

**SINTESIS NiFe_2O_4 MENGGUNAKAN EKSTRAK LIDAH
BUAYA (*ALOE VERA*) DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI
SEBAGAI FOTOKATALIS PADA FOTODEGRADASI
TETRASIKLIN**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar

Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Kimia

pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta



Disusun Oleh :

DJOVAN HERIANTO

No Mahasiswa : 19612024

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2022

**SINTESIS NiFe_2O_4 MENGGUNAKAN EKSTRAK LIDAH
BUAYA (*ALOE VERA*) DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI
SEBAGAI FOTODEGRADASI PADA LIMBAH TETRASIKLIN**

SKRIPSI

Yang diajukan oleh :

DJOVAN HERIANTO

No Mhs : 19612024

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 29 Mei 2023

Dewan Penguji

Tanda Tangan

1. Prof. Dr. Is Fatimah, S.Si., M.Si

2. Ika Yanti, M.Sc.

3. Salmahaminati, M.Sc., Ph.D

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Djovan Herianto
NIM : 19612024
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang judul Sintesis NiFe_2O_4 Menggunakan Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe Vera*) dengan Variasi Suhu Kalsinasi sebagai Fotokatalis pada Fotodegradasi Tetrasiklin adalah asli dan tidak mengandung bahan yang diterbitkan sebelumnya kecuali untuk referensi yang disebutkan dalam skripsi ini. Jika ada kontribusi dari tulisan lain, maka penulis telah disebutkan secara eksplisit dalam skripsi ini.

Apabila dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 29 Mei 2023



Djovan Herianto

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa penulis panjatkan yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul “SINTESIS NiFe_2O_4 MENGGUNAKAN EKSTRAK LIDAH BUAYA (*ALOE VERA*) DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI SEBAGAI FOTOKATALIS PADA FOTODEGRADASI TETRASIKLIN” Ini bisa diselesaikan tepat waktu. Shalawat dan salam selalu dapat kita tujukan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW. Syafaatnya diharapkan di akhir Yaumir.

Skripsi ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dari berbagai pihak yang berkepentingan baik materiil maupun immateriil. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut:

1. Bapak Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Gani Purwiandono, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Prof. Dr. Is Fatimah, S.Si, M.Si. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing, dan mengarahkan selama proses peyusunan skripsi, serta memberikan dana untuk penelitian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
5. Seluruh Dosen Kimia, staff pengajar, laboran, dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
6. Kedua Orang Tua saya yang tanpa henti senantiasa mendoakan dan memberikan semangat. Semoga Allah senantiasa menjaga dan melindungi Kedua Orang Tua saya di manapun berada, dan senantiasa Allah memberikan keberkahan-Nya.

7. Seluruh tim riset MEE (*Material for Energy and Environment*). Rekan-rekan dan teman kelompok yang senantiasa membantu, yang tidak bisa saya tuliskan satu persatu nama nya di sini, semoga Allah memudahkan jalan kita semua dalam meniti karir kesuksesan.
8. Terima kasih kepada doii saya Kubill yang selalu memberikan dukungan dengan tulus untuk berjuang menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas.

Penulis menyadari bahwa karya ini jauh dari sempurna karena keterbatasan pengalaman dan pengetahuan penulis baik dalam hal penyusunan maupun penyajian. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk meningkatkan kualitas penulis lainnya. Semoga makalah ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, 29 Mei 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Djovan Herianto'. The signature is stylized with a large, sweeping initial 'D' and a jagged, flame-like end.

SINTESIS NiFe_2O_4 MENGGUNAKAN EKSTRAKS LIDAH BUAYA (*ALOE VERA*) DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI SEBAGAI FOTOKATALIS FOTODEGRADASI TETRASIKLIN

INTISARI

DJOVAN HERIANTO

No Mhs : 19612024

Pada penelitian ini, sintesis hijau Nikel Ferit NiFe_2O_4 dilakukan dengan mengaplikasikan ekstrak tanaman lidah buaya sebagai template agent. Mensintesis nanopartikel dengan metode green chemistry menggunakan Tetrasiklin dan Mensintesis NiFe_2O_4 yang dihasilkan dari ekstrak Lidah buaya kemudian di endapkan pada Tetrasiklin untuk mendapatkan karakter fotokatalis yang baik. Pengaruh suhu kalsinasi terhadap sifat fisikokimia dan aktivitas fotokatalitik NiFe_2O_4 dipelajari. Karakterisasi instrumental yang terdiri dari difraksi sinar-x, pemindaian mikroskop elektron dan analisis penyerapan gas digunakan untuk membandingkan. Sementara itu, degradasi fotokatalitik tetrasiklin dipilih untuk mengevaluasi aktivitas fotokatalitik material. Hasil menunjukkan bahwa NiFe_2O_4 berhasil disintesis yang ditunjukkan dengan pola XRD yang sesuai dengan struktur NiFe_2O_4 . Ekstrak lidah buaya berperan sebagai cetakan untuk membentuk porositas bahan dan suhu kalsinasi. Bahan menunjukkan aktivitas katalitik yang sangat baik dalam degradasi tetrasiklin lebih dari 87% penghilangan dalam waktu 120 menit. Urutan reaksi dipengaruhi oleh penggunaan sumber cahaya: UV dan cahaya tampak.

Kata kunci: NiFe_2O_4 , Proses oksidasi lanjutan, Fotokalisis, Tetrasiklin .

**SINTESIS NiFe₂O₄ MENGGUNAKAN EKSTRAKS LIDAH
BUAYA (*ALOE VERA*) DENGAN VARIASI SUHU KALSINASI
SEBAGAI FOTOKATALIS PADA FOTODEGRADASI
TETRASIKLIN**

ABSTRACT

DJOVAN HERIANTO

No Mhs : 19612024

In this study, green synthesis of Nickel Ferrite NiFe₂O₄ was carried out by applying aloe vera extract as a template agent. Synthesize nanoparticles with the green chemistry method using Tetracycline and Synthesize NiFe₂O₄ produced from Aloe Vera extract then deposited on Tetracycline to get good photocatalyst characters. The effect of calcination temperature on the physicochemical properties and photocatalytic activity of NiFe₂O₄ was studied. Instrumental characterization consisting of x-ray diffraction, scanning electron microscopy and gas absorption analysis was used to compare. Meanwhile, photocatalytic degradation of tetracycline was chosen to evaluate the photocatalytic activity of the material. The results showed that NiFe₂O₄ was successfully synthesized which was indicated by the XRD pattern which corresponds to the structure of NiFe₂O₄. Aloe vera extract acts as a mold to form the porosity of the material and the calcination temperature. The material exhibits excellent catalytic activity in tetracycline degradation of more than 87% removal within 120 minutes. The order of the reactions is affected by the use of light sources: UV and visible light.

Keywords: NiFe₂O₄, Advanced oxidation process, Photocalysis, Tetracycline.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Sintesis NiFe ₂ O ₄	5
2.2. Sintesis NiFe ₂ O ₄ dengan menggunakan Ekstrak Tumbuhan.....	8
2.3. Fotokalisasi	10
BAB III.....	13
DASAR TEORI.....	13
3.1. Nanopartikel.....	13
3.3. Lidah Buaya	15
3.4. Tetrasiklin	16
3.5. Fotokatalis.....	17
3.6. Fotodegradasi	18
3.7. Metode Hydrothermal	18
3.8. Xenon.....	20
3.9. Karakterisasi.....	20
3.9.1. Gas Sorption Analyzer (GSA)	20
3.9.2. X-Ray Diffraction (XRD)	22
3.9.3. Scanning Electron Microscope (SEM-EDX)	23
3.10. Spektrofotometer UV-Vis	24
BAB IV	26
METODOLOGI PENELITIAN.....	26

4.1. Alat dan Bahan.....	26
4.2.1. Preparasi Ekstraks Lidah Buaya.....	26
4.2.2. Sintesis NiFe ₂ O ₄ dengan suhu kalsinasi 400 °C dan 500 °C.....	26
4.2.3. Karakterisasi Sampel.....	27
4.2.4. Uji Fotokatalisis NiFe ₂ O ₄ Menggunakan Lampu UV	27
4.2.5. Uji Fotokatalisis NiFe ₂ O ₄ Menggunakan Lampu Xenon	27
BAB V	28
HASIL DAN PEMBAHASAN	28
5.1. Preparasi Ekstrak Lidah Buaya	28
5.2. Sintesis NiFe ₂ O ₄ dengan suhu kalsinasi 400 °C dan 500 °C.....	29
5.3. Karakterisasi NiFe ₂ O ₄	32
5.3.1. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX.....	32
5.3.2. Karakterisasi menggunakan XRD	34
5.3.3. Karakterisasi menggunakan GSA	35
5.4. Fotodegradasi Tetrasiklin dengan fotokatalis NiFe ₂ O ₄ 400 °C Menggunakan Lampu UV dan Lampu XN.....	37
5.5. Fotodegradasi Tetrasiklin dengan fotokatalis NiFe ₂ O ₄ 500 °C Menggunakan Lampu UV dan Lampu XN.....	40
BAB VI	44
6.1. Kesimpulan	44
6.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Stuktur Spinel Ferit NiFe_2O_4	6
Gambar 2. Pola XRD nanopartikel NiFe_2O_4	7
Gambar 3. Pola difraksi sinar-X serbuk NiFe_2O_4 dengan variasi suhu ($T = 400^\circ\text{C}$ sampai 1000°C	8
Gambar 4. Spektrum XRD dari sintesis Fe_3O_4 ; spinel (2:1); dan (4:1) NiFe_2O_4 ...	9
Gambar 5. Lidah Buaya	16
Gambar 6. Struktur Tetrasiklin.....	17
Gambar 7. Autoclave dengan penutup flat plate	20
Gambar 8. Ekstrak Lidah Buaya.....	30
Gambar 9. Sintesis NiFe_2O_4	31
Gambar 10. Hasil sintesis NiFe_2O_4 suhu 400°C dan NiFe_2O_4 suhu 500°C	32
Gambar 11. Hasil SEM-EDX NiFe_2O_4 suhu 400°C dan 500°C	33
Gambar 12. Difraktogram dari NiFe_2O_4 suhu 400°C dan NiFe_2O_4 500°C	35
Gambar 13. Kurva Isotherm Linear NiFe_2O_4 400°C dan NiFe_2O_4 500°C	36
Gambar 14. Kurva Distribusi Ukuran Pori NiFe_2O_4 400°C dan NiFe_2O_4 500°C	37
Gambar 15. Kurva Linear BET NiFe_2O_4 400°C dan NiFe_2O_4 500°C	38
Gambar 16. Grafik spektra UV-Vis NiFe_2O_4 400°C UV dan grafik spektra UV-Vis NiFe_2O_4 400°C XN.....	39
Gambar 17. Perubahan konsentrasi limbah tetrasiklin dengan fotokatalis NiFe_2O_4 400°C UV dan NiFe_2O_4 400°C XN.....	40
Gambar 18. Grafik spektra UV-Vis NiFe_2O_4 500°C UV dan grafik spektra UV-Vis NiFe_2O_4 500°C XN.....	42
Gambar 19. Perubahan konsentrasi limbah tetrasiklin dengan fotokatalis NiFe_2O_4 500°C UV dan NiFe_2O_4 500°C XN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Studi Aplikasi Nanopartikel dalam Fotokatalisis.....	12
Tabel 2. Struktur kimia golongan Tetrasiklin.....	17
Tabel 3. Kandungan unsur NiFe_2O_4 suhu kalsinasi 400 °C dan 500 °C.....	34
Tabel 4. Orde reaksi fotodegradasi limbah tetrasiklin.....	41
Tabel 5. Orde reaksi fotodegradasi limbah tetrasiklin.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Nanoteknologi dalam bidang material telah menjadi fokus penelitian dalam beberapa dekade terakhir. Hal ini dikarenakan potensi yang dimiliki oleh partikel yang memiliki dimensi pada kisaran 1-100 nm yang dapat diaplikasikan di berbagai bidang. Partikel dengan ukuran dalam kisaran 1-100 nm disebut sebagai nanopartikel. Partikel nano milik subset atom menggunakan ukuran yang sama dengan panjang gelombang De Broglie yang terkait dengan elektron valensi. Karena ukurannya, nanopartikel juga dapat dianggap sebagai titik kuantum, yang memiliki tingkat energi diskrit yang bergantung pada ukurannya (Murty *et al.*, 2013).

Sintesis dan karakterisasi bahan nano telah menjadi topik penelitian yang cukup menarik dalam beberapa tahun terakhir dan telah menjadi fokus banyak penelitian untuk tujuan ilmiah dan teknis, termasuk nanopartikel ferit spinel. Nanopartikel ferit spinel memiliki rumus struktur NiFe_2O_4 (M adalah ion logam divalen seperti Ni, Co, Cu, Mn, Mg, Zn, Fe, dll.) dan memiliki struktur kristal kubik spinel (Sedeh, 2013). Nanopartikel ferit spinel memiliki sifat yang sangat baik seperti resistivitas listrik yang tinggi, permeabilitas magnetik yang tinggi, dan arus eddy yang dapat diabaikan dengan adanya gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi, sehingga bahan ini banyak digunakan dalam teknologi penyimpanan data, peralatan gelombang mikro, dan perangkat elektronik, peralatan komunikasi, sistem pengiriman farmasi, teknologi ferrofluid, sensor gas (S. Joshi, *et al.*, 2014).

Dalam preparasi fotokatalis banyak dilakukan pendekatan nanoteknologi. Metode sintesis nanopartikel yang banyak dilakukan yaitu penggunaan reagen kimia yang ramah lingkungan atau lebih dikenal sebagai pendekatan kimia hijau (*green chemistry*). Penggunaan ekstrak tanaman dipilih sebagai reagen reduktor atau pencetak nanopartikel yang dipilih. Reagen dari ekstrak tanaman akan menyumbangkan sifat reduksi dari kandungan metabolit sekunder dari dalam

tanaman, kemampuan reduksi tersebut disebabkan adanya gugus-gugus fungsi aktif dari tanaman (Fatimah, 2017). Tumbuhan atau ekstrak tumbuhan, yang bertindak sebagai pereduksi dan pembatasan agen untuk sintesis nanopartikel, lebih menguntungkan daripada proses biologis lainnya (Valli Vaseeharan *et al.*, 2012), karena mereka menghilangkan proses pembudayaan dan pemeliharaan yang rumit sel, dan juga dapat ditingkatkan untuk sintesis nanopartikel dalam skala besar. Tanaman lidah buaya tumbuh baik di iklim panas maupun dingin. Tanaman ini umum di Afrika, Asia dan Amerika. Tanaman ini merupakan jenis tanaman CAM (*Crassulace Acid Metabolism*) toleran kekeringan, sehingga tidak membutuhkan banyak air selama proses pertumbuhannya. Kandungan air daun tanaman ini sangat tinggi karena sangat sedikit terjadi penguapan air dari tubuh tanaman. Lidah buaya memiliki lebih dari 250 spesies. Tumbuhan ini mengandung antibiotik dan anti luka bakar, sehingga berfungsi sebagai kondisioner rambut, makanan olahan, pembersih tubuh, penstabil kolesterol darah, pelembut kulit, dan lainnya. Juga dikenal sebagai gel lidah buaya, jaringan mukosa di bagian tengah daun tanaman ini digunakan untuk berbagai keperluan kosmetik dan pengobatan. Jus kuning pahit dilepaskan di sisi daun (Boudreau *et al.*, 2006).

Tanaman lidah buaya mengandung bahan aktif saponin ($C_{27}H_{42}O_4$). Saponin tidak larut dalam eter, tetapi larut dalam air dan etanol. Saponin menghasilkan busa berbusa bila dicampur dengan air. Gel lidah buaya mengandung saponin, yang merupakan glikosida aglikon yang dapat dibagi menjadi dua kelas: saponin steroid dan saponin triterpenoid. Saponin steroid memiliki 27 atom karbon dan saponin triterpenoid memiliki 30 atom karbon. Ciri khas saponin steroid adalah pembentukan busa berbusa bila dicampur dengan air dan dikocok. Berbusa menunjukkan bahwa saponin merupakan senyawa makromolekul dengan sifat penurun tegangan permukaan. Hal ini karena saponin memiliki dua gugus, yaitu gugus hidrofilik yang larut dalam zat polar (air) dan gugus lipofilik yang larut dalam zat non polar (minyak dan lemak) (Allaedini, 2015).

Nanopartikel ferrimagnetik dengan sifat superparamagnetik dapat digunakan dalam aplikasi bioteknologi dan bioteknologi, seperti injeksi langsung

melalui pembuluh darah, kendali jarak jauh transportasi vaskular untuk menargetkan sel tumor dengan menerapkan medan magnet gradien eksternal, dan kemampuan untuk membedakan antara sel tumor dan sel sehat. Jenis yang dapat memberikan manfaat fisiologis, antigen, respon antibodi biologis. Respon resonansi terhadap medan magnet dengan variasi temporal yang mengarah ke pemanasan partikel nano (Bae *et al.*, 2006).

Fotokatalis adalah kombinasi dari reaksi fotokimia yang membutuhkan elemen ringan dan katalis yang mendorong perubahan kimia. Perubahan ini terjadi pada permukaan katalis, dan katalis yang digunakan disebut bahan fotokatalitik. (Rahma, 2018).

Tetrasiklin merupakan turunan dekat naftasenkarboksamida polisiklik. Antibiotik Tetrasiklin merupakan antibiotik spektrum luas yang bersifat bakteriostatik yang mampu menghambat sintesis protein. Tetrasiklin efektif terhadap senyawa antimikroba yang aktif terhadap dinding sel seperti *Rickettsia*, *Coxiella burnetii*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia ssp*, beberapa mikobakteri atipikal (Olson James 2014). Tetrasiklin memiliki gugus *kromofor* dan *ausokrom*, kromofor yang dapat menyerap sinar UV dan sinar tampak sedangkan ausokrom gugus yang tidak dapat berpindah sehingga dapat elektron (Gandjar *et al.*, 2007). Tetrasiklin adalah antibiotik yang paling umum digunakan dan didistribusikan secara luas di lingkungan perairan. Tetrasiklin sulit dimetabolisme pada manusia dan hewan, dan beberapa tetrasiklin diekskresikan utuh. Tetrasiklin sering terdeteksi di lingkungan perairan. Tetrasiklin sangat berbahaya tidak hanya bagi kesehatan manusia tetapi juga bagi ekosistem. Karena tetrasiklin menghambat pertumbuhan organisme akuatik dan dapat terakumulasi secara berlebihan dalam rantai makanan, maka dapat menyebabkan penyakit sendi, nefropati, gangguan endokrin, dan kerusakan sistem saraf pusat. (Fan *et al*, 2021).

Dalam penelitian ini, nanopartikel NiFe_2O_4 akan di sintesis menggunakan metode hydrothermal sebagai limbahnya menggunakan tetrasiklin. Dimana Iron (III) chloride hexahydrate, Nikel (II) chloride hexahydrate dan Ektraks lidah buaya di campurkan dengan beberapa variasi perbandingan waktu (0, 15, 30, 60, 90 dan

120 menit) serta menambahkan Tetrasiklin yang akan di karakterisasi dengan menggunakan Scanning Electron *Microscope* (SEM-EDX) dan X-ray diffraction (XRD), Gas Sorption Analyzer (GSA).

1.2. Perumusan Masalah

- 1) Bagaimana metode karakteristik nanopartikel NiFe_2O_4 dengan menggunakan *green chemistry* dengan ekstrak lidah buaya
- 2) Bagaimana kemampuan NiFe_2O_4 dalam uji aktivitas fotokatalisis terhadap degradasi tetrasiklin

1.3. Tujuan Penelitian

- 1) Mensintesis nanopartikel dengan metode *green chemistry* menggunakan Tetrasiklin
- 2) Mensintesis NiFe_2O_4 yang dihasilkan dari ekstrak Lidah buaya kemudian di endapkan pada Tetrasiklin untuk mendapatkan karakter fotokatalis yang baik

1.4. Manfaat Penelitian

- 1) Mengurangi limbah zat warna yang dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan lingkungan dan kesehatan makhluk hidup
- 2) Penelitian ini dapat menjadi sumber inovasi terbaru menggunakan NiFe_2O_4 Ekstraks lidah buaya yang lebih stabil dan efektif untuk mengelola limbah Tetrasiklin

BAB II

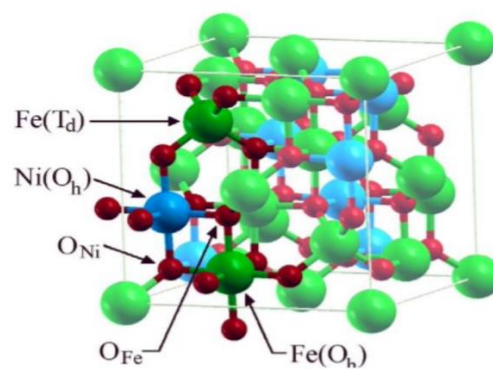
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sintesis NiFe₂O₄

Nanopartikel Magnetik Spinel Ferit yang saat ini sedang dikembangkan adalah Nanopartikel *Nickel Ferrite* (NiFe₂O₄). Nanopartikel ini memiliki struktur inverse spinel, dimana semua ion Ni²⁺ berada di situs *oktahedral* dan ion Fe³⁺ tersebar merata di situs *tetrahedral* dan *oktahedral*. Nanopartikel NiFe₂O₄ menunjukkan sifat ferrimagnetik yang berasal dari pasangan momen magnet anti-paralel antara momen magnet ion Fe³⁺ pada site tetrahedral dengan momen magnet ion Ni²⁺ dan ion Fe³⁺ pada site oktahedral (A. Hajalilou *et al.*, 2014). Nanopartikel NiFe₂O₄ mempunyai sifat superpara-magnetik pada suhu kamar, yang dimana sifat ini sangat penting untuk aplikasi terutama didalam bidang medis (M. Penchal Reddy *et al.*, 2014). Selain itu, NiFe₂O₄ telah menemukan banyak aplikasi di berbagai bidang teknologi, termasuk fotovoltaik, katalisis, sensor, perangkat nano, perangkat gelombang mikro DNA pewarna magnetik (Pervaiz *et al.*, 2012). Sifat listrik dan magnetik yang sangat baik dari sistem feritik ini bergantung pada sifat ion dan distribusinya antara posisi tetrahedral (A) dan oktahedral (B). Nanopartikel NiFe₂O₄ adalah salah satu bahan ferit lunak dengan sifat feromagnetik yang unik, konduktivitas listrik yang rendah dan kehilangan arus eddy, stabilitas elektronik yang tinggi dan sifat katalitik, dan melimpah di alam (Sivakumar *et al.*, 2011).

Nanopartikel NiFe₂O₄ merupakan bahan magnet lunak dengan koersivitas rendah dan magnetisasi saturasi tetapi resistivitas listriknya tinggi, sehingga sangat cocok untuk aplikasi di bidang magnet dan magneto-optik. Nanopartikel NiFe₂O₄ memiliki kurva histeresis yang sempit, membuat bahan ini menjadi bahan inti yang cocok untuk aplikasi konversi daya dan telekomunikasi. Selain itu, bahan ini juga dapat digunakan sebagai sensor gas, sensor kelembaban, dan bahan katalis (Toby, 2001).

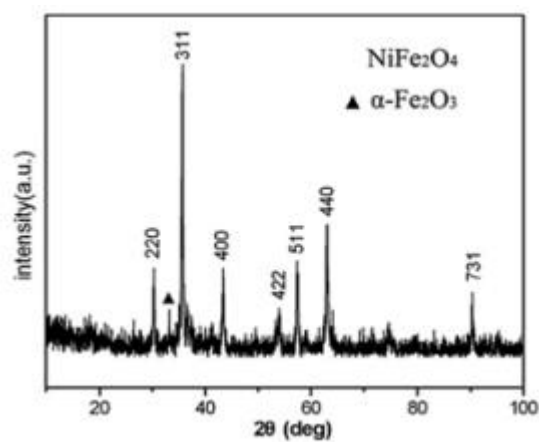
Sifat unik yang dimiliki oleh nanopartikel magnetik bergantung pada komposisi kimia dan karakteristik mikro strukturnya, dimana karakteristik mikrostruktur seperti bentuk dan ukuran partikel dapat dikontrol melalui proses fabrikasi yang digunakan. Banyak metode yang telah dikembangkan untuk menghasilkan nanopartikel NiFe_2O_4 seperti metode *combustion method*, metode kopresipitasi, *sol-gel auto-combustion method* dan metode hidrotermal (Muflihatun, 2015).



Gambar 1 . Struktur Spinel Ferit NiFe_2O_4 (Helmita, 2019)

Penelitian sebelumnya telah menjelaskan bahwa OH^- berperan penting dalam pembentukan nanopartikel NiFe_2O_4 , termasuk mempengaruhi ukuran inti kristal. Ketika konsentrasi OH^- rendah, nukleasi kristal $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ dapat terjadi secara bersamaan, tetapi inti yang terbentuk kemudian mudah diserap oleh inti lain, sehingga tidak terbentuk. Ketinggian partikel yang muncul akan lebih tinggi. Pada konsentrasi OH^- yang lebih tinggi, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan $\text{Ni}(\text{OH})_2$ terkonukleasi dengan cepat terhidrasi, menghasilkan partikel nano kristal yang lebih kecil dan lebih banyak. Karena NaOH adalah zat pengurai yang baik, NaOH dapat digunakan untuk mendapatkan sumber OH^- . Oleh karena itu, penggunaan NaOH dapat mengurangi ukuran nanopartikel NiFe_2O_4 yang dihasilkan (muflihatun, S., 2015). Karena NaOH tidak digunakan dalam penelitian Rahmawita dan Ulianas (2021), ukuran nanopartikel ini, yang dihitung menggunakan persamaan Scherer, jauh lebih besar daripada yang disintesis menggunakan NaOH .

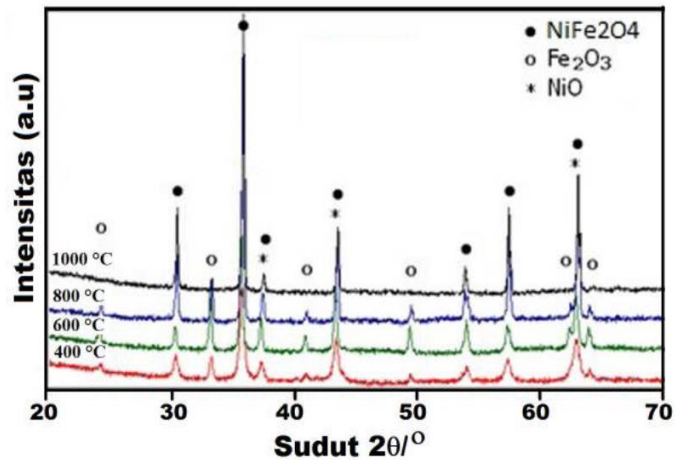
Menurut karya Huo *et al.* (2009) merupakan hasil analisis menggunakan XRD dengan kejadian radiasi Cu α ($\lambda = 1,5418$). Pola XRD-nya dari sampel yang disintesis ditunjukkan pada Gambar 2. Mikroskopi elektron transmisi resolusi tinggi (HRTEM), dioperasikan pada 200 kV pada mikroskop transmisi JEOL JEM2100, digunakan untuk memeriksa informasi morfologi dan struktur sampel. Sifat magnetik sampel hasil sintesis diukur pada suhu kamar menggunakan vibrating sample magnetometer (VSM-9500LDJ).



Gambar 2. Pola XRD nanopartikel NiFe₂O₄ (Huo *et al.*, 2009).

Sebagian besar puncak dapat ditetapkan ke fasa NiFe₂O₄ kubik berpusat muka dengan konstanta kisi $a = 0,833$ nm (JCPDS No. 10-325). Selain itu, salah satu puncak lemah antara (220) dan (311) disebabkan oleh adanya sejumlah kecil pengotor α -Fe₂O₃.

Mashadi *et al.* (2016) berhasil mensintesis NiFe₂O₄ menggunakan metode sol-gel dengan suhu pemanasan bervariasi ($T = 400^\circ\text{C}$ hingga 1000°C), seperti terlihat pada Gambar 3. Pola difraksi menunjukkan adanya fase asing yang muncul setelah pemanasan ditandai dengan adanya dua puncak tambahan yaitu puncak α -Fe₂O₃. Namun, puncak ini menurun dengan meningkatnya suhu. Puncak difraksi menjadi lebih sempit dan tajam, menunjukkan peningkatan ukuran butir dan kristal.



Gambar 3 . pola difraksi sinar-X serbuk NiFe₂O₄ dengan variasi suhu (T = 400°C sampai 1000°C) (Mashadi *et al.*, 2016)

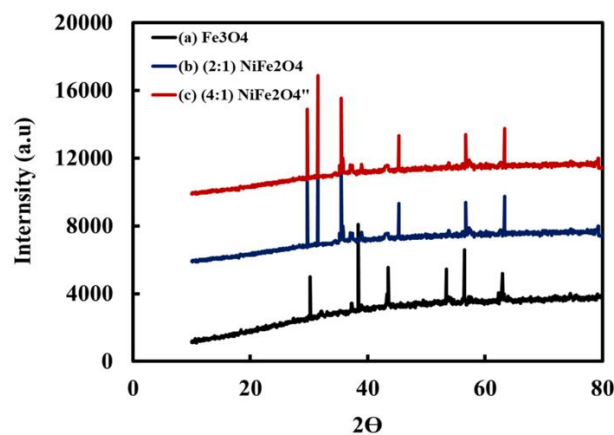
2.2. Sintesis NiFe₂O₄ dengan menggunakan Ekstrak Tumbuhan

Metode sintesis diketahui memiliki dampak yang signifikan terhadap komposisi, struktur dan morfologi nanopartikel ferit spinel, dan dengan demikian juga pada sifat-sifatnya. Berbagai metode untuk mensintesis nanopartikel spinel ferit MNiFe₂O₄, seperti kopresipitasi, hidrotermal, self-combustion sol-gel, pirolisis, soluthermal, dan penelitian sebelumnya tentang sintesis nanopartikel MNiFe₂O₄, telah melibatkan zat penstabil dalam pelarut dan sebagai penstabil. Mencegah serangan partikel *Trietilen glikol* (TEG), *polivinilpirolidon* (PVP). Metode kimia ini memiliki kekurangan. Pelarut yang digunakan tidak ekonomis pada suhu dan tekanan tinggi serta berdampak negatif terhadap lingkungan. Hasil dari metode sintetik ini tidak stabil dan homogen (Fetchete et al., 2012). Oleh karena itu, telah muncul apa yang disebut metode sintesis hijau, yang merupakan metode produksi nanopartikel yang ramah lingkungan, murah, dan aman lingkungan (Gao *et al.*, 2012)

Sintesis nanopartikel saat ini sedang dikembangkan dan banyak peneliti yang sudah melakukan sintesis dengan menggunakan ekstrak tanaman yang tentunya menggunakan prinsip *Green Chemistry* dan sangat ramah terhadap lingkungan dan tidak menggunakan suatu pelarut yang bisa membahayakan lingkungan. Ekstrak tanaman bertindak sebagai reduktor dan juga sebagai agen penstabil dalam proses

sintesis nanopartikel. Sifat dari suatu ekstrak tumbuhan mempengaruhi jenis nanopartikel yang disintesis, dan juga sumber ekstrak tumbuhan juga menjadi factor paling penting dalam morfologi sintesis nanopartikel. Sintesis nanopartikel dari ekstrak tanaman dilakukan dengan mencampurkan ekstrak tanaman dengan larutan garam logam atau $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada suhu ruang (Muliadi *et al.*, 2015). *Green synthesis* dari nanopartikel logam oksida mengadopsi material biologis contohnya seperti bakteri, fungi, alga, dan ekstrak tanaman *green-synthesis* akan mencapai teknologi rekayasa material yang ekonomis, berkelanjutan, dan ramah lingkungan (Singh *et al.*, 2018)

Ekstrak tumbuhan mengandung berbagai metabolit yang berperan sebagai agen oklusif, antara lain karbohidrat, polisakarida, fenol, asam amino dan vitamin. Penggunaan ekstrak tumbuhan dalam sintesis dapat mempengaruhi ukuran, bentuk dan morfologi nanopartikel (Gingasus *et al.*, 2016). Berbagai spesies tumbuhan telah digunakan dalam sintesis nanopartikel MnFe_2O_4 miliknya, antara lain *Aloe vera* (Phumying *et al.* 2013) dan *Carum copticum* (L) (Esmaili *et al.*, 2016).



Gambar (4). Spektrum XRD dari sintesis Fe_3O_4 ; spinel (2:1); dan (4:1) NiFe_2O_4 (Al-Qasmi *et al.*, 2022)

Pola difraksi spinel (2:1) dan (4:1) NiFe_2O_4 ditunjukkan pada gambar (nomor) (baris a, b, c) masing-masing. Puncaknya intens dan tajam, menunjukkan kristalinitas yang sangat baik dari *magnetic nanopartikel* yang disintesis. Tidak ada puncak tambahan yang diamati, hal ini menunjukkan bahwa *magnetic nanopartikel* yang telah disintesis menggunakan agen pereduksi ekstrak adas bintang (*Illicium*

verum) yang ramah lingkungan dibandingkan reagen kimia yang sangat beracun sehingga dihasilkan MNPs yang memiliki kemurnian tinggi. Selain itu, ukuran kristal ditentukan menggunakan rumus Scherrer sebagai 72,5 dan 72,9 nm (Al-Qasmi *et al.*, 2022).

Kulkarni *et al.*, (2020) berhasil mensintesis nikel ferit nanopartikel menggunakan ekstrak air cengkeh dan asam sitrat sebagai bahan bakar dengan metode pembakaran otomatis sol-gel dimana, cengkeh bertindak sebagai bahan pereduksi dan sebagai bahan bakar. Dari hasil analisis XRD menunjukkan bahwa metode *self-combustion* menggunakan ekstrak tumbuhan telah menyebabkan pembentukan struktur spinel kubik fase tunggal NiFe_2O_4 dengan kristanilitas yang baik. Ukuran kristal menegaskan sifat nano dari kristal sampel. Adanya bahan aktif dalam ekstrak tanaman berfungsi menstabilkan nanopartikel logam oksida. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak cengkeh dalam bentuk cairan dalam *green synthesis* NiFe_2O_4 nanopartikel merupakan alternatif yang menjanjikan tidak hanya untuk mendapatkan nanopartikel yang menunjukkan sifat struktural yang sangat baik tetapi untuk mengurangi dampak lingkungan, karena ekstrak cengkeh tidak beracun bagi makhluk hidup dan ramah lingkungan.

2.3. Fotokatalisis

Metode fotokatalitik merupakan metode penguraian merkuri, logam berat, dan limbah pencemar dengan menggunakan sinar matahari. Fotokatalis adalah zat yang dapat mempercepat reaksi menggunakan foton sebagai sumber energi inisiasi (Tussa'adah, 2015). Zat yang sebenarnya berfungsi sebagai fotokatalis adalah bahan semikonduktor. Ketika bahan semikonduktor terkena sinar matahari, elektron dan lubang dihasilkan yang bertindak sebagai oksidan dan reduktor dalam reaksi fotokatalitik (Aliah *et al.*, 2015). TiO_2 (titanium dioksida) telah digunakan sebagai bahan fotokatalitik dalam banyak penelitian (Abdullah *et al.*, 2011). Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk menyelidiki bahan selain mengaktifkan bahan fotokatalitik, seperti menggunakan nanopartikel unsur tertentu untuk mengaktifkan bahan fotokatalitik.

Fotokatalis adalah reaksi kimia yang terjadi karena aksi katalis, dan katalis diaktifkan ketika terkena sinar matahari. Prinsip kerja fotokatalisis adalah menggabungkan proses fotokimia dengan katalis terintegrasi untuk melakukan reaksi transformasi kimia. Perubahan kimia terjadi pada permukaan bahan katalis semikonduktor, dan cahaya dipancarkan dari boron dengan energi tertentu. Dengan kata lain, proses fotokatalitik dapat memecah senyawa dengan bantuan cahaya. Mekanisme lubang elektron pada permukaan katalis semikonduktor ketika diinduksi oleh energi foton yang sesuai (Aliah *et al.*, 2015).

Nanopartikel spinel ferrit mempunyai rumus $MNiFe_2O_4$ ($M = Mn, Co, Ni$, dan lain-lain) yang telah dikenal sebagai material fotokatalis cahaya tampak dengan band gap berada disekitar 2,0 eV (Shifu *et al.*, 2009). Nanopartikel juga dapat dijadikan sebagai fotokatalis untuk memproduksi hidrogen dibawah bantuan sinar tampak dan mempunyai sifat magnet yang kuat sehingga dapat dipisahkan setelah proses reaksi berlangsung menggunakan bantuan magnet eksternal (Nejati *et al.*, 2012). $NiFe_2O_4$ dapat memberikan peningkatan terhadap pergeseran pada daerah penyerapan fotokatalis menjadi daerah sinar tampak dan memberikan sifat magnet pada fotokatalis tersebut (Shihab *et al.*, 2022).

Berdasarkan karya sebelumnya oleh Martins *et al.* (2017), pada penelitian ini fotokatalis karbon aktif TiO_2 mampu mendegradasi tetrasiklin, dengan nilai E_g yang rendah yaitu 3,04 eV dibandingkan TiO_2 yang hanya 3,2 eV. Tetrasiklin pada konsentrasi 50 mg/L telah terbukti menunjukkan fotodegradabilitas tertinggi setelah 150 menit dengan perjalanan waktu 0-150 menit.

Dari hasil penelitian Cahyani (2019). Diperoleh kondisi optimum degradasi yang memiliki efisiensi degradasi tertinggi yaitu terjadi pada pH 4, dengan massa katalis $GO-Fe_3O_4$ 0,20 g/L dan konsentrasi H_2O_2 15 M. Tetrasiklin yang telah diadiskan ke dalam air tambak didegradasi dengan kondisi optimum, menghasilkan efisiensi degradasi sebesar 51,92%.

Tetrasiklin adalah kelompok besar antibiotik yang banyak digunakan dalam pengobatan manusia, pertanian, akuakultur, dan bidang lainnya. Namun, 70-90% tetrasiklin diekskresikan dari tubuh manusia melalui urin dan feses karena

tetrasiklin tidak sepenuhnya diserap oleh obat. Oleh karena itu, sintesis karbon aktif TiO₂ miliknya menggunakan metode Sorgen diselidiki sebagai aplikasi untuk degradasi tetrasiklin. Kondisi adsorpsi optimal untuk tetrasiklin ditemukan setelah 6 jam, dengan laju adsorpsi 28,8%. Kapasitas degradasi fotokatalitik karbon aktif TiO₂ untuk limbah tetrasiklin sebesar 49,3% dengan waktu optimum 6 jam. Sebaliknya bila tetrasiklin terdegradasi tanpa fotokatalisis persentasenya lebih rendah yaitu 25,8% pada waktu optimal 6 jam (Manda, 2022). Sintesis dan karakterisasi karbon aktif TiO₂ sebagai fotokatalis untuk dekomposisi tetrasiklin (C₂₂H₂₄N₂O₈).

Tabel 1. Hasil Studi Aplikasi Nanopartikel dalam Fotokatalisis

No	Nanopartikel	Ukuran	Limbah	Penulis
1.	CoFe ₂ O ₄ (Cobalt Ferrite)	27,8204 nm	Metilen Biru	Suaib <i>et al.</i> , (2019).
2.	Fe ₃ O ₄ (Oksida Besi Magnetit)	14,33 nm	Logam Pb (Timbal)	D. Sartika <i>et al.</i> , (2019).
3.	TiO ₂ (Titanium Dioksida)	59,09 nm	Limbah Tekstil	Risda <i>et al.</i> , (2015).
4.	ZnO (Zinc Oxide)	Nanopartikel	Metilen Biru	Aprilia <i>et al.</i> , (2020).
5.	TiO ₂ (Titanium Dioksida)	Nanopartikel	Degradasi bahan organik air gambut	Jayadi <i>et al.</i> , (2014).
6.	Fe ₂ O ₃ (Besi Oksida)	Nanopartikel	Metilen Biru	Rahmawati, F (2019).
7.	ZnFe ₂ O ₄ (Zink Ferrite)	Nanopartikel	Rhodamine B	Nurhasanah, <i>et al.</i> , (2018).
8.	ZnO (Zinc Oxide)	Nanopartikel	Surfaktan Sodium Lauryl Sulfa	Maretta, <i>et al.</i> , (2015).
9.	MgFe ₂ O ₄ (Magnesium Ferrite)	Nanopartikel	Metilen Biru	Tursina, N (2021)

BAB III

DASAR TEORI

3.1. Nanopartikel

Nanopartikel adalah partikel berukuran 1-100 nanometer serta kebanyakan metode menyarankan sebaiknya ukuran diameter partikel antara 200 dan 400 nm (Abdassah, 2017). Aplikasi Nanopartikel untuk menghantarkan obat dengan molekul kecil atau makromolekul besar dengan cara memerangkap molekul obat kedalam suatu polimer. Polimer yang digunakan untuk membentuk nanopartikel dapat berupa polimer sintetik atau alami (Fitri *et al*, 2020).

Nanopartikel yaitu partikel koloid padat dengan diameternya 1-1000 nm. Mengandung makromolekuler material dan dapat digunakan untuk pengobatan sebagai pembawa obat yang senyawa aktifnya telah terlarut, terjerat, dan *encapsulated* (Kurniasari *et al.*, 2017). Ilmu mengenai nanopartikel telah banyak menarik peneliti, hal ini dikarenakan sifat dari nanopartikel dimana baik sifat kimia maupun fisiknya menunjukkan hasil yang berbeda misalnya kekuatan magnetik, mekanik, elektronik, kestabilan termal, katalitik, dan optik. Nanopartikel memiliki sifat yang berbeda dengan material sejenis dalam ukuran yang besar (*bulk*) dikarenakan oleh dua hal yaitu memiliki ukuran yang kecil, sehingga nanopartikel mempunyai sifat reaktif. Hal ini dikarenakan nanopartikel mempunyai nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika diandingkan dengan partikel sejenis lainnya dalam ukuran yang besar juga. Reaktivitas material ditentukan dari atom yang terdapat dipermukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang dapat bersentuhan langsung dengan material lain, ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, hukum fisika yang berlaku di dominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum (Abdullah *et al.*, 2008).

Pembentukan nanopartikel dengan keteraturan yang tinggi akan menghasilkan pola dan ukuran yang lebih seragam. Keunikan nanoteknologi adalah dapat diterapkan diberbagai bidang seperti teknologi informasi, farmasi dan kesehatan, pertanian, industri dan lain-lain. Selain itu, nanopartikel juga memiliki

banyak kegunaan seperti detektor, katalis, agen pelapisan permukaan dan antibakteri.

Nanopartikel memiliki kelebihan yaitu diantaranya kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang dapat ditembus oleh partikel koloidal. Selain itu, nanopartikel dapat dikombinasikan dengan menggunakan banyak sekali teknologi lain sehingga memberikan potensi luas untuk dikembangkan pada berbagai target dan Kelebihan Nanopartikel lainnya yaitu adanya peningkatan afinitas dari sistem karena peningkatan luas permukaan kontak pada jumlah yang sama (Martien *et al.*, 2012).

3.2. Nanopartikel Nickel Ferrite (NiFe₂O₄)

Nanopartikel nikel ferit (NiFe₂O₄) adalah kelompok ferit spinel dengan rumus senyawa MNiFe₂O₄. di mana M adalah kation divalen dari elemen transisi 3D (M²⁺, Ni²⁺, Mg²⁺, Zn²⁺, Co²⁺, Mn²⁺). Struktur kristal memiliki sel satuan yang terdiri dari 32 atom oksigen dalam konfigurasi kubik rapat (CCP), dengan kation terdistribusi dalam 8 ruang subkisi tetrahedral dan 16 oktahedral. meningkatkan. Distribusi kation divalen dan trivalen (M³⁺) di dua subruang ini terkait dengan distribusi momen magnetik material dan dengan demikian memiliki pengaruh besar pada sifat magnetik nanopartikel. Nanopartikel NiFe₂O₄ merupakan bahan magnetik halus dengan sifat saturasi magnetik tinggi, koersivitas rendah, permeabilitas tinggi, anisotropi rendah, suhu Curie tinggi, dan magnetostriksi rendah (Srivatasva *et al.*, 2009).

Nanopartikel NiFe₂O₄ memiliki sifat ferrimagnetik berdasarkan sepasang momen magnetik antiparalel antara momen magnetik ion Fe³⁺ situs tetrahedral dan momen magnetik ion situs oktahedral Ni²⁺ dan Fe³⁺. Karena sifat ini, nanopartikel NiFe₂O₄ spinel banyak digunakan di berbagai bidang teknis seperti perangkat fotolistrik, katalis, sensor, perangkat nano, perangkat gelombang mikro, dan pigmen magnetik. Nanopartikel NiFe₂O₄ termasuk dalam material ferit lunak, yang biasanya bersifat feromagnetik, memiliki konduktivitas listrik yang rendah, kehilangan arus eddy yang sangat rendah, stabilitas elektrokimia yang tinggi, dan katalisis banyak terdapat di alam (Mashadi *et al.*, 2016). Banyak metode yang telah dikembangkan untuk mensintesis nanopartikel NiFe₂O₄, antara lain metode

pembakaran, kopresipitasi, self-combustion sol-gel, dan metode hidrotermal. (Muflihatun *et al.*, 2015).

3.3. Lidah Buaya

Lidah buaya (*Aloe vera*) adalah tanaman bertangkai pendek yang ditutupi daun lebat, sebagian tertanam di tanah sehingga tidak terlihat. Tunas baru akan muncul dari batang ini dan menjadi anakan. Daun lidah buaya berbentuk seperti pita, berulir panjang, daging buahnya tebal, tidak bertulang, hijau keabu-abuan, berair, mengandung lateks dan gel (pengikat) sebagai bahan obat (Abu muhammad *et al.*, 2011).



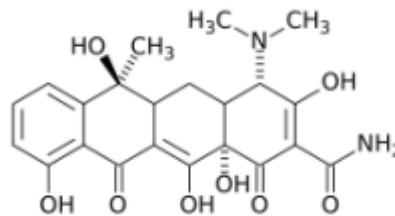
Gambar 5. Lidah Buaya (Melliawati,2018)

Lidah buaya merupakan tumbuhan berdaun berduri yang berasal dari daerah gersang di benua Afrika (Jamal Arifin, 2014). Lidah buaya (*Aloe vera*) merupakan tanaman yang sehat dan serbaguna yang mudah ditanam dan tumbuh di daerah panas (tropis) (Jamal Arifin, 2014). Di antara 200 spesies tanaman lidah buaya, terdapat tiga jenis yang bernilai komersial tinggi: *Aloe barbadensis* dari Amerika, *Areo ferox* dari Afrika, dan *Areo sinensis* dari Asia (Cina) (Jamal Arifin, 2014).

Penelitian telah menunjukkan bahwa enzim, asam amino, mineral, vitamin, dan polisakarida dalam Lidah Buaya (*Aloe Vera*) yang sangat bermanfaat bagi kesehatan antara lain aloin, barbaloin, isobarbaloin, aloe-emodin, dan aloenin. (azwar Agoes, 2015)

3.4. Tetrasiklin

Tetrasiklin pertama kali ditemukan oleh Lloyd Conover. Berita tentang Tetrasiklin pertama yang dipatenkan pada tahun 1955. Tetrasiklin adalah antibiotika yang menjanjikan dan terbukti menjadi salah satu penemuan antibiotika terpenting. Antibiotik golongan tetrasiklin yang pertama ditemukan adalah klortetrasiklin yang dihasilkan oleh *Streptomyces aureofaciens*. Kemudian ditemukan oksitetrasiklin dari *Streptomyces rimosus*. Tetrasiklin sendiri dibuat secara semisintetik dari klortetrasiklin, tetapi juga dapat diperoleh dari spesies *Streptomyces* lain (Bertram, 2007).



Gambar 6. Struktur Tetrasiklin (C₂₂H₂₄N₂O₈) (BPOM, 2014)

Senyawa yang termasuk dalam kelompok tetrasiklin memiliki kerangka karbon C-18 yang terhidrogenasi sebagian dan oleh karena itu disebut juga kerangka hidronaftasena. Beberapa senyawa yang termasuk golongan tetrasiklin ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Tabel 2. Struktur kimia golongan Tetrasiklin

Struktur kimia golongan tetrasiklin :

R1	R2	R3	R4	NAMA SENYAWA
H	H	H	H	6-Deoksi-6-dimetiltetrasiklin
H	OH	H	H	6-dimetiltetrasiklin
H	OH	CH ₃	H	Tetrasiklin (akromisin)
Cl	OH	H	H	7-kloro-6- dimetiltetrasiklin

H	OH	CH ₃	OH	5-hidroksitetrasiklin (oksi-tetrasiklin, teramisin)
Cl	OH	CH ₃	H	7-klorotetrasiklin (klor-tetrasiklin, aureomisin)

Tetrasiklin adalah agen antibakteri yang diperoleh dengan deklorinasi klortetrasiklin, reduksi oksitetrasiklin, atau fermentasi. Tetrasiklin adalah basa yang sedikit larut. Ini larut dalam air, tetapi bentuk garam natrium atau HCl mudah larut. Dalam keadaan kering, bentuk dasar dan garam tetrasiklin HCl relatif stabil. Kebanyakan tetrasiklin sangat tidak stabil dalam larutan dan dengan cepat kehilangan potensinya.

Dari senyawa tetrasiklin yang dijelaskan di atas, tetrasiklin alami meliputi tetrasiklin atau akromisin, oksitetrasiklin atau terramisin, dan klortetrasiklin atau auromisin. Di sisi lain, 6-dimethyltetracycline dan 7-chloro-6-dimethyltetracycline diproduksi oleh turunan mikroba yang awalnya berasal dari *Staphylococcus aureus*. Dua senyawa terakhir tidak mudah terdegradasi oleh asam dan basa, sehingga cocok untuk pemberian oral.

Dari struktur senyawa tetrasiklin yang ditunjukkan pada Tabel 2, perbedaan antara tetrasiklin, klorotetrasiklin dan oksitetrasiklin terletak pada adanya atom klorin pada C-7 (cincin D) dan gugus hidroksi pada C- memahami, 7 (Lingkaran D), 4 (cincin A) bingkai Hidronaftasen (Mandel, 1995).

3.5. Fotokatalis

Fotokatalis adalah kombinasi dari reaksi fotokimia yang membutuhkan elemen ringan dan katalis yang mendorong perubahan kimia. Perubahan ini terjadi pada permukaan katalis, dan katalis yang digunakan disebut bahan fotokatalitik (Rahma, 2018). Fotokatalis mengubah suatu energi cahaya menjadi suatu energy kimia dan di dalam prosesnya menghasilkan radikan hidroksil yang bereaksi redoks dengan suatu senyawa organic, sehingga air akan kembali jernih kembali dan terpisah dari suatu limbah atau zat warna (Sucahya *et al.*, 2016). Fotokatalis dibantu oleh cahaya dan material katalis yang digunakan, katalis adalah zat yang

mempengaruhi laju reaksi tetapi tidak ikut mengalami perubahan secara kimia. Katalis mampu mempercepat fotoreaksi melalui interaksi dengan substrat. Material yang digunakan sebagai fotokatalis berupa semikonduktor kemudian digunakan UV-Vis (*Ultra Violet-Visible*) untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang dari zat warna (Sutanto *et al.*, 2015).

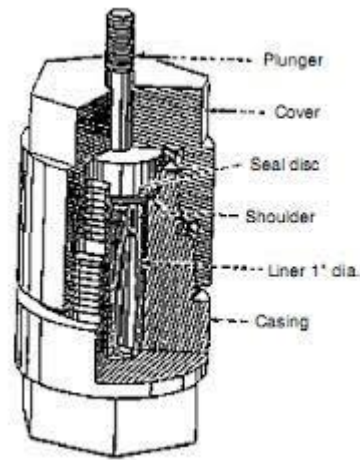
3.6. Fotodegradasi

Fotolisis adalah proses pemecahan senyawa organik menjadi molekul yang lebih sederhana menggunakan energi foton dan sinar ultraviolet. Senyawa yang digunakan dalam metode ini adalah senyawa fotokatalitik (Rahma, 2018). Fotodegradasi zat warna dapat dilakukan menggunakan bahan fotokatalis dan radiasi sinar ultraviolet (Saraswati *et al.*, 2015).

Bahan semikonduktor memiliki pita valensi dan konduksi yang dipisahkan oleh celah pita. Ketika katalis semikonduktor terkena sinar energi tinggi, elektron pita valensi (e^-) tereksitasi ke pita konduksi, meninggalkan lubang (H^-) di pita valensi. Lubang (H^-) berinteraksi dengan H_2O dan OH^- pada permukaan katalis membentuk radikal OH dengan sifat pengoksidasi kuat. Elektron (e^-) berinteraksi dengan O_2 pada katalis membentuk radikal superoksida yang berperan sebagai reduktor. Agen pengoksidasi dan pereduksi menyerang pewarna yang digunakan, menghasilkan CO_2 dan H_2O konsentrasi rendah dan beberapa asam (Batista *et al.*, 2010)

3.7. Metode Hydrothermal

Hidrotermal terdiri dari kata *hydro* yang berarti air dan *thermal* yang berarti panas. Dengan kata lain, metode hidrotermal adalah metode mengkristalkan suatu larutan dengan menggunakan air dan panas. Proses hidrotermal harus dilakukan dalam sistem tertutup untuk mencegah hilangnya pelarut saat dipanaskan di atas titik didih. Metode hidrotermal memberikan kristalinitas dan kemurnian yang lebih tinggi.



Gambar 7. Autoclave (Morey, G.W., Hydrothermal synthesis, J. Am. Ceram. Soc., 36, 279, 1953)

Prinsip rekayasa hidrotermal adalah memanaskan reaktan dalam bejana tertutup menggunakan air sebagai media, dan sistem tertutup ini memungkinkan tekanan dan suhu meningkat dengan cepat. Sintesis hidrotermal secara umum dapat diartikan sebagai sintesis kristal atau pertumbuhan kristal pada suhu dan tekanan tinggi. Sintesis hidrotermal berlangsung pada suhu di bawah 300 °C. Kemurnian tinggi dan kristalinitas tinggi telah dicapai dengan hanya menggunakan mineral alam berkualitas rendah dari Indonesia sebagai komponen utama metode hidrotermal. Teknologi sintesis hidrotermal memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Serbuk terbentuk langsung dari larutan, karena telah dikalsinasi pada suhu tinggi (1100 °C) selama 10 jam sehingga serbuk terjadi langsung di dalam larutan.
2. Ukuran dan bentuk partikel dapat dikontrol menggunakan bahan awal dan kondisi hidrotermal yang berbeda.
3. Reaktivitas serbuk yang dihasilkan tinggi, hal ini disebabkan penggunaan suhu yang sangat tinggi.
4. Di bawah kondisi air yang sangat panas, oksida logam yang tidak larut dalam air dapat menjadi larut. Atau jika suhu dan tekanan tidak mencukupi, maka

dapat ditambahkan garam alkali atau logam yang anionnya dapat membentuk kompleks dengan padatan sehingga padatan menjadi larut (Rani. B. J 2018).

3.8. Xenon

Xenon adalah unsur tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa berupa gas mulia dengan lambang kimia Xe, nomor atom 54, dan massa atom relatif 131,29. Xenon terbuat dari udara cair. Xenon digunakan untuk mengisi lampu sorot, dan lampu berkekuatan tinggi lainnya digunakan untuk mengisi ruang gelembung yang digunakan fisikawan untuk mempelajari partikel (William 2011).

Xenon digunakan dalam perangkat penghasil cahaya yang disebut bola lampu xenon, yang digunakan dalam lampu depan fotografi dan lampu sorot, membangkitkan media aktif dalam laser untuk menghasilkan cahaya yang koheren, dan juga digunakan sebagai lampu kuman. Xenon juga dikenal sebagai gas mulia pertama yang senyawanya berhasil diproduksi, Xe [PtF₆] atau xenon hexafluoroplatinate. Diciptakan pada tahun 1960, laser canggih pertama dipompa oleh bola lampu xenon, dan laser yang digunakan untuk menyalakan batas inersia fusi juga dipompa oleh lampu depan xenon (William 2000).

Xenon juga digunakan untuk fotografi bawah air. Lampu xenon melengkung untuk fotografi bawah air menghasilkan pancaran intensitas konstan 5600 a.u. (1 a.u. =10⁻⁸ cm). Kamera tahan air 16 mm dipasang di ujung depan torpedo. Tren utamanya adalah desain dan kondisi perlengkapan khusus ini untuk para amatir. Lampu xenon melengkung juga terbukti mencegah kebutaan akibat retinopati diabetik. Proses ini menghancurkan pembuluh darah di mata, menyebabkan vitreous berdarah dan seiring waktu digantikan oleh pembuluh darah baru (Lide in 2005).

3.9. Karakterisasi

3.9.1. Gas Sorption Analyzer (GSA)

Gas sorption analyzer (GSA) adalah alat untuk mengukur luas permukaan partikel dan menentukan distribusi ukuran pori partikel. Prinsip pengoperasian GSA

didasarkan pada siklus adsorpsi dan desorpsi isothermal gas nitrogen oleh sampel bubuk pada suhu nitrogen cair. Setiap siklus menghasilkan variasi data tekanan proses menurut hukum gas ideal $PV = nRT$ sebagai fungsi volume gas. Jumlah gas nitrogen yang diketahui ditambahkan ke tabung sampel dan sensor tekanan memberikan data tekanan proses variabel. Jumlah gas yang ditambahkan diketahui dan data yang diperoleh dari perubahan tekanan dapat dihitung sebagai persamaan BET. Hasil analisis permukaan BET memberikan informasi luas permukaan spesifik dan porositas volumetrik (Marsyahyo, 2009). Pengukuran fisik material seperti luas permukaan, volume pori, jari-jari pori, dan distribusi pori untuk menilai sifat material. Persyaratan bahan yang dicirikan oleh GSA meliputi padatan berpori, karbon aktif, penopang katalis, bahan organik, zeolit, alumina, lumpur silika, keramik, semen, kertas, serbuk logam, tulang, dan lainnya. (Agus, *et al.*, 2012).

Prinsip kerja GSA didasarkan pada mekanisme adsorpsi gas pada permukaan bahan padat pada berbagai kondisi suhu dan tekanan konstan (garis isothermal). Gas yang digunakan adalah helium untuk mikropori (500 \AA). GSA hanya mengukur jumlah gas yang terserap dalam pori-pori atau permukaan padat dalam kondisi isothermal ini. Volume gas yang diperoleh pada berbagai tekanan kemudian diplot pada grafik volume gas (v) versus tekanan relatif (P/P_0). Data yang diperoleh dapat diolah dengan menggunakan berbagai teori dan model komputasi dan selanjutnya dikembangkan menjadi data permukaan, volume pori dan radius pori. Penentuan luas permukaan spesifik, volume total, dan jari-jari pori rata-rata dari hasil isotherm adsorpsi menggunakan metode BET yang dikembangkan oleh Brunauer, Emmett, dan Teller untuk menggambarkan adsorpsi fisik molekul gas pada permukaan padat. Distribusi pori padat, yang berfungsi sebagai dasar untuk teknik analisis permukaan tertentu untuk suatu material. Penentuan permukaan pori menggunakan metode BET dalam model adsorpsi multi-layer. Luas total dapat dihitung sebagai berikut.

$$SA = \frac{W_m \times N \times CSA}{M_{gas}}$$

Dimana SA adalah luas permukaan total (satuan luas), N adalah bilangan Avogadro ($6,023 \times 10^{23}$ partikel/mol), W_m adalah berat gas nitrogen yang membentuk lapisan tunggal pada permukaan padat, dan CSA adalah luas penampang ($0,16 \times 10^{-18} \text{ m}^2$), dan M gas adalah berat gas nitrogen (g/mol). Instrumen GSA terdiri dari dua bagian utama, degasser dan analyzer, dimana degasser melakukan perlakuan awal padatan sebelum dianalisis. Proses degassing dilakukan dengan dua cara. Salah satunya adalah kondisi aliran di mana gas dipaksa masuk ke sel sampel dan kontaminan dipaksa masuk ke dalamnya, dan yang lainnya adalah kondisi vakum di mana tekanan berkurang dan kontaminan yang ada dikeluarkan. Analisis dilakukan dengan memasukkan gas nitrogen ke dalam tabung sampel melalui port gas sesuai dengan tekanan yang ditetapkan konstan.

3.9.2. X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar-X (XRD) adalah analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristal, termasuk menggunakan radiasi elektromagnetik sinar-X untuk mengidentifikasi struktur kristal (kualitatif) dan struktur fasa (kuantitatif) di dalam material. Selain itu, juga digunakan untuk menentukan detail lain seperti susunan berbagai jenis atom di dalam kristal, adanya cacat, orientasi, dan cacat kristal. Prinsip dasar XRD adalah membelokkan cahaya melalui celah kristal. Difraksi cahaya dalam kisi atau kristal ini dapat terjadi jika panjang gelombangnya berasal dari radius yang sesuai dengan jarak antar atom (sekitar 1 Angstrom). Radiasi yang digunakan adalah sinar-X, elektron dan neutron. Sinar-X adalah foton berenergi tinggi dengan panjang gelombang dalam kisaran Armstrong 0,5 hingga 2,5. Ketika sinar-X berinteraksi dengan materi, beberapa sinar diserap dan diteruskan dan yang lainnya dibiaskan. Hamburan difraksi inilah yang terdeteksi oleh XRD. Beberapa sinar-X yang tersebar berada di luar fase dan karena itu membatalkan satu sama lain, sementara yang lain dalam fase dan karenanya konstruktif. Sinar-X yang saling memperkuat ini disebut garis difraksi. Hukum Bragg mendefinisikan kondisi yang harus dipenuhi agar sinar-X yang tersebar menjadi sinar yang terdifraksi (Hakim *et al*, 2019).

Ketika sinar-X mengenai sampel, mereka dibiaskan ke segala arah sesuai dengan hukum Bragg. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut konstan dan menangkap cahaya yang dibiaskan oleh sampel. Sampel bubuk atau padatan kristal mengandung bidang kisi yang berorientasi acak yang mengandung butiran kristal. Karena setiap rangkaian bidang kisi memiliki orientasi sudut tertentu, difraksi sinar-X mematuhi hukum Bragg.

$$N\lambda = 2d \sin\theta$$

Dengan :

n : ord difraksi

d : Jarak kisi

λ : Panjang sinar-X

θ : Sudut difraksi

3.9.3. Scanning Electron Microscope (SEM-EDX)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah jenis mikroskop elektron yang mencitrakan permukaan suatu sampel dengan memindainya menggunakan elektron berenergi tinggi (Rajaratnam, 1953). Elektron berinteraksi dengan atom yang membentuk sampel menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang permukaan sampel (topografi), komposisi dan sifat lainnya seperti konduktivitas listrik (Winefordner, 2003). Fungsi SEM lainnya adalah untuk mengetahui morfologi senyawa hasil sintesis, distribusi pertumbuhan kristal, dan perubahan yang terjadi setelah kondisi preparasi. Prinsip kerja SEM adalah pendeteksian elektron-elektron yang dihamburkan oleh suatu sampel padat ketika ditembakkan oleh seberkas elektron berenergi tinggi yang dipercepat secara terus-menerus dalam sebuah kumparan elektromagnetik yang dihubungkan dengan tabung sinar katoda untuk menghasilkan informasi tentang keadaan permukaan suatu sampel senyawa. (Amiruddin *et al.*, 2013).

Energy Dispersive X-Ray (EDX) untuk mengetahui atau melihat kandungan dan penyebaran suatu unsur pada suatu material. Kemampuan karakterisasi sebagian besar disebabkan oleh prinsip dasar bahwa setiap elemen memiliki struktur atom yang unik yang memungkinkan serangkaian puncak unik pada spektrum emisi elektromagnetiknya. Prinsip pengoperasian EDX adalah sinar

berenergi tinggi yang mengandung partikel seperti elektron, proton, dan sinar-X difokuskan ke sampel yang diperiksa. Cahaya yang dihasilkan menggairahkan elektron di kulit bagian dalam untuk mengeluarkannya dari kulit dan membuat lubang elektron tempat elektron dulu berada. Ketika sebuah elektron mengisi lubang dari luar kulit energi tinggi, perbedaan energi antara kulit energi tinggi dan kulit energi rendah dipancarkan dalam bentuk sinar-X (Rajarathnam, 1953).

SEM-EDX merupakan alat untuk analisis kuantitatif dan kualitatif elemen yang didasarkan pada analisis spectrl radiasi sinar-X karakteristik yang dipancarkan dari atom sampel pada iradiasi dengan berkas elekttron yang difokuskan dari SEM (Julinawati *et al.*, 2015).

3.10. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu metode instrument yang paling sering diterapkan dalam analisis kimia untuk mendeteksi senyawa (padat/cair) berdasarkan absorbansi foton. Agar sampel dapat menyerap foton pada daerah UV-VIS (panjang gelombang foton 200 nm – 700 nm), biasanya sampel harus diperlakukan atau derivatisasi, misalnya penambahan reagen dalam pembentukan garam kompleks dan lain sebagainya (Irawan, 2019). Pengukuran panjang gelombang dan absorbansi analit menggunakan alat spektrofotometer yang melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis (Day Underwood *et al.*, 2002). Perpindahan elektron molekul mempengaruhi proses penyerapan radiasi ultraviolet. Molekul yang membutuhkan lebih banyak energi untuk transisi elektron menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek (Amiruddin *et al.*, 2013).

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis adalah cahaya yang berasal dari lampu deuterium maupun wolfram yang memiliki sifat polikromatis kemudian akan diteruskan melalui lensa menuju monokromator pada spektrofotometer dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator lalu akan mengubah cahaya polikromatis menjadi monokromatis atau bisa disebut cahaya tunggal. Berkas cahaya pada panjang gelombang tertentu akan dilewatkan pada sampel, sehingga ada cahaya yang diserap dan ada juga cahaya yang dilewtakan. Cahaya tersebut diterima oleh detektor dan menghitung cahaya yang diterima dan mengetahui cahaya yang

diserap dalam sampel. Cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi zat yang terkandung pada sampel sehingga diketahui konsentrasi sampel secara kuantitatif.

Absorbansi suatu senyawa bergantung pada panjang gelombang dan meningkat dengan jumlah molekul transisi. Oleh karena itu, absorbansi bergantung pada struktur elektronik senyawa, serta konsentrasi sampel dan panjang sel sampel. Oleh karena itu penyerapan energi dinyatakan dalam bentuk absorptivitas molar. Jumlah yang diserap dinyatakan dengan rumus berikut.

$$A = \epsilon b c \text{ atau } A = a b c$$

dengan ϵ = Absorptivitas molar

A = Absorbansi

a = Absorptivitas (g/L)

b = Tebal Kuvet (cm)

c = Konsentrasi (mg/L)

(Fessenden dan Fessenden, 1982)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan gelas, neraca analitik (US Solid Analytical Balance), oven (Phillips), magnetic stirrer, reactor fotokatalis, Spektrofotometer UV-Vis (Hitachi UH5300), Scanning Electron Microscope (SEM-EDX) dan X-ray diffraction (XRD), Gas Sorption Analyzer (GSA). Sedangkan bahan yang digunakan adalah Iron (III) chloride hexahydrate, Nikel (II) chloride hexahydrate, Tetrasiklin, Aquades, Lidah buaya

4.2. Cara Kerja

4.2.1. Preparasi Ekstraks Lidah Buaya

Ditimbang 25 gram Lidah Buaya, kemudian ditambahkan Aquades 100 mL. lalu dihaluskan menggunakan Blender sampai homogen. Di dapat ekstraks lidah buaya.

4.2.2. Sintesis NiFe_2O_4 dengan suhu kalsinasi 400 °C dan 500 °C

Ditimbang $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 2,701 gram dan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 1,19 gram. Kemudian masing-masing larutan diencerkan menggunakan Aquades sebanyak 20 mL. kemudian di siapkan ekstraks Lidah Buaya sebanyak 50 mL. Selanjutnya $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan ekstraks lidah buaya dituangkan ke gelas beker menjadi satu. Lalu diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 15 menit dan di tambahkan NaOH perlahan sampai mencapai pH 11 jika sampel sudah mencapai pH 11 di stirer sampai homogen. Sampel dimasukkan ke autoklaf dan di oven dengan suhu 150 °C semalaman. Kemudian di keluarkan dari oven lalu sampel di pindahkan ke cawan, sampel dioven kembali sampai kering. Selanjutnya sampel di keluarkan dari oven dan dihaluskan menggunakan mortar dan alu, lalu di kalsinasi dengan suhu 400 °C dan 500 °C.

4.2.3 Karakterisasi Sampel

Karakterisasi NiFe_2O_4 menggunakan instrumen Scanning Electron Microscope (SEM-EDX) dan X-ray diffraction (XRD), Gas Sorption Analyzer.

4.2.4. Uji Fotokatalisis NiFe_2O_4 Menggunakan Lampu UV

Ditimbang NiFe_2O_4 sebesar 0,2 gram. Kemudian diambil 100 ppm Tetrasiklin sebanyak 50 mL. Diencerkan 250 mL dengan Aquades, kemudian disusun reactor fotokatalis dengan menggunakan lampu UV. Dicampurkan NiFe_2O_4 dengan larutan Tetrasiklin yang diencerkan 250 mL. Di uji fotokatalis selama 2 jam dengan parameter 0, 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Kemudian di uji dengan menggunakan Uv-Vis.

4.2.5. Uji Fotokatalisis NiFe_2O_4 Menggunakan Lampu Xenon

Ditimbang NiFe_2O_4 sebesar 0,2 gram. Kemudian diambil 100 ppm Tetrasiklin sebanyak 50 mL. Diencerkan 250 mL dengan Aquades, kemudian disusun reactor fotokatalis dengan menggunakan lampu Xenon. Dicampurkan NiFe_2O_4 dengan larutan Tetrasiklin yang diencerkan 250 mL. Di uji fotokatalis selama 2 jam dengan parameter 0, 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Kemudian di uji dengan menggunakan Uv-Vis.

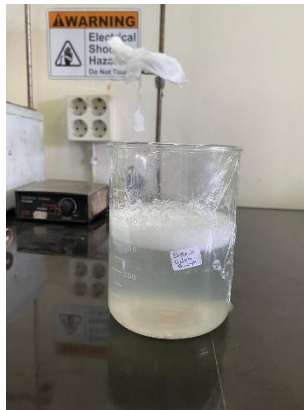
BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini membahas mengenai Sintesis NiFe_2O_4 Menggunakan Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe Vera*) dengan Variasi Suhu Kalsinasi. Nanopartikel NiFe_2O_4 merupakan salah satu material ferit lunak yang memiliki sifat feromagnetik yang khas, konduktivitas rendah dan kehilangan arus eddy rendah, stabilitas elektrokimia tinggi, perilaku katalitik, dan banyak tersedia di alam. (Sivakumar dkk, 2011). Nanopartikel merupakan partikel koloid padat dengan diameter 1-100 nm (Abdassah, 2017). Nanopartikel memiliki kelebihan yaitu diantaranya kemampuan untuk menembus ruang-ruang antar sel yang dapat ditembus oleh partikel koloidal (Martien *et al.*, 2012). Sintesis nanopartikel dengan penambahan suatu ekstrak tanaman disebut dengan biosintesis nanopartikel. Pada penelitian ini ekstrak tanaman yang digunakan yaitu Lidah Buaya. Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan beberapa instrumen yaitu XRD, SEM-EDX dan GSA. Aplikasi NiFe_2O_4 dalam mendegradasi tetrasiklin dengan menggunakan reaktor fotokatalisis dan perlakuan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vuble.

5.1. Preparasi Ekstrak Lidah Buaya

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu preparasi ekstrak lidah buaya. Lidah buaya tersendiri berfungsi sebagai surfaktan. Surfaktan adalah senyawa kimia yang dapat menurunkan tegangan permukaan. Pembuatan ekstrak lidah buaya yang pertama dilakukan menimbang 25 gram lidah buaya yang telah di kupas dari kulitnya dan 100 mL. kemudian di haluskan menggunakan blender sampai homogen. Fungsi aquades sebagai pelarut organik agar sesuai menggunakan prinsip *green chemistry*.



Gambar 8. Ekstrak Lidah Buaya

Tanaman lidah buaya mengandung bahan aktif saponin ($C_{27}H_{42}O_3$). Saponin tidak larut dalam eter, tetapi larut dalam air dan etanol. Saponin menghasilkan busa berbusa bila dicampur dengan air. Gel lidah buaya mengandung saponin, yang merupakan glikosida aglikon yang dapat dibagi menjadi dua kelas: saponin steroid dan saponin triterpenoid. Saponin steroid memiliki 27 atom karbon dan saponin triterpenoid memiliki 30 atom karbon. Ciri khas saponin steroid adalah pembentukan busa berbusa bila dicampur dengan air dan dikocok. Berbusa menunjukkan bahwa saponin merupakan senyawa makromolekul dengan sifat penurun tegangan permukaan. Hal ini karena saponin memiliki dua gugus, yaitu gugus hidrofilik yang larut dalam zat polar (air) dan gugus lipofilik yang larut dalam zat non polar (minyak dan lemak). Oleh karena itu, ketika molekul saponin diserap ke dalam air, tegangan permukaan air berkurang dan terbentuk busa. Karena sifat saponin ini, saponin disebut surfaktan alami (Allaedini, 2015)

5.2. Sintesis $NiFe_2O_4$ dengan suhu kalsinasi 400 °C dan 500 °C

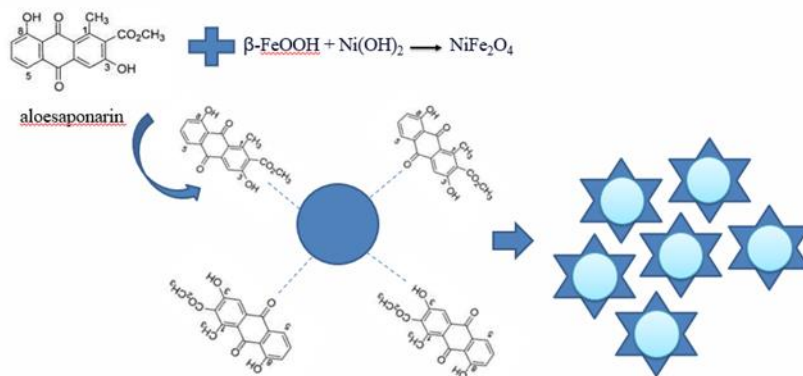
Sintesis $NiFe_2O_4$ diamati perbandingan suhu kalsinasi yaitu 400 °C dan 500 °C yang bertujuan untuk mengetahui hasil yang optimum pada saat melakukan sintesis $NiFe_2O_4$. Penelitian ini menggunakan metode *bottom-up* merupakan proses sintesis nanopartikel secara kimia dengan melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (prekursor) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer dengan cara pembentukan nanopartikel garam dengan mereaksikan asam dan basa yang bersesuaian (Patra *et al.*, 2014). Metode sintesis nanopartikel

yang banyak dilakukan yaitu penggunaan reagen kimia yang ramah lingkungan atau lebih dikenal sebagai pendekatan kimia hijau (*green chemistry*).

Sintesis nanopartikel NiFe_2O_4 ini menggunakan bahan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebagai agen prekursor dan ekstrak lidah buaya sebagai bahan surfaktan. Reaksi yang terjadi antara $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan NaOH yaitu



Selanjutnya $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 2.701 gram, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1,19 gram kemudian diencerkan menggunakan aquades sebanyak 20 ml dan ekstrak lidah buaya sebanyak 50 ml. lalu semua bahan di campurkan menjadi satu di gelas beker dan di aduk menggunakan pengaduk magnetic selama 15 menit. Fungsi pengadukan yaitu agar larutan tercampur rata atau homogen. Setelah itu ditambahkan larutan NaOH sampai pH 11 diaduk kembali menggunakan pengaduk magnetic selama 2 jam. Fungsi pengadukan kembali agar larutan homogen dengan ekstrak lidah buaya. Lidah buaya sebagai surfaktan yang melekat pada nanopartikel dengan memanfaatkan gugus yang bersifat hidrofilik seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Sintesis NiFe_2O_4

Pada gambar 9. Aloesaponarin memiliki hidrofilik (bagian kepala) dan hidrofobik (bagian ekor). Senyawa hidrofilik ini yang menempel pada nikel. Hidrofilik yang menempel disini bagian hidroksil (-OH) dan double bond O (=O). Bagian ini mampu menempel karena merupakan ion negatif. Dengan demikian,

saponin dapat bertindak sebagai capping agent untuk mengontrol pertumbuhan anisotropik perak. Gugus hidroksil juga berfungsi sebagai penstabil yang efektif untuk nanopartikel.

Tahap berikutnya larutan di masukan ke dalam autoklaf dan dimasukan kedalam oven dengan suhu 150 °C selama 24 jam. Autoklaf dilakukan agar uap-uap yang terkumpul di dalam autoklaf akan memberikan tekanan yang terlalu besar sehingga dapat menghambat pertumbuhan partikel. Kemudian larutan yang di peroleh dari proses hidrotermal di pindahkan ke dalam cawan dan di oven sampai kering. Fungsi pengovenan yaitu menghilangkan sisa kadar air yang terdapat pada larutan. Setelah kering sampel di haluskan menggunakan mortar dan alu yang berfungsi untuk memperluas luas permukaan dari sampel. Lalu di kalsinasi dengan variasi suhu 400 °C dan 500 °C selama 2 jam. Fungsi pemanasan dengan menggunakan kalsinasi yaitu proses pemanasan, penghilangan kandungan air, karbon dioksida atau gas lain yang mempunyai ikatan kimia dengan material pada temperatur tinggi di bawah titik leleh dari zat penyusun material. Dan dikarakterisasi dengan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM-EDX) dan X-ray diffraction (XRD), Gas Sorption Analyzer (GSA).



(a)



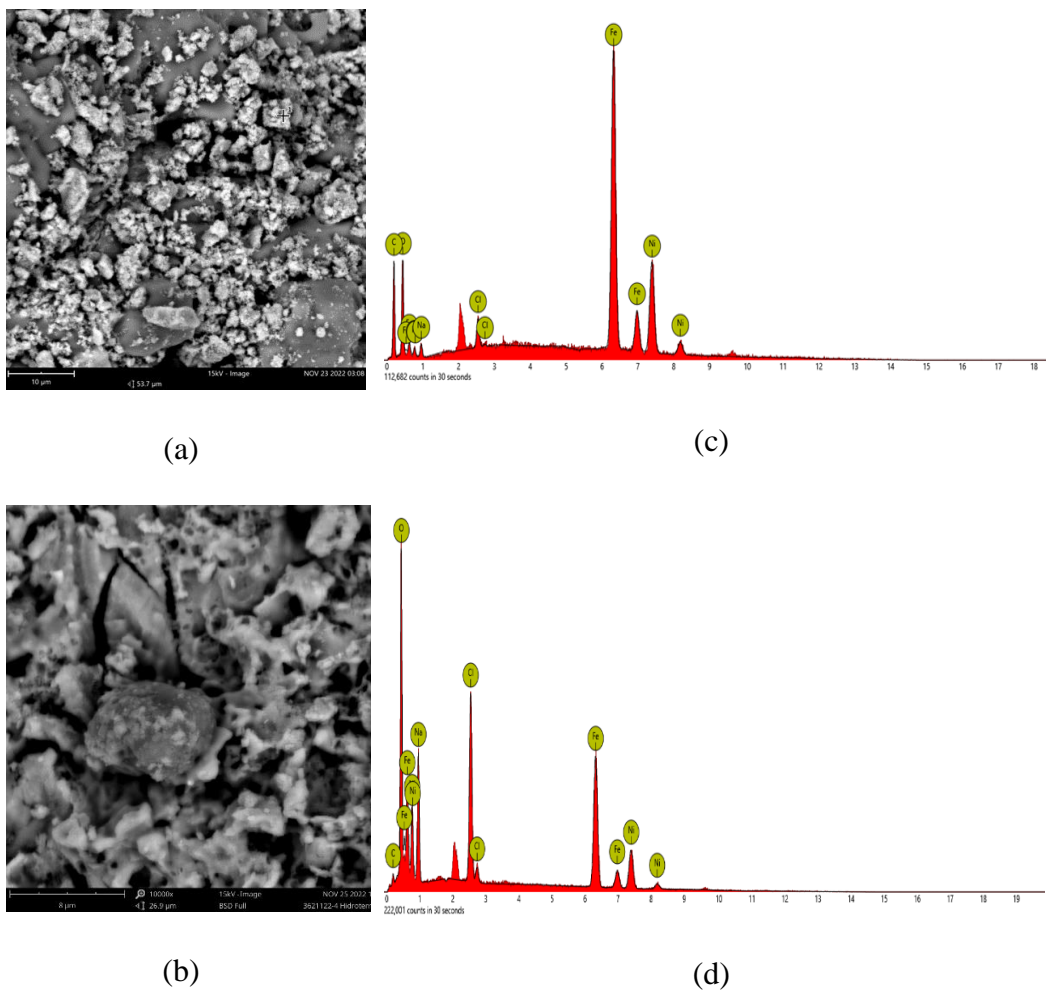
(b)

Gambar 10. Hasil sintesis (a) NiFe_2O_4 suhu 400 °C dan (b) NiFe_2O_4 suhu 500 °C

5.3. Karakterisasi NiFe₂O₄

5.3.1. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX

Karakterisasi material menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi dan topografi material NiFe₂O₄ dan karakterisasi EDX untuk mengetahui informasi unsur-unsur yang terkandung dalam kandungan NiFe₂O₄ dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 11. Hasil SEM-EDX NiFe₂O₄ suhu (a) 400 °C dan (b) 500 °C

Bedasarkan hasil yang di peroleh pada Gambar 11. NiFe₂O₄ memiliki bentuk dengan permukaan berpori karena terlihat rongga dengan ukuran yang secara keseluruhan hampir sama. SEM ini memperkuat bahwa ekstrak lidah buaya berperan sebagai surfaktan yang bisa memberikan luas permukaan dan sifat pori

pada material yang telah disintesis. Pengukuran dengan instrumen SEM ini dilakukan dengan perbesaran 5.000 kali dan 10.000 kali.

Pada hasil SEM gambar (a) NiFe_2O_4 pada suhu kalsinasi $400\text{ }^\circ\text{C}$ menunjukkan bawah distribusi ukuran partikelnya banyak gumpalan-gumpalan besar. Morfologi NiFe_2O_4 alam berbentuk bulat dan masih terdapat banyak pengotor yang menyelimuti permukaan NiFe_2O_4 . Kemudian ukuran partikel yang tidak seragam dan terdapat pori namun tidak banyak dan memiliki ukuran yang bervariasi. Pada gambar (b) NiFe_2O_4 pada suhu kalsinasi $500\text{ }^\circ\text{C}$ memiliki bentuk dengan permukaan berpori karena terlihat rongga dengan ukuran yang secara keseluruhan hampir sama dan masih terdapat gumpalan-gumpulan putih yaitu pengotor.

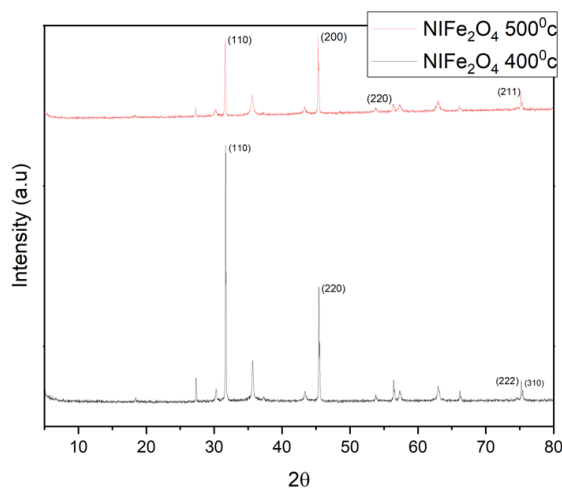
Karakterisasi menggunakan EDX dilakukan pada sampel NiFe_2O_4 dengan suhu kalsinasi $400\text{ }^\circ\text{C}$ dan $500\text{ }^\circ\text{C}$ untuk mengetahui suatu unsur yang ada didalam sampel tersebut. Hasil dari karakterisasi EDX dapat dilihat pada Gambar 10, berdasarkan pada Gambar 8(a) dan (c). Material NiFe_2O_4 dengan suhu kalsinasi $400\text{ }^\circ\text{C}$ pada Gambar 8(a) dan (c) mengandung unsur Fe, Ni, O, Cl, Na yang mana unsur ini sesuai dengan rumus molekul dari NiFe_2O_4 dan yang menandakan bahwa sampel telah berhasil disintesis. Pada Gambar 10 (b) dan (d). Mengandung unsur Fe, Ni, O, Cl, Na. Dengan unsur Fe, Ni, O, Cl, Na yang mendominasi merupakan unsur penyusun NiFe_2O_4 . Adanya unsur karbon, klorin, dan natrium diduga masih adanya pengotor di dalam nanopartikel yang disintesis. Perbandingan unsur material NiFe_2O_4 suhu kalsinasi $400\text{ }^\circ\text{C}$ dan $500\text{ }^\circ\text{C}$ dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan unsur NiFe_2O_4 suhu kalsinasi $400\text{ }^\circ\text{C}$ dan $500\text{ }^\circ\text{C}$

Sampel	Konsentrasi Atom (%)					
	Fe	Ni	O	C	Cl	Na
NiFe_2O_4 suhu $400\text{ }^\circ\text{C}$	52,52	29,41	3,70	12,56	1,05	0,75
NiFe_2O_4 suhu $500\text{ }^\circ\text{C}$	50.73	28.11	18.23	1.47	1.35	0.10

5.3.2. Karakterisasi menggunakan XRD

Material NiFe_2O_4 hasil sintesis kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD. Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui kristalinitas dari material NiFe_2O_4 . Dari karakterisasi didapatkan hasil informasi berupa sudut refleksi (2θ) dan berupa intensitas (I). Prinsip kerja dari XRD yaitu sampel ditembakkan dengan sinar-X sehingga akan terjadi difraksi gelombang untuk bidang berjarak d_{hkl} dengan sudut 2θ yang memenuhi difraksi Bragg. Sudut refleksi (2θ) dilakukan untuk menghitung untuk menghitung jarak antar atom d_{hkl} , ukuran kristal, jenis kristal dan bidang-bidang kristal (hkl). Karakterisasi dilakukan kepada 2 sampel yaitu NiFe_2O_4 400 °C dan yaitu NiFe_2O_4 500 °C. Perhitungan pada XRD dapat menggunakan dengan Microsoft Excel.



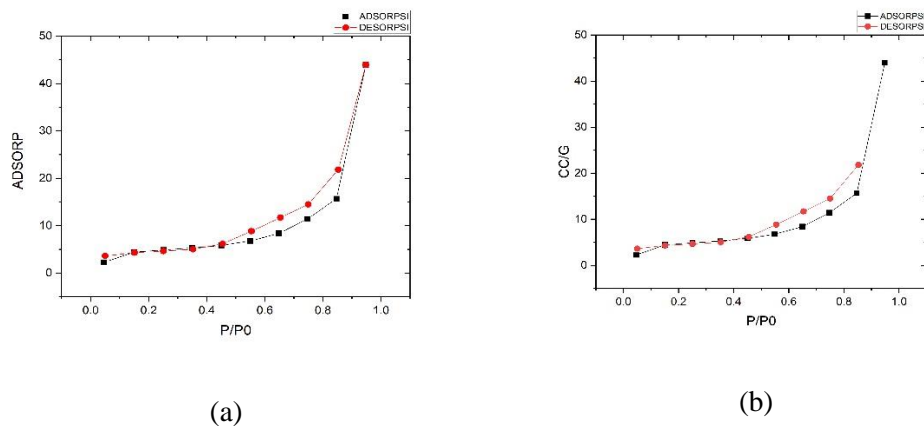
Gambar 12. Difraktogram dari NiFe_2O_4 suhu 400 °C dan NiFe_2O_4 500 °C

Gambar 12. Di peroleh difraktogram XRD menunjukkan hasil sintesis Nikel Ferit (NiFe_2O_4). Dapat dilihat pada puncak-puncak difraktogram yang muncul bahwa hasil sintesis NiFe_2O_4 400 °C memiliki kristalinitas yang hampir sama tingginya dengan sintesis NiFe_2O_4 500 °C. Fasa yang terbentuk dari kedua hasil sintesis ini berupa fasa kristalin dikarenakan puncak yang berbentuk lancip dan tidak melebar. Pada hasil sintesis NiFe_2O_4 400 °C diperoleh puncak-puncak pada sudut difraksi 2θ 31.692 (110), 45.434 (200), 75.229 (222), dan 75.462 (310) menunjukkan bahwa pola difraksi yang terbentuk merupakan kristal NiFe_2O_4 (Haq

et al., 2021). Kemudian hasil dari NiFe₂O₄ 500 °C juga menunjukkan terbentuknya kristal NiFe₂O₄ berbentuk spinel kubik yang ditunjukkan oleh puncak-puncak pada sudut difraksi 2θ 31.62 (110), 45.336 (200), 75.168 (221), dan 56.39 (220). Baik hasil sintesis NiFe₂O₄ 400 °C dan NiFe₂O₄ 500 °C sesuai dengan nilai JCPDS nomor 10-0325 dan JCPDS nomor 77-0426 bahwa nanopartikel NiFe₂O₄ dengan fase kristal berstruktur spinel kubik (Haq *et al.*, 2021) (Baig *et al.*, 2020). Sintesis nanopartikel memiliki struktur berupa Spinel Ferit menunjukkan bahwa NiFe₂O₄ 400 °C memiliki ukuran rata-rata 68.33 nm, kemudian NiFe₂O₄ 500 °C memiliki ukuran rata-rata 49.98 nm. Kedua hasil sintesis ini memenuhi ketentuan nanopartikel yaitu 1-100 nm.

5.3.3. Karakterisasi menggunakan GSA

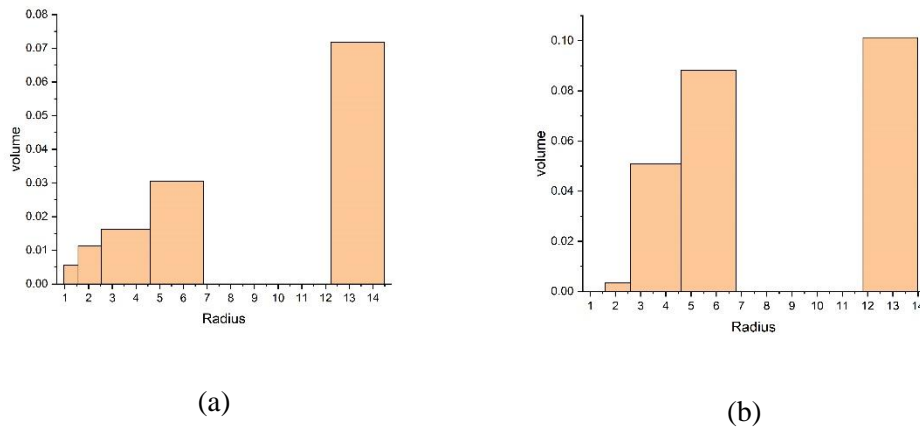
Karakterisasi material Nanopartikel hasil sintesis dengan menggunakan GSA ini bertujuan untuk mengetahui luas permukaan spesifik, luas permukaan total, volume pori dan diameter pori dari hasil sintesis. Hasil karakterisasi disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Kurva Isotherm Linear (a) NiFe₂O₄ 400 °C dan (b) NiFe₂O₄ 500 °C

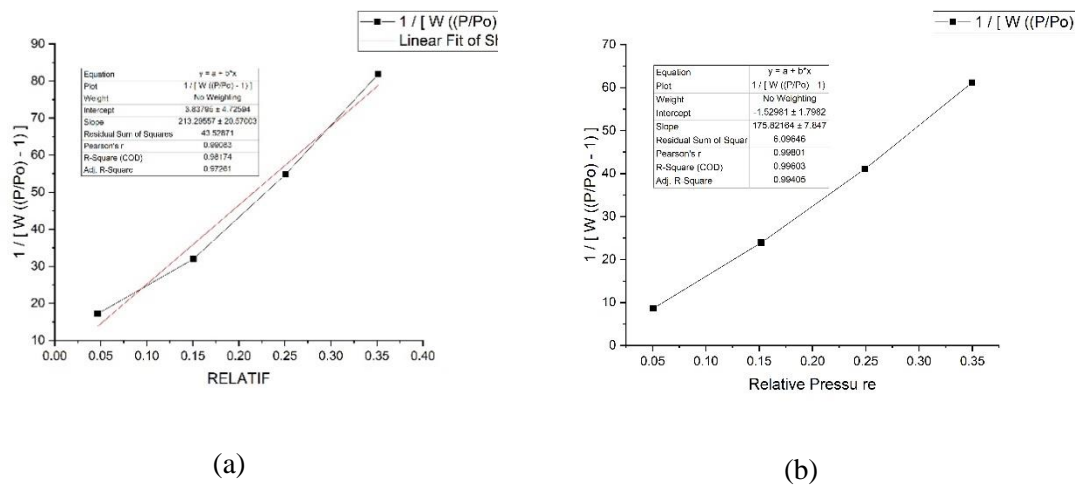
Berdasarkan kurva Isotherm Linear pada Gambar 13. maka ukuran pori dari hasil (a) NiFe₂O₄ 400 °C memiliki tipe IV yang menandakan bahwa nanopartikel yang dihasilkan memiliki rentang ukuran 2-50 nm atau disebut mesopori. Kemudian hasil sintesis (b) NiFe₂O₄ 500 °C juga memiliki kurva isotherm dengan

tipe IV yang menandakan nanopartikel ini juga memiliki rentang ukuran 2-50 nm atau bisa disebut ukuran mesopori. Untuk menentukan distribusi ukuran pori dari Nanopartikel NiFe_2O_4 hasil sintesis, di buat kurva distribusi ukuran pori dengan menggunakan BJH adsorpsi.



Gambar 14. Kurva Distribusi Ukuran Pori (a) NiFe_2O_4 400 °C dan (b) NiFe_2O_4 500 °C

Kurva distribusi ukuran pori menunjukkan bahwa hasil sintesis NiFe_2O_4 400 °C dan NiFe_2O_4 500 °C diperkirakan memiliki ukuran pori mesopori yaitu diantara 2-50 nm. Dari Gambar (a) NiFe_2O_4 400 °C diketahui distribusi pori dari hasil analisis menggunakan metode BJH diketahui distribusi ukuran porinya 1-6,6 nm dan 12-14 nm serta luas permukaan spesifik sebesar 0.0623 g dan total volume pori 6.8147e-02 cc/g. kemudian dari gambar (b) NiFe_2O_4 500 °C diketahui distribusi pori dari hasil analisis menggunakan metode BJH diketahui distribusi ukuran porinya 1-6,6 nm dan 12-14 nm serta luas permukaan spesifik sebesar 0.0621 g dan total volume pori 8.7813e-02 cc/g. Dilakukan perhitungan luas permukaan spesifik dengan menggunakan metode BET yang disajikan dengan kurva linear BET berikut :



Gambar 15 . Kurva Linear BET (a) NiFe₂O₄ 400 °C dan (b) NiFe₂O₄ 500 °C

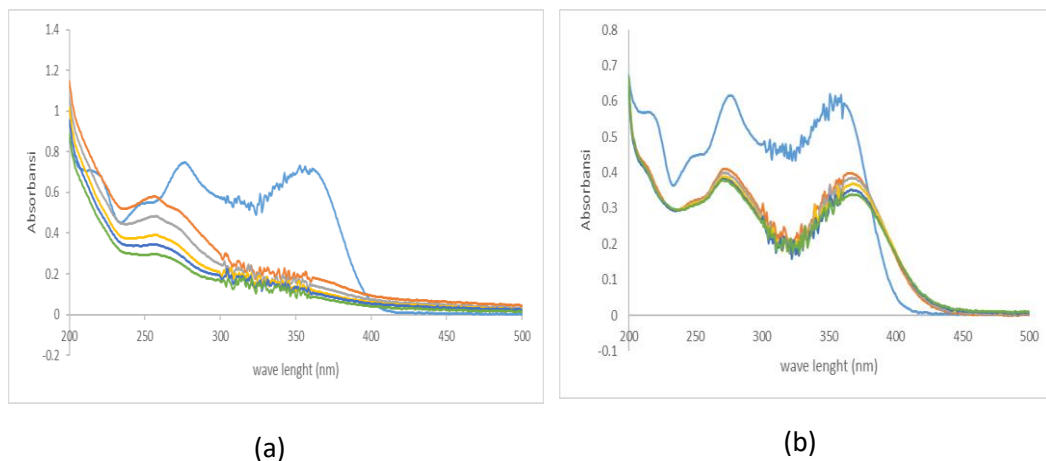
Luas permukaan total dan luas permukaan spesifik yang diperoleh menunjukkan bahwa hasil sintesis NiFe₂O₄ 400 °C memiliki luas permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil sintesis NiFe₂O₄ 500 °C. Luas permukaan total yang diperoleh dari hasil sintesis NiFe₂O₄ 400 °C yaitu 16,03 m²/g dan luas permukaan spesifiknya yaitu 257,45 m²/g. Sedangkan pada hasil sintesis NiFe₂O₄ 500 °C diperoleh luas permukaan total yaitu 19,63 m²/g dan luas permukaan spesifiknya yaitu 316,25 m²/g.

5.4. Fotodegradasi Tetrasiklin dengan fotokatalis NiFe₂O₄ 400 °C

Menggunakan Lampu UV dan Lampu XN

Pengujian fotodegradasi NiFe₂O₄ menggunakan lampu UV dan XN dengan variasi suhu kalsinasi 400 °C menggunakan ekstrak lidah buaya. Uji fotodegradasi dilakukan dibawah reactor dan dibantu dengan cahaya yang berasal dari lampu UV dan XN NiFe₂O₄ sebagai katalis. Langkah awal yang dilakukan pada uji fotodegradasi yaitu di buat larutan tetrasiklin dari konsentrasi 100 ppm dengan metode pengenceran. Pengenceran merupakan proses penurunan konsentrasi dari larutan induk dengan menambahkan pelarut yang lebih banyak. Kemudian di ambil 50 ml dan di encerkan 250 ml menggunakan aquades. Proses fotodegradasi

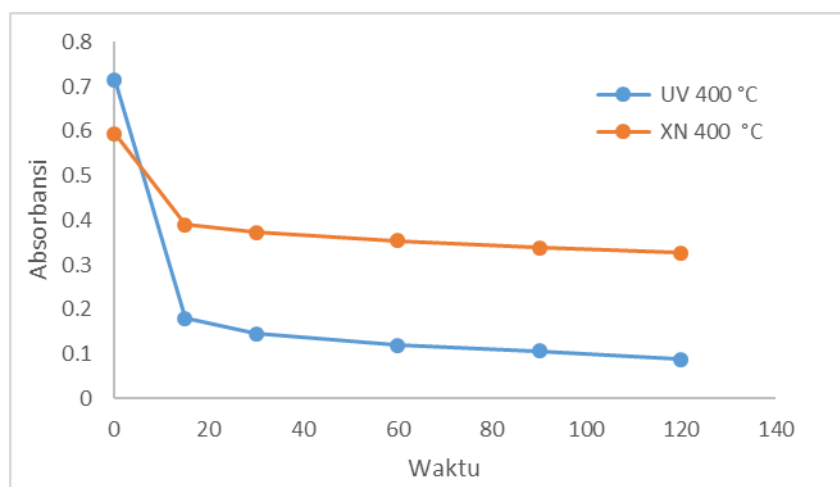
tetrasiklin ini dilakukan di dalam reaktor fotokatalis dengan lampu UV dan XN selama 2 jam. Dengan waktu setiap 15 menit; 30 menit; 45 menit; 60 menit; 90 menit; 120 menit. Larutan tetrasiklin yang sudah di encerkan sebelum di degradasi diambil sebagai parameter atau pembanding dan diberi tanda sebagai waktu 0 menit. Proses degradasi perlu adanya analisis kuantitatif dengan mengukur absorbansinya pada Panjang gelombang 200 nm – 800 nm. Selanjutnya dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dengan hasil dari fotokatalis dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16 untuk diketahui absorbansinya



Gambar 16 (a) Grafik spektra UV-Vis NiFe₂O₄ 400 °C UV (b) grafik spektra UV-Vis NiFe₂O₄ 400 °C XN

Pada gambar 16. merupakan hasil analisis dari proses fotodegradasi NiFe₂O₄ 400 °C UV menggunakan tetrasiklin selama 120 menit, dimana pada grafik diatas mengalami penurunan dimana panjang gelombang yang di dapat yaitu 361 nm (b) yang merupakan hasil dari NiFe₂O₄ 400 °C XN mengalami penurunan tetapi tidak signifikan seperti NiFe₂O₄ 400 °C UV. Menurut Moffat (2004) tetrasiklin memiliki serapan maksimum dalam larutan asam pada panjang gelombang 270 nm dan 356 nm. pada gambar Hasil dari gambar (a) di dapat panjang gelombang sebesar 361 nm dengan waktu 0 menit absorbansi sebesar 0,716, waktu 15 menit abs sebesar 0,180, waktu 30 menit abs sebesar 0,145, waktu 60 menit abs sebesar 0,119, waktu 120 menit abs sebesar 0,088. Kemudian didapat orde 1 dan orde 2 sebesar 0,7921

dan 0,9309. Pada gambar (b) di dapat panjang gelombang 361 nm dengan waktu 0 menit abs sebesar 0,594, waktu 15 menit abs sebesar 0,390, wakt 30 menit abs sebesar 0,373, waktu 60 menit abs sebesar 0,354, waktu 90 menit abs sebesar 0,338, waktu 120 menit abs sebesar 0,326. Lalu di dapat orde 1 dan 2 yaitu sebesar 0,7744 dan 0,8193. Hasil dari fotodegradasi limbah tetrasiklin dengan konsentrasi 20 ppm menggunakan NiFe₂O₄ 400 °C UV dan NiFe₂O₄ 400 °C XN terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Perubahan konsentrasi limbah tetrasiklin dengan fotokatalis NiFe₂O₄ 400 °C UV dan NiFe₂O₄ 400 °C XN

Dengan menggunakan rumus % degradasi diperoleh persentase degradasi tetrasiklin dengan menggunakan fotokatalis NiFe₂O₄ 400 °C UV yaitu 87.70%. Sedangkan persentase degradasi tetrasiklin dengan menggunakan fotokatalis NiFe₂O₄ 400 °C XN yaitu 45.11%. Berdasarkan hasil persentase degradasi tetrasiklin ini, nanopartikel NiFe₂O₄ 400 °C UV lebih baik dalam mendegradasi tetrasiklin.

Untuk mengetahui kinetika reaksi dari fotodegradasi tetrasiklin yang dilakukan menggunakan reaktor lampu UV dapat ditentukan melalui orde reaksinya dengan melihat nilai R² (koefisien determinasi) yang paling mendekati 1. Ini bertujuan agar diketahuinya aktivitas dari molekul pada saat terjadinya tumbukan antar molekul. Orde reaksi pada NiFe₂O₄ 400 °C dan NiFe₂O₄ 400 °C disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Orde reaksi fotodegradasi limbah tetrasiklin

Variasi	NiFe ₂ O ₄ UV 400 °C			NiFe ₂ O ₄ XN 400 °C		
	R ²	Slop	Intersep	R ²	Slop	Intersep
Orde 1	0.6275	-0.013	2.2149	0.5998	-0.0037	2.7608
Orde 2	0.8667	0.0025	0.1255	0.6713	0.0003	0.0643

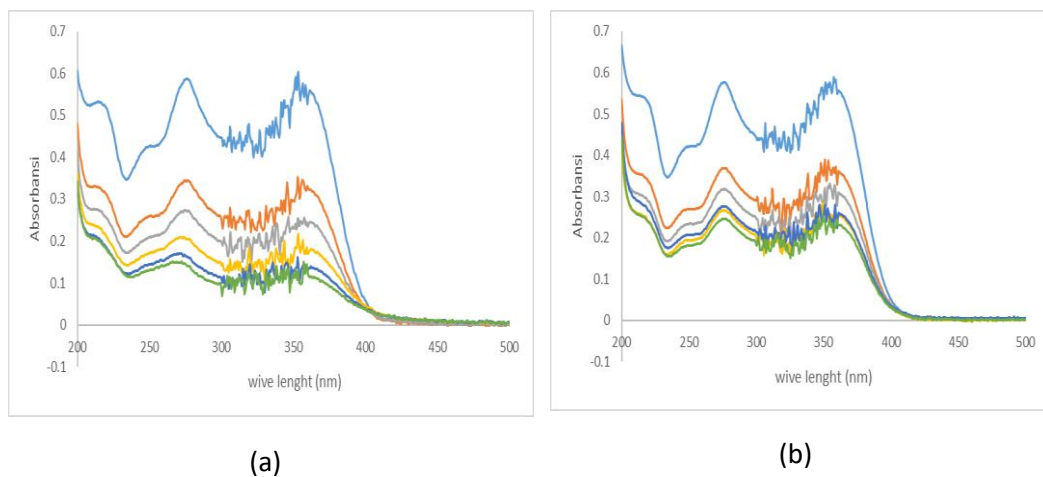
Hasil dari orde reaksi fotodegradasi limbah tetrasiklin pada tabel 4. menggunakan NiFe₂O₄ UV 400 °C mengikuti mengikuti reaksi orde 2 karena R² nya yang paling mendekati nilai 1 di bandingkan reaksi orde 1. Hal ini menunjukkan bahwa laju reaksi yang terjadi dipengaruhi oleh konsentrasi dari tetrasiklin sehingga jika konsentrasi tetrasiklin ditambahkan maupun dikurangi maka laju reaksi akan berubah. Lalu di dapat nilai konstanta laju reaksi yaitu sebesar 0,0025 M/s. Kemudian hasil dari Orde reaksi fotodegradasi limbah tetrasiklin menggunakan NiFe₂O₄ XN 400 °C mengikuti reaksi orde 2 yang dimana R² nya mendekati nilai 1 di bandingkan dengan reaksi orde 1 dan di dapat nilai konstanta laju reaksi yaitu sebesar 0,0002 M/s.

5.5. Fotodegradasi Tetrasiklin dengan fotokatalis NiFe₂O₄ 500 °C

Menggunakan Lampu UV dan Lampu XN

Pengujian fotodegradasi NiFe₂O₄ menggunakan lampu UV dan XN dengan variasi suhu kalsinasi 500 °C menggunakan ekstrak lidah buaya. Uji fotodegrasi dilakukan dibawah reactor UV dan dibantu dengan cahaya yang berasal dari lampu UV dan XN NiFe₂O₄ sebagai katalis. Langkah awal yang dilakukan pada uji fotodegradasi yaitu di buat larutan tetrasiklin dari konsentrasi 100 ppm dengan metode pengenceran. Pengenceran merupakan proses penurunan konsentrasi dari larutan induk dengan menambahkan pelarut yang lebih banyak. Kemudian di ambil 50 ml dan diencerkan 250 ml menggunakan aquades. Proses fotodegradasi tetrasiklin ini dilakukan di dalam reaktor fotokatalis dengan lampu UV dan XN

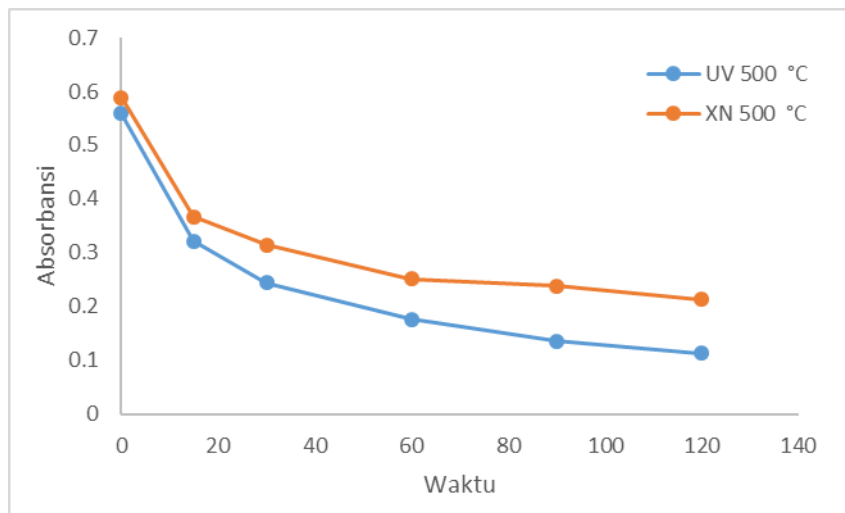
selama 2 jam. Dengan waktu setiap 15 menit; 30 menit; 45 menit; 60 menit; 90 menit; 120 menit. Larutan tetrasiklin yang sudah di encerkan sebelum di degradasi diambil sebagai parameter atau pembanding dan diberi tanda sebagai waktu 0 menit. Proses degradasi perlu adanya analisis kuantitatif dengan mengukur absorbansinya pada Panjang gelombang 200 nm – 800 nm. Selanjutnya dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dengan hasil dari fotokatalis dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18 untuk diketahui absorbansinya



Gambar 18. (a) Grafik spektra UV-Vis NiFe₂O₄ 500 °C UV (b) grafik spektra UV-Vis NiFe₂O₄ 500 °C XN

Pada gambar 18. merupakan hasil analisis dari proses fotodegradasi NiFe₂O₄ 500 °C UV menggunakan tetrasiklin selama 120 menit, dimana pada grafik diatas mengalami penurunan dimana panjang gelombang yang di dapat yaitu 361 nm (b) yang merupakan hasil dari NiFe₂O₄ 500 °C XN mengalami penurunan tetapi tidak signifikan seperti NiFe₂O₄ 500°C UV. Menurut Moffat (2004) tetrasiklin memiliki serapan maksimum dalam larutan asam pada panjang gelombang 270 nm dan 356 nm. Hasil dari gambar (a) di dapat panjang gelombang sebesar 361 dengan waktu 0 menit abs sebesar 0,559, waktu 15 menit abs sebesar 0,322, waktu 30 menit abs sebesar 0,244, waktu 60 menit abs sebesar 0,177, waktu 90 menit abs sebesar 0,136, dan waktu 120 menit abs sebesar 0,114. Hasil orde 1 dan orde 2 yaitu 0,9516 dan 0,9963. Kemudian hasil dari gambar (b) dengan panjang gelombang 357,5 nm

yaitu pada waktu 0 abs sebesar 0,589, waktu 15 menit abs sebesar 0,367, waktu 30 menit abs sebesar 0,315, waktu 60 menit abs sebesar 0,252, waktu 90 menit abs sebesar 0,238 dan waktu 120 menit abs sebesar 0,213. Lalu hasil orde 1 dan orde 2 yang di dapat sebesar 0,8960 dan 0,9500. Hasil dari fotodegradasi limbah tetrasiklin dengan konsentrasi 20 ppm menggunakan NiFe₂O₄ 500 °C UV dan NiFe₂O₄ 500 °C XN terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 19 .



Gambar 19 . Perubahan konsentrasi limbah tetrasiklin dengan fotokatalis NiFe₂O₄ 500 °C UV dan NiFe₂O₄ 500 °C XN

Dengan menggunakan rumus % degradasi diperoleh persentase degradasi tetrasiklin dengan menggunakan fotokatalis NiFe₂O₄ 500 °C UV yaitu 79.60%. Sedangkan persentase degradasi tetrasiklin dengan menggunakan fotokatalis NiFe₂O₄ 500 °C XN yaitu 63.83%. Berdasarkan hasil persentase degradasi tetrasiklin ini, nanopartikel NiFe₂O₄ 500 °C UV lebih baik dalam mendegradasi tetrasiklin.

Dapat dilihat bahwa baik fotokatalis NiFe₂O₄ 500 °C UV dan NiFe₂O₄ 500 °C XN berhasil mendegradasi tetrasiklin yang ditandai dengan penurunan konsentrasi dari limbah tetrasiklin selama 120 menit. Semakin lama waktu waktu yang dilakukan untuk mendegradasi maka akan semakin turun pula kandungan limbah tetrasiklin. Pada nanopartikel NiFe₂O₄ yang berperan sebagai semi konduktornya adalah Ferit (NiFe₂O₄), dimana material semikonduktor ini akan mengalami eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi sehingga pada pita

valensi akan membentuk lubang elektron (*electron hole*) yang akan membentuk -OH dengan berinteraksi dengan molekul air sehingga dapat mendegradasi tetrasiklin

Untuk mengetahui kinetika reaksi dari fotodegradasi tetrasiklin yang dilakukan menggunakan reaktor lampu UV dapat ditentukan melalui orde reaksinya dengan melihat nilai R^2 (koefisien determinasi) yang paling mendekati 1. Ini bertujuan agar diketahuinya aktivitas dari molekul pada saat terjadinya tumbukan antar molekul. Orde reaksi pada NiFe_2O_4 500 °C UV dan NiFe_2O_4 500 °C XN disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Orde reaksi fotodegradasi limbah tetrasiklin

Variasi	NiFe_2O_4 UV 500 °C			NiFe_2O_4 XN 500 °C		
	R^2	Slop	Intersep	R^2	Slop	Intersep
Orde 1	0.9057	-0.0121	2.7101	0.8029	-0.0072	2.7297
Orde 2	0.9927	0.0016	0.0599	0.9025	0.0007	0.0655

Dari hasil yang didapatkan pada tabel 5. dapat di ketahui bahwa Orde reaksi fotodegradasi limbah tetrasiklin menggunakan NiFe_2O_4 UV 500 °C mengikuti orde 2 dikarenakan R^2 nya yang mendekati nilai 1 dibandingkan dengan reaksi orde 1. Hal ini menunjukkan bahwa laju reaksi yang terjadi dipengaruhi oleh konsentrasi dari tetrasiklin sehingga jika konsentrasi tetrasiklin ditambahkan maupun dikurangi maka laju reaksi akan berubah. Lalu nilai konstanta yang di dapat sebesar 0,0016 M/s. Kemudian Orde reaksi fotodegradasi limbah tetrasiklin menggunakan NiFe_2O_4 XN 500 °C hasil yang di dapat mengikuti reaksi orde 2 dikarenakan R^2 nya mendekati nilai 1 dibandingkan dengan reaksi orde 1 dan di dapat nilai konstanta laju reaksi sebesar 0,0007 M/s.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Hasil karakterisasi NiFe_2O_4 400 °C dan NiFe_2O_4 500 °C menggunakan Ekstrak Lidah Buaya

a. Karakterisasi hasil XRD

Hasil dari karakterisasi XRD sintesis nanopartikel NiFe_2O_4 400 °C dan NiFe_2O_4 500 °C telah dikonfirmasi yakni memiliki struktur berupa Spinel Ferit menunjukkan bahwa NiFe_2O_4 400 °C memiliki ukuran rata-rata 68.33 nm, kemudian NiFe_2O_4 500 °C memiliki ukuran rata-rata 49.98 nm. Kedua hasil sintesis ini memenuhi ketentuan nanopartikel yaitu 1-100 nm.

b. Karakterisasi hasil SEM-EDX

NiFe_2O_4 pada suhu kalsinasi 400 °C menunjukkan bawah distribusi ukuran partikelnya banyak gumpalan-gumpalan besar. Morfologi NiFe_2O_4 alam berbentuk bulat dan masih terdapat banyak pengotor yang menyelimuti permukaan NiFe_2O_4 . Kemudian ukuran partikel yang tidak seragam dan terdapat pori namun tidak banyak dan memiliki ukuran yang bervariasi. NiFe_2O_4 pada suhu kalsinasi 500 °C memiliki bentuk dengan permukaan berpori karena terlihat rongga dengan ukuran yang secara keseluruhan hampir sama dan masih terdapat gumpalan-gumpulan putih yaitu pengotor.

c. Karakterisasi hasil GSA

NiFe_2O_4 400 °C memiliki tipe IV yang menandakan bahwa nanopartikel yang dihasilkan memiliki rentang ukuran 2-50 nm atau di sebut mesopori. Kemudian hasil sintesis, NiFe_2O_4 500 °C juga memiliki kurva isotherm dengan tipe III yang menandakan nanopartikel ini juga memiliki rentang ukuran > 50 nm atau bisa disebut ukuran makropori.

2. Hasil uji fotokatalisis NiFe_2O_4 dengan variasi suhu kalsinasi $400\text{ }^\circ\text{C}$ dan $500\text{ }^\circ\text{C}$ terhadap Tetrasiklin, pada perhitungan yang dilakukan di dapat nilai orde reaksi 1 dan 2 NiFe_2O_4 $400\text{ }^\circ\text{C}$ UV yaitu 0.6275 dan 0.8666 dengan % degradasi sebesar 87.7095. NiFe_2O_4 $400\text{ }^\circ\text{C}$ XN di dapat nilai orde reaksi 1 dan 2 yaitu 0.5997 dan 0.6713 dengan % degradasi 45.1178. kemudian hasil NiFe_2O_4 $500\text{ }^\circ\text{C}$ UV di dapat orde reaksi 1 dan 2 yaitu 0.9056 dan 0.9926 dengan % degradasi 79.6064 lalu hasil dari NiFe_2O_4 $500\text{ }^\circ\text{C}$ XN di dapat orde reaksi 1 dan 2 yaitu 0.8028 dan 0.9025 dengan % degradasi 63.8370.

6.2. Saran

Pada penelitian ini masih di perlukan untuk mempelajari cara sintesis NiFe_2O_4 menggunakan ekstrak lidah buaya dan menggunakan limbah tetrasiklin. Teknologi ini masih tergolong baru sehingga dapat dengan menggunakan variasi lain agar dapat dikembangkan dan mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Sehingga dapat diaplikasikan untuk mendegradasi obat-obatan dengan lebih cepat, efektif, efisien dan tentunya ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdassah, M. (2017). Nanopartikel dengan gelasi ionik. *Jurnal Farmaka*, 15(1), 45–52.
- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, & Khairurrijal. (2008). Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1(2), 33–57.
- A. Hajalilou, M. Hashim, R. Ebrahimi-Kahrizsangi, H.M. Kamari and N. Sarami, Synthesis and structural characterization of nano-sized nickel ferrite obtained by mechanochemical process, *Ceramics International*, vol. 40, 2014, pp. 5881-5887.
- Amiruddin, M. A., & Taufikurrohmah, T. (2013). Material Peredam Radikal Synthesis and Characterization of Gold Nanoparticle Using a Matrix of Bentonite in Scavenging Free Radicals in Cosmetics. *UNESA Journal of Chemistry Vol. 2, No. 1, January 2013*, 2(1), 68–75
- Allaedini, G., Tasirin, S.M. & Aminayi, P. (2015). *Magnetic properties of cobalt ferrite synthesized by hydrothermal method*. *International Nano Letters*. 5(4): 183-186.
- Bae, S., Lee, S. W., & Takemura, Y. 2006. *Applications of NiFe₂O₄ nanoparticles for a hyperthermia agent in biomedicine*. *Applied Physics Letters*, 89(25): 252503.
- Baig, M. M., Pervaiz, Erum., & Afzal, M. J., 2020, Catalytic Activity and Kinetic Studies of Core & Shell Nanostructure NiFe₂O₄ & TiO₂ for Photocatalytic Degradation of Methyl Orange Dye, *Journal Chemistry Social Pakistan*, 42, 04, 531-541.
- BPOM RI, 2014, *Informatorium Obat Nasional Indonesia (IONI)*, Koperpom, Jakarta.
- Cahyani, N. I., 2019. Graphene-Oxide Dari Bonggol Jagung Dan Aplikasinya Sebagai Katalis GO-Fe₃O₄ Untuk Degradasi Tetrasiklin Secara Feton-Like Process. *Skripsi*. Departemen Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga. Surabaya
- Day, R. A., & Underwood, A. L. (2002). *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Erlangga.
- Fan, B., Tan, Y., Wang, J., Zhang, B., Peng, Y., Yuan, C., Guan, C., Gao, X., & Cui, S. (2021). *Application of magnetic composites in removal of tetracycline through adsorption and advanced oxidation processes (AOPs): A review*. *Processes*, 9(1644), 1–24.
- Fetchete Loana , Ye Wang, Jacques, Vedrine C. (2012). The Past, Present and

- Future of Heterogeneous Catalysis. *Catalysis Today*, 189. 2-27.
- Haynes, William M., ed. (2011). *CRC Handbook of Chemistry and Physics (edisi ke-92)*. Boca Raton, FL: CRC Press. hlm. 4.123. ISBN 1439855110.
- Hwang, Shuen-Cheng; Weltmer, William R. (2000). "Helium Group Gases". *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. Wiley. hlm. 343–383.
- Hakim, L., Dirgantara, M., & Nawir, M. (2019). Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C Dengan Menggunakan X-Ray Difrraction (X-RD) Di Kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(1), 44–51.
- Haq, F. I., Zein, M. A. N., Gabriella, R., Putri, S. R., Nandiyanto, A. B. D., Kurniawan, T., 2021, Literature review: Synthesis Methods of NiFe₂O₄ Nanoparticles for Aqueous Battery Applications, *International Journal of Sustainable Transportation Technology*, 4, 2, 42-52
- Helmita, R. H. (2019). Pengaruh Variasi Komposisi Pada Sifat Magnet Dari Nanokomposit NiFe₂O₄/Pani Yang Disintesis Dengan Metode SolGel Spin Coating. 12
- Huo, J., & Wei, M. 2009. Characterization and magnetic properties of nanocrystalline nickel ferit synthesized by hydrothermal method. *Materials Letters*, 63(13-14): 1183-1184.
- Irawan, A. (2019). Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 1
- In Lide, D. R., ed. (2005). *CRC Handbook of Chemistry and Physics (edisi ke-86)*. Boca Raton (FL): CRC Press. ISBN 0-8493-0486-5.
- Julinawati, J., Marlina, M., Nasution, R., & Sheilatina, S. (2015). Applying Sem-edx Techniques to Identifying the Types of Mineral of Jades (Giok) Takengon, Aceh. *Jurnal Natural Unsyiah*, 15(2), 116128
- Kurniasari, D., & Atun, S. (2017). PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL EKSTRAK ETANOL TEMU KUNCI (Boesenbergia pandurata) PADA BERBAGAI VARIASI KOMPOSISI KITOSAN. *Jurnal Sains Dasar*, 6(1), 31
- Martien, R., Adhyatmika, Irianto, I. D. K., Farida, V., & Sari, D. P. (2012). Technology Developments Nanoparticles as Drug. *Majalah Farmaseutik*, 8(1), 133–144
- Marsyahyo, E. (2009). Analisis Brunnaeur Emmet Teller (Bet) Topografi Permukaan Serat Rami (Boehmeria Nivea) Untuk Media. 2, 33–41.
- Martins, A.C., Cazetta, A. L., Pezoti, O., Souza, J. R. B., Zhang, T., Pilau, E. J., dan Almeida, V. C. 2017. Sol-gel synthesis of new TiO₂/activated carbon

- photocatalyst and its application for degradation of tetracycline. *Ceramics International*, 43 (5): 4411- 4418.
- Melliawati, R. (2018). Potensi Tanaman Lidah Buaya (*Aloe Pubescens*) dan Keunikan Kapang Endofit yang Berasal dari Jarainganya. *Biotrends* Vol. 9 No.1
- M. Kooti and A.N. Sedeh, Synthesis and characterization of NiFe₂O₄ magnetic nanoparticles by combustion method, *Journal of Materials Science and Technology*, vol. 29, 2013, pp. 34-38
- M. Parishani, A.Cheragi, R. Malekfar. "Spectroscopy, Structural and Optical Investigations of NiFe₂O₄ Ferrite". *International Journal of Optics and Photonics (IJOP)*". vol. 9, no. 2, pp. 73-78, 2015
- M. Penchal Reddy, W. Madhuri, K. Sadhana, I. G. Kim, K. N. Hui, K. S. Hui, K. V. Siva Kumar, and R. Ramakrishna Reddy. "Microwave sintering of Nickel Ferrite Nanoparticles Processed Via Sol-Gel Method". *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, vol. 70, no. 3, pp. 400-404, June 2014.
- Moffat A.C. 2004. *Clarke's isolation and identification of drugs*. 3rd Ed. The Pharmaceutical Press. London.
- Morey, G.W., Hydrothermal synthesis, *J. Am. Ceram. Soc.*, 36, 279, 1953.
- Muflihatun, S. S., & Suharyadi, E. 2015. Sintesis Nanopartikel Nickel Ferit (NiFe₂O₄) dengan Metode Kopersipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55): 20-25.
- Muflihatun, S. S. (2015). Sintesis Nanopartikel Nickel Ferrite(NiFe₂O₄) dengan Metode Kopersipitasi dan Karakterisasi Sifat Kemagnetannya. *Jurnal Fisika Indonesia*, 55 vol XIX.
- Nejati, K., Zabihi, R, "Preparation and Magnetic Properties of Nano Size Nickel Ferrite Particles using Hydrothermal Method," *Chemistry Central Journal* , vol. 6(23), pp. 1-6, 2012.
- Olson James, M.D. P. Farmakologi.; 2014
- P. Balakrishnan, P. Veluchamy. "Synthesis and Characterization of CoFe₂O₄ Magnatic Nanoparticle using Sol-Gel Method". *International Journal of Chem. Tech. Research*, vol. 8, no 1, pp. 271-276, 2015.
- Patra JK, Baek KH (2014) Green nanobiotechnology: Factors affecting synthesis and characterization techniques. *J Nanomater* 2014: 417305. doi: 10.1155/2014/417305
- Rani, B. J., Saravanakumar, B., Ravi, G., Ganesh, V., Ravichandran, S., & Yuvakkumar, R. (2018). Structural, optical and magnetic

properties of CuFe₂O₄ nanoparticles. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*.

Sartika, D., Malis, E., & Lestari, A. S. (2020). Studi Penyerapan Logam Berat Pb Menggunakan Nanopartikel Fe₃O₄. *JPSE (Journal of Physical Science and Engineering)*.4(1), 18-22.

Shifu, C., Wei, Z., Wei, L., Huaye, Z., Xiaoling, y, "Preparation Characterization and Activity Evaluation of p-n Junction Photocatalyst p-CaFe₂O₄/n-ZnO.," *Chemical Engineering Journal*, vol. 155, pp. 466-473, 2009.

Superparamagnetic behavior and AC-losses in NiFe₂O₄ nanoparticles, *Solid State Sciences*, vol 20, 2013, pp. 115- 119

Srivastava, M., Chaubey, S., & Ojha, A. K. 2009. *Investigation on size dependent structural and magnetic behavior of nickel ferit nanoparticles prepared by sol-gel and hydrothermal methods*. *Materials Chemistry and Physics*, 118(1): 174-180.

Saraswati, I., Diantariani, N., & Suarya, P. (2015). Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red Dengan Fotokatalis Zno-Arang Aktif Dan Sinar Ultraviolet (Uv). *Jurnal Kimia*, 9(2), 175–182.

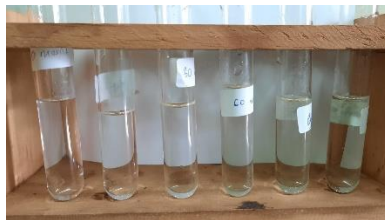
Sucahya, T. N., Permatasari, N., Bayu, A., & Nandiyanto, D. (2016). REVIEW: Fotokatalisis untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*, 6(1), 1–15

Sutanto, H., & Wibowo, S. (2015). Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titania : Sintesis , Deposisi dan Aplikasi. In *Eprints.Undip.Ac.Id*.

Toby, B.H. (2001) 'EXPGUI A Graphical User Interface for GSAS', *J. Appl. Cryst*, 34, pp. 210–213.

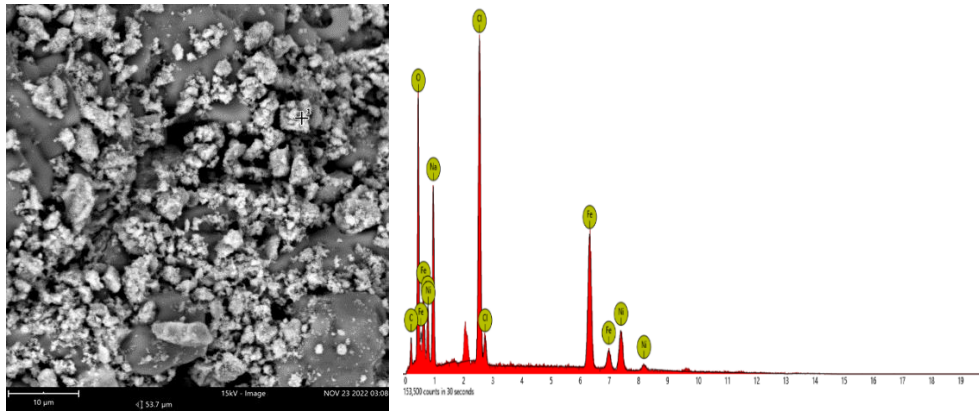
LAMPIRAN

Lampiran 1. dokumentasi peneitian

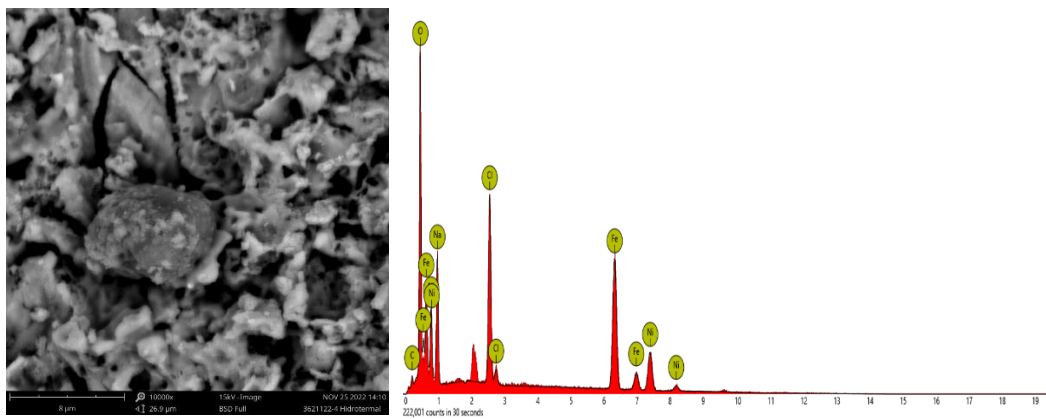


Lampiran 2. Hasil karakterisasi NiFe₂O₄ dengan SEM-EDX

a. NiFe₂O₄ 400 °C



b. NiFe₂O₄ 500°C

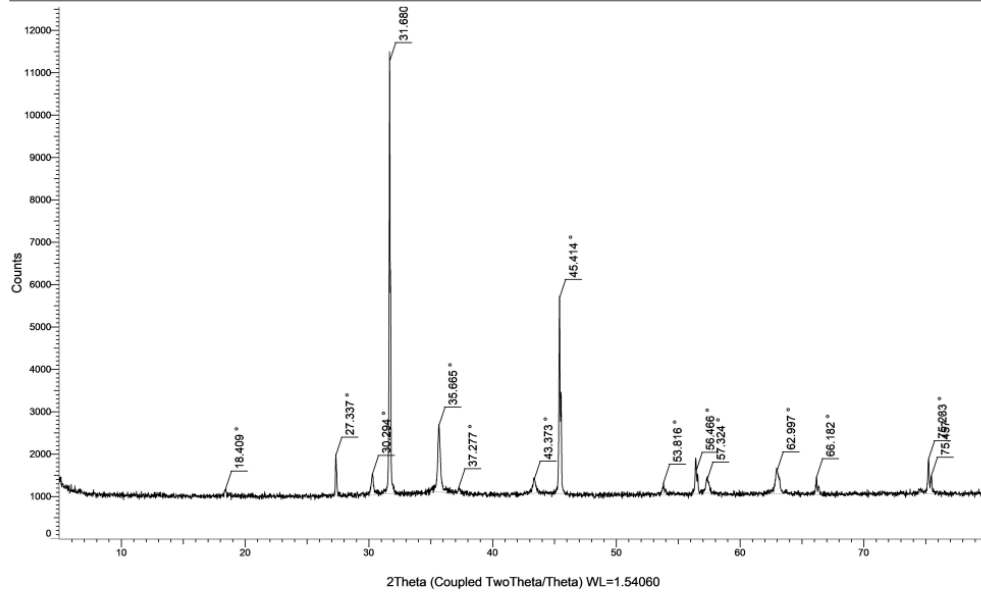


Lampiran 3. Hasil karakterisasi NiFe₂O₄ 400 °C dengan XRD

a. NiFe₂O₄ 400 °C

23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw, 11/24/2022 8:32:17 AM

(Coupled TwoTheta/Theta)



23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw, 11/24/2022 8:32:17 AM

Peak List #1

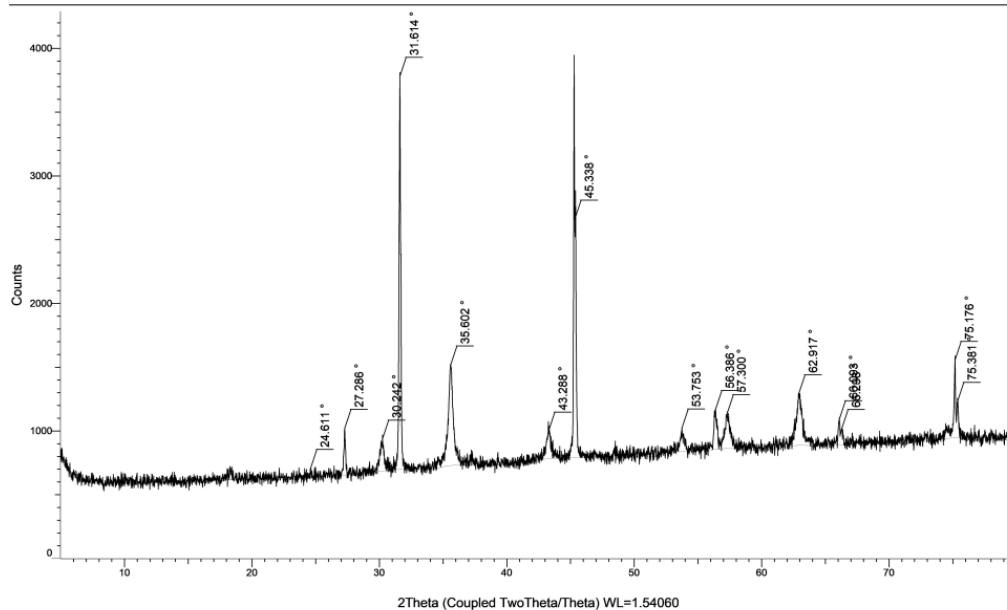
Visible	Icon	Color	Index	Name	Parent	Caption (display)	Scan
Yes	█	█	1	Peak #1	Peak List #1	18.409 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	2	Peak #2	Peak List #1	27.337 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	3	Peak #3	Peak List #1	30.294 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	4	Peak #4	Peak List #1	31.680 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	5	Peak #5	Peak List #1	35.665 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	6	Peak #6	Peak List #1	37.277 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	7	Peak #7	Peak List #1	43.373 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	8	Peak #8	Peak List #1	45.414 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	9	Peak #9	Peak List #1	53.816 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	10	Peak #10	Peak List #1	56.466 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	11	Peak #11	Peak List #1	57.324 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	12	Peak #12	Peak List #1	62.997 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	13	Peak #13	Peak List #1	66.182 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	14	Peak #14	Peak List #1	75.233 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1
Yes	█	█	15	Peak #15	Peak List #1	75.457 °	23581122-3 NiFe2O4-AloeveraHT 400C.raw #1

Angle	d Value	Net Intensity	Gross Intensity	Rel. Intensity	h,k,l	Match
18.409 °	4.81559 Å	161	1168	1.6%	n.a.	No
27.337 °	3.25974 Å	961	1969	9.4%	n.a.	No
30.294 °	2.94798 Å	493	1538	4.8%	n.a.	No
31.680 °	2.82208 Å	10221	11281	100.0%	n.a.	No
35.665 °	2.51538 Å	1580	2680	15.5%	n.a.	No
37.277 °	2.41020 Å	160	1227	1.6%	n.a.	No
43.373 °	2.08456 Å	328	1402	3.2%	n.a.	No
45.414 °	1.99549 Å	4626	5691	45.3%	n.a.	No
53.816 °	1.70209 Å	281	1329	2.8%	n.a.	No
56.466 °	1.62834 Å	540	1611	5.3%	n.a.	No
57.324 °	1.60598 Å	306	1382	3.0%	n.a.	No
62.997 °	1.47433 Å	561	1623	5.5%	n.a.	No
66.182 °	1.41087 Å	412	1461	4.0%	n.a.	No
75.233 °	1.26201 Å	813	1885	8.0%	n.a.	No
75.457 °	1.25882 Å	426	1495	4.2%	n.a.	No

b. NiFe₂O₄ 500 °C

23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw, 11/24/2022 1:26:55 PM

(Coupled TwoTheta/Theta)



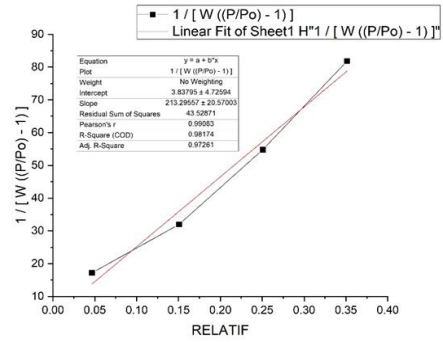
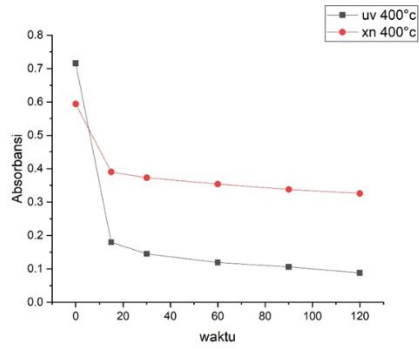
Peak List #1

Visible	Icon	Color	Index	Name	Parent	Caption (display)	Scan
Yes	█	■	1	Peak #1	Peak List #1	24.611 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	2	Peak #2	Peak List #1	27.286 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	3	Peak #3	Peak List #1	30.242 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	4	Peak #4	Peak List #1	31.614 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	5	Peak #5	Peak List #1	35.602 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	6	Peak #6	Peak List #1	43.288 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	7	Peak #7	Peak List #1	45.338 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	8	Peak #8	Peak List #1	53.753 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	9	Peak #9	Peak List #1	56.386 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	10	Peak #10	Peak List #1	57.300 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	11	Peak #11	Peak List #1	62.917 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	12	Peak #12	Peak List #1	66.093 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	13	Peak #13	Peak List #1	66.298 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	14	Peak #14	Peak List #1	75.176 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1
Yes	█	■	15	Peak #15	Peak List #1	75.381 °	23621122-5 NiFe2O4_Aloevera Hidrotermal.raw #1

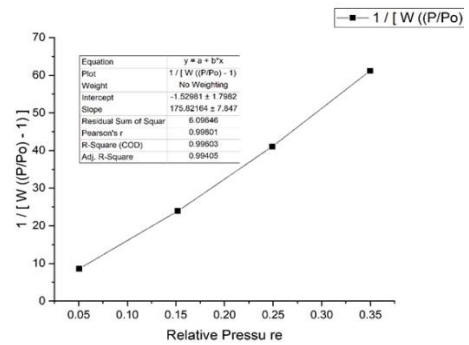
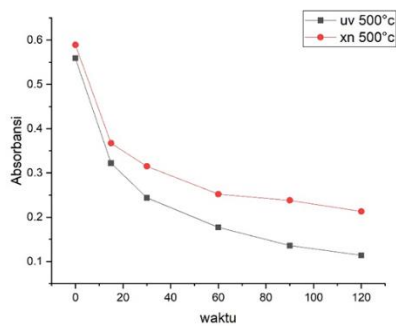
Angle	d Value	Net Intensity	Gross Intensity	Rel. Intensity	h,k,l	Match
24.611 °	3.61425 Å	79.7	708	2.6%	n.a.	No
27.286 °	3.26575 Å	372	1022	12.1%	n.a.	No
30.242 °	2.95296 Å	253	938	8.2%	n.a.	No
31.614 °	2.82787 Å	3083	3783	100.0%	n.a.	No
35.602 °	2.51971 Å	792	1519	25.7%	n.a.	No
43.288 °	2.08846 Å	220	1001	7.2%	n.a.	No
45.338 °	1.99865 Å	1872	2663	60.7%	n.a.	No
53.753 °	1.70395 Å	185	1026	6.0%	n.a.	No
56.386 °	1.63046 Å	315	1171	10.2%	n.a.	No
57.300 °	1.60660 Å	276	1138	9.0%	n.a.	No
62.917 °	1.47601 Å	406	1293	13.2%	n.a.	No
66.093 °	1.41256 Å	198	1089	6.4%	n.a.	No
66.298 °	1.40869 Å	131	1021	4.2%	n.a.	No
75.176 °	1.26283 Å	609	1554	19.8%	n.a.	No
75.381 °	1.25991 Å	288	1234	9.4%	n.a.	No

Lampiran 4. Hasil karakterisasi NiFe₂O₄ dengan GSA

a. NiFe₂O₄ 400 °C



b. NiFe₂O₄ 500 °C



Lampiran 5. Perhitungan GSA

a. perhitungan BET NiFe₂O₄ 400 °C

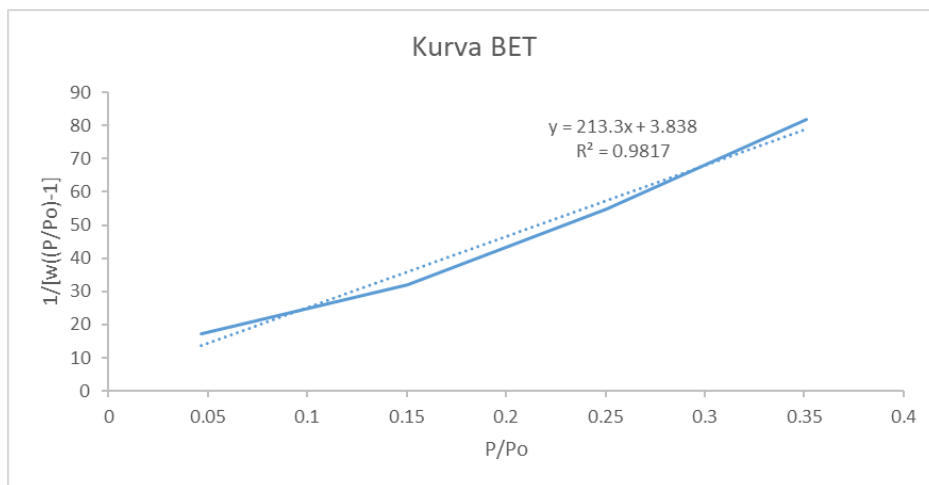
Diketahui =

$$C_{sa} : 0,162 \times 10^{-18} \text{ m}^2$$

Massa Sampel : 0.0623 gram

$$BM \text{ gas} : 28.0134 \text{ g/mol}$$

Tekanan Relatif (P/Po)	1/[W((P/Po)-1)]
0.046577	17.2276
0.150632	31.9906
0.250769	54.7899
0.351274	81.8206



Bedasarkan grafik BET diatas maka di peroleh :

1. Konstanta BET (C)

$$C = \frac{\text{Slope}}{\text{Intercept}} + 1$$

$$C = \frac{213,3}{3.838} + 1$$

$$C = 56,57582$$

2. Berat gas yang teradsorpsi

$$W_m = \frac{1}{\text{Slope} + \text{Intercept}}$$

$$Wm = \frac{1}{213,3 + 3,838}$$

$$Wm = 0,004605$$

3. Luas Permukaan Total

$$SA = \frac{Wm \times N \times Csa}{BM \text{ Gas}}$$

$$SA = \frac{0,004605 \times (6,023 \times 10^{23}) \times 0,162 \times 10^{-18}}{28,0134}$$

$$SA = 16,03953 \text{ m}^2/\text{g}$$

4. Luas Permukaan Spesifik

$$SS = \frac{SA}{\text{Massa Sampel}}$$

$$SS = \frac{16,03953}{0,0623}$$

$$SS = 257,4563 \text{ m}^2/\text{g}$$

b. Perhitungan BET NiFe₂O₄ 500 °C

Diketahui =

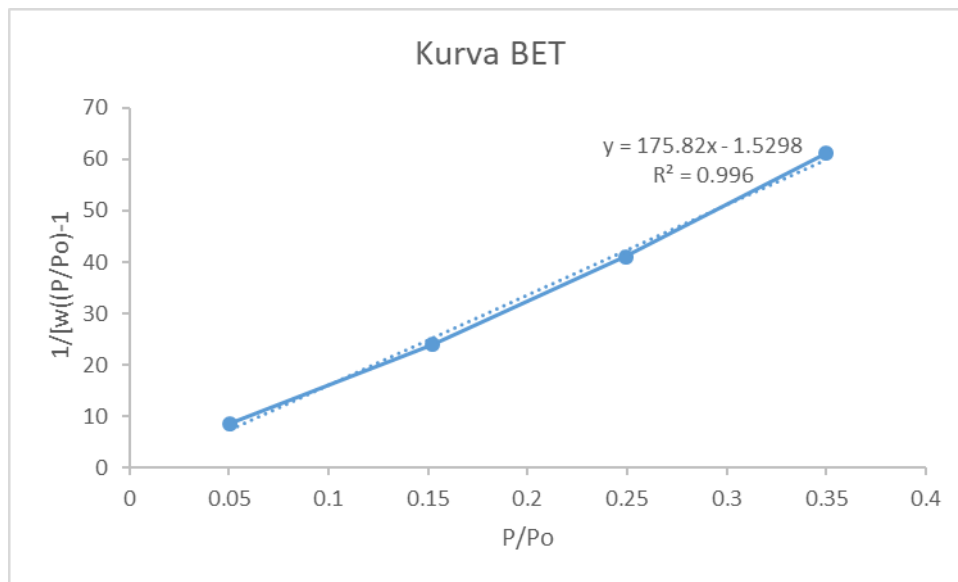
Csa : 0,162 x 10⁻¹⁸ m²

Massa Sampel : 0,0623 gram

BM gas : 28,0134 g/mol

Tekanan Relatif (P/Po)	1/[W((P/Po)-]
0.050519	8.5911
0.15193	23.9249

0.249181	41.0706
0.34975	61.1941



Bedasarkan grafik BET diatas maka di peroleh :

1. Konstanta BET (C)

$$C = \frac{\text{Slope}}{\text{Intercept}} + 1$$

$$C = \frac{175,82}{1,5298} + 1$$

$$C = 115,930$$

2. Berat gas yang teradsorpsi

$$Wm = \frac{1}{\text{Slope} + \text{Intercept}}$$

$$Wm = \frac{1}{175,82 + 1,5298}$$

$$Wm = 0,00563$$

3. Luas Permukaan Total

$$SA = \frac{Wm \times N \times Csa}{BM \text{ Gas}}$$

$$SA = \frac{0,00563 \times (6,023 \times 10^{23}) \times 0,162 \times 10^{-18}}{28,0134}$$

$$SA = 19,63954 \text{ m}^2/\text{g}$$

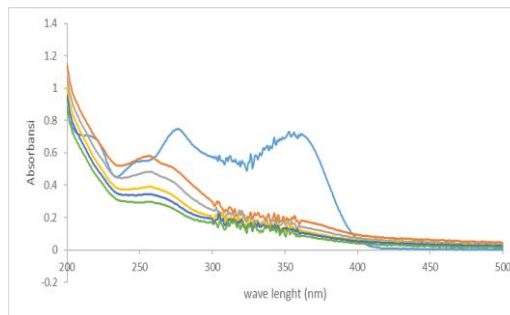
4. Luas Permukaan Spesifik

$$SS = \frac{SA}{\text{Massa Sampel}}$$

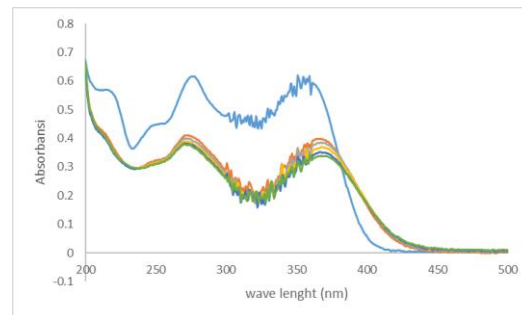
$$SS = \frac{19,63954}{0,0621}$$

$$SS = 316,2567 \text{ m}^2/\text{g}$$

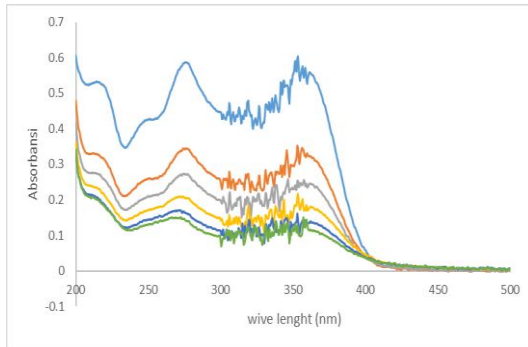
Lampiran 6. Hasil karakterisasi NiFe₂O₄ dengan UV-VIS



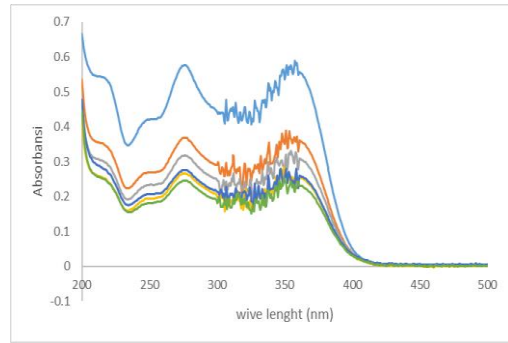
NiFe₂O₄ 400 °C UV



NiFe₂O₄ 400 °C XN



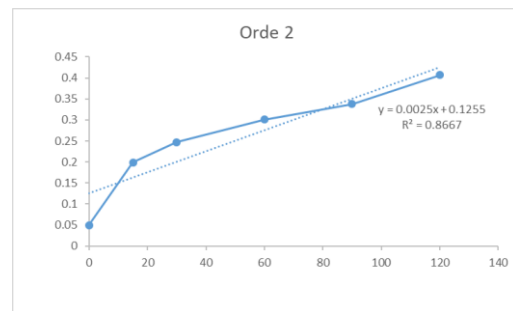
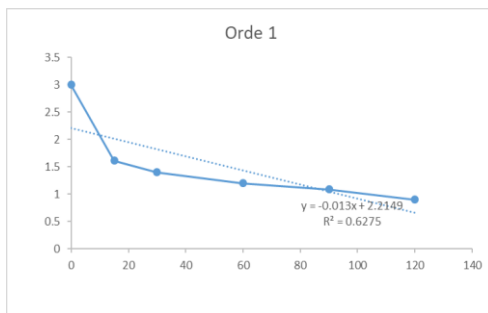
NiFe₂O₄ 500 °C UV



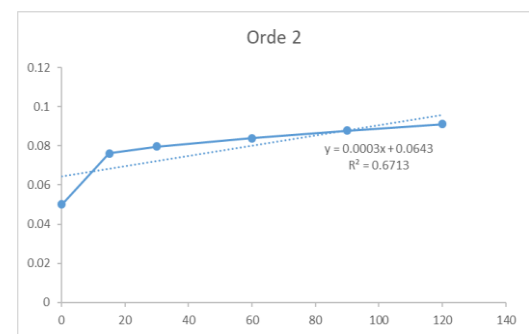
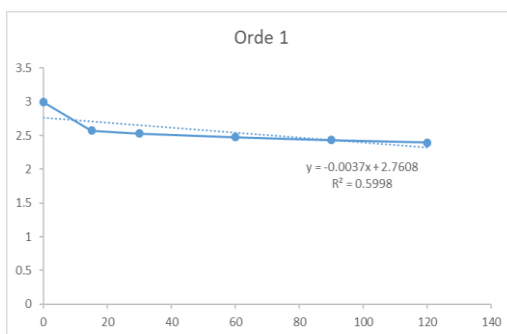
NiFe₂O₄ 500 °C XN

Lampiran 7. Hasil NiFe₂O₄ 400 °C UV dan 400 °C XN

1. NiFe₂O₄ 400 °C UV

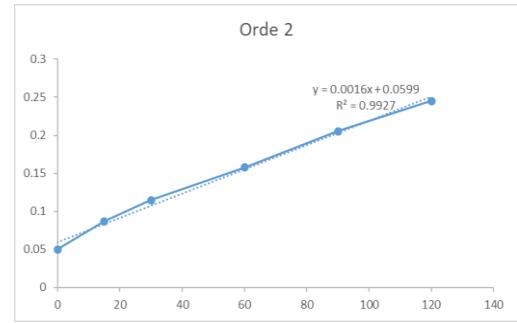
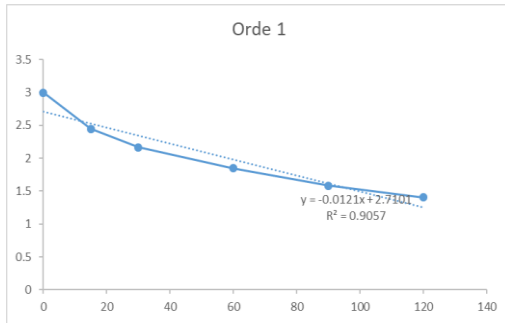


2. NiFe₂O₄ 400 °C XN

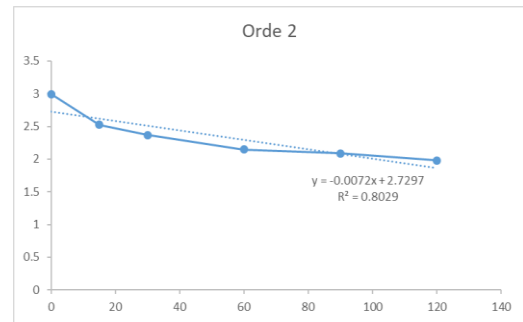
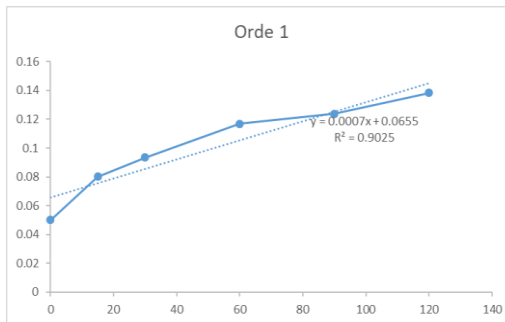


Lampiran 8. Hasil NiFe₂O₄ 500 °C UV dan 500 °C XN

1. NiFe₂O₄ 500 °C UV



2. NiFe₂O₄ 500 °C XN



Lampiran 9. Perhitungan presentasi fotodegradasi tetrasiklin

Rumus =

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$$

a. % degradasi 20 ppm tetrasiklin dengan NiFe₂O₄ 400 °C pada lampu UV

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$$

$$= 87.7095$$

b. % degradasi 20 ppm tetrasiklin dengan NiFe₂O₄ 400 °C pada lampu XN

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\%$$

$$= 45.1178$$

c. % degradasi 20 ppm tetrasiklin dengan NiFe₂O₄ 500 °C pada lampu UV

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\% \\ &= 79.6064\end{aligned}$$

d. % degradasi 20 ppm tetrasiklin dengan NiFe₂O₄ 500 °C pada lampu XN

$$\begin{aligned}\% \text{ degradasi} &= \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\% \\ &= 63.8370\end{aligned}$$