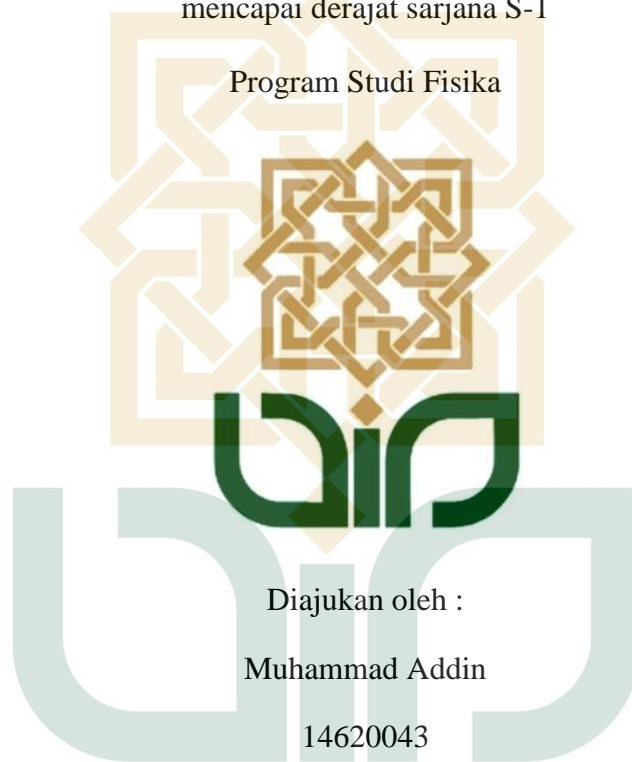


**PENGARUH VOLUME FeCl_x TERHADAP
MORFOLOGI NANOKOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ HASIL
SINTESIS PASIR BESI ALAM DAN CNT
MENGUNAKAN METODE SONOKIMIA**

TUGAS AKHIR

Untuk memenuhi sebagai persyaratan
mencapai derajat sarjana S-1

Program Studi Fisika



Diajukan oleh :

Muhammad Addin

14620043

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2018



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

FM-UINSK-BM-05-07/R0

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nomor :B- 1126/Un.02/DST/PP.05.3/08/2018

Skripsi/Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh Volume FeCl_x Terhadap Morfologi Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ Hasil Sintesis Pasir Besi Alam dan CNT Menggunakan Metode Sonokimia

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :
Nama : Muhammad Addin
NIM : 14620043
Telah dimunaqasyahkan pada : 26 Juli 2018
Nilai Munaqasyah : A
Dan dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

TIM MUNAQASYAH :

Ketua Sidang

Asih Melati, S.Si., M.Sc.
NIP. 19841110 201101 2 017

Penguji I

Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si.
NIP.19771025 200501 1 004

Penguji II

Endaruj Sedyadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19820205 201503 1 003

Yogyakarta, 23 Agustus 2018

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

Dekan



Murtono, M.Si.

NIP.19691212 200003 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Addin

NIM : 14620043

Prodi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul: Pengaruh Volume FeCl_x Terhadap Morfologi Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ Hasil Sintesis Pasir Besi Alam dan CNT Menggunakan Metode Sonokimia adalah benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata penulisan yang lazim.



Jakarta, 25 Juni 2018

Yang menyatakan,

Muhammad Addin

NIM. 14620043

MOTTO

*Just be yourself,
No matter how people think about you.*

PERSEMBAHAN

Karya ini saya persembahkan kepada..

Ibu tercinta

Bapak tersayang

Kakak-kakakku

Andari Dian Ariestiani

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat dan hidayah-Nya yang begitu besar sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir untuk meraih gelar Sarjana Strata Satu dengan judul "Pengaruh Volume FeCl_x terhadap Morfologi Nanokomposit Fe_3O_4 Hasil Sintesis Pasir Besi Alam dan CNT Menggunakan Metode Sonokimia". Shalawat dan salam selalu penulis sanjungkan kepada Rasulullah Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat rasul yang telah membawa umatnya menuju jalan terang yang dirahmati Allah SWT.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis mendapatkan begitu banyak dukungan, bimbingan, serta do'a dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis dengan tulus mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Yudian Wahyudi, M.A., Ph.D., Selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga;
2. Bapak Dr. Murtono, M.Si., Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga;
3. Bapak Dr. Thaقيبul Fikri Niyartama, S.Si., M.Si., selaku Kepala Program Studi Fisika, terimakasih;
4. Dosen-dosen dan para akademisi Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga, terimakasih telah membagikan ilmu yang bermanfaat;
5. Ibu Asih Melati, M.Sc., selaku pembimbing I dan Dosen Pembimbing Akademik, terimakasih atas segala bimbingan, nasihat, motivasi, dan kesabaran yang selalu saya terima selama penyusunan tugas akhir ini;
6. Almarhumah Ibu Retno Rahmawati, terimakasih atas segala bimbingan, nasihat, motivasi, dan kesabaran yang selalu saya terima selama penyusunan tugas akhir ini;
7. Mamah dan Teta tercinta yang tiada henti mendukung, mendoakan serta mengajarkan arti kehidupan kepadaku;

8. Abang Yan, Almarhumah Kakak Ulfah, dan Abang Ridji tersayang yang selalu menjadi sumber kebahagiaanku;
9. Andari Dian Ariestiani, terimakasih telah menjadi sahabat, saudara, serta sosok yang selalu memahami dan mendukungku;
10. Akbar, Hendra, Isnan, dan Adi, terimakasih telah menjadi *partners in crime* terbaik;
11. Keluarga besar AFM ITB Bandung, terimakasih atas pelajaran yang diberikan selama menempuh tugas akhir;
12. Teman-teman seperjuangan HM-PS Fisika 2016/2017, terimakasih atas pengalaman berharga yang tak akan pernah aku lupakan;
13. Seluruh sahabat Fisika 2014, terimakasih telah menjadi *partner* terbaik selama 4 tahun perkuliahan;
14. Keluarga Fisika Material, terimakasih atas dukungan selama ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Penulis masih membutuhkan banyak kritik dan saran agar tugas akhir ini semakin baik. Penulis berharap agar penelitian dalam tugas akhir ini bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan bagi para pencari ilmu khususnya di bidang Fisika Material. Aamiin.

Wassalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh.

Yogyakarta, 29 Mei 2018

Penulis

**PENGARUH VOLUME FeCl_x TERHADAP MORFOLOGI
NANOKOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ HASIL SINTESIS PASIR BESI ALAM
DAN CNT MENGGUNAKAN METODE SONOKIMIA**

Muhammad Addin
14620043

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji hubungan antara jumlah FeCl_x yang ditambahkan pada reaksi dengan morfologi nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ hasil sintesis menggunakan metode sonokimia. Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ disintesis dari pasir besi dan CNT yang difungsionalisasi menggunakan metode sonokimia dengan parameter variasi volume FeCl_x 10, 20, dan 30 ml. Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, TEM, dan VSM. Hasil uji XRD untuk setiap variasi volume FeCl_x 10, 20, dan 30 ml menunjukkan bahwa puncak difraksi yang muncul merupakan karakteristik dari CNT dan Fe_3O_4 serta sedikit $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Hasil uji TEM memperlihatkan adanya aglomerasi dalam nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ pada setiap variasi volume FeCl_x 10, 20, dan 30 ml bahwa dimana ukuran diameter CNT secara berturut-turut adalah 33,08 nm, 27,02 nm, dan 27,64 nm. Ukuran diameter Fe_3O_4 secara berturut-turut adalah 20,18 nm, 15,44 nm, dan 18,37 nm. Hasil uji VSM untuk setiap variasi volume FeCl_x 10, 20, dan 30 ml menunjukkan nilai magnetisasi saturasi yang cukup besar secara berturut-turut adalah 11,33 emu/g, 21,14 emu/g, dan 24,72 emu/g serta nilai koersivitas yang kecil yaitu $7,69 (\times 10^{-3} \text{ T})$, $7,21 (\times 10^{-3} \text{ T})$, dan $6,94 (\times 10^{-3} \text{ T})$. Hal tersebut mengindikasikan bahwa nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ memiliki sifat superparamagnetik.

Kata kunci : Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$, variasi volume FeCl_x , sonokimia, superparamagnetik.

INFLUENCE OF FeCl_x VOLUME ON THE MORPHOLOGY OF $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ NANOCOMPOSITE FROM IRON SAND AND CNT USING SONOCHEMICAL METHOD

Muhammad Addin

14620043

ABSTRACT

This research aims to know the relationship between the amount of FeCl_x added in the reaction and the morphology of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ nanocomposite which is the synthesis result using sonochemical method. The $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ nanocomposite is synthesized from iron sand and functionalized CNT using sonochemical method with the variations of FeCl_x volume parameters are 10, 20, and 30 mL. The $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ nanocomposite is then characterized using XRD, TEM, and VSM. The characterizing results using XRD for every variation of FeCl_x volume show that the diffraction peak appearing in the results are the characteristic of CNT and Fe_3O_4 with a little of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. The characterizing results using TEM show that there are agglomerations in the $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ nanocomposite at every variation of FeCl_x volume which the diameters of CNT are respectively 33.08, 27.02, and 27.64 nm. The diameters of Fe_3O_4 are respectively 20.18, 15.44, and 18.37 nm. The characterizing results using VSM for every variation of FeCl_x volume show large saturation magnetization values respectively 11.33, 21.14, and 24.72 (emu/g), with small coercivity values respectively 7.69, 7.21, and 6.94 ($\times 10^{-3}$ T). It is indicated that the $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ nanocomposite has a super-paramagnetic property.

Keywords: *$\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ nanocomposite, variations of FeCl_x volume, sonochemical method, super-paramagnetic.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
INTISARI	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR TABEL LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR GAMBAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Tujuan Penelitian	7
1.4. Batas Penelitian.....	7
1.5. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. Studi Pustaka.....	9
2.2. Landasan Teori.....	11
2.2.1. Pasir Besi.....	11
2.2.2. Magnetit (Fe_3O_4).....	11
2.2.3. <i>Carbon Nanotubes</i> (CNT).....	13
2.2.4. Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$	16
2.2.5. Sonokimia	20
2.2.6. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	22
2.2.7. <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM)	23
2.2.8. <i>Vibrating Sample Magnetometer</i> (VSM).....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2. Alat dan Bahan	24
3.3. Prosedur Penelitian.....	25
3.3.1. Persiapan Alat dan Bahan	25
3.3.2. Pembuatan FeCl_x	26
3.3.3. Fungsionalisasi CNT.....	27
3.3.4. Proses Sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$	28
3.3.5. Analisis data hasil sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$	29
3.4. Metode Analisa Data.....	29
3.4.1. Karakterisasi XRD	29
3.4.2. Karakterisasi TEM	30
3.4.3. Karakterisasi VSM.....	31

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1. Preparasi Pasir Besi Alam	32
4.2. Pembuatan Larutan FeCl _x	33
4.3. Fungsionalisasi CNT	34
4.4. Sintesis Nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT	35
4.5. Hasil sintesis nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT	36
4.6. Hasil Karakterisasi XRD	37
4.7. Hasil Karakterisasi TEM	38
4.8. Hasil Karakterisasi VSM	42
4.9. Hasil Analisis	44
BAB V PENUTUP	45
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	50
CURICULUM VITAE	60



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat kristal dan magnetik dari magnetit (Fe_3O_4).....	12
Tabel 3. 1 Alat-alat penelitian.....	24
Tabel 3. 2 Bahan-bahan penelitian.....	25
Tabel 4. 1 Intepretasi grafik histeris uji VSM dari nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ hasil sintesis.....	43
Tabel 4. 2 Hasil analisis pengaruh volume terhadap nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur kristal magnetit (Fe_3O_4) (a) unit sel (b) struktur spinel (Maulana dan Fathur, 2015)	13
Gambar 2. 2 Carbon nanotubes (Septiani, 2015)	14
Gambar 2. 3 Struktur molekuler carbon nanotubes (CNT) dilihat dari ujung dan sisi dinding CNT (Prato dkk, 2008)	15
Gambar 2. 4 Skema sederhana dari pembuatan $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ (Safari dan Zohre, 2014)	16
Gambar 2. 5 Karakteristik kurva histeris nanopartikel ferromagnetik, paramagnetik, diamagnetik dan superparamagnetik beserta indikasi nilai H_c (koersifitas), M_r (magnetisasi remanen), dan M_{sat} (magnetisasi saturasi) (Romanudin, 2017)	20
Gambar 2. 6 Siklus pembentukan dan pertumbuhan hingga pecahnya gelembung kavitas (Permana dan Harison, 2015)	21
Gambar 2. 7 Alur proses pertumbuhan dan pecahnya gelombang kavitas (Permana dan Harison, 2015)	21
Gambar 3. 1 Skema prosedur kerja	25
Gambar 3. 2 Skema pembuatan FeCl_x	26
Gambar 3. 3 Skema proses fungsionalisasi CNT	27
Gambar 3. 4 Skema proses sintesis $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$	28
Gambar 4. 1 Grafik hasil uji XRD nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ dengan (a) 10 mL FeCl_x (b) 20 mL FeCl_x (c) 30 mL FeCl_x	37
Gambar 4. 2 Hasil karakterisasi TEM 10 mL nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ (a) Gambar TEM (b) Grafik distribusi ukuran diameter CNT (rata-rata : 33,08 nm) (c) Grafik distribusi ukuran diameter Fe_3O_4 (rata-rata : 20,18 nm)	39
Gambar 4. 3 Hasil karakterisasi TEM 20 mL nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ (a) Gambar TEM (b) Grafik distribusi ukuran diameter CNT (rata-rata : 27,02 nm) (c) Grafik distribusi ukuran diameter Fe_3O_4 (rata-rata : 15,44 nm)	40
Gambar 4. 4 Hasil karakterisasi TEM 30 mL nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ (a) Gambar TEM (b) Grafik distribusi ukuran diameter CNT (rata-rata : 27,64 nm) (c) Grafik distribusi ukuran diameter Fe_3O_4 (rata-rata : 18,37 nm)	41
Gambar 4. 5 Grafik histerisis uji VSM nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses sintesis	50
Lampiran 2 Hasil sintesis nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT.....	52
Lampiran 3 Distribusi ukuran diameter nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT pada hasil uji TEM	53
Lampiran 4 Hasil Uji TEM	55
Lampiran 5 Grafik hasil uji XRD sebelum smoothing	57



DAFTAR TABEL LAMPIRAN

Tabel 1 Distribusi ukuran diameter CNT pada 10 mL nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT	53
Tabel 2 Distribusi ukuran diameter CNT pada 20 mL nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT	53
Tabel 3 Distribusi ukuran diameter CNT pada 30 mL nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT	53
Tabel 4 Distribusi ukuran diameter Fe ₃ O ₄ pada 10 mL nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT	53
Tabel 5 Distribusi ukuran diameter Fe ₃ O ₄ pada 20 mL nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT	54
Tabel 6 Distribusi ukuran diameter Fe ₃ O ₄ pada 30 mL nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT	54



DAFTAR GAMBAR LAMPIRAN

Gambar 1 Hasil sintesis nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT dengan (a) 10 mL FeCl _x (b) 20 mL FeCl _x (c) 30 mL FeCl _x	52
Gambar 2 Hasil uji TEM nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT dengan volume FeCl _x 10 mL	55
Gambar 3 Hasil uji TEM nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT dengan volume FeCl _x 20 mL	55
Gambar 4 Hasil uji TEM nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT dengan volume FeCl _x 30 mL	56
Gambar 5 Grafik hasil uji XRD nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT 10 mL FeCl _x	57
Gambar 6 Grafik hasil uji XRD nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT 20 mL FeCl _x	57
Gambar 7 Grafik hasil uji XRD nanokomposit Fe ₃ O ₄ /CNT 30 mL FeCl _x	58



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini, fokus pengembangan nanomaterial adalah pada peningkatan sifat dan fungsi sebagai aplikasi yang menjanjikan. Sifat-sifat atomik dari suatu material dapat berubah ketika berada dalam skala nano. Pembuatan nanokomposit secara ekstensif diteliti untuk mempelajari sifat-sifat material jenis baru dengan mengkombinasikan dua atau lebih material untuk performa yang lebih baik. Beberapa nanokomposit telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah nanokomposit *Carbon Nanotube* (CNT) dan magnetit (Fe_3O_4).

CNT adalah nanomaterial yang terdiri dari atom-atom karbon yang terhubung secara heksagonal dengan tiap atom karbon berikatan kovalen dengan tiga atom karbon lainnya (Septiani, 2015). CNT dibagi menjadi dua bentuk, yaitu *single-walled* (SWCNT) dan *multi-walled* (MWCNT) *carbon nanotube*. SWCNT terdiri dari satu lembar sp^2 hibrid karbon atom, yang digulung membentuk silinder, dengan diameter 0.4 s.d. 2.0 nm. MWCNT dibuat dari lapisan-lapisan konsentrik SWCNT dengan diameter dalam antara 1 s.d. 3 nm dan 2 s.d. 200 nm untuk diameter luar (Madani dkk, 2012). CNT secara luas diaplikasikan ke berbagai bidang karena luas permukaan yang besar, konduktivitas listrik yang tinggi, stabilitas kimia dan kekuatan mekanik yang bagus (Chen dkk, 2007).

Sifat-sifat yang dimiliki oleh CNT tersebut menjadikan CNT sebagai material yang unik dan memiliki banyak potensi dalam pengaplikasiannya. Nanomaterial CNT dapat dikompositkan dengan material lain karena memiliki luas permukaan

yang besar. Beberapa metode telah dikembangkan untuk penambahan berbagai macam jenis nanopartikel magnetik pada permukaan CNT. Salah satunya adalah dekorasi CNT dengan nanopartikel magnetik, seperti pelapisan atau pemuatan CNT dengan magnetit (Fe_3O_4). Hal tersebut dapat meningkatkan sifat magnetik dan elektrokimia dari CNT (Liu dkk, 2009).

Magnetit (Fe_3O_4) merupakan salah satu bentuk oksida besi di alam yang bersifat feromagnetik. Magnetit (Fe_3O_4) dapat ditemukan dalam pasir besi, karena pasir besi memiliki kandungan unsur besi yang banyak dan merupakan mineral magnetik. Pemanfaatan mineral magnetik tersebut telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian karena sifat magnet yang dimilikinya, diantaranya adalah magnetit (Fe_3O_4). Selain itu pasir besi juga memiliki kandungan mineral non-magnetik seperti kuarsa yang biasa digunakan dalam campuran pembuatan bahan bangunan.

Selain itu, dalam pembentukan magnetit (Fe_3O_4) dapat menggunakan sumber garam besi seperti FeCl_2 , FeCl_3 , dan FeSO_4 . Magnetit (Fe_3O_4) juga memiliki sifat partikel lain dalam sifat magnetiknya, yang disebut dengan sifat superparamagnetik. Sifat tersebut muncul ketika Fe_3O_4 berada dalam ukuran nano. Selain itu, fleksibilitas dari Fe_3O_4 yang dapat muncul bergantung pada ukuran dan struktur sehingga membuatnya menjadi material yang luar biasa (Rahmawati dkk, 2017).

Dalam perspektif Islam, pasir besi beserta kandungan mineral magnetiknya juga dijelaskan secara tersirat dalam Al-Qur'an. Allah berfirman dalam Al-Qur'an surat Al Hadid ayat 25 :

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ
وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ
بِالْغَيْبِ ۗ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ

Artinya : *“Sesungguhnya Kami telah mengutus Rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan Kami telah turunkan bersama mereka Al Kitab dan neraca supaya manusia dapat melaksanakan keadilan, dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan Rasul-rasulNya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa”* (QS. Al Hadid : 25).

Pada ayat tersebut, ungkapan *“...Kami menurunkan besi”* adalah perkara yang diturunkan dengan takdir dan pengaturan-Nya. Pemakaian kata *“Anzalna”* pun selaras dengan atmosfer ayat, yaitu atmosfer penurunan Kitab dan timbangan. Demikianlah, segala sesuatu yang diciptakan Allah itu telah ditetapkan dan ditakdirkan dalam Kitab dan timbangan-Nya. Allah menurunkan besi *“...yang padanya terdapat kekuatan yang hebat...”* yaitu, kekuatan dalam perang dan damai, dan mengandung *“...berbagai manfaat bagi manusia.”* Peradaban manusia yang ada sekarang ini bertumpu pada besi (Qutb, 2008).

Besi adalah unsur yang sangat melimpah di Bumi sehingga banyak dimanfaatkan dalam kehidupan manusia. Sifat yang dimiliki oleh besi

menjadikannya material utama dalam pembangunan peradaban manusia. Oleh karena itu, pengolahan pasir besi perlu dilakukan mengingat terdapat unsur besi dengan kekuatan yang hebat dan dapat memberi manfaat bagi manusia. Salah satunya yaitu memanfaatkan Fe_3O_4 yang ada dalam kandungan pasir besi.

Pelapisan CNT dengan Fe_3O_4 dapat mengubah sifat magnetik dan elektrokimia dari CNT. Sifat magnetik dari nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ ini dibutuhkan untuk meningkatkan selektivitas dan sensitivitas pada sistem alat biomedis karena hal tersebut diperkuat oleh sifat superparamagnetik yang dimiliki oleh Fe_3O_4 (Liu dkk, 2009). Oleh sebab itu, nanokomposit CNT dan magnetit (Fe_3O_4) menjadi salah satu material unggulan untuk diaplikasikan ke berbagai bidang, seperti menghilangkan bekas *arsenic* dan *chromium*, sebagai adsorban, meningkatkan performa elektrokimia pada baterai Li-ion, sebagai sensor imun (Rahmawati dkk, 2017), mengaktifkan sistem pengiriman obat yang terarah menggunakan magnetik (Cheng dkk, 2016), tinta cetak magnetik (Zhou dkk, 2016), sebagai biosensor (Zhao, 2016), dan lain sebagainya.

Banyak metode yang dapat digunakan untuk mensintesis nanomaterial yaitu metode hidrotermal atau solvothermal, sintesis microwave-solvothermal, sintesis gelombang mikro, proses sol-gel, metode sonokimia, dan lain sebagainya (Shirazi dan Kamran, 2016). Berbagai metode yang telah digunakan tersebut, metode sonokimia adalah metode yang paling bagus karena sederhana, peralatan yang murah, dan dapat mengontrol ukuran partikel. Metode sonokimia adalah metode yang menggunakan *ultrasound* (gelombang ultrasonik) untuk membentuk gelembung kavitas akustik dalam cairan yang terlibat dalam pembentukan,

pertumbuhan, dan mengempisnya gelembung-gelembung dalam larutan (Jusoh dkk, 2017). Pamakaian gelombang ultrasonik membuat proses sintesis menjadi lebih efektif karena efek energi kavitasi yang disebabkan oleh pembentukan gelembung-gelembung dan menghasilkan letusan pada temperatur 5000 K, tekanan 500 atm, dan kecepatan mendingin 109 K/s (Rahmawati dkk, 2017). Sebagai salah satu pilihan yang kompetitif, metode sonokimia secara luas digunakan untuk fabrikasi nanopartikel dengan luar biasa atau dapat meningkatkan sifat suatu material (Zhang dkk, 2010).

Dalam pembuatan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$, terdapat beberapa parameter yang digunakan untuk melihat sifat dan karakteristik dari nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ tersebut. Beberapa parameter yang biasa digunakan adalah variasi massa CNT, waktu sonikasi, dan suhu. Selain parameter tersebut, dapat dilakukan variasi volume. Variasi volume nantinya akan menjadi parameter baru dalam studi pembuatan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$. Variasi volume yang digunakan adalah variasi volume larutan FeCl_x .

Volume larutan erat kaitannya dengan konsentrasi (molaritas). Konsentrasi merupakan cara untuk menyatakan hubungan kuantitatif antara zat terlarut dan pelarut. Konsentrasi larutan ada beberapa macam, salah satunya adalah molaritas. Molaritas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam 1 liter larutan. Konsentrasi (molaritas) berpengaruh pada nilai pH suatu larutan yang dihubungkan oleh persamaan derajat keasaman (pH). Sehingga, dapat dikatakan bahwa volume mempengaruhi nilai pH dari suatu larutan. Rusianto dan Wildan pada tahun 2015

melakukan penelitian tentang pengaruh variasi pH terhadap sifat magnet dari Fe_3O_4 . pH larutan diatur dengan penambahan volume NH_4OH . Rasio volume antara larutan induk (FeCl_x) dengan NH_4OH adalah A (2:1), B (1:1), C (1:2), dan D (1:3). Hasil pencampuran larutan tersebut menghasilkan larutan dengan berbagai tingkat pH masing-masing yaitu 5, 8, 10, dan 11.

Berdasarkan pemaparan di atas, dalam penelitian ini dilakukan sintesis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ hasil sintesis pasir besi alam dan CNT menggunakan metode sonokimia. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi volume FeCl_x . Setelah itu, dilakukan analisa pengaruh variasi volume FeCl_x terhadap morfologi dan sifat kemagnetan dari nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana proses sintesis nano komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ menggunakan metode sonokimia dengan variasi volume FeCl_x ?
2. Bagaimana morfologi dan sifat kemagnetan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ sebagai fungsi variasi volume FeCl_x ?
3. Bagaimana pengaruh variasi volume FeCl_x terhadap hasil karakterisasi TEM, XRD, dan VSM dari nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji proses sintesis nano komposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ dengan menggunakan metode sonokimia;
2. Mengkaji morfologi dan sifat kemagnetan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ sebagai fungsi variasi volume larutan FeCl_x ;
3. Mengkaji pengaruh variasi volume FeCl_x terhadap hasil karakterisasi TEM, XRD, dan VSM dari nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$.

1.4. Batas Penelitian

Untuk menghindari meluasnya objek kajian dalam penelitian ini, maka diberikan batasan penelitian sebagai berikut :

1. Prekursor FeCl_x merupakan hasil ekstraksi pasir besi alam yang dilarutkan dengan HCl 37 %;
2. Variasi volume larutan FeCl_x yang digunakan adalah 10, 20, dan 30 ml;
3. Pasir besi yang digunakan adalah pasir besi pantai Tulung Agung, Jawa Timur;
4. Proses sintesis dilakukan dengan metode sonokimia pada suhu $50\text{ }^\circ\text{C}$ selama 30 menit;
5. Sonikasi dilakukan dengan panjang gelombang 20 KHz dengan pulsa 01 01 dan amplitudo 75%.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Memberikan informasi dalam mensintesis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ melalui metode sonokimia;
2. Memberikan informasi hasil karakterisasi morfologi dan kemagnetan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ hasil sintesis pasir besi alam;
3. Memberikan informasi pengaruh variasi volume FeCl_x terhadap hasil karakterisasi XRD, TEM, dan VSM dari nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$.



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan karakterisasi dan pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Material nanokomposit Fe₃O₄/CNT telah berhasil disintesis menggunakan metode sonokimia dengan variasi volume larutan FeCl_x dari 10, 20, dan 30 mL.

2.

Volume FeCl _x (mL)	Hasil Uji XRD (2θ)		Hasil Uji TEM (Diameter rata-rata)		Hasil Uji VSM (emu/g)
	CNT (°)	Fe ₃ O ₄ (°)	CNT (nm)	Fe ₃ O ₄ (nm)	
10	26,12°	30,32°, 35,70°, 43,38°, 53,88°, 57,45°, 63,10°	33,08	20,18	11,33
20	26,12°	30,32°, 35,70°, 43,38°, 53,88°, 57,45°, 63,10°	27,08	15,44	21,14
30	26,12°	30,32°, 35,70°, 43,38°, 53,88°, 57,45°, 63,10°	27,64	18,37	24,72

3. Berdasarkan hasil karakterisasi TEM, variasi volume FeCl_x tidak berpengaruh pada ukuran partikel hasil sintesis nanokomposit Fe₃O₄/CNT. Pada hasil karakterisasi XRD, variasi volume FeCl_x berpengaruh pada intensitas puncak difraksi yang semakin berkurang seiring meningkatnya volume FeCl_x. Pada hasil karakterisasi VSM, variasi volume FeCl_x memperlihatkan nilai magnetisasi saturasi (Mag_{sat}) yang semakin meningkat seiring bertambahnya volume FeCl_x.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran diantaranya :

1. Pada sintesis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$, variasi volume FeCl_x diperbanyak.
2. Untuk mengetahui gugus fungsi dapat menggunakan karakterisasi FTIR.
3. Menggunakan bahan dasar alam lainnya, seperti CNT dari tempurung kelapa.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. dan Khairurijal. 2009. Review Karakterisasi Material. *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, **Vol. 2 No. 1**.
- Al Qurthubi, S. 2000. *Tafsir Al-Qurthubi*. Jakarta : Pustaka Azzam.
- Annveer, dan Ritu. 2015. Dielectric and Magnetic Study Of CNTs-Fe₃O₄ Composites. *Journal of Pure and Applied Science & Technology*, **Vol 5(1), Jan 2015** : 14-20.
- Burgei, W., Pechan M. J., dan Jeager H. 2003. A Simple Vibrating Sample Magnetometer For Use In a Materials Physics Course. *American Journal of Physics*, **71** (8).
- Chen, C. C., Chen C. F., Chen C. M., dan Cuang F. T. 2007. Modification of Multi-Walled Carbon Nanotubes By Microwave Disgation Method As Electrocatalyst Supports For Direct Methanol Fuel Cell Applications. *Electrochemistry Communications*, **9 (2007)** : 159-163.
- Cheng, R. Y., Mao F. W. C., Wei F. R., dan Sun J. 2016. Decoration of CNTs surface by Fe₃O₄ nanoparticles: influence of ulltrasonication time on the magnetic and structural properties. *Chinesa Chemical Letters*.
- Cheng, Y., Liu Y., Huang J., Li K., Xian Y., Zhang W., dan Jin L. 2009. Amperometric Tyrosinase Biosensor Based On Fe₃O₄ Nanoparticles-Coated Carbon Nanotubes Nanocomposite For Rapid Detection Of Coliforms. *Electrochimica Acta*, **54 (2009)** : 2588–2594.
- Chung, K. W., Kim K. B., Han S., dan Lee H. 2005. Novel Synthesis and Electrochemical Characterization of Nano-sized Cellular Fe₃O₄ Thin Film. *The Electrochmeical Sociaty*.
- Huang, Z., Li J., Chen Q., dan Wan H. 2009. A facile of CNTs/Fe₃O₄ composite nanofiber for biomedical application. *Materials Chemistry and Physics*. *Materials Chemistry and Physics*, **144** : 33-36.
- Jusoh, N., Yeong Y. F., Mohamad M., Lau K. K., dan Shariff A. M. 2017. Rapid Synthesis of Zeolite T Via Sonochemical-Assisted Hydrothermal Growth Method. *Ultrasonics Sonochemistry*, **34 (2017)** : 273-280.
- Liu, Y., Jiang W., Li S., dan Li F. 2009. Electro Self-Assembly Of Fe₃O₄ Nanoparticles On Carbon Nanotubes. *Applied Surface Science*, **255 (2009)** : 7999-8002.

- Madani, S. Y., Tan A., Dwek M., dan Seifalian A. M. 2012. Functionalization of Single-Walled Carbon Nanotubes and Their Binding to Cancer Cells. *International Journal of Nanomedicine*.
- Maulana, M. R. dan Ridha F. 2015. *Sintesis Fe₃O₄ Dari Pasir Besi Variasi Temperatur dan PH*. (Tugas Akhir), Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Melati, A. dan Hidayati E. 2016. Synthesis and Characterization of Carbon Nanotube From Coconut Shells Activated Carbon. *Journal of Physics: Conference Series*, **694** (2016).
- Muhaini, S. A., dan Syukri. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Nanokristal Tembaga Dari Terusi Dengan Variasi Reduktor Melalui Metode Reduksi Kimia. *Jurnal Kimia Unand*, **Volume 3, Nomor 4**.
- Murphy, H., Papakonstantinou P., dan Okpalugo T. I. T. 2006. Raman Study Of Multiwalled Carbon Nanotubes Functionalized With Oxygen Groups. *Nanotechnology Research Institute, University of Ulster, Shore Road, BT37 OQB Northern Ireland, United Kingdom*.
- Permana, M. G. dan Harison B. 2015. *Sintesis Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄) Menggunakan Metode Sonokimia Dengan Variasi Frekuensi Gelombang Ultrasonik dan Kecepatan Putar Magnetic Stirrer*. (Tugas Akhir), Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Prato, M., Kostarelos K., dan Bianco A. 2008. Functionalized Carbon Nanotubes in Drug Design and Discover. *Accounts Of Chemical Research*, **January 2008 Vol. 41, No. 1** : 60-68.
- Qutb, S. 2008. *Tafsir Fi-Zhilalil Qur'an XI : Di Bawah Naungan Al-Qur'an*. Robbani Press.
- Rahmawati, R., Melati A., Taufiq A., Sunaryono, Diantoro M., Yulianto B., Suyatman S., Nugraha N., dan Kurniadi D. 2017. Preparation Of MWCNT-Fe₃O₄ Nanocomposite From Iron Sand Using Sonochemical Route. *IOP Conf. series : Material Science and Engineering*, **202** (2017) **012013**.
- Romanudhin. 2017. *Karakterisasi Material Nanokomposit Fe₃O₄/CNT Sebagai Transduser Biosensor*. (Tugas Akhir), Fisika, Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta.
- Rusianto, T., Wildan M. W., Abraha K., Kusmono. 2012. The Potential of Iron Sand From The Coast South Of Bantul Yogyakarta as Raw Ceramic Magnet Materials. *Jurnal Teknologi*, **volume 5 nomor 1** : 62-69.

- Safari, J. dan Zarnegar Z. 2014. Synthesis Of Amidoalkyl Naphthols By Nano- Fe_3O_4 Modified Carbon Nanotubes Via A Multicomponent Strategy In The Presence Of Microwaves. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **20** (2014) : 2292–2297.
- Septiani, N. L. W. 2015. *Nanokomposit Multiwalled Carbon Nanotubes-Zinc Oxide (MWCNT-ZnO) Sebagai Sensor Gas Toluena*. (Tesis). Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Setyaningsih, Y. 2013. Pemurnian CNT (Carbon Nanotube) Hasil Spray-Pyrolisis Dengan Optimasi Perlakuan Refluks dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi Klorofom. *Chem Info*, **Vol 1, No 1** : 305-309.
- Shirazi, F. S. dan Akhbari K. 2016. Sonochemical Procedures; The Main Synthetic Method for Synthesis of Coinage Metal Ion Supramolecular Polymer Nano Structures. *Ultrasonic Sonochemistry*, **31** (2016) : 51-61.
- Subagio, A., Pardoyo, Priyono, Yudianti R., Rowi K., dan Taufiq M. I. 2013. Pemurnian Carbon Nanotubes Menggunakan Larutan HNO_3 dengan metode pencucian biasa dan Reflux. *Jurnal Fisika Indonesia*, **Vol XVII, No: 49**.
- Titow, V. A., Arsyad M., Palloan P., dan Rampe M. J. Analisis of Mineral Content of Iron Sand Deposit In Bontokanang Village and Tanjung Bayang Beach , South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Physics : Conf. Series*, **997** (2018)
- Wildan, M. W., dan Rusianto T. 2015. The Effect pH Variations on Magnetic properties of Magnetite Synthesized From Iron Sand. *Jurnal Teknologi Technoscintia*, **Vol. 7 no. 2**.
- Yuanbi, Z., Qiu Z., dan Huang J. 2008. Preparation and Analysis of Fe_3O_4 Magnetic Nanoparticles Used as Targeted-drug Carriers. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, **16** (3) (2008) : 451-455.
- Zhang, X, Jiang W., Gong X., dan Zhang Z. 2010. Sonochemical Synthesis and Characterization Of Magnetic Separable $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Ag}$ Composites And Its Catalytic Properties. *Journal Of Alloys and Compuond*, **508** (2010) : 400-405.
- Zhao, T., Ji X., Guo X., Jin W., Dang A., Li H., dan Li T. 2016. Preparation and Electrochemical Property Of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{MWCNT}$ Nanocomposite. *Chemical Physics Letter*, **653** (2016) : 202-206.
- Zhou, X., Fang C., Li Y., An N., dan Lei W. 2016. Preparation and Characterization Of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ Magnetic Nanocomposites For Potential In Functional Magnetic Printing Ink. *Composites Part B*, **89** (2016) : 295-302

LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses sintesis



Pembuatan FeCl_x



Proses refluks CNT



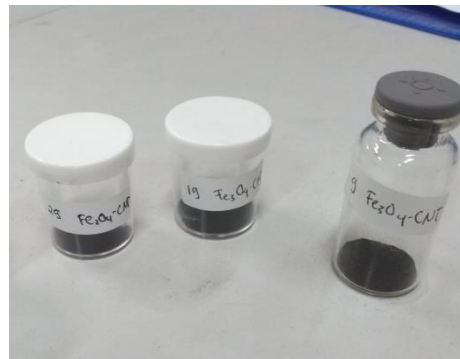
Proses sintesis nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ menggunakan metode sonokimia



Proses pencucian sampel dengan diendapkan menggunakan magnet permanen



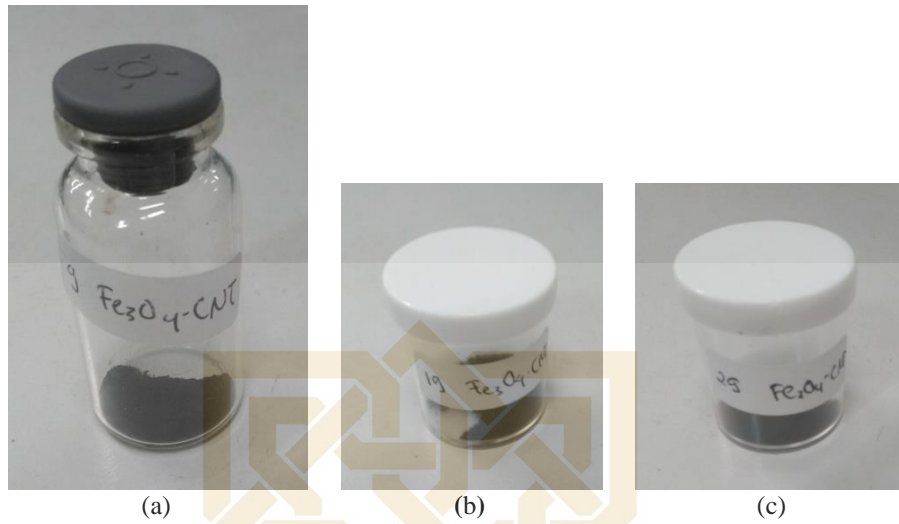
Proses pengeringan dengan oven



Hasil sintesis nanokomposit
 $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$



Pembuatan nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ menggunakan metode sonokimia

Lampiran 2 Hasil sintesis nanokomposit Fe₃O₄/CNT

Gambar 1 Hasil sintesis nanokomposit Fe₃O₄/CNT dengan (a) 10 mL FeCl_x (b) 20 mL FeCl_x (c) 30 mL FeCl_x

Lampiran 3 Distribusi ukuran diameter nanokomposit Fe₃O₄/CNT pada hasil uji TEM

Tabel 1 Distribusi ukuran diameter CNT pada 10 mL nanokomposit Fe₃O₄/CNT

<i>No</i>	<i>Area</i>	<i>Mean</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Angle</i>	<i>Length</i>
1	7.166	24.064.217	17.901.838	34.334.461	-1.548	32.468
2	7.454	34.554.345	22.650.824	44.125.625	38.660	33.701

Tabel 2 Distribusi ukuran diameter CNT pada 20 mL nanokomposit Fe₃O₄/CNT

<i>No</i>	<i>Area</i>	<i>Mean</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Angle</i>	<i>Length</i>
1	4.820	30.413.189	22.505.225	36.340.141	-99.090	22.016
2	5.151	30.800.542	23.482.100	38.562.000	-41.987	23.398
3	6.853	28.980.943	13.768.875	44.489.766	-46.123	31.365
4	5.718	29.399.227	18.448.000	51.729.535	-88.091	26.101
5	8.318	25.432.753	17.721.000	41.660.469	-65.772	38.142
6	5.577	25.964.972	19.188.342	36.433.000	7.853	25.456
7	4.962	33.138.278	16.838.000	46.609.770	-85.601	22.675

Tabel 3 Distribusi ukuran diameter CNT pada 30 mL nanokomposit Fe₃O₄/CNT

<i>No</i>	<i>Area</i>	<i>Mean</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Angle</i>	<i>Length</i>
1	5.170	32.295.052	22.722.000	45.825.000	0	27.941
2	4.697	32.205.858	23.245.857	43.459.668	-100.008	25.386
3	5.711	34.142.244	23.705.857	48.066.000	-92.726	30.917
4	4.123	35.980.069	26.432.127	43.718.828	-34.216	22.230
5	4.697	34.633.823	25.132.410	47.008.719	-73.142	25.354
6	5.913	28.344.454	18.977.586	53.340.953	-97.943	31.924
7	5.508	27.579.731	16.310.578	39.937.457	-129.987	29.750

Tabel 4 Distribusi ukuran diameter Fe₃O₄ pada 10 mL nanokomposit Fe₃O₄/CNT

<i>No</i>	<i>Area</i>	<i>Mean</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Angle</i>	<i>Length</i>
1	5.050	20.411.623	8.716.000	38.454.848	-2.203	22.824
2	5.098	17.708.205	9.810.736	33.126.070	-6.582	22.958
3	4.665	21.445.040	12.927.000	32.064.000	-2.386	21.071
4	5.050	17.457.885	12.025.692	32.847.000	-2.203	22.824
5	4.665	17.114.433	9.813.000	30.701.000	0	21.053
6	3.511	9.906.712	2.934.000	19.193.000	0	15.789
7	3.607	8.902.000	3.283.568	15.973.567	-1.548	16.234
2	4.136	29.993.943	19.740.588	41.942.668	0	18.713

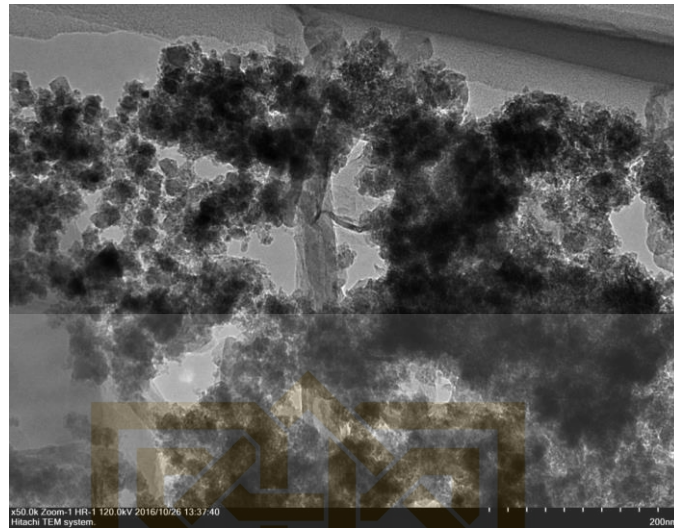
Tabel 5 Distribusi ukuran diameter Fe₃O₄ pada 20 mL nanokomposit Fe₃O₄/CNT

<i>No</i>	<i>Area</i>	<i>Mean</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Angle</i>	<i>Length</i>
1	3.403	19.597.526	14.913.910	25.036.500	-37.030	15.522
2	3.166	24.749.001	15.855.242	35.534.727	-1.736	14.354
3	3.875	20.687.318	12.537.444	30.952.260	-2.121	17.621
4	3.592	20.168.122	11.319.640	31.457.119	-2.291	16.317
5	3.119	17.719.461	9.488.086	31.156.512	-111.801	14.048
6	3.828	21.787.135	15.493.555	32.225.000	-124.287	17.365
7	3.450	18.801.164	12.194.000	28.932.000	0	15.652
8	3.733	22.592.006	16.740.615	32.920.152	-2.203	16.969
9	3.308	13.552.371	7.520.000	21.104.000	0	15.000
10	2.883	13.210.459	8.866.000	17.193.000	0	13.043
11	3.450	5.490.301	950.000	16.635.000	0	15.652
12	3.025	11.024.860	7.761.667	18.634.619	-2.726	13.711

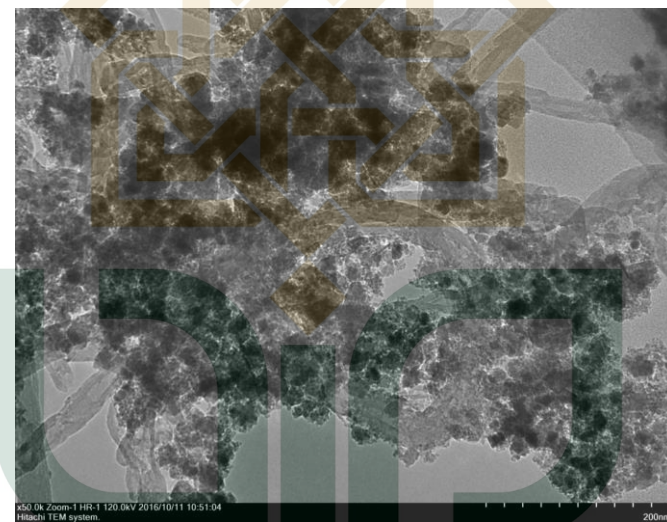
Tabel 6 Distribusi ukuran diameter Fe₃O₄ pada 30 mL nanokomposit Fe₃O₄/CNT

<i>No</i>	<i>Area</i>	<i>Mean</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Angle</i>	<i>Length</i>
1	3.413	18.007.187	9.213.320	34.525.000	-2.291	18.397
2	3.818	18.700.113	11.467.893	31.155.857	-2.045	20.601
3	3.818	15.529.858	10.445.000	25.602.000	0	20.588
4	3.548	20.676.162	12.539.000	52.583.000	0	19.118
5	3.143	16.112.409	9.242.000	30.923.000	0	16.912
6	4.224	16.413.048	8.705.000	28.900.000	0	22.794
7	2.703	28.248.827	21.156.010	38.589.121	-40.914	14.595
8	2.602	15.587.630	3.821.210	41.738.000	-3.013	13.990
9	3.413	12.816.969	6.642.200	20.065.119	-2.291	18.397

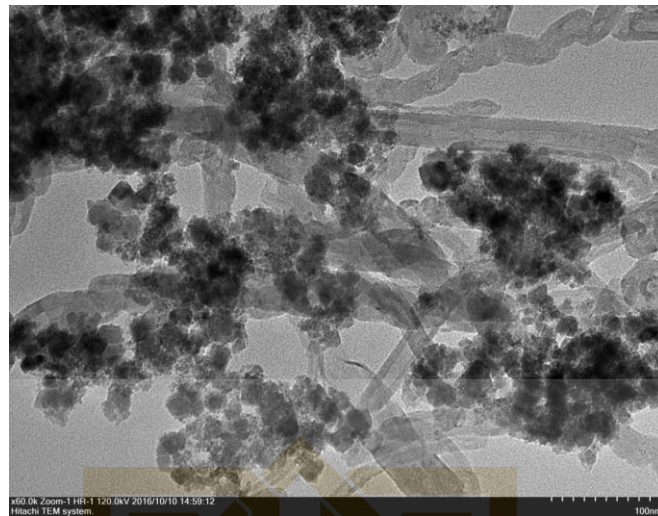
Lampiran 4 Hasil Uji TEM



Gambar 2 Hasil uji TEM nanokomposit Fe₃O₄/CNT dengan volume FeCl_x 10 mL



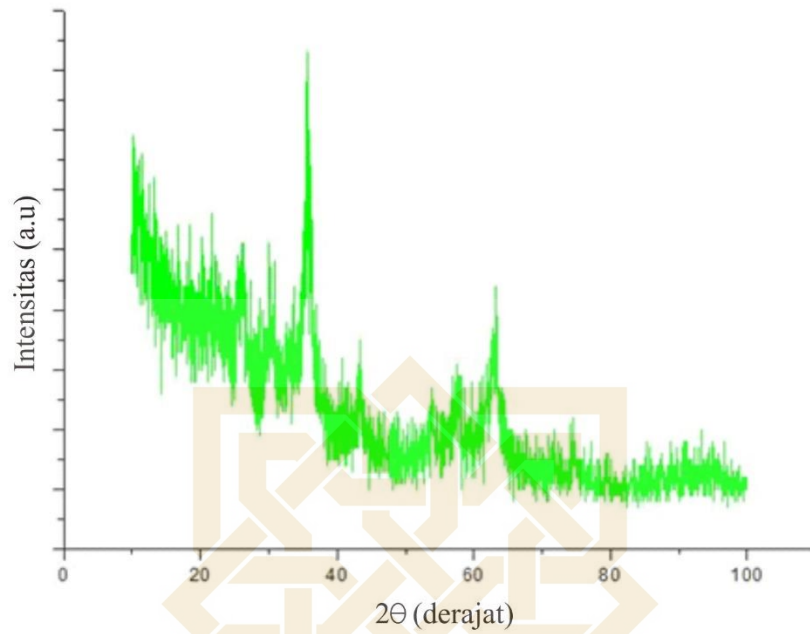
Gambar 3 Hasil uji TEM nanokomposit Fe₃O₄/CNT dengan volume FeCl_x 20 mL



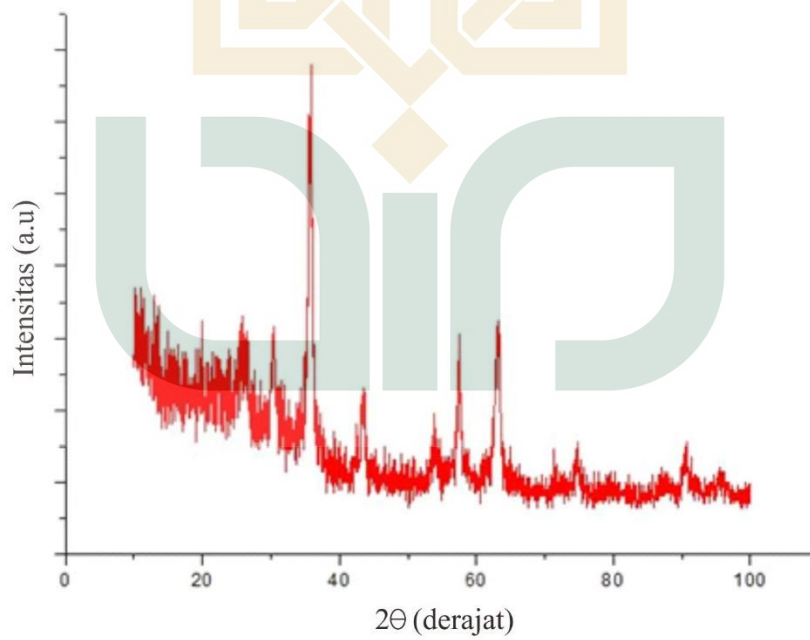
Gambar 4 Hasil uji TEM nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ dengan volume FeCl_x 30 mL



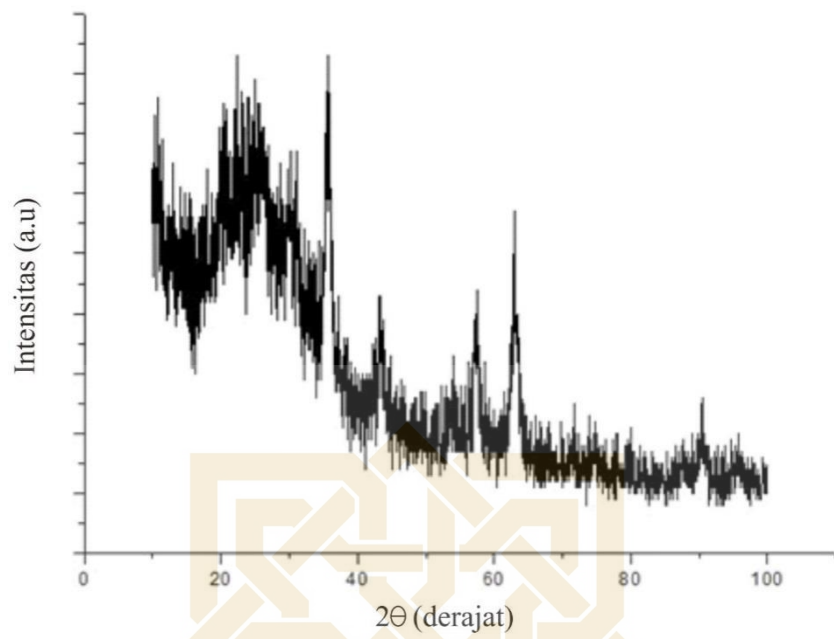
Lampiran 5 Grafik hasil uji XRD sebelum *smoothing*



Gambar 5 Grafik hasil uji XRD nanokomposit Fe₃O₄/CNT 10 mL FeCl_x



Gambar 6 Grafik hasil uji XRD nanokomposit Fe₃O₄/CNT 20 mL FeCl_x



Gambar 7 Grafik hasil uji XRD nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{CNT}$ 30 mL FeCl_x