa. Nanopartikel yang disintesis menggunakan metode hijau saat ini lebih disukai daripada yang dibuat secara konvensional, dimana sintesis menggunakan metode konvensional sangat tidak efisien karena mahal, rumit dan lebih banyak menggunakan bahan kimia dibandingkan metode sintesis hijau. Penggunaan bahan kimia tambahan sangat beresiko bagi kesehatan manusia juga lingkungan akibat kurangnya kepastian atau

ketidakpastian komposisinya, juga dapat meningkatkan reaktivitas dan toksisitas partikel (Hussain *et al.*, 2015).

Mekanisme yang tepat dalam sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tumbuhan masih terus diteliti. Secara umum, mekanisme sintesis hijau nanopartikel logam dengan ekstrak tumbuhan dibagi menjadi tiga fase yaitu fase reduksi, fase pertumbuhan, dan fase stabilisasi, seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Mekanisme Sintesis Hijau (Sajjad *et al.*, 2018).

Fase reduksi dapat dijelaskan sebagai proses pengurangan ion logam oleh gugus hidroksil dari flavonoid. Ion logam yang tereduksi selanjutnya mengalami nukleasi atau disebut fase pertumbuhan. Pada fase ini terjadi kombinasi secara spontan antar partikel-partikel kecil sehingga membentuk partikel yang lebih besar dengan morfologi tertentu. Selanjutnya fase stabilisasi, dimana partikel mencapai aktivitas maksimum yang mendefinisikan bentuk akhir dari nanopartikel. Fase ini sangat dipengaruhi oleh agen penstabil dari ekstrak tumbuhan (Sajjad *et al.*, 2018).

2.5 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan teknik untuk mengidentifikasi gugus fungsi tertentu dalam suatu bahan dengan menggunakan radiasi inframerah. Alat ini dapat mengkarakterisasi sampel dalam bentuk cairan, larutan, pasta,

bubuk, film, serat maupun gas (Fan *et al.*, 2012). Karakterisasi FTIR cukup cepat, cenderung sensitif dan memiliki akurasi yang cukup baik (Jaggi *and* Vij, 2006).

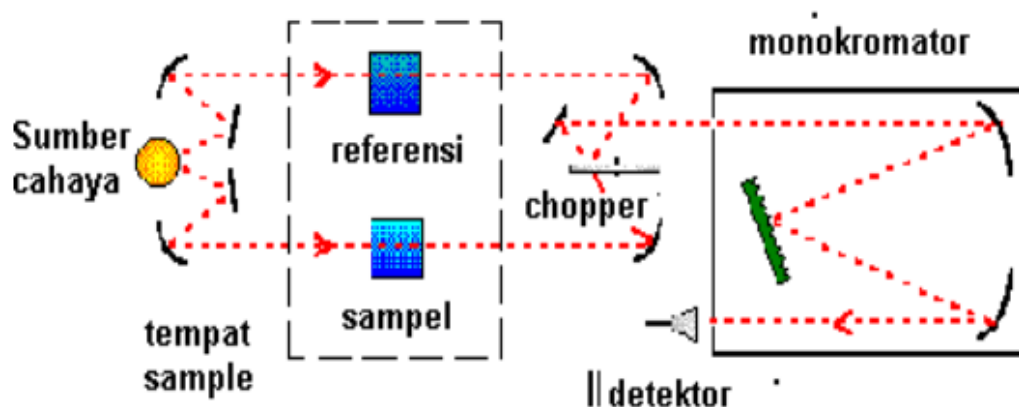
Molekul dapat dipandang sebagai susunan bola-bola (atom-atom atau ion-ion) yang dihubungkan dengan pegas (ikatan kimia). Susunan dapat bervibrasi dengan frekuensi vibrasi yang ditentukan oleh massa bola-bola (berat atom) dan elastisitas pegas (kekuatan ikatan). Secara mekanik, vibrasi kristal dan molekul terjadi pada frekuensi sangat tinggi (10^{12} - 10^{14} Hz/panjang gelombang 3-300 μm) yang berada dalam spektrum elektromagnetik daerah inframerah. Molekul hanya dapat mengabsorpsi inframerah yang memiliki frekuensi bersesuaian dengan frekuensi dasar vibrasi molekul. Vibrasi dapat menyebabkan perubahan panjang ikatan (stretching) atau perubahan sudut ikatan (pembengkokan). Spektroskopi inframerah merupakan metode spektroskopi vibrasi yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi frekuensi vibrasi molekul, fonon dan struktur kristal. Spektroskopi inframerah mengukur cahaya inframerah yang ditransmisikan melalui material. Intensitas radiasi inframerah diukur sebelum dan setelah berinteraksi dengan material. Spektrum inframerah nanopartikel memberikan informasi mengenai mode fonon yang ditentukan oleh sifat simetri kristal materialnya. Sebagian besar nanopartikel disintesis secara kimia dalam larutan, sehingga permukaan nanopartikel akan dilingkupi oleh molekul-molekul atau ion-ion (Nurhasanah, 2017).

Setiap bahan atau material memiliki kombinasi atom yang unik, dimana atom-atom dalam suatu molekul dapat bervibrasi jika frekuensi inframerah yang dipancarkan sesuai dengan frekuensi vibrasi dari ikatan dalam molekul. Fenomena vibrasi dapat berupa *stretching* atau *bending*. Identifikasi suatu zat dimungkinkan karena resonansi pada gugus molekul bersifat khas, artinya setiap gugus molekul memiliki energi vibrasi yang berbeda sehingga menghasilkan spektrum inframerah yang berbeda (Dachriyanus, 2004).

Secara singkat spektrum IR dibagi menjadi tiga daerah bilangan gelombang yaitu spektrum IR jauh ($<400\text{ cm}^{-1}$), spektrum IR tengah ($400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$) dan spektrum

IR dekat ($4000\text{--}13000\text{ cm}^{-1}$). Spektrum IR tengah merupakan spektrum yang paling banyak digunakan dalam analisis sampel (Nandiyanto *et al*, 2019).

Spektroskopi FTIR terdiri dari beberapa komponen yaitu sumber cahaya inframerah, interferometer, kompartemen sampel, detektor, *amplifier*, dan komputer. Cara kerja dari alat ini adalah dengan melewatkan radiasi inframerah pada sampel. Sebagian cahaya diserap oleh senyawa dari sampel dan ada pula yang diteruskan. Cahaya yang diteruskan akan ditangkap oleh detektor yang dipasang di sisi lain. Sinyal diperkuat dan diubah menjadi sinyal digital (interferogram) oleh *amplifier* dan konverter. Interferogram diterjemahkan menggunakan algoritma transformasi *Fourier* sehingga menghasilkan spektrum. Hasil akhir dari pengujian FTIR adalah grafik hubungan bilangan gelombang dengan transmitansi (%) (Dachriyanus, 2004). Skema Spektroskopi FTIR ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.

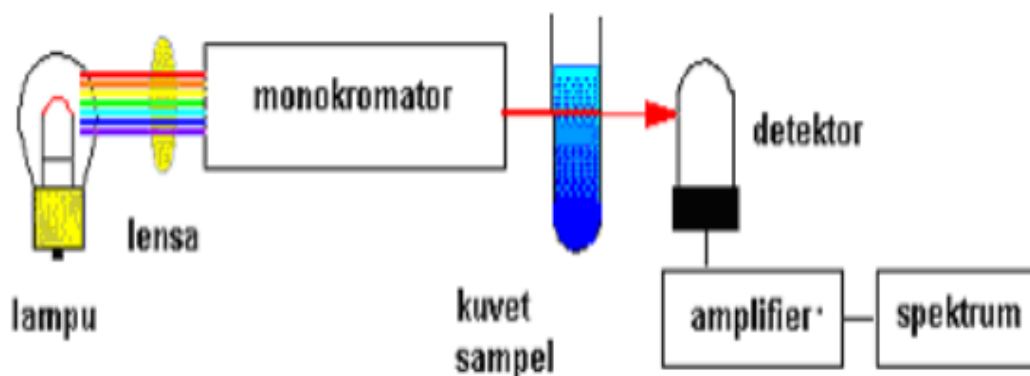


Gambar 2.7 Spektroskopi FTIR (Dachriyanus, 2004).

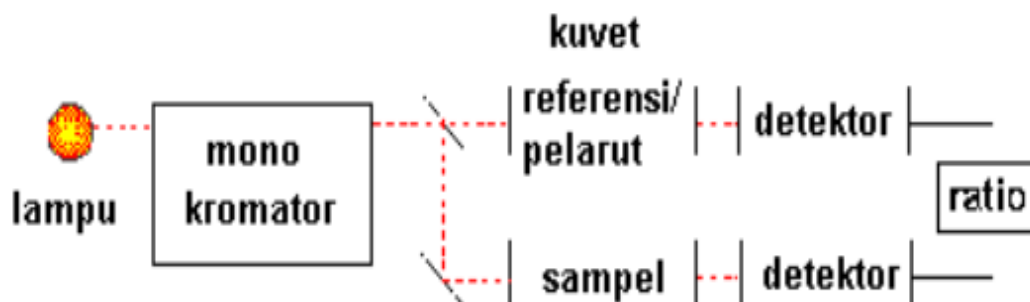
2.6 Ultraviolet-Visible (UV-Vis)

Ultraviolet-Visible (UV-Vis) biasanya digunakan untuk menganalisis suatu bahan atau sampel melalui interaksi antara cahaya pada panjang gelombang tertentu dengan materi yang berupa molekul atau atom. Spektrum UV-Vis digambarkan dalam bentuk dua dimensi, dengan absis merupakan panjang gelombang dan ordinat merupakan absorban (serapan). Umumnya spektrum dari UV-Vis berbentuk pita lebar yang berasal dari energi yang diabsorpsi (Suhartati, 2017).

Seperti namanya spektrofotometer UV-Vis mampu menyerap sumber cahaya mulai dari UV (200 nm) sampai *visible* atau cahaya tampak (800 nm). UV-Vis dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi dan mengidentifikasi kelompok fungsional suatu material (Skoog *et al.*, 1996). Pada umumnya terdapat dua tipe instrumen spektrofotometer, yaitu *single-beam* dan *double-beam* seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 2.8** dan **Gambar 2.9**.



Gambar 2.8 Skema Spektrofotometer UV-Vis *single-beam* (Dachriyanus, 2004).



Gambar 2.9 Skema Spektrofotometer UV-Vis *double-beam* (Dachriyanus, 2004).

Secara sederhana, spektrofotometer UV-Vis terdiri dari:

1. Sumber cahaya, berupa cahaya polikromatis dari lampu tungsten/wolfram pada daerah *visible* (400-800 nm) dan lampu deuterium pada daerah ultraviolet (<400 nm).
2. Monokromator berfungsi untuk menyeleksi panjang gelombang.
3. Kuvet atau sel sampel sebagai tempat sampel. Berbentuk persegi panjang lebar 1 cm, memiliki permukaan lurus dan sejajar secara optis, transparan, tidak bereaksi terhadap bahan kimia, tidak mudah rapuh, dan memiliki bentuk yang sederhana.

4. Detektor berfungsi untuk menangkap sinar atau cahaya yang melewati sampel (Suhartati, 2017).
5. *Read Out* yaitu suatu sistem yang menangkap isyarat listrik yang berasal dari detektor dan mengeluarkannya dalam bentuk angka transmittan atau absorbansi yang ditampilkan pada *display* alat (Triyati, 1985).

Sumber cahaya, tempat sampel, perangkat dispersif untuk memisahkan panjang gelombang cahaya yang berbeda, dan detektor merupakan komponen utama spektrofotometer UV-Vis. Seberkas cahaya polikromatis akan melewati sebuah celah lalu diteruskan menuju prisma/monokromator untuk memecahkan cahaya menjadi berbagai panjang gelombang. Cahaya dari monokromator akan melewati sebuah celah yang hanya melewatkan panjang gelombang tertentu. Kemudian, berkas cahaya tersebut akan dilewatkan pada *beam splitter* sehingga terbagi menjadi dua arah. Masing-masing berkas cahaya yang dipantulkan akan melewati kuvet berisi larutan referensi yang merupakan pelarut dari larutan uji dan kuvet berisi larutan uji. Detektor akan menangkap cahaya yang dilewatkan kuvet dan mengubahnya menjadi spektrum absorbansi.

Puncak absorbansi sampel terbentuk karena adanya serapan yang dilakukan suatu partikel akibat energi sumber cahaya sama dengan *band gap energy* partikel. Besarnya *band gap energy* (E_g) dapat dianalisis dari spektrum absorbansi menggunakan metode *Tauc Plot*, persamaan *Tauc Plot* ditunjukkan pada Persamaan (2.1).

$$(\alpha h\nu)^{1/\gamma} = B (h\nu - E_g) \dots \dots \dots (2.1)$$

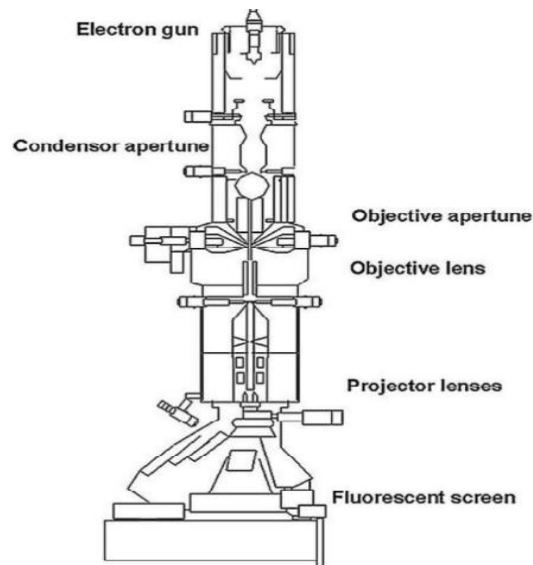
Dimana α adalah koefisien absorbansi, $h\nu$ adalah energi foton, E_g (eV) adalah *band gap energy* dan B adalah konstanta. γ merupakan bilangan yang bergantung pada sifat transisi (transisi tidak langsung $\gamma = 2$ dan transisi langsung $\gamma = \frac{1}{2}$). *Direct gap* (transisi langsung) merupakan celah energi terukur dalam satu momentum atau angka gelombang yang sama. Pada *indirect gap* (transisi tidak langsung), *band gap energy* yang dimiliki suatu material disumbangkan oleh *band gap energy* terukur dari momentum atau angka gelombang yang berbeda. *Band*

gap energy (E_g) dapat ditentukan dengan mencari bagian linear pada kurva $(ahv)^2$ terhadap $h\nu$ kemudian dibuat garis linear berawal dari bagian linear kurva lalu ditarik hingga menyentuh sumbu X titik, sehingga titik berpotongan tersebut yang dianggap *band gap energy* (E_g) (Johannes *et al.*, 2020; Makula *et al.*, 2018). Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai *band gap energy* yaitu pengotor, *defect*, *disorder* pada butir, distribusi kationik serta efek kuantum *confinement* (Koutou *et al.*, 2018).

2.7 *Transmission Electron Microscope (TEM)*

Transmission Electron Microscopy (TEM) merupakan salah satu metode karakterisasi yang menampilkan citra visual (morfologi) dari suatu material melalui kontras gelap dan terang. Fase yang ditangkap oleh detektor adalah fase dari gelombang yang ditransmisikan atau diteruskan oleh material, sehingga dihasilkan gambar gelap dan terang dengan intensitas yang berbeda (*phase contrast imaging*) (Fultz and James, 2008).

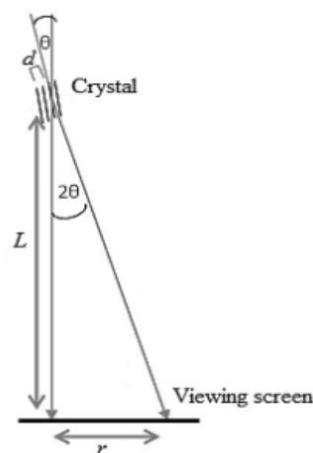
TEM berfungsi untuk menganalisis struktur, komposisi dan sifat sampel yang disajikan dalam kisaran dimensi mikro sampai nano. Mikroskop elektron ini memiliki kemampuan untuk mengungkapkan tingkat detail yang sangat kompleks (mencapai 0,1 nm) yang tidak dapat diakses oleh mikroskop konvensional. Pada skema alat TEM, bagian penting TEM adalah *electron gun* dan lensa elektromagnetik. Berkas elektron yang dihasilkan oleh *electron gun* difokuskan secara tepat dengan lensa elektromagnetik. Lensa kondensor digunakan untuk mengontrol atau mengendalikan berkas elektron untuk mengenai sampel dan lensa objektif untuk membentuk bayangan dengan perbesaran tertentu. Beda potensial diterapkan untuk membuat elektron memiliki energi kinetik tinggi sehingga elektron dapat menembus lapisan tipis dari sampel. Interaksi antara elektron dan atom sampel membentuk gambar yang terperinci dan beresolusi tinggi (Tang and Yang, 2017). Skema alat TEM ditampilkan pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Skema Alat TEM (Tang and Yang, 2017).

Dalam mode difraksi, pola difraksi elektron yang diperoleh pada layar berasal dari area sampel yang diterangi oleh berkas elektron atau disebut *Selected Area Electron Diffraction* (SAED). Pola difraksi sama dengan pola difraksi sinar-X. Monokristalin akan menghasilkan pola berbintik pada layar dan polikristalin akan menghasilkan pola lingkaran atau cincin (Tang and Yang, 2017).

Informasi untuk SAED yang akan memperlihatkan pola cincin difraksinya (*diffraction mode*). Hasil SAED berupa *diffraction spot* yang digambarkan oleh titik terang secara melingkar mengelilingi pusat lingkaran dengan jari-jari (r). Nilai r dapat digunakan untuk mencari sudut difraksi bidang kristal seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.11**.



Gambar 2.11 Geometri Difraksi Elektron (Fultz and James, 2008).

2.8 Penelitian Terdahulu

Finii *et al.*, (2017) telah melakukan penelitian terobosan tentang sintesis nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{CQDs}$ menggunakan metode sintesis hijau dari ekstrak kunyit, yang merupakan bahan ramah lingkungan dan tidak beracun. Sintesis dilakukan untuk mengamati pengaruh nanokomposit pada aplikasi fotokatalitik. Hasil karakterisasi dari XRD menunjukkan bahwa nanopartikel magnetik yang disintesis memiliki struktur fase kubik murni ferit. Hasil SEM menunjukkan bahwa ukuran kristal rerata CoFe_2O_4 adalah sebesar <70 nm, berbentuk bulat dan partikelnya diaglomerasi karena bentuk hidroksil dari ekstrak. Sedangkan hasil FTIR menunjukkan bahwa ikatan C=O dan O-H yang mengklarifikasi adanya karbon dalam sampel. Hasil analisis UV-Vis menunjukkan pita serapan sekitar 400 nm. *Photoluminescence* (PL) mengukur emisi yang dihasilkan akibat elektron berpindah dari keadaan eksitasi ke keadaan dasar. Dari analisis spektra PL menunjukkan nanopartikel magnetik CoFe_2O_4 yang disintesis memiliki intensitas sekitar 500-565 nm diperoleh dengan panjang gelombang eksitasi 330 nm. Selain itu, melalui pengukuran magnetik menunjukkan sampel mempunyai sifat feromagnetik. Metode sintesis hijau ini memberikan konsep baru untuk sintesis nanopartikel komposit yang mudah, ekonomis, dan ramah lingkungan.

Wang *and* Zhao, (2019) telah mensintesis Cdots/ CoFe_2O_4 menggunakan metode hidrotermal yaitu H_2O_2 dievaluasi dengan fotodegradasi MB dalam air di bawah penyinaran cahaya tampak. Hasil XRD menunjukkan sampel yang disintesis memiliki struktur spinel kubik dengan kemurnian yang tinggi. Hasil TEM menunjukkan bahwa partikel Cdots memiliki ukuran kristal rerata sebesar 2,9 nm, berbentuk bola bulat. Juga dilakukan analisis spektra *Photoluminescence* (PL) dan *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) untuk mengevaluasi sifat pemisahan dan transfer pembawa muatan berperingkat fotogen. Data PL dan EIS yang konsisten membuktikan bahwa Cdots dapat secara efektif meningkatkan efisiensi transfer, dengan demikian menaikkan aktivitas fotokatalitik CoFe_2O_4 . Hasil pengukuran magnetik menunjukkan bahwa sampel mempunyai sifat superparamagnetik. Hal ini memberikan konsep baru untuk Cdots/ CoFe_2O_4 dapat

menjadi jenis fotokatalis cahaya tampak untuk degradasi polutan dalam air karena aktivitas fotokatalitik yang tinggi dan kemampuan pemisahan magnetik yang baik.

Ramachandran *et al.*, (2018) telah melakukan sintesis nanokomposit *graphene quantum dots*/CoFe₂O₄ (GQD/CoFe₂O₄) menggunakan metode kopresipitasi sederhana. Nanokomposit GQD/CoFe₂O₄ dikarakterisasi dengan XRD dan TEM untuk memahami morfologi dan pembentukan nanopartikel GQD/ CoFe₂O₄ pada GQD. Nanokomposit menunjukkan fluoresensi yang baik. Hasil VSM mengonfirmasi perilaku superparamagnetik nanokomposit dengan magnetisasi saturasi 24 emu/g. Sifat fluoresensi dan magnetik nanokomposit ini dapat dimanfaatkan dalam aplikasi biomedis seperti pencitraan fluoresensi dan pencitraan resonansi magnetik.

Gingasu *et al.*, (2021) melakukan sintesis nanopartikel CoFe₂O₄ menggunakan dua metode, yaitu metode konvensional dan metode sintesis hijau dari ekstrak buah asam jawa. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan terbentuknya struktur spinel kubik pada kedua sampel. Ukuran kristalit rata-rata 13 nm diperoleh sampel metode konvensional sedangkan ukuran kristalit rata-rata 5 nm diperoleh sampel sintesis hijau dari ekstrak buah asam jawa yang diamati dengan SEM. Selain itu, hasil spektroskopi Mössbauer menunjukkan adanya proses relaksasi dalam sampel CoFe₂O₄ pada suhu ruangan. Investigasi magnetik mengungkap perilaku magnetik khas untuk spinel nanopartikel CoFe₂O₄ bersifat ferrimagnetik pada suhu rendah dan superparamagnetik pada suhu ruangan.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai Desember 2024 di Laboratorium Fisika Material dan Instrumentasi Universitas Gadjah Mada yang bertempat di kompleks FMIPA Sekip Utara Bls 21, Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu gelas beker, tabung erlenmeyer, spatula, *magnetic stirrer*, *furnace*, kertas pH, neraca Ohaus, *autoclave*, kertas *whatman*, corong, termometer, *ultrasonic cleaner*, *plastic wrap*, aluminium foil, FTIR, UV-Vis dan TEM.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu serbuk MO, aquades, serbuk $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, serbuk $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, NaOH, etanol, dan kulit semangka.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini diawali dengan sintesis MO, sintesis CoFe_2O_4 , sintesis Cdots, lalu sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$. Setelah proses sintesis dikarakterisasi menggunakan FTIR, UV-Vis dan TEM.

3.3.1 Sintesis MO

Prosedur sintesis MO sebagai berikut:

1. Sebanyak 5 g serbuk MO ditimbang menggunakan neraca.
2. Aquades sebanyak 60 ml dipanaskan pada suhu 60°C.
3. Serbuk MO dimasukkan ke dalam aquades dan diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 600 rpm pada suhu 60°C.
4. Larutan MO didiamkan hingga mencapai suhu ruang dan disaring menggunakan kertas whatman.
5. Diperoleh hasil larutan MO.

3.3.2 Sintesis *Cobalt Ferrite* (CoFe_2O_4)

Prosedur sintesis *Cobalt Ferrite* (CoFe_2O_4) sebagai berikut:

1. Sebanyak 1,18 g serbuk $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (*Cobalt (II) Chloride Hexahydrate*) ditimbang menggunakan neraca.
2. Sebanyak 2,7 g serbuk $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (*Iron (III) Chloride Hexahydrate*) ditimbang menggunakan neraca.
3. Serbuk NaOH sebanyak 3 g ditimbang menggunakan neraca.
4. Serbuk $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ masing-masing didispersikan dengan aquades sebanyak 15 ml dan diaduk selama 3 menit.
5. Masing-masing larutan dicampurkan (Fe ke Co) dan diaduk selama 5 menit disebut larutan A.
6. Disiapkan larutan MO yang sudah disintesis sebanyak 20 ml.
7. Larutan MO ditetaskan ke dalam larutan A sambil diaduk selama 30 menit (ditetaskan selama 15 menit dan 15 menit sisanya diaduk) disebut larutan B.
8. Sebanyak 3 g NaOH didispersikan pada aquades sebanyak 50 ml dan diaduk selama 15 menit pada suhu 80°C dan kecepatan 600 rpm disebut larutan C.
9. Larutan B dimasukkan ke dalam larutan C dengan cara ditetesi sambil diaduk selama 60 menit (ditetaskan selama 15 menit dan 45 menit sisanya diaduk).
10. Suhu hasil larutan didiamkan hingga mencapai suhu ruang.

11. Larutan diendapkan dan dicuci dengan aquades (dilakukan pencucian sebanyak 7 kali, masing-masing durasi pencucian 15 menit).
12. Hasil pencucian, dipanaskan selama 7 jam pada suhu 80°C.
13. Hasil pemanasan, dikalsinasi pada suhu 600°C selama 5,5 jam.
14. Hasil kalsinasi digerus hingga membentuk serbuk halus.
15. Serbuk hasil kalsinasi dilihat sifat magnetnya, jika ada sifat magnet di dalam serbuk maka serbuk CoFe_2O_4 siap digunakan.

3.3.3 Sintesis Cdots

Prosedur sintesis Cdots sebagai berikut:

1. Aquades, etanol, dan kulit semangka diukur sebanyak 15 ml menggunakan gelas ukur.
2. Semua bahan dicampurkan dalam gelas beker sambil diaduk dengan kecepatan 600 rpm tanpa perlakuan suhu selama 30 menit.
3. Larutan dipindahkan ke dalam *autoclave* dan ditutup rapat, lalu di-*furnace* pada suhu 180°C selama 3 jam.
4. Hasil larutan disaring menggunakan kertas whatman, kemudian disimpan ke dalam gelas beker dan siap untuk digunakan.

3.3.4 Sintesis CoFe_2O_4 /Cdots

Prosedur sintesis CoFe_2O_4 /Cdots sebagai berikut:

1. CoFe_2O_4 disiapkan sebanyak 0,5 g.
2. Larutan Cdots disiapkan dengan variasi konsentrasi 10, 20, dan 30 ml.
3. Larutan Cdots masing-masing variasi dicampurkan terhadap CoFe_2O_4 dan dimasukkan ke dalam *ultrasonic cleaner* selama 30 menit.
4. Larutan ditutup dengan *plastic wrap* dan aluminium foil lalu didiamkan selama 24 jam.
5. Larutan dipindahkan ke dalam gelas beker berukuran 100 ml dan dilakukan pencucian sebanyak 3 kali dengan durasi masing masing pencucian yaitu 15 menit.
6. Larutan dipanaskan selama 4 jam pada suhu 90°C.

7. Hasil pemanasan digerus lalu ditimbang. Serbuk $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ siap untuk digunakan.

3.3.5 Karakterisasi

Karakterisasi yang dilakukan sebagai berikut:

1. FTIR

Ikatan gugus fungsi diamati menggunakan alat Spektrofotometer FTIR merek Shimadzu Prestige-21 di Laboratorium Kimia UGM untuk menganalisis ikatan (gugus fungsi) sampel. Hasil karakterisasi FTIR berupa spektrum puncak serapan yang menunjukkan pergerakan (vibrasi) ikatan senyawa organik yang terkandung di dalam sampel. *Software* yang digunakan untuk mengolah data FTIR yaitu Origin.

2. UV-Vis

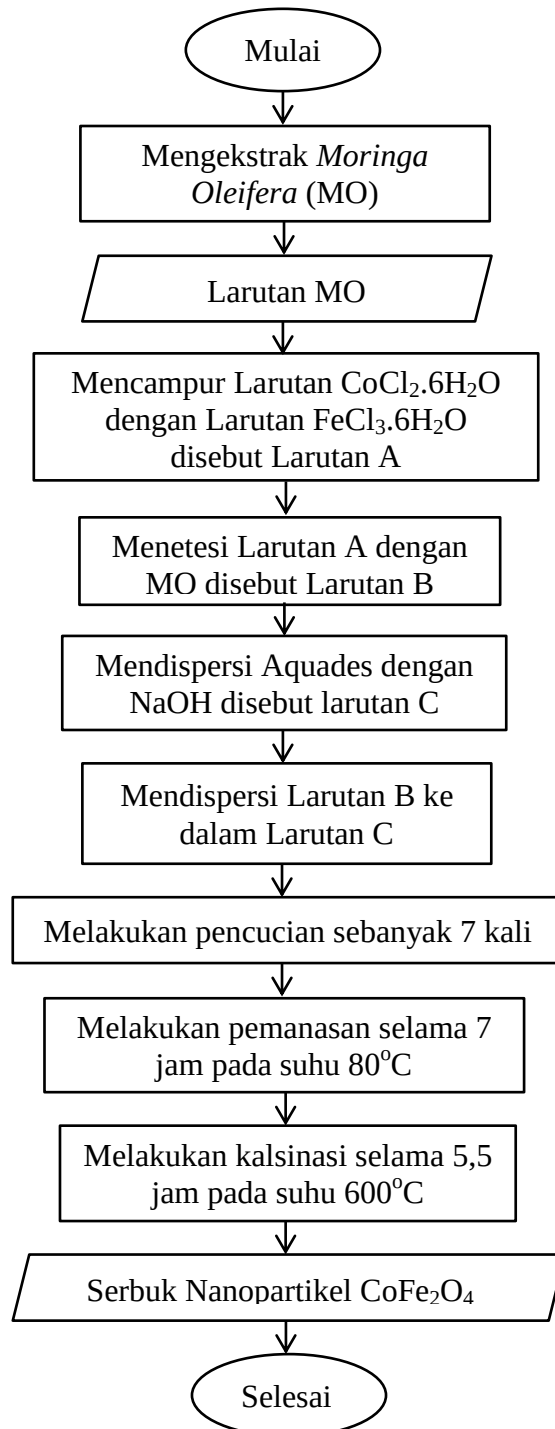
Karakterisasi UV-Vis dilakukan menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis merek Shimadzu untuk menghitung *band gap energy* melalui spektrum absorbansi sampel. Hasil karakterisasi UV-Vis yaitu sifat optiknya berbentuk grafik puncak absorbansi dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$. *Software* yang digunakan untuk mengolah data UV-Vis yaitu Origin.

3. TEM

Karakterisasi TEM dilakukan menggunakan alat TEM merek JEOL JEM-1400 pada sumber tegangan 120 kV di Laboratorium Kimia UGM untuk melihat morfologi dan menyajikan pola SAED. Hasil karakterisasi TEM yaitu struktur morfologi permukaan, cincin difraksi yang diperoleh dari nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$. *Software* yang digunakan untuk mengolah data TEM yaitu Origin dan ImageJ.

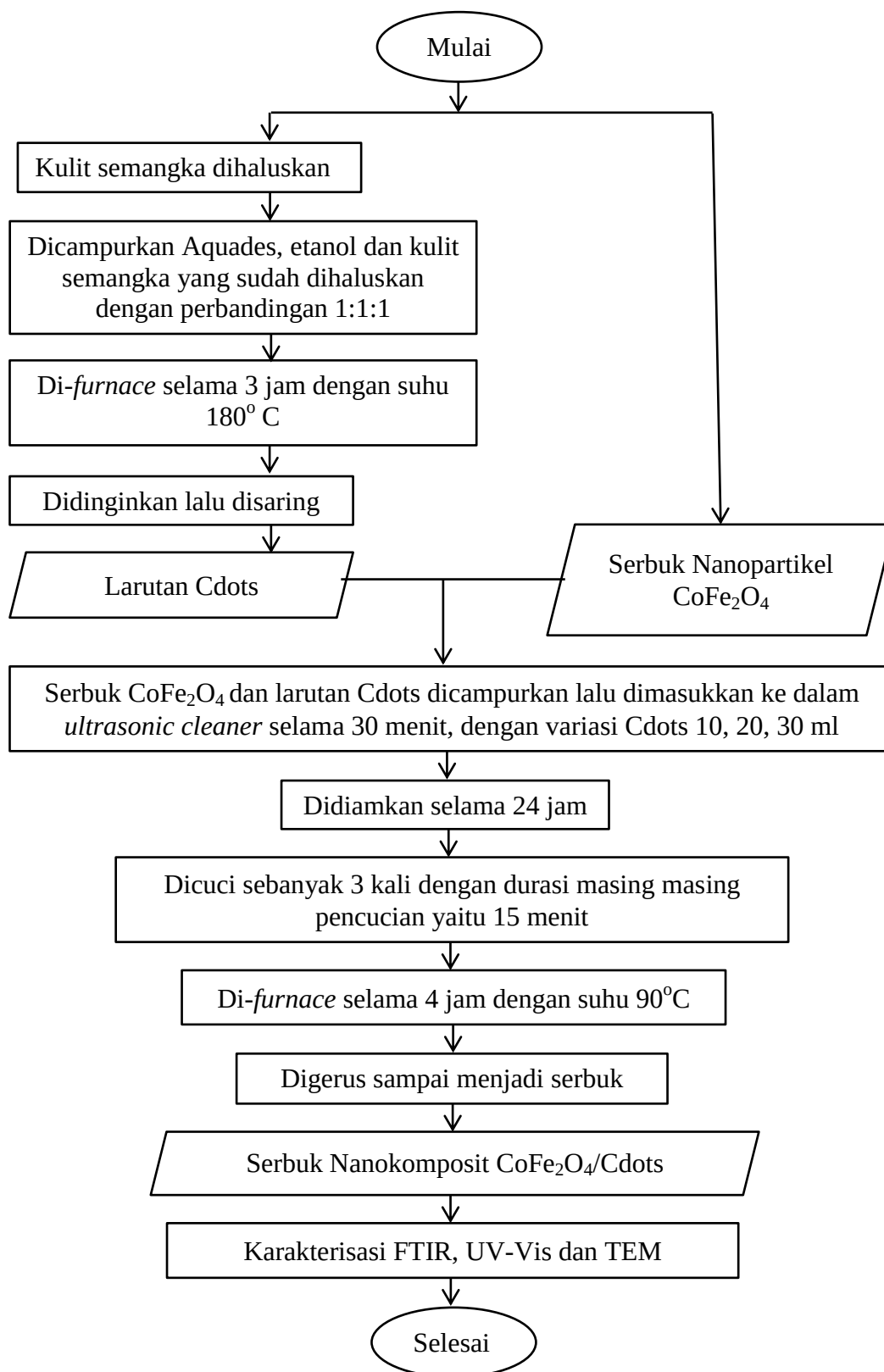
3.4 Diagram Alir

Diagram alir sintesis nanopartikel CoFe_2O_4 ditampilkan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Diagram Alir Sintesis Nanopartikel CoFe_2O_4 .

Diagram alir sintesis $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$ ditampilkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Diagram Alir Sintesis Nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian FTIR pada nanokomposit menunjukkan keberadaan gugus fungsi khas dari Cdots dan gugus fungsi khas dari CoFe_2O_4 . Penggabungan keduanya menghasilkan pergeseran bilangan gelombang yang diakibatkan oleh munculnya ikatan baru antara Cdots dan CoFe_2O_4 .
2. Hasil pengujian UV-Vis menunjukkan penambahan Cdots tidak mempengaruhi secara signifikan pada absorbansi, tetapi terjadi pergeseran puncak absorbansi ke kiri seiring penambahan variasi Cdots. Hal ini yang mengakibatkan naiknya nilai *band gap energy*.
3. Hasil pengujian TEM menunjukkan morfologi kedua sampel berbentuk *semi-spherical* dan cenderung aglomerasi seiring penambahan Cdots. Akan tetapi penambahan konsentrasi Cdots menghasilkan ukuran diameter partikel semakin mengecil dan relatif lebih seragam. Hal ini mengakibatkan luas permukaan semakin besar dan efektif untuk digunakan pada berbagai aplikasi. Hasil SAED menunjukkan cincin difraksi dengan keberadaan kisi masih berada pada fasa CoFe_2O_4 .

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, perlu adanya penyempurnaan untuk pengembangan riset selanjutnya. Oleh karena itu, peneliti menyarankan perlunya variasi Cdots lebih lanjut untuk mengetahui lebih mendalam mengenai nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{Cdots}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelghany, T. M., Al-Rajhi, A. M. H., al Abboud, M. A., Alawlaqi, M. M., Ganash Magdah, A., Helmy, E. A. M., & Mabrouk, A. S. 2018. Recent advances in green synthesis of silver nanoparticles and their applications: About future directions. *A Review. In BioNanoScience*. Vol. 8. Pp. 5–16.
- Abdullah M, Virgus Y, Nirmin, Khairurrijal. 2008. Review: Sintesis nanomaterial. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. Vol 1. No.2.Pp.33-57.
- Altaf, S., Zafar, R., Zaman, W. Q., Ahmad, S., Yaqoob, K., Syed, A., Khan, A. J., Bilal, M., & Arshad, M. 2021. Removal of levofloxacin from aqueous solution by green synthesized magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles using *Moringa oleifera*: Kinetics and reaction mechanism analysis. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 226. Pp.1-11.
- Atchudan, R., Jebakumar Immanuel Edison, T. N., Shanmugam, M., Perumal, S., Somanathan, T., & Lee, Y. R. 2020. Sustainable synthesis of carbon quantum dots from banana peel waste using hydrothermal process for in vivo bioimaging. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*. Vol. 126. Pp. 1-8.
- Baker, S. N., & Baker, G. A. 2010. Luminescent carbon nanodots: Emergent nanolights. *Angewandte Chemie International Edition*, Vol. 49. No. 38. Pp. 6726–6744.
- Buschow. 2015. *Handbook of Magnetic Materials*. Elsevier. Amsterdam.
- Camargo, P. H. C., Satyanarayana, K. G., & Wypych, F. 2009. Nanocomposites: synthesis, structure, properties and new application opportunities. *Materials Research*. Vol. 12. No. 1. Pp. 1–39.
- Cao L., Wang X., Meziani M. J., Lu F., Wang H., Luo P. G., Lin Y., Harruff B. A., Veca L. M., Murray D., Xie S. Y., and Sun Y. P. 2007. Carbon dots for multiphoton bioimaging, *Journal Am. Chem. Soc.* Vol. 129. No.37. Pp. 11318-11319.

- Chahal, S., Macairan, J. R., Yousefi, N., Tufenkji, N., & Naccache, R. 2021. Green synthesis of carbon dots and their applications. *RSC Advances*, Vol. 11. No. 41. Pp. 25354-25363.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis struktur senyawa organik secara spektroskopi*. Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi. Universitas Andalas. Padang.
- Dalmas, F., Dendievel, R., Chazeau, L., Cavaillé, J.-Y., & Gauthier, C. 2006. Carbon nanotube-filled polymer composites. Numerical simulation of electrical conductivity in three-dimensional entangled fibrous networks. *Acta Materialia*. Vol. 54. No. 11. Pp. 2923–2931.
- Delmifiana, D., & Astuti. 2013. Pengaruh sonikasi terhadap struktur dan morfologi nanopartikel magnetik yang disintesis dengan metode kopresipitasi. *Jurnal Fisik Unand*. Vol 2. No. 3. Pp. 186-189.
- Duong, G. V., Hanh, N., Linh, D. V., Groessinger, R., Weinberger, P., Schafner, E., & Zehetbauer, M. 2007. Monodispersed nanocrystalline $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$ particles by forced hydrolysis: Synthesis and characterization. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol. 311. No. 1. Pp. 46–50.
- Dwandaru, W., Fadli, A., Sari, E., & Isnaeni. 2020. Cdots and cdots synthesis from nam-nam fruit (*Cynometra Cauliflora* L.) via frying method using cooking oil. *Journal of Nanomaterials and Biostructures*. Vol. 15. No.2. Pp. 555-560.
- Fahmi, M. Z., Chen, J. K., Huang, C. C., Ling, Y. C., & Chang, J. Y. 2015. Phenylboronic acid-modified magnetic nanoparticles as a platform for carbon dot conjugation and doxorubicin delivery. *Journal of Materials Chemistry B*. Vol. 3. No. 27. Pp. 5532-5543.
- Fan, M., Dai, D., & Huang, B. 2012. *Fourier transform infrared spectroscopy for natural fibres*. In *Fourier transform-materials analysis*. InTech Open. London.
- Fatimah, S., Isnaeni, & Dahlang, T. 2017. Sintesis dan karakterisasi fotoluminisens carbon dots berbahan dasar organik dan limbah organik. *Positron*. Vol. 7. No. 2. Pp. 37-41.
- Ferdosi, E., Bahiraei, H., & Ghanbari, D. 2019. Investigation the photocatalytic activity of $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}$ and $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{ZnO}/\text{Ag}$ nanocomposites for purification of dye pollutants. *Separation and Purification Technology*. Vol. 211. Pp 35-39.
- Fini, S.A., Niasari, M.S., & Davood, G. 2018. Hydrothermal green synthesis of magnetic Fe_3O_4 -carbon dots by lemon and grape fruit extracts and as a

- photoluminescence sensor for detecting of E. coli bacteria. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. Vol. 203. Pp. 481-491.
- Fini, S.A., Niasari, M.S., & Hojaghan, H.S. 2017. Hydrothermal green synthesis and photocatalytic activity of magnetic CoFe_2O_4 –Carbon quantum dots nanocomposite by turmeric precursor. *Journal Material Science: Material Electron*. Vol 28. Pp. 16205-16214.
- Fultz, B., James, H. 2008. *Transmission Electron Microscopy and Diffractometry of Material*. Springer. Boston.
- Gingasu, D., Mindru, I., Culita, D., Moreno, J., Bartha, C., Greculeasa, S., Iacob, N., Preda, S., & Oprea, O. 2021. Structural, morphological and magnetic investigations on cobalt ferrite nanoparticles obtained through green synthesis routes. *Applied Physics A*. Vol. 127. No. 892. Pp. 1-14.
- Gogotsi, Y. 2006. *Nanomaterials handbook*. CRC/Taylor & Francis Press. Boca Raton.
- Hui D., Shang B. Y., Wei J. S., & Huan M. X. 2016. Full-Color Light-emitting carbon dots with a surface-state-controlled luminescence mechanism. *ACS Nano*. Vol. 10. Pp. 484-491.
- Hussain, I., Singh, N. B., Singh, A., Singh, H., & Singh, S. C. 2015. Green synthesis of nanoparticles and its potential application. *Biotechnology Letters*. Vol. 38. No.4. Pp. 545–560.
- Jaggi, N., & Vij, D. 2006. *Fourier transform infrared spectroscopy*. In *Handbook of Applied Solid State Spectroscopy*. Springer. Boston.
- Jeevantham, B., Song, Y., Choe, H., & Shobana, M. 2021. Structural and optical characteristics of cobalt ferrite nanoparticles. *Materials Letters: X*. Vol. 12. No. 1. Pp. 1-4.
- Johannes, A. Z., Pingak, R. K., & Bukit, M. 2020. Tauc plot software: Calculating energy gap values of organic materials based on Ultraviolet-Visible absorbance spectrum. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 823. No. 1. Pp. 1-9.
- Kelly, K. L., Coronado, E., Zhao, L. L., & Schatz, G. C. 2003. The optical properties of metal nanoparticles: The influence of size, shape, and dielectric environment. *Journal of Physical Chemistry B*. Vol. 107. No. 3. Pp. 668–677.
- Kim, Y.I., Kim, D. & Lee C.S. 2003. Synthesis & characterization of CoFe_2O_4 magnetic nanoparticles prepared by temperature controlled coprecipitation method. *Physica B: Condensed Matter*. Vol 337. Pp. 42-51.

- Kouotou, P. M., Kasmi, A. El, Wu, L. N., Waqas, M., & Tian, Z. Y. 2018. Particle size-band gap energy-catalytic properties relationship of PSE-CVD-derived Fe_3O_4 thin films. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. Vol. 93. Pp. 427 -435.
- Larasati, A. D., Puspitarum, D. L., Darmawan, M. Y., Istiqomah, I. N., Partini, J., Aliah, H., & Suharyadi, E. 2023. Green synthesis of $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{ZnS}$ composite nanoparticles utilizing *Moringa Oleifera* for magnetic hyperthermia applications. *Result in Materials*. Vol. 19. Pp. 1-11.
- Lin, L., Rong, M., Luo, F., Chen, D., Wang, Y., & Chen, X. 2014. Luminescent graphene quantum dots as new fluorescent materials for environmental and biological applications. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. Vol. 54. Pp 83–102.
- Liu, M. L., Chen, B. Bin, Li, C. M., & Huang, C. Z. 2019. Carbon dots: synthesis, formation mechanism, fluorescence origin and sensing applications. *Green Chemistry*. Vol. 21. No. 3. Pp. 449-471.
- Liu, W., Li, C., Sun, X., Pan, W., Yu, G., & Wang, J. 2017. Highly crystalline carbon dots from fresh tomato: UV emission and quantum confinement. *Nanotechnology*. Vol. 28. No.48. Pp. 1-18.
- Maaz, K., Mumtaz, A., Hasanain, S. K., & Ceylan, A. 2007. Synthesis and magnetic properties of cobalt ferrite (CoFe_2O_4) nanoparticles prepared by wet chemical route. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol. 308. No.2. Pp. 289- 295.
- Mahmudin, L., Sari, E., Jiananda, A., Wulandari, R., Tumbaleka, R., Ardiyanti, H., Istiqomah, N., Siregar, A., Ali, H., Ali, D., & Suharyadi, E. 2024. Synthesis of novel iron Oxide/Carbon dots green nanocomposites for bacteria detection and antibacterial agent applications. *Microchemical Journal*. Vol 203. Pp 1-12.
- Makula, P., Pacia, M., & Macyk, W. 2018. How to correctly determine the band gap energy of modified semiconductor photocatalysts based on UV-Vis Spectra. *Journal of Physical Chemistry Letters*. Vol. 9. No. 23. Pp. 6814-6817.
- Meng, W., Bai, X., Wang, B., Liu, Z., Lu, S., & Yang, B. 2019. Biomass-derived carbon dots and their applications. *Energy and Environmental Materials*. Vol. 2. No.3. Pp. 172-192.
- Miao, S., Liang, K., Zhu, J., Yang, B., Zhao, D., & Kong, B. 2020. Hetero-atom doped carbon dots: Doping strategies, properties and applications. *Nano Today*. Vol. 33. Pp. 1-29.

- Monhanraj, V, J & Chen, Y. 2006. Nanoparticles : A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. Vol. 5. No. 1. Pp. 561-573.
- Moussy, J. B. 2013. From epitaxial growth of ferrite thin films to spin-polarized tunnelling. *Journal of Physics D: Applied Physics*. Vol. 46. No. 14. Pp. 1-27.
- Nandiyanto, A., Oktiani, R., & Ragadhita, R. 2019. How to read and interpret FTIR spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science & Technology*. Vol. 4. No. 1. Pp. 97-118.
- Nurhasanah, I. 2017. *Dasar-dasar Nanomaterial; Sintesis dan Aplikasi*. Innosain. Yogyakarta.
- Oksman, K & Sain, M. 2006. *Cellulose Nanocomposites "Processing, Characterization, and Properties"*. ACS Symposium Series: American Chemical Society. Washington, DC.
- Pauline, S & Amaliya, A. P. 2011. Synthesis and characterization of highly monodisperse CoFe_2O_4 Magnetic Nanoparticles by Hydrothermal Chemical Route. *Archives of Applied Science Research*. Vol. 3. No. 5. Pp.213-223.
- Pinna, F. 1998. Supported metal catalyst preparation. *Catalysis Today*. Vol. 41. Pp. 129-137.
- Prasad, C., Gangadhara, S., & Venkateswarlu, P. 2016. Bio-inspired green synthesis of Fe_3O_4 magnetic nanoparticles using watermelon rinds and their catalytic activity. *Applied Nanoscience*. Vol. 6. No.6. Pp. 797–802.
- Prasad, C., Sreenivasulu, K., Gangadhara, S., & Venkateswarlu, P. 2017. Bio inspired green synthesis of $\text{Ni/Fe}_3\text{O}_4$ magnetic nanoparticles using *Moringa oleifera* leaves extract: A magnetically recoverable catalyst for organic dye degradation in aqueous solution. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 700. Pp. 252-258.
- Pui, A., Gherca, D., & Charca, G. 2011. Characterization and magnetic properties of capped CoFe_2O_4 nanoparticles ferrite prepared in carboxymethylcellulose solution. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. Vol. 6. No. 4. Pp. 1783-1791.
- Puspitarum, L,D., Istiqomah, I, N., Tumbaleka, M, R., Kusumaatmaja, A., Oshima, D., Kato, T., Suharyadi, E. 2022. High performance of magnetically separable and recyclable photocatalyst of green-synthesized CoFe_2O_4 / TiO_2 nanocomposites for degradation of methylene blue. *Advances in Natural Sciences Nanoscience and Nanotechnology*. Vol. 13. No. 4. Pp. 1-11.

- Putri, D., Darvina, Y., & Ramli. 2019. Pengaruh komposisi terhadap ukuran butir lapisan nanokomposit $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{PVDF}$ dengan metode spin coating. *Pillar of Physics*. Vol 12. Pp. 84-89.
- Qi W., Xing L., Lichun Z., & Yi L. 2012. Microwave-assisted synthesis of carbon nanodots through an eggshell membrane and their fluorescence application. *Journal Anal.* Vol. 37. Pp. 5392-5397.
- Ramachandran, S., Sathishkumar, M., Kothurkar, N., & Senthikumar, R. 2018. Synthesis and characterization of graphene quantum dots/cobalt ferrite nanocomposite. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 310. No.1. Pp. 1-10.
- Ramesh, A., Rama Devi, D., Mohan Botsa, S., & Basavaiah, K. 2018. Facile green synthesis of Fe_3O_4 nanoparticles using aqueous leaf extract of *Zanthoxylum armatum* DC. for efficient adsorption of methylene blue. *Journal of Asian Ceramic Societies*. Vol. 6. No.2. Pp. 145–155.
- Ramli, Hartono, A., Sanjaya, E., Aminudin, A., Khairurrijal, Haryanto, F., Imawan, C., & Djamal, M. 2016, Novel ternary $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{CuO}/\text{CoFe}_2\text{O}_4$ as a Giant Magnetoresistance sensor, *J. Math. Fund. Sci.* Vol. 48. No. 3. Pp. 230-240.
- Ravindra, A. V., Padhan, P., & Prellier, W. 2012. Electronic structure and optical band gap of CoFe_2O_4 thin films. *Applied Physics Letters*. Vol. 101. No. 16. Pp. 1-4.
- Sajjad, S., Leghari, S. A. K., Ryma, N. U. A., & Farooqi, S. A. 2018. *Green synthesis of metal-based nanoparticles and their applications*. Scrivener Publishing LLC. Islamabad.
- Sakdaronnarong, C., Sangjan, A., Boonsith, S., Kim, D. C., & Shin, H. S. 2020. Recent developments in synthesis and photocatalytic applications of carbon dots. *Catalysts*. Vol. 10. No. 3. Pp. 1-23.
- Sari, E.K., Tumbaleka, R.M., Ardiyanti, H., Istiqomah, N.I., Chotimah., & Suharyadi, E. 2023. Green synthesis of magnetically separable and reusable $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Cdots}$ nanocomposites photocatalyst utilizing *Moringa oleifera* extract and watermelon peel for rapid dye degradation. *Carbon Resources Conversion*. Vol. 6. Pp. 274-286.
- Shen, J., Zhu, Y., Yang, X., & Li, C. 2012. Graphene quantum dots: emergent nanolights for bioimaging, sensors, catalysis and photovoltaic devices. *Chemical Communications*. Vol. 48. No. 31. Pp. 3686-3699.
- Singh, J., Dutta, T., Kim, K.-H., Rawat, M., Samddar, P., & Kumar, P. 2018. “Green” synthesis of metals and their oxide nanoparticles: applications for

- environmental remediation. *Journal of Nanobiotechnology*. Vol. 16. No. 1. Pp 1-24.
- Skoog, D.A., Donald, W., & James, H. 1996. *Fundamentals of Analytical Chemistry, Seven Edition*. Saunders Collage Publishing. Philadelphia.
- Srinivasan, S., Paknikar, K., Bodas, D., & Gajbhiye. 2018. Applications of cobalt ferrite nanoparticles in biomedical nanotechnology. *Nanomedicine*. Vol. 13. No. 10. Pp. 1221-1238.
- Suhartati, Tati. 2017. *Dasar-dasar Spektrofotometri UV-Vis dan Spektrofotometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. CV. Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung.
- Sutanto, H., Alkian, I., Romanda, N., Lewa, I. W. L., Marhaendrajaya, I., & Triadyaksa, P. 2020. High green-emission carbon dots and its optical properties: Microwave power effect. *AIP Advances*. Vol. 10. No. 5. Pp. 1-11.
- Tang, C. Y., & Yang, Z. 2017. *Transmission Electron Microscopy (TEM). Membrane Characterization*. The University of Hongkong Press. Pokfulam.
- Tawfik, A., Hamada, I., & Hemeda, O. 2002. Effect of laser irradiation on the structure and electromechanical properties of Co–Zn ferrite. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. Vol. 250. Pp. 77–82.
- Triyati, Etty. 1985. Spektrofotometer ultra-violet dan sinar tampak serta aplikasinya dalam oseanografi. *Jurnal Oseana*. Vol 10. No. 1. Pp. 39 – 47.
- Tuerhong, M., Xu, Y., & Yin, X.-B. 2017. Review on carbon dots and their applications. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 45. No. 1. Pp. 139–150.
- Venkateswarlu, S., Kumar, B. N., Prathima, B., SubbaRao, Y., & Jyothi, N. V. V. 2019. A novel green synthesis of Fe₃O₄ magnetic nanorods using Punica Granatum rind extract and its application for removal of Pb(II) from aqueous environment. *Arabian Journal of Chemistry*. Vol. 12. No.4. Pp. 588–596.
- Venkateswarlu, S., Natesh Kumar, B., Prasad, C. H., Venkateswarlu, P., & Jyothi, N. V. V. 2014. Bio-inspired green synthesis of Fe₃O₄ spherical magnetic nanoparticles using Syzygium cumini seed extract. *Physica B: Condensed Matter*. Vol. 449. Pp. 67–71.
- Vongsak, B., Sithisarn, P., Mangmool, S., Thongpraditchote, S., Wongkrajang, Y., & Gritsanapan, W. 2013. Maximizing total phenolics, total flavonoids contents and antioxidant activity of Moringa oleifera leaf extract by the

- appropriate extraction method. *Industrial Crops and Products*. Vol. 44. Pp. 566–571.
- Wang, Z. L. 2008. Splendid one-dimensional nanostructures of Zinc Oxide: A new nanomaterial family for nanotechnology. *ACS Nano*. Vol. 2. No.10. Pp. 1987–1992.
- Wang, B & Zhao, B. 2019. Carbon Dots/ CoFe_2O_4 Mesoporous nanosphere composites as a magnetically separable visible light photocatalyst. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. Vol. 93. No. 2. Pp. 393–399.
- Xu, X., Ray, R., Gu, Y., Ploehn, H. J., Gearheart, L., Raker, K., & Scrivens, W. A. 2004. Electrophoretic analysis and purification of fluorescent single-walled carbon nanotube fragments. *Journal of the American Chemical Society*. Vol. 126. No. 40. Pp. 12736–12737.
- Yulianti, S., Ramli, Yulkifli, & Darvina. 2020. Pengaruh komposisi CoFe_2O_4 terhadap sifat magnetik nanokomposit CoFe_2O_4 /PVDF yang disintesis dengan metode sol-gel. *Pillar of Physics*. Vol. 13. Pp. 10-17.
- Yusefi, M., Shameli, K., Yee, O. S., Teow, S. Y., Hedayatnasab, Z., Jahangirian, H., Webster, T. J., & Kuča, K. 2021. Green synthesis of Fe_3O_4 nanoparticles stabilized by a garcinia mangostana fruit peel extract for hyperthermia and anticancer activities. *International Journal of Nanomedicine*. Vol. 16. Pp. 2515–2532.
- Zhang, X., Jiang, M., Niu, N., Chen, Z., Li, S., Liu, S., & Li, J. 2017. Review of natural-product-derived carbon dots: From natural products to functional materials. *ChemSusChem*. Vol. 11. No. 1. Pp.11–24.
- Zhou, J., Sheng, Z., Han, H., Zou, M., & Li, C. 2011. Facile synthesis of fluorescent carbon dots using watermelon peel as a carbon source. *Materials Letters*, Vol. 66. No. 1. Pp.222–224.
- Zhu, S., Song, Y., Zhao, X., Shao, J., Zhang, J., & Yang, B. 2015. The photoluminescence mechanism in carbon dots (graphene quantum dots, carbon nanodots, and polymer dots): Current state and future perspective. *Nano Res*. Vol. 8. Pp. 355–381.
- Zhu, S., Meng, Q., Wang, L., Zhang, J., Song, Y., Jin, H. & Yang, B. 2013. Highly photoluminescent carbon dots for multicolor patterning, sensors, and bioimaging. *Angewandte Chemie International Editions*. Vol. 52. No. 14. Pp. 3953–3957.