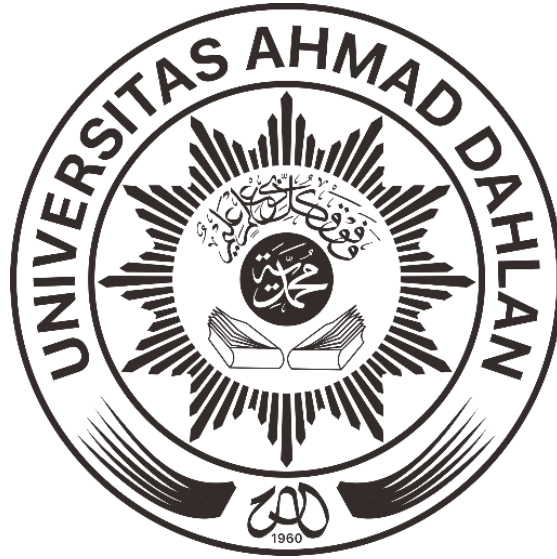


Sintesis *Nanowire* Logam-Oksida Menggunakan Metode *Hydrothermal*

Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Laporan Praktik Kerja Lapangan



Disusun Oleh :

Nur Aulia Syahra

1900014022

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI TERAPAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN YOGYAKARTA
2022**

HALAMAN
PENGESAHAN PRAKTIK
KERJA LAPANGAN

Judul Laporan : Sintesis *Nanowire Logam-Oksida* menggunakan Metode *Hydrothermal*

Alamat Tempat PKL : Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15314,
Telepon (021)7560570, 70618892, Fax. (021)7560554

Periode PKL : 07 Februari 2022 s/d 07 Maret 2022

Disusun oleh :

Nama : Nur Aulia Syahra
NIM : 1900014022

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



Onitatul Hidayah, S.Si., M. Sc.
NIY. 60150800

Pembimbing Lapangan



Dr. Witha Berlian Kesuma Putri S.Si., M.Si
NIP. 198306232018012001

Mengetahui,



Dekan FAST

Dr. Yudi Ari Adi, S.Si., M.Si.
NIY. 60020389

Kaprodi Fisika

Damar Yoga Kusuma, B.Eng., Ph.D.
NIY. 60150785

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena dengan karunia- Nya saya dapat menyelesaikan laporan kerja praktik berjudul “Sintesis *Nanowire Logam-Oksida* menggunakan Metode *Hydrothermal*” menyelesaikan tugas mata kuliah Kerja Praktik sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Universitas Ahmad Dahlan.

Tidak lupa saya sampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing dan pembimbing lapangan yang telah membantu dan membimbing saya dalam mengerjakan karya ilmiah ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh teman- teman mahasiswa yang juga sudah memberi kontribusi baik langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan laporan ini.

Tentunya ada hal-hal yang ingin penulis berikan kepada pembaca dari hasil laporan ini. Karena itu kami berharap semoga laporan ini dapat menjadi sesuatu yang berguna bagi kita bersama.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna sempurnanya laporan ini. Penulis berharap semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 07 Juli 2022

Nur Aulia Syahra

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi masalah	2
1.3. Rumusan masalah	2
1.4. Tujuan kerja praktik	2
1.5. Manfaat kerja praktik	3
1.6. Lokasi dan waktu kerja praktik	3
1.7. Metode pelaksanaan kerja praktik.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN UMUM INSTANSI	4
2.1. Sejarah (P2F-BRIN).....	4
2.2. Visi dan Misi.....	5
2.3. Lokasi Pusat Penelitian Fisika - LIPI.....	5
2.4. Tugas dan Fungsi Pokok	5
2.5. Struktur Organisasi	6
BAB III	8
TINJAUAN PUSTAKA	8
3.1. <i>Nanowire</i>	8
3.2. <i>Nanowire Fe₃O₄</i>	8
3.3. <i>Hydrothermal</i>	9
3.4. Karakterisasi FE-SEM	10
BAB IV	11
METODOLOGI.....	11
4.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	11
4.2. Alat dan Bahan.....	11
4.3. Prosedur Pengujian	11
4.3.1. Proses Pembuatan Sampel	12
4.3.2. Proses pengujian FE-SEM	14
4.3.3. Proses pengukuran diameter sampel	14

4.4. Pengolahan data	14
BAB V	16
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
5.1. Pengolahan data	16
5.1.1. Hasil Uji FE-SEM.....	16
5.1.2. Hasil uji data diameter <i>nanowire</i> menggunakan <i>software</i> imageJ.....	17
5.1.3. Hasil analisis sampel <i>nanowire</i> Fe ₃ O ₄	21
5.2. Pembahasan.....	21
BAB VI.....	23
PENUTUP	23
6.1. Pembahasan.....	23
6.2. Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN.....	25
A. Dokumentasi Pengambilan Data.....	25
1. Alat dan Bahan.....	25
2. Proses Pembuatan Sampel	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur organisasi P2F – LIPI.....	6
Gambar 3.1. Wadah Reaksi Autoklaf	9
Gambar 3.2. <i>Field Emission Scanning Electron Microscopes</i> (FE-SEM)	10
Gambar 4.1. Alur Prosedur Pengujian.....	12
Gambar 4.2. Alur Proses Pembuatan <i>Nanowire</i> Fe ₃ O ₄	13
Gambar 4.3. Pengambilan 100 data diameter sampel Fe ₃ O ₄	14
Gambar 4.4. Tampilan <i>software</i> Origin Lab	15
Gambar 5.1. Hasil FE-SEM <i>nanowire</i> Fe ₃ O ₄	17
Gambar 5.2. Per besaran hasil FE-SEM <i>nanowire</i> Fe ₃ O ₄	17
Gambar 5.3. Hasil FE-SEM <i>nanowire</i> Fe ₃ O ₄ penelitian sebelumnya.....	17
Gambar 5.4. Grafik FE-SEM <i>nanowire</i> Fe ₃ O ₄	21

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Komposisi dan massa yang digunakan untuk pembuatan sintesis Fe_3O_4	11
Tabel 5.1. Hasil pengambilan data	17

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kerja praktik adalah kegiatan untuk menempatkan mahasiswa pada suatu lingkungan pekerjaan yang sebenarnya untuk meningkatkan ketrampilan, etika pekerjaan, disiplin dan tanggung jawab yang merupakan suatu kesempatan yang digunakan untuk menerapkan ilmu pengetahuan dan ketrampilan yang dimiliki. Kerja praktik di Pusat Penelitian Fisika Badan Riset dan Inovasi Nasional merupakan sarana yang tepat untuk mahasiswa agar mengetahui dan mempraktikkan secara langsung bagaimana proses kerja di instansi dan sebagai tahap awal untuk beradaptasi sebelum nantinya masuk ke dunia kerja yang sesungguhnya.

Pusat Penelitian Fisika (P2F – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) yang saat ini telah diubah menjadi Pusat Penelitian Fisika Badan Riset dan Inovasi Nasional yang berarti telah bersatu menjadi organisasi di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 78 Tahun 2021. BRIN merupakan sebuah institusi pemerintah di bawah kedeputan Bidang Ilmu Pengetahuan Teknik (IPT) Badan Riset dan Inovasi Nasional yang memiliki tugas pokok untuk melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang fisika terapan sebagai bagian dari proses industrialisasi di Indonesia.

Nanowire merupakan sebuah material berupa kawat atau silinder yang memiliki diameter dengan rentang 10 nm hingga > 100 nm dengan panjang dalam orde mikrometer. *Nanowire* berpotensi digunakan sebagai piranti elektronik dalam skala *nano*. Salah satu material yang sering digunakan dalam *nanowire* yaitu Magnetit besi oksida (Fe_3O_4). Material ini merupakan salah satu oksida besi yang dapat menunjukkan sifat kemagnetan paling kuat dibandingkan dengan oksida besi lainnya. Magnetit besi oksida (Fe_3O_4) lebih unggul daripada yang lain karena suhu *Curie* (T_c) yang tinggi yaitu sebesar 858 K, yang sangat penting untuk stabilitas termal dalam aplikasi perangkat. Fe_3O_4 telah terbukti menjadi bahan feromagnetik dengan polarisasi putaran tinggi (sekitar 100%) pada tingkat Fermi, yang menghasilkan saluran spin minoritas logam dan saluran spin mayoritas semikonduktor.

Penelitian mengenai *nanowire* Fe₃O₄ telah dilakukan sebelumnya oleh (Henry, dkk, 2007) dengan menggunakan FeSO₄ (Fero Sulfat), Na₂S₂O₃ (Natrium Tiosulfat), NaOH (Natrium Hidroksida) dengan variasi PEG (Polietilena Glikol) 400, 1000, dan 20.000. Suhu yang digunakan untuk proses *hydrothermal* yaitu 150° C selama 24 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa diameter dan panjang *nanowire* akan meningkat seiring dengan peningkatan berat molekul PEG yang diberikan. Hal ini dapat dilihat dari hasil sampel yang didapatkan dari penggunaan PEG 400 yaitu memiliki diameter yang seragam dengan distribusi yang berpusat pada 15 nm. Sedangkan hasil dari PEG 1000 menghasilkan diameter sebesar 200 nm dengan panjang 2-3 m, dan hasil dari penggunaan PEG 20.000 yaitu memiliki diameter 150–200 nm dan panjang hingga 10 m.

Terdapat beberapa metode untuk menyintesis *nanowire* yaitu sintesis dengan bantuan *template*, uap-cair-padat (VLS), *elektrodeposisi*, *electrospinning*, dan *hydrothermal*. Pada penelitian kali ini menggunakan teknik *hydrothermal* yang telah terbukti secara luas menjadi salah satu pendekatan yang paling efektif untuk pertumbuhan kristal. Proses *hydrothermal* akan mengacu pada sintesis melalui reaksi kimia dalam larutan berair di atas titik didih air. Umumnya, sintesis *hydrothermal* sebagai sintesis oleh reaksi kimia zat dalam larutan berair atau pelarut organik yang dipanaskan pada suhu yang sesuai (100-1000°C) dan tekanan (1-100 MPa).

1.2. Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penulis ingin mengidentifikasi masalah-masalah yang ada dalam laporan ini yaitu pengaruh proses *hydrothermal* untuk sintesis *nanowire* Fe₃O₄ dan pentingnya pengembangan *nanowire* Fe₃O₄ dalam industri saat ini.

1.3. Rumusan masalah

1. Bagaimana hasil dari pembentukan *nanowire* Fe₃O₄ dengan metode *hydrothermal* ?
2. Bagaimana hasil dari karakterisasi FE-SEM dari sampel ?

1.4. Tujuan kerja praktik

1. Mengetahui hasil dari pembentukan *nanowire* Fe₃O₄ dengan metode *hydrothermal*
2. Mengetahui hasil dari karakterisasi FE-SEM dari sampel

1.5. Manfaat kerja praktik

Adapun manfaat praktik kerja lapangan di Pusat Penelitian Fisika (P2F – LIPI) yaitu :

1. Terciptanya kerja sama antara Universitas Ahmad Dahlan dan instansi kerja.
2. Dapat menerapkan dan mengaplikasikan ilmu teoritis yang telah diperoleh di bangku kuliah ke dalam praktik sesungguhnya.
3. Mendapatkan gambaran yang nyata dan pemahaman yang lebih jelas tentang riset dan pengembangan dalam dunia teknologi.
4. Mengenal dan mempelajari berbagai permasalahan yang sering terjadi di lapangan dunia kerja dan kemudian mencari penyelesaiannya.

1.6. Lokasi dan waktu kerja praktik

Kerja praktik dilaksanakan di Pusat Penelitian Fisika (P2F – LIPI) yang beralamatkan di Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15314. Kerja Praktik ini dilaksanakan selama 30 hari yaitu mulai tanggal 07 Maret 2022 sampai dengan tanggal 07 April 2022.

1.7. Metode pelaksanaan kerja praktik

Dalam pelaksanaan kerja praktik ini mahasiswa mempelajari cara sintesis *nanowire* Fe_3O_4 menggunakan metode *hydrothermal* dan karakterisasi FE-SEM *nanowire* menggunakan metode :

1. Mengkaji jurnal-jurnal dari berbagai sumber yang dijadikan sebagai rujukan atau referensi dalam melakukan penelitian.
2. Observasi dengan bertanya kepada pembimbing lapangan dan asisten penelitian.
3. Melakukan penelitian di laboratorium kimia Pusat Penelitian Fisika (P2F – LIPI).

BAB II

TINJAUAN UMUM INSTANSI

2.1. Sejarah (P2F-BRIN)

Pusat Penelitian Fisika (P2F – LIPI) adalah institusi pemerintah di bawah kadeputian Bidang Ilmu Pengetahuan Teknik (IPT) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang mempunyai tugas pokok melaksanakan penelitian dan pengembangan di bidang fisika terapan sebagai bagian dari proses industrialisasi di Indonesia. Pada awalnya bernama Lembaga Fisika Nasional (LFN) yang didirikan pada tahun 1967. Mulai menempati gedung Fisika di Komplek Puspiptek pada tahun 1985 berdasarkan Keputusan Presiden No. 1/1986. Pada tahun 1986 dilakukan reorganisasi sesuai dengan tugas dan fungsi barunya. LFN berganti menjadi Pusat Penelitian dan Pengembangan Fisika Terapan (P3FT) hingga tahun 2001, P3FT menjadi Pusat Penelitian Fisika – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F – LIPI) diresmikan berdasarkan Keputusan Presiden No. 1511/M/2001 tanggal 5 Juni 2001 hingga sekarang.

Sebagai salah satu lembaga pemerintah Non-Kementerian (dahulu Lembaga Pemerintah Non Departemen (LPND) eselon II maka perlu mempunyai dokumen Rencana Strategis (Renstra) yang memuat visi dan misi, lingkungan strategis, kebijakan, dan arahan program P2F – LIPI. Dokumen rencana strategi ini, kemudian disebut Restra Implementatif P2F. P2F – LIPI 2010 – 2014 merupakan paduan kebijakan lembaga dan menjadi acuan bagi seluruh staf peneliti dan staf pendukungnya dalam melakukan kegiatan lima tahun ke depan. Di samping itu, dokumen ini merupakan acuan bagi pertanggungjawaban mengenai akuntabilitas kinerja instansi pemerintah dalam menjalankan tugas pokok dan fungsinya.

(P2F – LIPI) berkomitmen untuk mengoptimalkan seluruh potensi organisasi melalui dukungan sumber daya manusia (SDM), dana, sarana, dan prasarana yang ada, serta terus melaksanakan, memantau, dan mengevaluasi seluruh kegiatan untuk meningkatkan koordinasi dan sinergi, baik secara internal maupun eksternal.

2.2. Visi dan Misi

Dalam menjalankan tugas-tugasnya, Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia memiliki visi dan misi agar dapat mencapai tujuan yang diinginkan. Adapun visi dan misi dari P2F – LIPI adalah sebagai berikut :

VISI

“Menjadi lembaga ilmu pengetahuan berkelas dunia yang mendorong terwujudnya kehidupan bangsa yang adil, makmur, cerdas, kreatif, integratif, dan dinamis yang didukung oleh ilmu pengetahuan dan teknologi yang humanis”.

MISI

Untuk mencapai visi yang telah ditetapkan di atas, maka ditetapkan misi Pusat Penelitian Fisika – LIPI sebagai berikut :

1. Menciptakan “*great science*” (terobosan ilmiah) di bidang fisika.
2. Meningkatkan invensi dan inovasi di bidang IPTEK berbasis fisika untuk memperkuat daya saing industri dan ekonomi nasional.
3. Meningkatkan pendayagunaan hasil-hasil penelitian dalam memberikan solusi terhadap masalah-masalah aktual nasional.
4. Menciptakan bahan untuk perumusan kebijakan nasional bidang IPTEK berbasis fisika.
5. Meningkatkan kinerja penelitian dan pelayanan masyarakat.

2.3. Lokasi Pusat Penelitian Fisika - LIPI

Pusat Penelitian Fisika – LIPI bertempat :

1. Jalan Sangkuriang (Komplek LIPI) , Bandung 40135,
Telepon (022)2503052, 2504832, Fax. (022)2503050
2. Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15314,
Telepon (021)7560570, 70618892, Fax. (021)7560554
Email : kerjasamafisika@yahoo.com

2.4. Tugas dan Fungsi Pokok

Pusat Penelitian Fisika memiliki tugas melaksanakan penyiapan bahan perumusan dan pelaksanaan kebijakan, penyusunan pedoman, pemberian bimbingan teknis, penyusunan rencana dan program, pelaksanaan penelitian bidang fisika secara evaluasi dan penyusunan laporan.

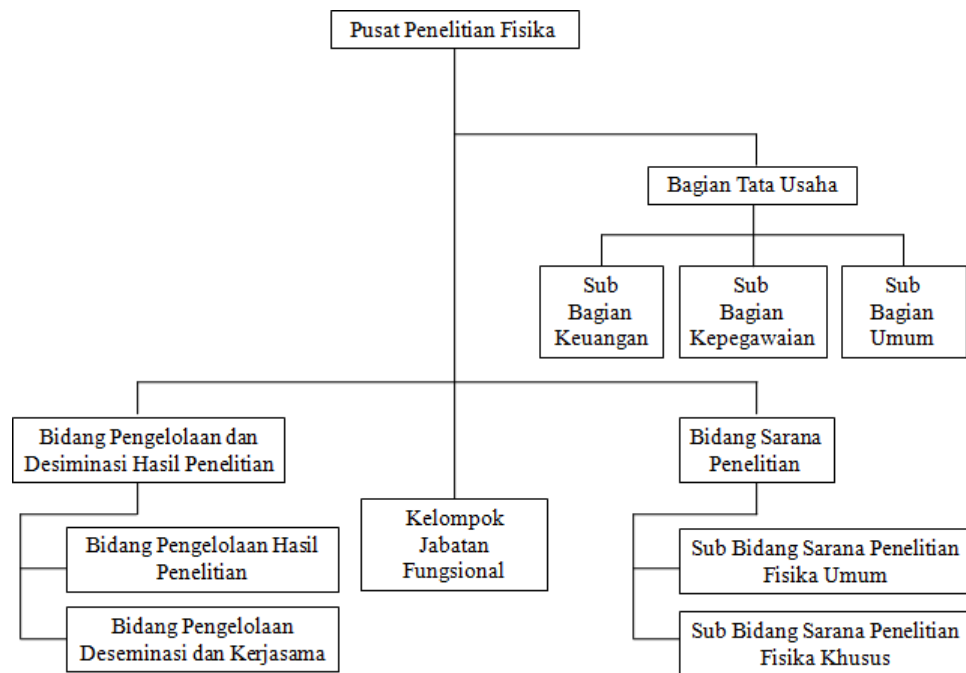
Fungsi:

Untuk menyelenggarakan tugas pokok tersebut, Pusat Penelitian Fisika – LIPI mempunyai fungsi:

1. Perumus dan pelaksanaan kebijakan di bidang penelitian fisika.
2. Pembimbing teknis dan supervisi di bidang penelitian fisika.
3. Pelaksana pengelolaan penelitian fisika
4. Pemantauan, pengevaluasian, dan pemberi laporan di bidang penelitian fisika.
5. Penyimpan bahan perumusan kebijakan penelitian bidang fisika.
6. Pelayanan jasa ilmu pengetahuan dan teknologi bidang fisika.
7. Pelaksana urusan tata usaha.

2.5. Struktur Organisasi

Struktur organisasi Pusat Penelitian Fisika – LIPI ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 2.1 Struktur organisasi P2F – LIPI

Keterangan:

- Kepala Pusat Penelitian Fisika : Dr. Rike Yulianti
Kepala Bidang Pengelolaan dan Desiminasi Hasil Penelitian : Agus Suheri, S.T.
Kepala Sub Bidang Hasil Penelitian : Kasni Rokhamawati, M.T.I.
Kepala Sub Bidang Deseminasi dan : Th. Ningsi Astuti, S. E. Kerja

sama

Kepala Bidang Sarana Penelitian : Heri Kresnadi, M. Eng. Kepala

Sub Bidang Sarana Penelitian : Suryadi, S.Si.

Fisika Umum

Kepala Sub Bidang Sarana Penelitian : Imam Syaifullah, S.IP.

Fisika Khusus

Kepala Bagian Tata Usaha : Dr. Agus Sukarto W., M.Eng.

Kepala Sub Bagian Keuangan : Iin Pardini, S.E.

Kepala Sub Bagian Kepegawaian : Nana Sukmana, S.AP.

Kepala Sub Bagian Umum : Bambang Hermanto, M.S

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Nanowire

Nanowire merupakan jenis struktur nano yang memiliki rasio aspek yang lebih besar dari satu. Setiap tahun minat para peneliti dalam menganalisis *nanowire* mengalami peningkatan sehingga sejumlah besar pemahaman tentang *nanowire* telah diperoleh juga berkat sifat fisik dan kimianya yang dapat diatur. Selain itu, morfologi *nanowire* memiliki rasio permukaan ke volume yang besar yaitu berukuran panjang dan lebar 1000 atau lebih dan diameter rentang nano $10 > 100$ nm dengan panjang orde mikrometer. Ukuran *nanowire* mewakili dimensi terkecil untuk pengangkutan elektron dan rangsangan yang efisien dan menunjukkan karakteristik yang berbeda serta keuntungan dalam banyak aplikasi praktis.

Struktur *nano* 1D seperti *nanowire* memiliki sifat transpor yang dipengaruhi oleh diameter *nano*, kondisi permukaan, kualitas kristal, orientasi kristalografi dan komposisi bahan, sehingga kondisi sintesis merupakan faktor yang penting untuk mendapatkan *nanowire* yang berkualitas tinggi di setiap aplikasi yang berbeda. Dengan rasio aspek *nanowire* yang lebih besar membuat beberapa percobaan awal menunjukkan bagaimana *nanowire* dapat digunakan dalam pembuatan piranti elektronika dalam skala nano, perangkat optoelektronika, biosensor, sel surya, dan lain sebagainya.

Dalam 10 tahun terakhir dapat beberapa metode untuk menyintesis *nanowire* yaitu sintesis dengan bantuan *template*, uap-cair-padat (VLS), *elektrodeposisi*, *electrospinning*, dan *hydrothermal*.

2.2. Nanowire Fe₃O₄

Nanowire Fe₃O₄ telah menjadi subjek banyak penelitian karena mekanisme transpor elektron yang unik dan rasio permukaan ke volume yang sangat besar. Fe₃O₄ termasuk salah satu material yang banyak diminati karena sifat dasar elektronik dan magnetiknya yang kompleks, yaitu transisi *Verwey* pada 120 K, suhu *Curie* tinggi 850 K, dan polarisasi putaran hampir penuh pada suhu kamar. Sebagai bahan semikonduktor, Fe₃O₄ menunjukkan sifat magnet dan listrik yang menarik serta aplikasi potensial yang luas dalam perangkat piranti elektronika. Selain itu, karakter setengah logam bersama dengan densitas pembawa yang tinggi (10^{22} – 10^{23} cm⁻³) dari Fe₃O₄ mampu menghindari fluktuasi densitas pembawa yang intens, yang

menonjol pada perangkat semikonduktor konvensional pada skala 10 nm. Oleh karena itu, keberadaan fase menarik dengan densitas pembawa besar di Fe_3O_4 menjamin fungsionalitas barunya untuk perangkat elektronik dan spintronik hemat energi, yang telah mencapai skala 10 nm. Sampai saat ini, berbagai metode deposisi dan pertumbuhan *epitaxial* pada sejumlah substrat telah dieksplorasi sebagai sarana fabrikasi struktur *nano* Fe_3O_4 berkualitas tinggi untuk aplikasi perangkat (Rakshit, 2019).

2.3. *Hydrothermal*

Proses *hydrothermal* adalah salah satu metode yang paling umum digunakan untuk persiapan bahan nano. Dalam proses *hydrothermal*, pembentukan bahan nano dapat terjadi dalam rentang suhu yang luas ($< 300^\circ\text{C}$) (Gan, 2020). Teknik *hydrothermal* telah terbukti secara luas menjadi salah satu pendekatan yang paling efektif untuk pertumbuhan kristal dan hampir semua kristal anorganik, baik di alam maupun di laboratorium, seperti elemen asli, oksida, silikat, fosfat, kalkogenida, halida, germanat, karbonat, dan sebagainya. Proses *hydrothermal* mengacu pada sintesis melalui reaksi kimia dalam larutan berair di atas titik didih air. Ahli kimia saat ini umumnya menganggap sintesis *hydrothermal* sebagai sintesis oleh reaksi kimia zat dalam larutan berair atau pelarut organik yang disegel dan dipanaskan pada suhu yang sesuai ($100\text{-}1000^\circ\text{C}$) dan tekanan ($1\text{-}100\text{ MPa}$). Reaksi *hydrothermal* dilakukan dalam wadah tertutup khusus atau autoklaf bertekanan tinggi di bawah kondisi pelarut sub kritis atau super kritis. Menurut suhu reaksi, *hydrothermal* dapat diklasifikasikan menjadi reaksi sintesis sub kritis dan super kritis. Suhu dalam kisaran $100\text{-}240^\circ\text{C}$ dalam reaksi sintesis sub kritis, yang berlaku untuk operasi industri dan laboratorium. Pada sintesis super kritis, temperaturnya bisa mencapai 1000°C dan tekanannya bisa mencapai $0,3\text{ GPa}$. Teknik sintesis *hydrothermal* melibatkan wadah reaksi seperti autoklaf (Feng, 2017).



Gambar 3.1. Wadah Reaksi Autoklaf

2.4. Karakterisasi FE-SEM

Field Emission Scanning Electron Microscopes (FE-SEM) memperkenalkan desain senjata elektron yang berbeda. Dalam teknologi ini, katode emisi medan dilepaskan elektron dengan menerapkan medan listrik yang tinggi di dekat ujung filamen. Kecepatan di mana saat elektron dikeluarkan dari reservoir elektron dalam filamen dapat diatur oleh derajat dan kedekatan medan listrik ke reservoir. Teknologi ini dapat mentolerir arus tinggi dan menawarkan stabilitas yang lebih tinggi dengan menghasilkan lebih halus dengan emisi 1000 kali emisi kawat tungsten tradisional. Desain ini membutuhkan kondisi vakum yang jauh lebih tinggi yang mengakibatkan peningkatan spasial resolusi dan pengisian sampel minimal disediakan. Oleh karena itu, FE-SEM menawarkan kinerja tinggi, yaitu resolusi tinggi yang berarti arus *probe* besar dan kecil *probe* elektron berdiameter pada rentang energi yang luas (1–30 keV). FE-SEM menggunakan pistol emisi medan untuk menghasilkan gambar yang lebih bersih, lebih sedikit *electrostatic* distorsi dan resolusi spasial < 2 nm yang berarti lebih baik dari pada SEM. FE-SEM memiliki dua anode untuk pemfokusan *electrostatic*. (Akhtar et al, 2018).



Gambar 3.2. *Field Emission Scanning Electron Microscopes* (FE-SEM)

BAB IV METODOLOGI

4.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dengan judul Sintesis *Nanowire Logam-Oksida* (Fe_3O_4) menggunakan Metode *Hydrothermal* dilaksanakan selama 30 hari yaitu mulai tanggal 07 Maret 2022 – 07 April 2022 yang berlokasi di Pusat Riset Material Maju, BRIN, Kawasan Puspipstek Serpong, Tangerang Selatan 15314.

4.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fume hood*, oven, *beaker glass*, *magnetic stirrer*, *magnetic bar*, neraca digital, gelas ukur, pipet tetes, penguji keasaman (indikator pH), kaca arloji, spatula, botol, mortar *agate*, dan *autoclave hydrothermal reactor*.

Sedangkan bahan yang digunakan adalah FeSO_4 (Fero Sulfat), $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Natrium Tiosulfat) PEG (Polietilena Glikol), NaOH (Natrium Hidroksida) dengan massa bahan yang sesuai pada Tabel.1.

Tabel 4.1. Komposisi dan massa yang digunakan untuk pembuatan sintesis Fe_3O_4

Komposisi Sintesis Fe_3O_4	Massa (gram)
FeSO_4	3,5
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	1,5
PEG-4000	5,6
NaOH	7

4.3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan analisa karakterisasi *field emission scanning electron microscope* (FE-SEM) untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan sampel dan *software imageJ* untuk mengetahui ukuran diameter sampel.

Penelitian ini dimulai dengan proses pembuatan sampel *nanowire* Fe_3O_4 , kemudian dilanjutkan dengan proses karakterisasi sampel menggunakan FE-SEM serta pengukuran diameter dari hasil FE-SEM sehingga didapatkan hasil akhir. Berikut diagram alur prosedur pengujian yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.

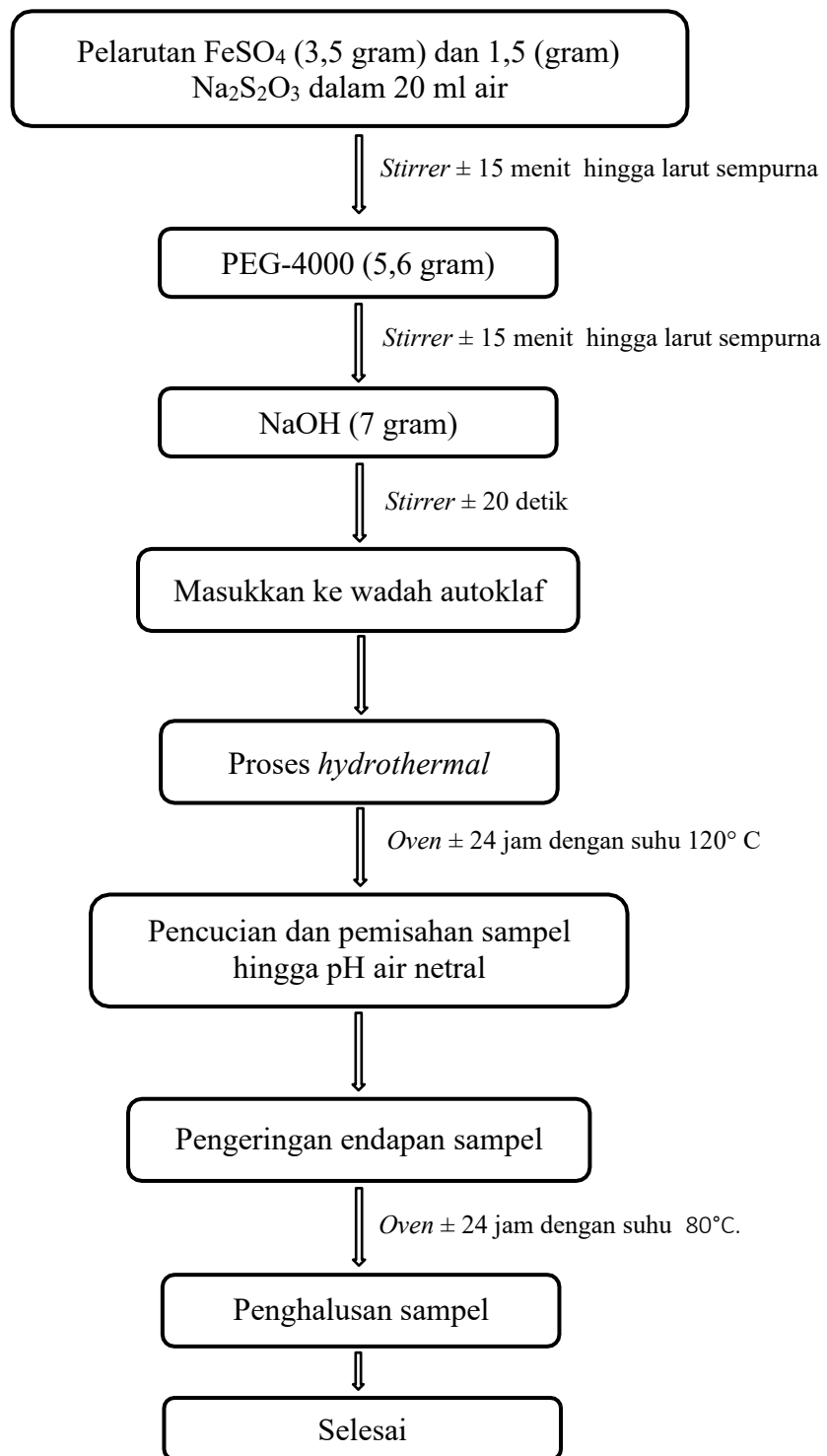


Gambar 4.1. Alur Prosedur Pengujian

4.3.1. Proses Pembuatan Sampel

Sebelum memasuki proses pengujian, hal yang harus dilakukan pertama kali adalah pembuatan sampel Fe_3O_4 yang akan diuji.

Proses ini dimulai dengan menimbang FeSO_4 sebanyak 3,5 gram dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ sebanyak 1,5 gram, selanjutnya kedua bahan dilarutkan ke dalam 20 ml air deionisasi dan diaduk di atas *magnetic stirrer* hingga kedua bahan terlarut sempurna. Selanjutnya, ditambahkan PEG-4000 sebanyak 5,6 gram ke dalam larutan yang diaduk di atas *magnetic stirrer* selama ± 15 menit hingga larutan PEG-4000 tercampur sempurna. Pada proses penambahan PEG-4000, larutan akan menjadi kental hal ini disebabkan karena PEG-4000 merupakan polimer yang fleksibel dan akan mempengaruhi bentuk dan ukuran dari sampel. Setelah itu ditambahkan NaOH sebanyak 7 gram ke dalam larutan secara perlahan sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama ± 20 detik. Proses selanjutnya, larutan sampel dimasukkan ke dalam wadah *autoclave* berukuran 200ml yang ditutup rapat dan ditempatkan ke dalam oven untuk dilakukan proses *hydrothermal* selama ± 24 jam dengan suhu 120°C . Proses selanjutnya dilakukan pemisahan endapan sampel. Endapan hitam yang terbentuk dicuci menggunakan air deionisasi untuk menghilangkan residu polimer hingga pH air kembali normal. Dilanjutkan ke tahap pengeringan endapan sampel yang dilakukan dalam oven selama ± 24 jam dengan suhu 80°C . Sampel yang sudah kering dihaluskan menggunakan mortar *agate* hingga sampel memiliki tekstur yang halus sempurna. Proses terakhir, sampel disimpan dalam botol *vial* untuk dilakukan penimbangan massa sampel akhir Fe_3O_4 . Alur proses pembuatan *nanowire* Fe_3O_4 dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Alur Proses Pembuatan *Nanowire* Fe₃O₄

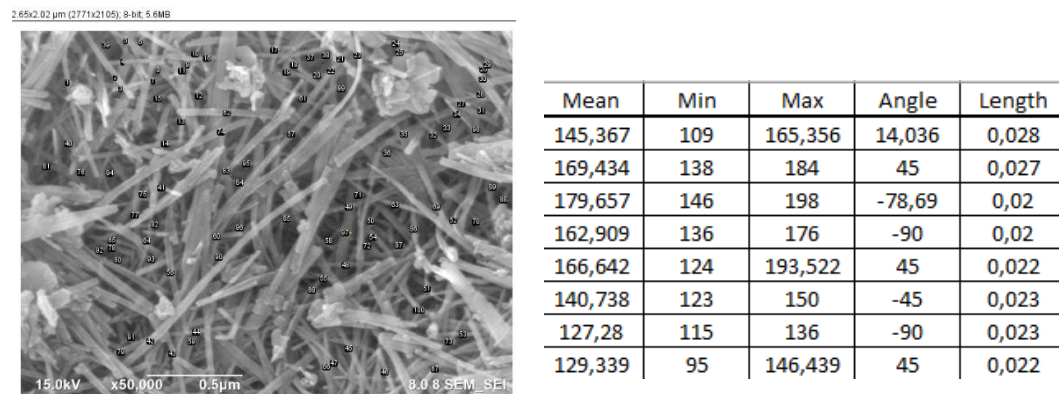
4.3.2. Proses pengujian FE-SEM

Pengujian FE-SEM bertujuan untuk mengetahui bentuk morfologi mikro struktur dari sampel uji dengan resolusi tinggi. Pengujian dilakukan di Pusat Riset Material Maju, BRIN.

FE-SEM bekerja dengan cara elektron yang dipancarkan dari katode emisi dengan menerapkan medan listrik yang bermuatan tinggi di dekat ujung filamen. Kemudian berkas cahaya akan membentuk satu baris secara terus-menerus dan menyinari sampel yang kemudian akan menghasilkan suatu isyarat peta elektronik dalam bentuk visual.

4.3.3. Proses pengukuran diameter sampel

Pengukuran diameter sampel Fe_3O_4 dilakukan dengan menggunakan *software* imageJ. Gambar sampel hasil FE-SEM dimasukkan dalam aplikasi imageJ dan skala gambar *disetting* sebesar $0,5 \mu\text{m}$. Pengambilan data dilakukan sebanyak 100 kali dengan ukuran diameter yang beragam (Gambar 1). Data yang didapatkan disimpan dalam *file Microsoft Excel* untuk dilanjutkan ke tahap pengolahan data dengan *software* Origin Lab (Gambar 4.4).



Gambar 4.3. Pengambilan 100 data diameter sampel Fe_3O_4

4.4. Pengolahan data

Pengolahan data dilakukan berdasarkan pada sumber data yang didapatkan dari proses pengukuran diameter sampel pada *software* Origin. Data lebar sampel yang telah *diinput* dari *Microsoft Excel* diubah menjadi bentuk grafik histogram. Analisis data dapat dilakukan dengan mengetahui rata-rata dari keseluruhan data dan *peak function* dari grafik histogram yang telah dibuat.



Gambar 4.4. Tampilan *software* Origin Lab

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Pengolahan data

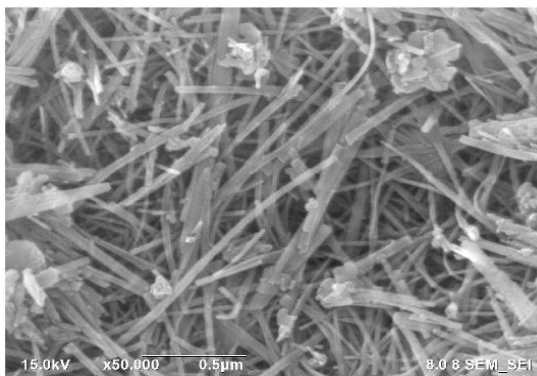
Pada penelitian sintesis *nanowire* menggunakan bahan-bahan yang sesuai pada Tabel 4.1. dengan metode *hydrothermal* dan pengujian karakterisasi FE-SEM didapatkan hasil *nanowire* logam oksida murni sebanyak 1,1175 gram dalam bentuk serbuk dan massa total dalam keadaan disimpan dalam botol vial sebesar 26,924 gram. Hasil sintesis dari Fe₃O₄ dapat diaplikasikan ke dalam bidang optik, sensor, maupun perangkat termoelektronika. Untuk saat ini, hasil sampel akan diuji sebagai material dalam aplikasi *supercapacitor* (Zhang, 2009).

5.1.1. Hasil Uji FE-SEM

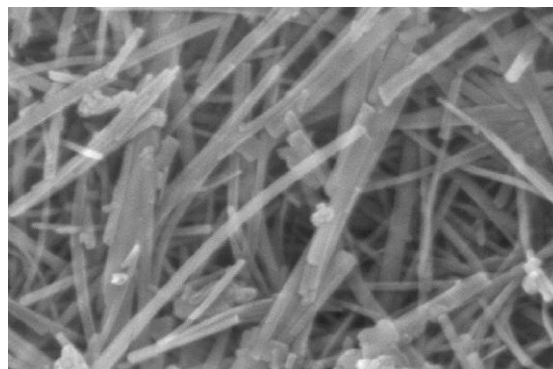
Karakterisasi FE-SEM dilakukan guna memvisualisasikan rincian topografi hingga ke ukuran yang sangat kecil di permukaan bahkan keseluruhan objek dari sampel. Hasil yang didapatkan FE-SEM memiliki resolusi yang tinggi dan *familiar* sehingga dapat mengamati obyek benda dalam ukuran nanometer.

Hasil uji FE-SEM dapat dilihat pada Gambar 5.1. dengan per besaran 50.000 kali dan pengaturan skala sebesar 0,5 μm . Dapat dilihat bahwa jumlah *nanowire* yang terbentuk sudah banyak. Bentuk sampel juga cukup konsisten dengan perkiraan ukuran partikel *nanowire*. Permukaan *nanowire* dapat dikatakan halus. Pengendapan yang terkait dengan metode *hydrothermal* gelombang mikro menawarkan *nanowire* Fe₃O₄ yang lebih selaras dan berbentuk seragam, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2.

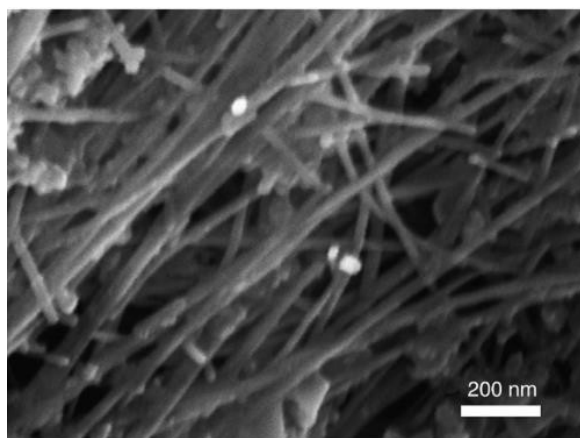
Berdasarkan penelitian sebelumnya, *nanowire* Fe₃O₄ disintesis menggunakan komposisi yang sama dengan jenis PEG yang berbeda, yaitu PEG-20.000. Suhu yang digunakan untuk proses *hydrothermal* sebesar 150°C selama 24 jam. Penelitian ini menghasilkan *nanowire* berukuran 150- 200 nm hingga panjang 10 meter dengan menghasilkan nanopartikel dengan jumlah yang sedikit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.3.(He, K, 2007). Pengaruh suhu yang digunakan dalam proses *hydrothermal* dapat mempengaruhi kristalinitas sampel yang dihasilkan. Dapat dilihat bahwa pada penelitian ini menghasilkan ukuran *nanowire* yang besar karena dipengaruhi oleh massa berat molekul PEG yang diberikan.



Gambar 5.1. Hasil FE-SEM *nanowire* Fe₃O₄



Gambar 5.2. Per besaran hasil FE-SEM *nanowire* Fe₃O₄



Gambar 5.3. Hasil FE-SEM *nanowire* Fe₃O₄ penelitian sebelumnya

5.1.2. Hasil uji data diameter *nanowire* menggunakan *software imageJ*.

Pengukuran diameter dilakukan dengan mengukur lebar dari setiap sampel *nanowire* yang terbentuk. Dengan pengambilan 100 data sampel didapatkan hasil sesuai pada tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil pengambilan data

No.	Area	Mean	Min	Max	Angle	Length (µm)
1	2,75E-05	145,367	109	165,356	14,036	0,028
2	2,66E-05	169,434	138	184	45	0,027
3	1,93E-05	179,657	146	198	-78,69	0,02
4	2,02E-05	162,909	136	176	-90	0,02
5	2,20E-05	166,642	124	193,522	45	0,022
6	2,29E-05	140,738	123	150	-45	0,023

7	2,29E-05	127,28	115	136	-90	0,023
8	2,20E-05	129,339	95	146,439	45	0,022
9	2,02E-05	126,68	113	142	43,025	0,02
10	2,02E-05	146,545	121	159	-19,29	0,02
11	1,84E-05	149,168	120	161,579	-71,565	0,018
12	1,93E-05	106,256	96	113,2	45	0,019
13	2,20E-05	158,458	118	177	0	0,022
14	2,39E-05	130,808	108	142	90	0,024
15	1,93E-05	109,365	94	117,16	-45	0,019
16	1,84E-05	147,1	137	152	-90	0,018
17	2,84E-05	158,032	132	177	0	0,029
18	2,02E-05	141,925	121	155,245	45	0,02
19	1,47E-05	140,188	129	150	90	0,014
20	2,02E-05	127,227	92	146	-90	0,02
21	2,57E-05	203,29	176	217,096	45	0,026
22	2,66E-05	166,318	138	180,143	-45	0,027
23	2,48E-05	198,852	133	229	0	0,025
24	2,11E-05	140,304	99	163	90	0,021
25	1,93E-05	142,143	106	157	0	0,019
26	2,20E-05	155,591	133	172	45	0,022
27	1,74E-05	156,947	127	176	90	0,017
28	1,93E-05	137,393	129	144,8	-45	0,019
29	2,20E-05	140,375	124	151	0	0,022
30	2,20E-05	176,534	155	195,261	45	0,022
31	1,93E-05	117,796	109	129	45	0,019
32	2,20E-05	117,782	102,522	131,049	43,264	0,022
33	2,11E-05	81,494	74	90,273	43,152	0,021
34	1,93E-05	157,165	121,3	186,81	45	0,019
35	3,67E-05	129,724	117,472	144	-59,534	0,038
36	2,11E-05	103,208	92	110,446	43,152	0,021
37	3,03E-05	99,788	79	114	0	0,031
38	1,84E-05	102,107	91	108,72	64,799	0,018

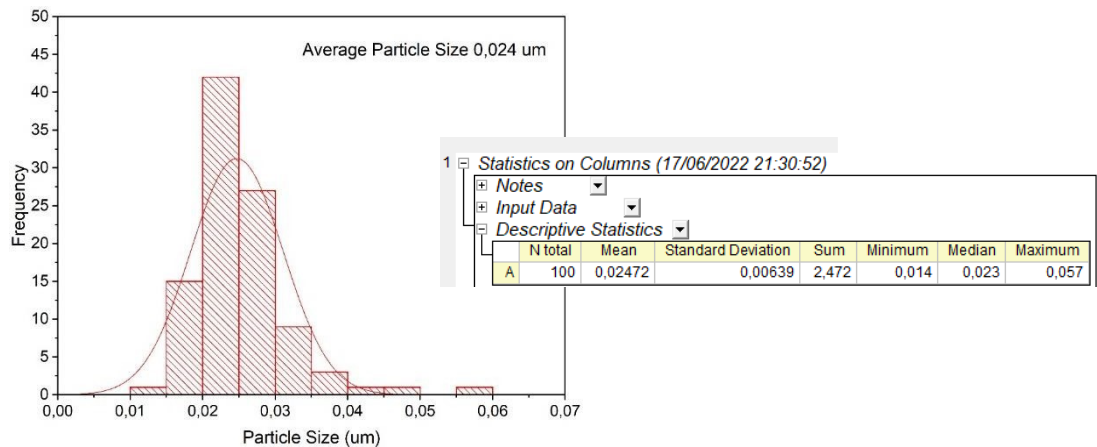
39	2,20E-05	108,063	97,83	116,58	-45	0,022
40	3,21E-05	111,749	79	124,215	45	0,033
41	2,02E-05	130,364	106	138	90	0,02
42	4,22E-05	168,38	143	183,911	-45	0,043
43	3,03E-05	149,636	101	168	0	0,031
44	2,57E-05	134,179	101	154	90	0,026
45	2,84E-05	128,922	78	149,6	23,199	0,029
46	2,84E-05	130,878	88	157	19,654	0,028
47	1,84E-05	120,12	84	139,956	42,879	0,018
48	2,39E-05	107,077	83	118	-90	0,024
49	2,39E-05	127,115	107	139	-90	0,024
50	3,12E-05	93,246	73	104,333	-45	0,031
51	1,93E-05	150,286	95	168	0	0,019
52	1,93E-05	166,381	135	189	0	0,019
53	2,02E-05	131,864	111	145	-90	0,02
54	2,84E-05	108,177	73	121	43,668	0,029
55	2,29E-05	108,96	81	124	90	0,023
56	3,12E-05	155,529	137	168	0	0,032
57	2,66E-05	124,763	97	140,306	-45	0,027
58	2,20E-05	73,617	58	87,783	-45	0,022
59	2,75E-05	112,628	100	125,345	-22,166	0,028
60	2,66E-05	114,694	97	125,082	-21,038	0,027
61	2,39E-05	130,627	106	151	43,363	0,024
62	3,40E-05	149,027	134	162	90	0,034
63	2,39E-05	123,231	81	145	90	0,024
64	2,29E-05	127,5	93	143	-29,745	0,023
65	1,84E-05	107,5	83	120	90	0,018
66	2,94E-05	154,344	140	167	0	0,03
67	2,57E-05	146,588	127	157,111	-26,565	0,026
68	1,56E-05	113,344	101	123	-45	0,015
69	2,57E-05	132,204	108	148	31,329	0,026
70	2,48E-05	95,106	68	104	43,452	0,025

71	2,84E-05	92,194	72	106	0	0,029
72	2,57E-05	69,964	61	81	90	0,026
73	2,29E-05	118,653	102	130,125	-36,384	0,023
74	3,49E-05	166,982	153,58	184,158	-62,745	0,036
75	2,29E-05	123,427	92	141,792	-45	0,023
76	2,02E-05	95,218	84	105	-45	0,02
77	4,50E-05	101,563	68	122	33,024	0,046
78	2,20E-05	99,083	75	108	90	0,022
79	3,21E-05	126,936	109	141,052	-45	0,033
80	2,57E-05	76,995	66	84,889	36,027	0,026
81	2,29E-05	94,8	74	110	90	0,023
82	2,29E-05	96	73	108	-90	0,023
83	2,39E-05	147,575	128	167,218	-45	0,024
84	2,29E-05	96,567	78	109	48,366	0,023
85	2,02E-05	112,448	91	125,19	43,025	0,02
86	2,94E-05	132,125	88	153	0	0,03
87	2,20E-05	78,05	57	91,104	43,264	0,022
88	3,49E-05	87,133	66,796	104,07	-22,38	0,035
89	2,75E-05	92,252	79	101,829	-77,905	0,027
90	2,48E-05	101,55	74	119,391	43,452	0,025
91	2,02E-05	104,557	94,286	116	-45	0,02
92	2,20E-05	89,934	71	104,957	-45	0,022
93	2,66E-05	81,256	65,755	93	-45	0,027
94	2,11E-05	80,913	75	88	-90	0,021
95	2,48E-05	106,296	85	122	-90	0,025
96	2,57E-05	95,536	83	108	0	0,026
97	5,60E-05	109,798	94	117	-14,5	0,057
98	2,48E-05	113,296	99	125	0	0,025
99	2,66E-05	82,379	71	89	-90	0,027
100	2,84E-05	122,981	95	135	43,668	0,029
Rata-rata <i>Length</i>						0,02472

Dari hasil uji data diameter *nanowire* menggunakan *software* imageJ dapat diketahui bahwa ukuran *nanowire* yang terbesar berukuran 0,057 μm dan yang terkecil 0.014 μm dengan rata-rata sebesar 0,02472 μm . Hasil ini menunjukkan bahwa ukuran diameter dari sampel *nanowire* Fe₃O₄ yang telah dibuat menghasilkan struktur berupa *nanowire*.

5.1.3. Hasil analisis sampel *nanowire* Fe₃O₄

Analisis sampel Fe₃O₄ dilakukan dengan menggunakan *software* Origin lab berdasarkan hasil data yang didapatkan dari diameter sampel *nanowire* Fe₃O₄. Didapatkan 1 grafik histogram seperti pada Gambar 5.



Gambar 5.4. Grafik FE-SEM *nanowire* Fe₃O₄

5.2. Pembahasan

Pembahasan dalam penelitian ini dikaji berdasarkan kesesuaian hasil grafik yang diperoleh dari pengolahan data.

Pada penelitian ini diperoleh hasil uji FE-SEM yang terlihat pada Gambar 5.1. Terlihat bahwa morfologi *nanowire* dengan menggunakan PEG-4000 dapat dilihat dengan jelas dengan penggumpalan partikel yang tidak terlalu banyak. Hal ini membuktikan bahwa PEG-4000 mempengaruhi bentuk permukaan *nanowire* logam oksida. Logam oksida memiliki sifat magnetit Fe₃O₄ dengan ciri-ciri berwarna hitam dan bersifat *non-toxic*, selain itu sifat fisis yang berkaitan dengan sifat magnetiknya yang sebagian besar dipengaruhi oleh morfologi, dan ukuran partikel. Hasil grafik FE-SEM *nanowire* Fe₃O₄ yang dianalisis menggunakan *software* imageJ dan Origin Lab memiliki ukuran sebesar 0,057 μm dan yang terkecil 0,014 μm dengan rata-rata diameter sebesar 0,024 μm . Dapat dilihat pada Gambar 5.3.bahwa ukuran diameter

didominasi pada rentang ukuran $0,02 \mu\text{m} - 0,03 \mu\text{m}$. Apabila diubah ke dalam satuan nanometer, sampel *nanowire* Fe_3O_4 memiliki ukuran sebesar 57 nm dan yang terkecil berukuran 14 nm. Hal ini menunjukkan bahwa sintesis *nanowire* dengan metode *hydrothermal* berhasil dilakukan. Di mana hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa *nanowire* merupakan sebuah material berupa kawat atau silinder yang memiliki diameter dengan rentang 10-100 nm (Gelves dkk., 2006).

BAB VI PENUTUP

6.1. Pembahasan

Berdasarkan Praktik Kerja Lapangan yang telah dilakukan di Pusat Penelitian Fisika-LIPI pada tanggal 07 Februari – 07 Maret 2022 dengan judul “Sintesis *Nanowire Logam-Oksida* menggunakan Metode *Hydrothermal*” didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari pembentukan *nanowire* Fe_3O_4 dengan metode *hydrothermal* menunjukkan diameter sampel masih dalam rentang ukuran *nano* yaitu 10-100 nm dengan diameter sampel sebesar 14 nm dan 57 nm.
2. Pada karakterisasi FE-SEM yang dilakukan dengan perbesaran 50.000 kali dan pengaturan skala sebesar 0,5 μm terlihat bahwa dominan sampel yang terbentuk merupakan *nanowire* dengan permukaan yang halus dan masih dalam perkiraan ukuran partikel *nanowire*.

6.2. Saran

Berdasarkan dari penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran sebagai berikut :

1. Persiapan sebelum melakukan praktik kerja lapangan lebih dimatangkan baik secara materi maupun non-materi.
2. Perlunya penambahan waktu dalam melakukan penelitian agar hasil yang diperoleh lebih maksimal.
3. Perlunya melakukan karakterisasi menggunakan XRD.
4. Perlunya melakukan eksperimen dengan massa komposisi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, K., Khan, S. A., Khan, S. B., & Asiri, A. M. (2018). *Scanning electron microscopy: Principle and applications in nanomaterials characterization*. In *Handbook of Materials Characterization*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92955-2_4
- Biswas, D. (2017). *Nanowires - Physics for Growth of Nanostructure*. *SSRN Electronic Journal*, November. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2942424>
- Deng, J., Su, Y., Liu, D., Yang, P., Liu, B., & Liu, C. (2019). *Nanowire Photoelectrochemistry [Review-article]*. *Chemical Reviews*, 119(15), 9221–9259. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.9b00232>
- Feng, S. H., & Li, G. H. (2017). *Hydrothermal and Solvothermal Syntheses*. In *Modern Inorganic Synthetic Chemistry: Second Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63591-4.00004-5>
- He, K., Xu, C. Y., Zhen, L., & Shao, W. Z. (2007). *Hydrothermal synthesis and characterization of single-crystalline Fe₃O₄ nanowires with high aspect ratio and uniformity*. *Materials Letters*, 61(14–15), 3159–3162. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2006.11.023>
- Gan, Y. X., Jayatissa, A. H., Yu, Z., Chen, X., & Li, M. (2020). *Hydrothermal Synthesis of Nanomaterials*. *Journal of Nanomaterials*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/8917013>
- Wang, H. W., Lin, H. C., & Yeh, Y. C. (2010). *Synthesis of Fe₃O₄ nanowire arrays via precipitation in templates and microwave hydrothermal process*. *International Journal of Applied Ceramic Technology*, 7(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1111/j.1744-7402.2009.02364.x>
- Xu, Q. T., Li, J. C., Xue, H. G., & Guo, S. P. (2018). *Binary iron sulfides as anode materials for rechargeable batteries: Crystal structures, syntheses, and electrochemical performance*. *Journal of Power Sources*, 379(January), 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.01.022>
- Zhang, L., & Zhang, Y. (2009). *Fabrication and magnetic properties of Fe₃O₄ nanowire arrays in different diameters*. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 321(5), 15–20. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2008.09.036>

LAMPIRAN

A. Dokumentasi Pengambilan Data

1. Alat dan Bahan

1.1. Neraca digital



1.2. *Beaker glass*



1.3. *Magnetic stirrer*



1.4. Fume hood



1.5. Spatula



1.6. Mortar agate



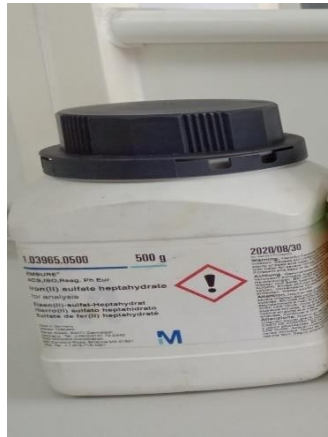
1.7. Autoclave hydrothermal reactor.



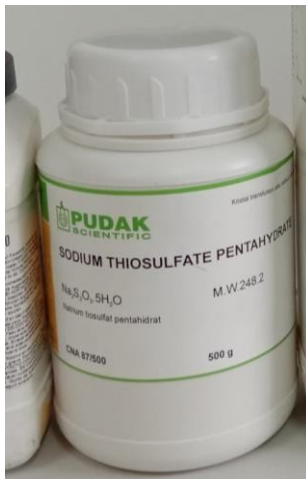
1.8. Oven



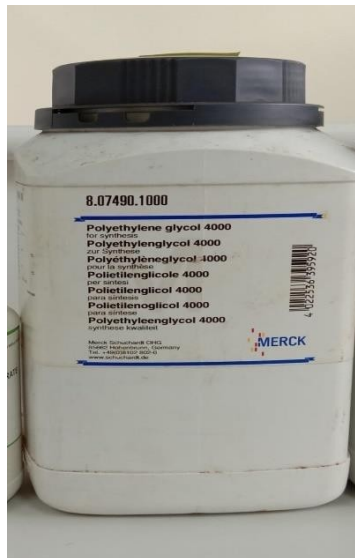
1.9. FeSO₄ (Fero Sulfat)



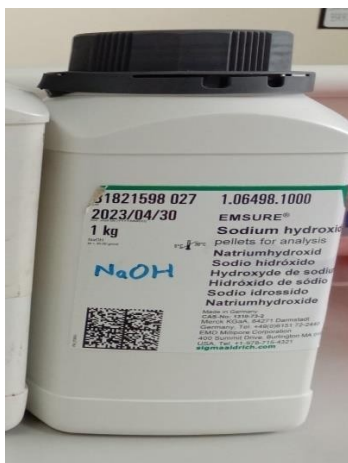
1.10. Na₂S₂O₃ (Natrium Tiosulfat)



1.11. PEG (Polietilena Glikol)

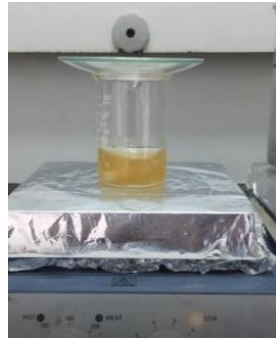


1.12. NaOH (Natrium Hidroksida)



2. Proses Pembuatan Sampel

2.1. Proses pelarutan FeSO_4 (Fero Sulfat) dan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Natrium Tiosulfat)



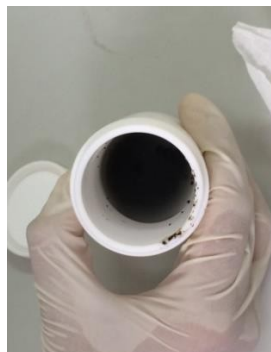
2.2. Proses pelarutan PEG 4000



1.1. Proses pelarutan NaOH (Natrium Hidroksida)



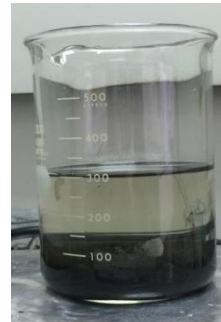
1.2. Proses penempatan sampel dalam Teflon autoklaf



1.3. Proses pemindahan autoklaf ke dalam oven



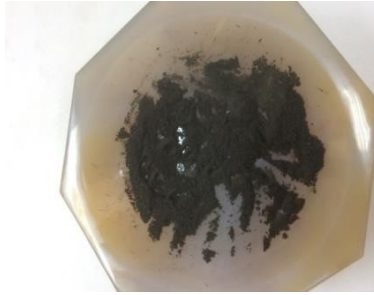
1.4. Proses Pencucian dan pemisahan sampel hingga pH air netral



1.5. Keadaan bentuk sampel setelah dikeringkan



1.6. Proses penghalusan sampel menggunakan mortar agate



1.7. Hasil sampel akhir

