



**SINTESIS NANOPARTIKEL TEMBAGA (Cu) UNTUK
PELAPISAN PADA KAIN KATUN DENGAN METODE
REDUKSI KIMIA DAN KARAKTERISASINYA**

Romulda Hesti Ano

NIM : 18320004

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI INFORMASI

INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

JAKARTA

APRIL 2022



**SINTESIS NANOPARTIKEL TEMBAGA (Cu) UNTUK
PELAPISAN PADA KAIN KATUN DENGAN METODE
REDUKSI KIMIA DAN KARAKTERISASINYA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
(S.Si)**

Romulda Hesti Ano

NPM : 18320004

PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI INFORMASI

INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

JAKARTA

APRIL 2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Romulda Hesti Ano

NPM : 18320004

Tanggal : 4 Agustus 2022

Jakarta, 4 Agustus 2022

Romulda Hesti Ano

HALAMAN PERNYATAAN NON PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Romulda Hesti Ano

NPM : 18320004

Mahasiswa : Strata Satu (S1)

Tahun Akademik : 2018

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan Tugas Akhir yang berjudul **“SINTESIS NANOPARTIKEL TEMBAGA (Cu) UNTUK PELAPISAN PADA KAIN KATUN DENGAN METODE REDUKSI KIMIA DAN KARAKTERISASINYA”**

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang diterapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Jakarta, 4 Agustus 2022

Romulda Hesti Ano

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Romulda Hesti Ano
NPM : 18320004
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : SINTESIS NANOPARTIKEL TEMBAGA (Cu)
UNTUK PELAPISAN PADA KAIN KATUN
DENGAN METODE REDUKSI KIMIA DAN
KARAKTERISASINYA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Informasi, Institut Sains dan Teknologi Nasional.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ibu Dr. Musfirah Cahya Fajrah, S.Si, M.Si (.....)
Pembimbing : Prof. Dr. Ridwan (.....)
Penguji : Prof. Dr. Masbah RT Siregar (.....)
Penguji : Prof. Dr. BEF Da Silva (.....)
Penguji : Drs. Endang Iriawan M.Si (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 4 Agustus 2022

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“SINTESIS NANOPARTIKEL TEMBAGA (Cu) UNTUK PELAPISAN PADA KAIN KATUN DENGAN METODE REDUKSI KIMIA TERHADAP DAN KARAKTERISASINYA”**. Penulisan dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Program Studi Fisika pada Fakultas Sains dan Teknologi Informasi Institut Sains dan Teknologi Nasional. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada;

1. Ibu Dr. Musfirah Cahya Fajrah, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulisan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Prof. Dr. Ridwan selaku pembimbing selama proses pengambilan data di Laboratorium BATAN;
3. Pihak Badan Tenaga Nuklir Nasional yang telah mengizinkan melakukan penelitian di Laboratorium dan membantu dalam usaha memperoleh data;
4. Ibu Elda Rayhana M.Si, S.Si selaku pembimbing akademik yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan;
5. Seluruh Dosen Fisika yang tak dapat saya sebut satu per satu;
6. Keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral Papa, Mama, kakak Dewi, Kakak Ansi, Niko, Ella, Kakak Aven, papa Sudin;
7. Mami Nensy, Papi Amin, kakak Bernad, abang Lian, abang Wawan, kakak Itak, Indri, Muje, Natalisa, Tilde dan Melan yang selalu mendukung dan banyak memberi motivasi;
8. Teman seperjuangan Ivan, Elsa, dan Keneth dari jurusan Fisika yang selalu membantu dan berjuang bersama-sama dari awal perkuliahan hingga penulisan skripsi ini; dan

9. Teman-teman Himmafi dan semua pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan baik.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dibidang fisika material.

Jakarta, 4 Agustus 2022

Romulda Hesti Ano

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Institut Sains Dan Teknologi Nasional, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Romulda Hesti Ano
NPM : 18320004
Program Studi : Fisika
Fakultas : Fakultas Sains dan Teknologi Informasi
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Institut Sains dan Teknologi Nasional **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*Non-Eksklusif Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“SINTESIS NANOPARTIKEL TEMBAGA (Cu) UNTUK
PELAPISAN PADA KAIN KATUN DENGAN METODE REDUKSI KIMIA
DAN KARAKTERISASINYA”**

Dengan Hak Bebas Royalti noneksklusif ini Institut Sains dan Teknologi Nasional berhak menyimpan, mengalihmediakan/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*) *soft copy* dan *hard copy*, merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 4 Agustus 2022

Yang menyatakan

Romulda Hesti Ano

ABSTRAK

Nama : Romulda Hesti Ano

Program Studi : Fisika

Judul : Sintesis Nanopartikel Tembaga Untuk Pelapisan Pada Kain Katun Dengan Metode Reduksi Kimia dan Karakterisasinya

Nanopartikel Tembaga telah berhasil disintesis menggunakan metode reduksi kimia berdasarkan variasi waktu perendaman, sampel I (5,15 menit), sampel II (10,30 menit), dan sampel III (20,60 menit). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembentukan dan pelapisan nanopartikel tembaga (Cu) pada kain katun menggunakan metode reduksi kimia, untuk mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman sampel kain katun pada larutan CuNP_s, dan untuk mengetahui hasil karakterisasi nanopartikel Cu menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), FTIR (*Fourier Transformed Infra Red*), SEM (*Scanning Electron Microscope*). Material yang digunakan untuk membuat nanopartikel adalah CuSO₄.5H₂O yang dicampurkan dengan C₆H₈O₆ dan kemudian ditambahkan NaBH₄ sebagai reduktor. Larutan yang diperoleh dipanaskan pada suhu 30⁰ hingga 80⁰ C. Diperoleh hasil sampel III lebih optimal jika dibandingkan dengan sampel I dan II. Hasil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, dan SEM. Analisis XRD menunjukkan struktur kristal yang terbentuk bersesuaian dengan fasa senyawa Cu dan Cu₂O yang ditandai oleh terbentuknya intensitas difraksi pada sudut 2Theta. Ukuran nanopartikel Cu berkisar 24-54 nm. Hasil FTIR menunjukkan adanya senyawa lain O-H yang merupakan vibrasi dari Cu₂O. Hasil SEM menunjukkan morfologi kain katun dengan massa nanopartikel Cu sebesar 7.13%.

Kata Kunci: Nanopartikel Tembaga (Cu), Sintesis Nanopartikel, Struktur Kristal

ABSTRACT

Name : Romulda Hesti Ano

Study Program : Physics

Title : Synthesis of Copper Nanoparticles for Coating on Cotton Fabrics Using Chemical Reduction Methods and Their Characterization

Copper nanoparticles have been successfully synthesized using chemical reduction methods based on variations in immersion time, sample I (5.15 minutes), sample II (10.30 minutes), and sample III (20.60 minutes). This study aims to determine the process of formation and coating of copper (Cu) nanoparticles on cotton cloth using the chemical reduction method, to determine the effect of variations in immersion time of cotton cloth samples in CuNPs solution and to determine the results of the characterization of Cu nanoparticles using XRD (X-Ray Diffraction), FTIR (Fourier Transformed Infra Red), SEM (Scanning Electron Microscope). The material used to make nanoparticles is $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ mixed with $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ and then NaBH_4 as a reducing agent. The obtained solution was heated at a temperature of 30° to 80° C. The results of sample III were more optimal when compared to samples I and II. The results obtained were then characterized using XRD, FTIR, and SEM. XRD analysis shows that the crystal structure formed corresponds to the phases of Cu and Cu_2O compounds which are characterized by the formation of diffraction intensity at 2θ angle. The size of Cu nanoparticles ranges from 24-54 nm. FTIR results indicate the presence of other compounds OH which is the vibration of Cu_2O . SEM results show the morphology of cotton fabrics with a mass of Cu nanoparticles of 7.13%.

Keywords: Copper (Cu) Nanoparticles, Nanoparticle Synthesis, Crystal Structure

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN NON PLAGIAT	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	xiii
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Nanoteknologi.....	5
2.1.1 Nanopartikel	7
2.1.2 Tembaga	8
2.2 Nanopartikel Tembaga.....	10
2.3 Sintesis Nanopartikel Tembaga	10
2.4 Instrumen yang menganalisis Nanopartikel Tembaga.....	11
2.5 Kain Katun.....	14
BAB III METODELOGI PENELITIAN	16
3.1 Jenis Penelitian	16
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	16
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	16
3.3.1 Alat Penelitian.....	16

3.3.2	Bahan Penelitian	17
3.3	Instrumen yang Menganalisis Nanopartikel Cu	17
3.4	Prosedur Penelitian.....	18
3.4	Diagram Alir.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		22
4.1	Hasil Penelitian.....	22
4.2	Hasil dan Analisis pengujian (<i>X-ray Diffraction</i>).....	23
4.3	Hasil dan Analisa pengujian FTIR (Fourier Transform Infra Red).....	32
4.5	Hasil dan Analisis pengujian SEM (Scanning Electron Microscope)	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		36
5.1.	Kesimpulan	36
5.2.	Saran	36
DAFTAR REFERENSI		37
LAMPIRAN.....		40

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat fisika tembaga (liu2012)	9
Tabel 2. 2 Sifat Kimia tembaga (vdokument2012)	10
Tabel 4. 1 Struktur kristal Cu dan Cu ₂ O terhadap 2theta	24
Tabel 4. 2 Struktur kristal Cu dan Cu ₂ O terhadap d-spacing.....	25
Tabel 4. 3 Struktur kristal Cu dan Cu ₂ O terhadap indeks miller	26
Tabel 4. 4 Struktur kristal Cu dan Cu ₂ O terhadap sistem kristal.....	27
Tabel 4. 5 Struktur kristal terhadap parameter kisi	27
Tabel 4. 6 Ukuran Nanopartikel	28
Tabel 4. 7 hasil karakterisasi FTIR.....	33
Tabel 4. 8 Analisis hasil EDX keseluruhan potongan sampel kain katun.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Hubungan antara nanosains dan bidang lainnya (Rafique et al. 2020)	6
Gambar 2. 2 Menunjukkan metode top down dan bottom-up (Yang 2015).....	8
Gambar 2. 3 Copper (vdokument2012).....	9
Gambar 2. 4 Tampilan kisi kristal (Bragg 1920).....	12
Gambar 2. 5 Sifat dan kelas Kristal (Bragg 1920)	12
Gambar 2. 6 Kondisi geometrik untuk difraksi dari bidang kisi (Spieß et al., 2009)	13
Gambar 2. 7 Pengumpulan titik data oleh SEM (Inkson 2016)	13
Gambar 2. 8 Komponen dasar dalam FTIR (Mohamed et al. 2017).....	14
Gambar 4. 1 Tampilan sampel I, II, dan III.....	23
Gambar 4. 2 Hasil karakterisasi X-ray Diffraction.....	23
Gambar 4. 3 Grafik ukuran nanopartikel Cu terhadap 2theta.....	29
Gambar 4. 4 Grafik ukuran nanopartikel Cu terhadap d-spacing.....	29
Gambar 4. 5 Grafik ukuran nanopartikel Cu ₂ O terhadap 2theta	30
Gambar 4. 6 Grafik ukuran nanopartikel Cu ₂ O terhadap d-spacing.....	30
Gambar 4. 7 Hasil XRD Cu (Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014)	31
Gambar 4. 8 Hasil FTIR nanopartikel Cu.....	32
Gambar 4. 9 (a) hasil morfologi SEM pada pembesaran 60, (b) hasil morfologi SEM pada pembesaran 150, (c) hasil morfologi SEM pada pembesaran 1000	34
Gambar 4. 10 Hasil EDX keseluruhan potongan sampel kain katun	35

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Nanoteknologi merupakan kajian ilmu dan rekayasa material dalam skala nanometer yang sedang populer belakangan ini. Nanoteknologi menarik banyak minat para peneliti seluruh dunia baik untuk kebutuhan akademik maupun kebutuhan industri karena pemanfaatan aplikasinya yang luas. Salah satu perkembangan dari nanoteknologi adalah nanopartikel. Nanopartikel merupakan suatu partikel yang berukuran nanometer yaitu berkisar 1-100 nm. Aplikasi nanopartikel telah banyak ditemukan di berbagai bidang seperti kedokteran, elektronik, sel bahan bakar, baterai, sensor kimia, farmasi, industri susu, dan tekstil (Kakakhel et al. 2021). Di bidang tekstil nanopartikel diaplikasikan untuk meningkatkan sifat fungsional seperti pewarnaan, ketahanan terhadap penyusutan, sebagai perlindungan ultraviolet (UV), anti air, pengelolaan bau dan kelembapan (Chattopadhyay and Patel 2010).

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang mengimplementasikan nanopartikel pada setiap aspek kebutuhannya. Menurut (Jamdagni, Khatri, and Rana 2016) konsep nanoteknologi pada tekstil memberikan solusi antivirus dan bakteri. Beberapa tahun belakangan banyak peneliti yang mengembangkan nanopartikel logam pada serat kain katun karena potensinya untuk digunakan dalam aplikasi seperti perangkat medis, pembalut luka, peralatan perawatan kesehatan dan pakaian pelindung. Serat alam yang biasa digunakan ialah kapas. Kapas merupakan bahan dasar katun yang memiliki biokompabilitas yang baik, tidak ada toksinasi dan aktivitas biologis yang potensial (Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014).

Nanopartikel dapat dihasilkan melalui proses alami maupun sintesis. Proses sintesis dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Secara fisika nanopartikel dibentuk dengan menggunakan alat untuk memecahkan material berukuran besar menjadi material berukuran kecil dalam skala nano. Secara kimia proses sintesis dilakukan dengan melibatkan reaksi kimia dengan sejumlah material prekursor dan reduktor hingga menghasilkan material berukuran nano. Beberapa metode secara kimia yang

dapat digunakan untuk sintesis nanopartikel yaitu metode penguapan fase gas, plasma, deposisi uap vakum, radiasi hidrotermal, kimia-mekanik, ultrasonik, iradiasi berkas elektron, dekomposisi fotokatalik, elektrolisis, sol-gel, mikroemulsi dan reduksi kimia (Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014).

Pemanfaatan nanopartikel logam saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat, diantaranya dibidang katalisis, optik dan elektronik. Logam yang banyak diteliti atau dikembangkan menjadi nanopartikel salah satunya adalah tembaga. Tembaga (Cu) menarik banyak minat peneliti karena sifat fisik dan kimianya. Nanopartikel tembaga (Cu) diketahui mampu menghambat prokreasi sel Hela (sel kanker serviks). Menurut (Radha and Kalyanaraman 2019) nanopartikel tembaga (Cu) telah menunjukkan efek sitotoksik pada sel Hela. Nanopartikel tembaga (Cu) mempunyai sifat antibakteri yang baik dalam jangka waktu yang lama. Produksi nanopartikel tembaga terbilang cukup mudah karena terdapat banyak metode yang dapat menghasilkannya salah satunya adalah reduksi kimia. Metode reduksi kimia merupakan metode yang umum digunakan dengan alasan faktor kemudahan, biaya yang relatif murah serta kemungkinannya untuk diproduksi dalam skala besar. Pada metode reduksi kimia pertumbuhan dan agregasi bakteri dapat dikendalikan dengan mengatur parameter reaksi seperti suhu, pH, zat pereduksi, dan pelarut (Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014). Material tembaga yang dapat disintesis dalam ukuran nano adalah Tembaga sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Material ini telah banyak digunakan untuk produksi nanopartikel Cu dan telah menunjukan potensi yang besar untuk aplikasinya dibidang tekstil.

(Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014) melakukan penelitian dengan mensintesis $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ menggunakan metode reduksi kimia. Pengujian dilakukan menggunakan XRD, SEM, dan FTIR. Hasil analisis menunjukan interaksi gugus hidroksil rantai selulosa dengan nanopartikel tembaga selain adsorpsi fisik tembaga. Analisis XRD menunjukan bahwa ukuran rata-rata nanopartikel 20 nm. Analisis SEM menunjukan bahwa distribusi nanopartikel pada permukaan seragam.

Berdasarkan uraian penelitian yang telah dilakukan maka penulis tertarik melakukan penelitian mengenai sintesis dan karakterisasi nanopartikel tembaga

dengan judul **“Sintesis Nanopartikel Tembaga (Cu) untuk Pelapisan pada Kain Katun dengan Metode Reduksi Kimia dan Karakterisasinya”**

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses pembentukan nanopartikel Cu pada kain katun menggunakan metode reduksi kimia.
2. Bagaimana proses pelapisan nanopartikel Cu pada kain katun.
3. Bagaimana pengaruh variasi waktu perendaman sampel kain katun pada larutan CuNPs.
4. Bagaimana hasil karakterisasi nanopartikel Cu menggunakan FTIR (*Fourier Transformed Infra Red*), SEM (*Scanning Electron Microscope*), dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1. Untuk mengetahui proses pembentukan nanopartikel Cu menggunakan metode reduksi kimia
2. Untuk mengetahui proses pelapisan nanopartikel Cu pada kain katun
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu perendaman sampel kain katun pada larutan CuNPs
4. Untuk mengetahui hasil karakterisasi nanopartikel Cu menggunakan FTIR (*Fourier Transformed Infra Red*), SEM (*Scanning Electron Microscope*), dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

1.4 MANFAAT PENELITIAN

1. Sebagai gambaran dan informasi nanopartikel tembaga (Cu) dalam pengembangan teknologi nano sehingga dapat dimanfaatkan di berbagai bidang seperti industri tekstil, medis dan lain sebagainya.
2. Sebagai aplikasi menggunakan metode reduksi kimia yang lebih murah, cepat dan efisien.
3. Penggunaan Tembaga sebagai bahan alternatif nanopartikel yang potensial karena biaya yang jauh lebih murah jika dibandingkan dengan logam mulia lainnya.

1.5 BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini yang menjadi batasan masalah adalah:

- nanopartikel tembaga (Cu),
- sintesis nanopartikel tembaga (Cu)
- kain katun
- karakterisasi FTIR, SEM, dan XRD

BAB II

LANDASAN TEORI

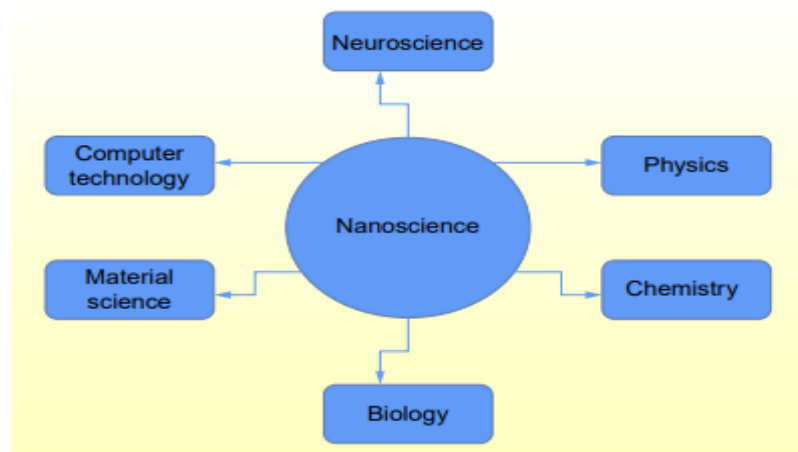
2.1 NANOTEKNOLOGI

Seorang peraih nobel bernama Richard Feynman dalam pidatonya pada tahun 1959 memperkenalkan konsep dan ide nanoteknologi yang berjudul “*There’s Plenty of Room at the Bottom*” yang menjadi perintis studi nano modern untuk pertama kalinya. Sejarah nanoteknologi sendiri masih belum diketahui pasti, meskipun Richard Feynman dianggap sebagai ilmuwan perintis di lapangan, hal ini belum dipastikan sepenuhnya benar. Sebelum Feynman, nanomaterial sudah digunakan untuk aplikasi yang berbeda, seperti dalam kedokteran. John Uytman mematenkan kaca berbasis nanopartikel emas pada tahun 1449. Pada abad ke-16, Theophrastus von Hohenheim, seorang dokter Swiss yang lebih dikenal sebagai Paracelsus, menggunakan nanopartikel emas untuk mengobati pasien yang menderita berbagai penyakit, oleh karena itu, bidang Nanoteknologi dan nanosains bukanlah hal baru, melainkan metode yang telah maju dari waktu ke waktu (Rafique et al. 2020).

Kata nano berasal dari bahasa Yunani yang berarti sangat kecil. Nanoteknologi merupakan aplikasi dari nanosains (Rafique et al. 2020). Nanosains adalah studi tentang sistem dengan dimensi yang sangat kecil. Nanosains dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari bahan atau zat dengan minimal satu dimensi pada skala nanometer (10^{-9}m) dan merancang, membangun, serta mengontrol sistem yang diproduksi dengan material dalam skala nanometer. Nanosains adalah bidang interdisipliner yang membutuhkan kerja sama timbal balik dari ahli biologi, ahli kimia dan fisikawan untuk memahami dan memecahkan masalah ilmiah seperti pada gambar 2.1 (Yang 2015).

Nanoteknologi didefinisikan sebagai *fabrikation*, manipulasi, karakterisasi, dan aplikasi bahan atau sistem yang struktur dan komponennya menunjukkan sifat baru yang berukuran $<100\text{ nm}$. Material yang memiliki skala fitur antara 1 dan 100 nm setidaknya dalam satu dimensi disebut nanomaterial (Yang 2015). Nanomaterial diperoleh melalui 2 proses yaitu proses rekayasa yakni sintesis nanopartikel dan secara alamiah seperti tulang alami yang terdiri dari kalsium

fosfat. Menurut (Almeida et al. 2020) nanoteknologi adalah bidang penelitian yang sedang berkembang, yang mengeksplorasi penggunaan nanopartikel dalam jangkauan hingga 100 nm, memberikan kualitas yang lebih baik dan baru untuk partikel, dalam kaitannya dengan ukurannya yang lebih besar, digunakan secara konvensional dan membuat kemungkinan aplikasi hampir tidak ada habisnya. Beberapa produk yang dihasilkan dari nanoteknologi antara lain kain tahan air, plastik sekuat baja dan aluminium, kosmetik yang partikelnya menembus pori-pori kulit dan robot mini terbang. Studi nano kini intensif dikembangkan dalam dekade terakhir karena sejarah aplikasinya yang luas (Kakakhel et al. 2021).



Gambar 2. 1 Hubungan antara nanosains dan bidang lainnya (Rafique et al. 2020)

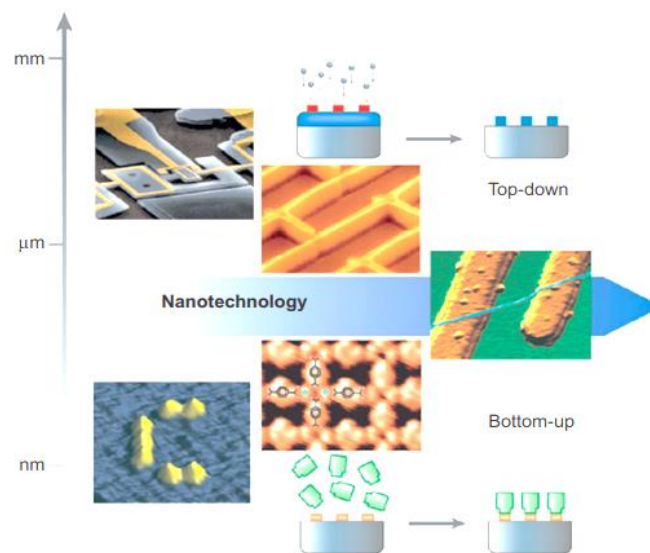
Nanoteknologi memiliki potensi yang sangat besar untuk memberikan perbaikan inovatif pada sistem akuakultur untuk mengurangi biaya, meningkatkan efisiensi, kelestarian lingkungan, dan risiko rendah terhadap kesehatan manusia. Saat ini nanoteknologi berkembang pesat seperti contoh terdapat lebih dari seribu produk nanomaterial dipasar. Sejak dekade terakhir, lebih dari 300 produk nanofood telah tersedia dipasar internasional. Dampak ekonomi industri nanoteknologi diperkirakan setidaknya 3 triliun USD pada tahun 2020 dan memperkerjakan sekitar 6 juta pekerja (Fajardo et al. 2022). Amerika serikat, cina, jepang dan negara uni Eropa lainnya saat ini menjadi negara yang paling banyak mengembangkan nanoteknologi. Di indonesia, perkembangan nanoteknologi masih dalam tahap rintisan karena keterbasan dana dan fasilitas untuk melakukan eksperimen.

2.1.1 NANOPARTIKEL

Nanopartikel adalah partikel berukuran 1-100 nm. Nanopartikel memiliki luas permukaan per satuan berat lebih besar dari pada lebar partikel, sehingga lebih reaktif terhadap beberapa molekul lain. Nanopartikel merupakan bahan baku yang digunakan dalam nanoteknologi (Magaye and Zhao 2012). Bahan baku nanopartikel dapat ditemukan dalam berbagai jenis seperti perak, emas, tembaga, nikel dan besi (Geng et al. 2020). Material nanopartikel adalah material-material buatan manusia yang berskala nano. Karakter bahan nano yang istimewa, diakibatkan oleh efek dari luas permukaan dan kuantum yang mendominasi perubahan sifat dari bahan nano. Efek luas permukaan meliputi sifat konduktivitas, katalitik, kekuatan material, kemampuan tahan api, anti air dan anti karat sedangkan efek kuantum mencakup sifat elektrik, magnetik dan optik. Sifat-sifat tersebut tidak akan berubah apabila sudah mencapai ukuran nano. Fenomena kuantum terjadi akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel.

Secara umum nanopartikel dapat dibuat menggunakan metode *top down* dan *bottom up*. Kedua metode ini bukanlah hal baru dan telah digunakan dalam pembuatan dan bahan rekayasa di skala yang lebih besar misalnya mikroelektronika. Masing-masing metode mengungkapkan efektivitas yang luar biasa dan kebutuhan dalam pembuatan bahan yang diinginkan. Ketika ukuran fitur material mencapai kisaran 10 nm, teknologi fabrikasi *top-down techniques* menghadapi kesulitan pada dasarnya karena alat fabrikasi terlalu besar untuk berurusan dengan benda-benda kecil seperti itu. Saat ukuran fitur berkurang, metode *bottom-up* menjadi lebih efisien untuk menyiapkan bahan nano dibandingkan dengan *top-down*. Metode *bottom-up* membangun materi dari skala yang lebih kecil dan seringkali mengacu pada pengaturan sendiri dan perakitan sendiri komponen atom atau molekul menjadi nano atau struktur yang lebih besar. Faktanya, metode *bottom-up* telah lama digunakan oleh sistem biologis di mana alam memanfaatkan bahan kimia untuk menciptakan struktur kehidupan. Metode *bottom-up* telah dikembangkan untuk fabrikasi

nanopartikel, kawat nano, dan rakitan nano (Yang 2015). Aplikasi nanopartikel telah digunakan sejak awal penemuannya hingga sekarang. Saat ini penggunaan nanopartikel hampir ada di setiap bidang kehidupan mengingat manfaatnya yang tidak ada habisnya, terbukti dengan banyaknya produk di pasar yang menggunakan nanopartikel. Produk yang menggunakan nanopartikel antara lain adalah kosmetik, produk rumah tangga, cat, produk olahraga dan tekstil, produk medis dan kesehatan, bahan makanan, kemasan makanan, bahan kimia pertanian, dan bahan bangunan.



Gambar 2. 2 Menunjukkan metode top down dan bottom-up (Yang 2015)

2.1.2 TEMBAGA

Tembaga atau cuprum dalam bahasa latin adalah unsur kimia dengan nomor atom 29 pada tabel periodik, memiliki konfigurasi elektron $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$. Tembaga adalah logam pertama yang dimanfaatkan oleh manusia dan menjadi yang kedua dalam kegunaannya selama berabad-abad setelah besi. Menurut (Massey 1965) tembaga diperkirakan telah digunakan untuk pertama kali pada tahun 5000 SM. Sejak dahulu hingga sekarang keberadaan tembaga sangatlah penting. Pada percobaannya tahun 1831, Faraday menggunakan kawat tembaga untuk menghantarkan listrik, hingga hari ini produksi tembaga digunakan untuk industri listrik. Tembaga memiliki senyawa dengan tingkat bilangan

oksidasi yaitu +1 dan +2. Senyawa dengan tingkat bilangan oksidasi +2 sangat stabil dalam air dan pada umumnya berwarna biru.



Gambar 2. 3 Copper (World and Factbook 2012)

Sama seperti emas dan perak tembaga merupakan logam mulia. Tembaga memegang peranan penting pada kegunaannya di bidang industri mengingat sifat fisiknya yang unggul seperti, kelenturan, korosi rendah, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi. Tembaga tidak dapat larut dalam asam kecuali terdapat zat pengoksidasi. Ion tembaga (I) teroksidasi sangat cepat dalam larutan berair menjadi tembaga (II). Tembaga (II) sangat stabil didalam air.

Tabel 2. 1 Sifat fisika tembaga (Li and Zinkle 2012)

Data Sifat fisika	Keterangan
Nama	Logam tembaga
Warna	Merah jambu
Bentuk	Padat
Titik didih $^{\circ}\text{C}$	2567
Titik lebur $^{\circ}\text{C}$	1083
Konduktivitas termal W m-K^{-1}	391
Densitas g/cm^3	8,95

Tabel 2. 2 Sifat Kimia tembaga (World and Factbook 2012)

Data Sifat Kimia	Keterangan
Nama	Logam tembaga
Rumus kimia	Cu
Nomor atom	29
Massa atom	63.54
Status oksida	+1 dan +2
Struktur Kristal	FCC
Modulus Elastisitas Young	$100 \times 109 \text{ N m}^{-2}$

2.2 NANOPARTIKEL TEMBAGA

Tembaga merupakan salah satu material pembuatan nanopartikel. Nanopartikel tembaga telah diteliti secara ekstensif diberbagai bidang seperti bidang medis sebagai agen antibakteri (Azam et al. 2012), pengobatan kanker aplikasi pada kedokteran gigi untuk meningkatkan sifat fisisk dan kimia dari berbagai bahan gigi seperti implan gigi (Xu et al. 2022). Tembaga memiliki sifat fisik dan kimia yang khusus membuatnya menjadi logam yang menjanjikan pada aplikasi optik, katalisis, elektronik dan bioteknologi. Selain sifatnya tersebut nanopartikel tembaga juga merupakan bahan alternatif yang potensial untuk sintesis nanopartikel karena biaya yang jauh lebih murah dari emas dan perak namun tidak mengurangi sifat optik, termal, listrik dan anti bakterial yang sebanding dengan emas maupun perak (Wang et al. 2021).

Nanopartikel tembaga (Cu) telah banyak digunakan untuk menghancurkan bakteri. Nanopartikel tembaga (Cu) mampu menembus dinding sel bakteri dan merusak sel membran. Nanopartikel tembaga (Cu) memiliki sifat antijamur dan antibakteri sehingga menjadi pilihan yang tepat dari pada logam mulia mahal lainnya seperti emas dan perak (Abbas and Fairouz 2021).

2.3 SINTESIS NANOPARTIKEL TEMBAGA

Nanopartikel dapat dihasilkan melalui proses alami maupun sintesis. Proses sintesis dapat dilakukan secara fisika dan kimia. Secara kimia proses sintesis

dilakukan dengan melibatkan reaksi kimia dengan sejumlah material awal (prekursor) hingga menghasilkan material berukuran nano.

Sintesis nanopartikel tembaga telah dilakukan dengan berbagai teknik seperti teknik penguapan fase gas, plasma, deposisi uap vakum, radiasi hidrotermal, kimia-mekanik, ultrasonik, iradiasi berkas elektron, dekomposisi fotokatalik, elektrolisis, sol-gel, mikroemulsi dan reduksi kimia (Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014). Pada penelitian ini nanopartikel tembaga disintesis menggunakan metode reduksi kimia.

Reduksi kimia merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan untuk sintesis nanopartikel dan menawarkan keuntungan potensial, seperti pemrosesan yang cepat, biaya yang rendah, dan ukuran partikel yang dapat dikontrol (AGUILAR, ESPARZA, and ROSAS 2019). Menurut wang 2021 dalam proses pembuatannya metode reduksi kimia mampu mengendalikan ukuran nanopartikel dengan cara mengontrol parameter reaksi seperti suhu, pH, zat pereduksi, zat penstabil dan pelarut.

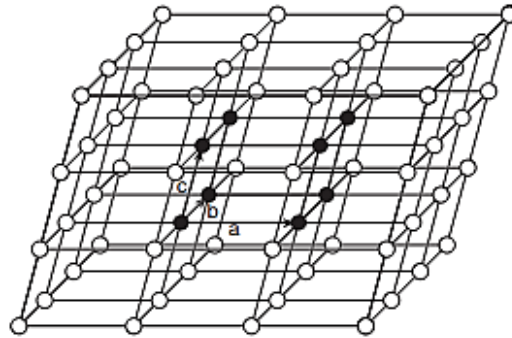
Sintesis nanopartikel tembaga dilakukan dengan menggunakan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebagai prekursor. Logam tembaga direduksi oleh agen pereduksi dengan penambahan agen protektif untuk menstabilkan nanopartikel. Nanopartikel tembaga hasil sintesis cenderung mengalami agregasi membentuk ukuran besar. Upaya pencegahan terjadinya agregat antar nanopartikel dapat dilakukan dengan penambahan material atau molekul pelapis partikel. Senyawa yang biasa digunakan untuk menstabilkan ukuran nanopartikel adalah polimer, surfaktan dan nitrat.

2.4 INSTRUMEN YANG MENGANALISIS NANOPARTIKEL TEMBAGA

1. *X-Ray Diffraction (XRD)*

Sinar-x ditemukan pada tahun 1895 oleh W.C. Roentgen. Untuk memastikan gerakan gelombang sinar-x, M V Laue melakukan percobaan sinar-x pada kristal tembaga sulfat. Pola difraksi yang diperoleh menjelaskan bahwa sinar-x adalah radiasi elektromagnetik yang memiliki panjang gelombang 10^{-10} m. W. H. Bragg dan W. L. Bragg menentukan struktur kristal pertama dari NaCl yang kemudian memunculkan studi kristalografi. Sebagian besar pengetahuan ekperimental tentang struktur

kimia, susunan atom di ruang angkasa ini berasal dari studi tentang padatan kristal. Kristal merupakan susunan yang teratur dari blok bangunan identik, sel unit dalam tiga dimensi. Himpunan titik-titik yang ekuivalen satu sama lain melalui translasi dari satu sel satuan ke sel satuan lainnya membentuk kisi geometris tiga dimensi menggambarkan struktur kristal (Bragg 1920). Kristal memiliki kelas yang dikategorikan seperti pada gambar 2.5



Gambar 2. 4 Tampilan kisi kristal (Bragg 1920)

Crystal class	Restrictions on lattice parameters	Possible lattices	Point groups and their orders (in parentheses)			
			Nonpolar nonchiral	Polar nonchiral	Nonpolar chiral	Polar chiral
Cubic	$a = b = c$ ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$)	P, I, F	$m\bar{3}m$ (48), $\bar{4}3m$ (24), $m\bar{3}$ (24)		432 (24), 23 (12)	
Hexagonal	$a = b \neq c$ ($\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$)	P	$6/mmm$ (24), $\bar{6}m2$ (12), $6/m$ (12), $\bar{6}$ (12)	$6mm$ (12)	622 (12)	6 (6)
Trigonal	$a = b \neq c$ ($\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$)	P, R	$\bar{3}m$ (12), $\bar{3}$ (6)	$3m$ (6)	32 (6)	3 (3)
Tetragonal	$a = b \neq c$ ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$)	P, I	$4/mmm$ (16), $\bar{4}2m$ (16), $4/m$ (8), $\bar{4}$ (8)	$4mm$ (8)	422 (8)	4 (4)
Orthorhombic	$a \neq b \neq c$ ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$)	P, I, C, F	mmm (8)	$mm2$ (4)	222 (4)	
Monoclinic	$a \neq b \neq c$ ($\beta \neq \alpha = \gamma = 90^\circ$)	P, C	$2/m$ (4)	m (2)		2 (2)
Triclinic	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma$	P	$\bar{1}$ (2)			1 (1)

Gambar 2. 5 Sifat dan kelas Kristal (Bragg 1920)

Spektroskopi difraksi sinar-x merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam sintesis nanopartikel tembaga. Instrumen ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin pada material dengan cara menentukan parameter struktur kisi untuk mendapatkan ukuran partikel (Epp 2016). Difraksi sinar-x juga digunakan untuk menentukan ukuran partikel yang

terbentuk melalui puncak-puncak tertentu dengan pendekatan persamaan Debye Scherrer :

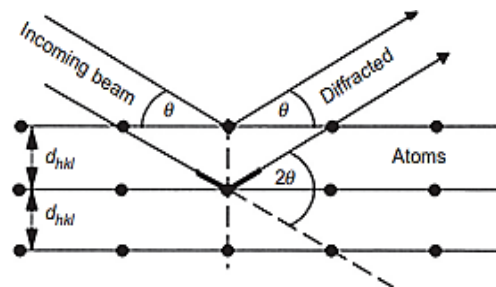
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta} \quad (2.1)$$

K= Bilangan konstan Scherrer 0.9-1.0

λ = Panjang gelombang sumber radiasi sinar-X 1.5418 (Å)

β = Lebar sudut penuh pada setengan maksimum (FWHM) (°)

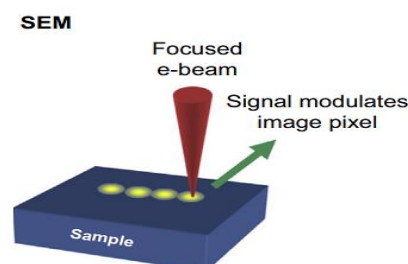
θ = Sudut Bragg (°)



Gambar 2. 6 Kondisi geometrik untuk difraksi dari bidang kisi (Spieß et al., 2009)

2. Scanning Electron Microscope

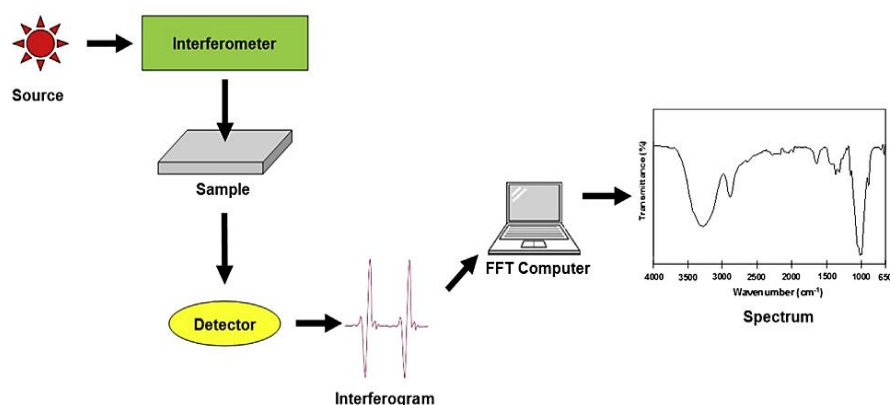
SEM adalah jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan benda yang bertujuan untuk memperlihatkan morfologi permukaan material. Prinsip kerja SEM adalah berkas elektron difokuskan ke satu titik, dan dipindai secara berurutan melintasi spesimen. Sinyal dipancarkan dari spesimen dan dikumpulkan oleh detektor. Sinyal detektor disinkronkan dengan lokasi berkas yang diketahui pada spesimen, dan intensitas sinyal digunakan untuk memodulasi piksel gambar yang sesuai. Sinyal yang dikumpulkan secara seri digabungkan untuk membentuk gambar yang dimensi/distribusi pikselnya bergantung pada pola pemindaian yang dipilih (Inkson 2016)



Gambar 2. 7 Pengumpulan titik data oleh SEM (Inkson 2016)

3. *Fourier Transformed Infra Red*

Di antara berbagai metode karakterisasi, FTIR merupakan salah satu instrumen yang paling bagus untuk menentukan gugus fungsi dalam membran yang memungkinkan adanya ikatan molekul antar senyawa kimia. Instrumen menghasilkan seberkas iradiasi IR, yang dipancarkan dari sumber benda hitam bercahaya. Selanjutnya, berkas melewati interferometer di mana pengkodean spektral berlangsung. Penggabungan kembali berkas-berkas dengan panjang lintasan yang berbeda dalam interferometer menciptakan interferensi konstruktif dan destruktif yang disebut interferogram. Sinar masuk kompartemen sampel dan sampel menyerap frekuensi energi tertentu, yang merupakan karakteristik unik sampel dari interferogram. Kemudian, detektor mengukur sinyal interferogram khusus dalam energi versus waktu untuk semua frekuensi secara bersamaan. Sementara itu, balok ditumpangkan untuk memberikan referensi untuk pengoperasian instrumen. Spektrum yang diinginkan diperoleh setelah interferogram secara otomatis mengurangi spektrum referensi dari spektrum sampel dengan perangkat lunak komputer transformasi fourier (Mohamed et al. 2017)



Gambar 2. 8 Komponen dasar dalam FTIR (Mohamed et al. 2017)

2.5 KAIN KATUN

Kain katun adalah bahan tekstil yang sangat terkenal di seluruh dunia. Kain katun ialah kain yang berasal dari serat biji kapas yang dipintal kemudian ditenun menjadi lembaran kain. Para ahli mengatakan pengguna tertua kapas adalah India

sekaligus negara pertama yang mengembangkan jenis kain katun. Menurut sejarah kapas pertama kali ditemukan oleh sejarawan yunani yang bernama herodotus yang hidup sekitar tahun 484 SM. Kapas adalah tanaman tekstil yang paling signifikan di banyak negara di seluruh dunia karena keunggulannya dalam kemampuan beradaptasi dan keserbagunaan (Archana et al. 2021).

Kain katun berperan penting dalam kehidupan kita sehari-hari. Katun telah banyak digunakan untuk aplikasi pakaian sejak bertahun-tahun. Fleksibilitas dan kenyamanan kain katun menjadikannya tekstil yang luar biasa dan paling banyak digunakan di dunia karena kualitas eksklusifnya seperti restorasi, ramah lingkungan, kelembutan, sifat hipoalergenik dan higroskopis (Archana et al. 2021).

Tekstil adalah substrat yang sangat baik untuk pertumbuhan bakteri dan polimer mikroba di bawah kondisi kelembapan, dan suhu yang sesuai (Paszkiewicz et al. 2016). Dengan struktur kain katun yang hidrofilik sangat berpotensi dalam perkembangbiakan bakteri. Menurut beberapa peneliti sebelumnya solusi dari masalah bakteri pada tekstil adalah dengan mengimplementasikan nanoteknologi.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 JENIS PENELITIAN

Penelitian ini membahas tentang sintesis nanopartikel tembaga (Cu) untuk pelapisan pada kain katun. Metode yang digunakan adalah metode reduksi kimia yaitu dengan menambahkan zat kimia kedalam larutan. Larutan yang digunakan adalah larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebagai prekursor, NaBH_4 dan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ sebagai reduktor.

Sampel kain katun dianalisis menggunakan XRD, FTIR, dan SEM. Analisis XRD digunakan untuk menentukan ukuran nanopartikel, analisis FTIR digunakan untuk melihat gugus fungsi yang terbentuk, dan analisis SEM digunakan untuk melihat morfologi kain.

3.2 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian dilakukan mulai Februari 2022 sampai dengan April 2022. Untuk tahap pengambilan data dilakukan di laboratorium Badan Tenaga Nuklir Nasional Serpong, Tangerang Selatan.

3.3 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

3.3.1 ALAT PENELITIAN

- Neraca analitik digunakan untuk menimbang $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4
- Magnetik stirer digunakan untuk menghomogenkan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4
- Oven digunakan untuk memaksimalkan pengeringan 100°C dari sampel
- Beaker gelas digunakan sebagai wadah pembuatan nanopartikel tembaga (Cu)
- Gelas ukur digunakan untuk mengukur jumlah larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4
- Erlenmeyer digunakan untuk menyimpan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4

- Spatula digunakan untuk mengambil bahan padatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4
- Batang pengaduk digunakan untuk mengaduk larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4
- pH meter digunakan untuk mengecek pH larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4
- Cawan petri digunakan untuk menyimpan sampel kain
- Termometer digunakan untuk mengukur suhu larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4
- Pinset digunakan untuk mengambil sampel kain
- Sumpit digunakan untuk menjemur sampel kain
- Pipet tetes digunakan untuk meneteskan larutan
- Kertas timbang digunakan untuk menimbang bahan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4

3.3.2 BAHAN PENELITIAN

- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ digunakan untuk membuat larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ digunakan untuk membuat larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
- NaBH_4 digunakan untuk membuat larutan NaBH_4
- DI Water digunakan untuk membuat larutan dan pencucian sampel
- Detergen nonionik digunakan untuk mencuci sampel
- Argon digunakan untuk mengusir oksigen pada DI water
- Kain katun digunakan sebagai sampel

3.4 INSTRUMEN YANG MENGANALISIS NANOPARTIKEL CU

Instrumen yang digunakan adalah sebagai berikut:

- *FTIR (Fourier Transformed Infra Red)*
FTIR merupakan salah satu instrumen karakterisasi yang digunakan untuk menentukan gugus fungsi yang terbentuk dan senyawa kimia. FTIR yang digunakan pada penelitian adalah FTIR type Tensor27 ATR Crystal Ge.
- *XRD (X-Ray Diffraction)*
XRD merupakan salah satu instrumen yang digunakan untuk menganalisis nanopartikel Cu. XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin

pada material dengan cara menentukan parameter struktur kisi untuk mendapatkan ukuran partikel.

- SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM merupakan mikroskop elektron yg digunakan untuk melihat morfologi permukaan suatu material dengan menggunakan berkas elektron untuk menganalisis.

3.5 PROSEDUR PENELITIAN

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah;

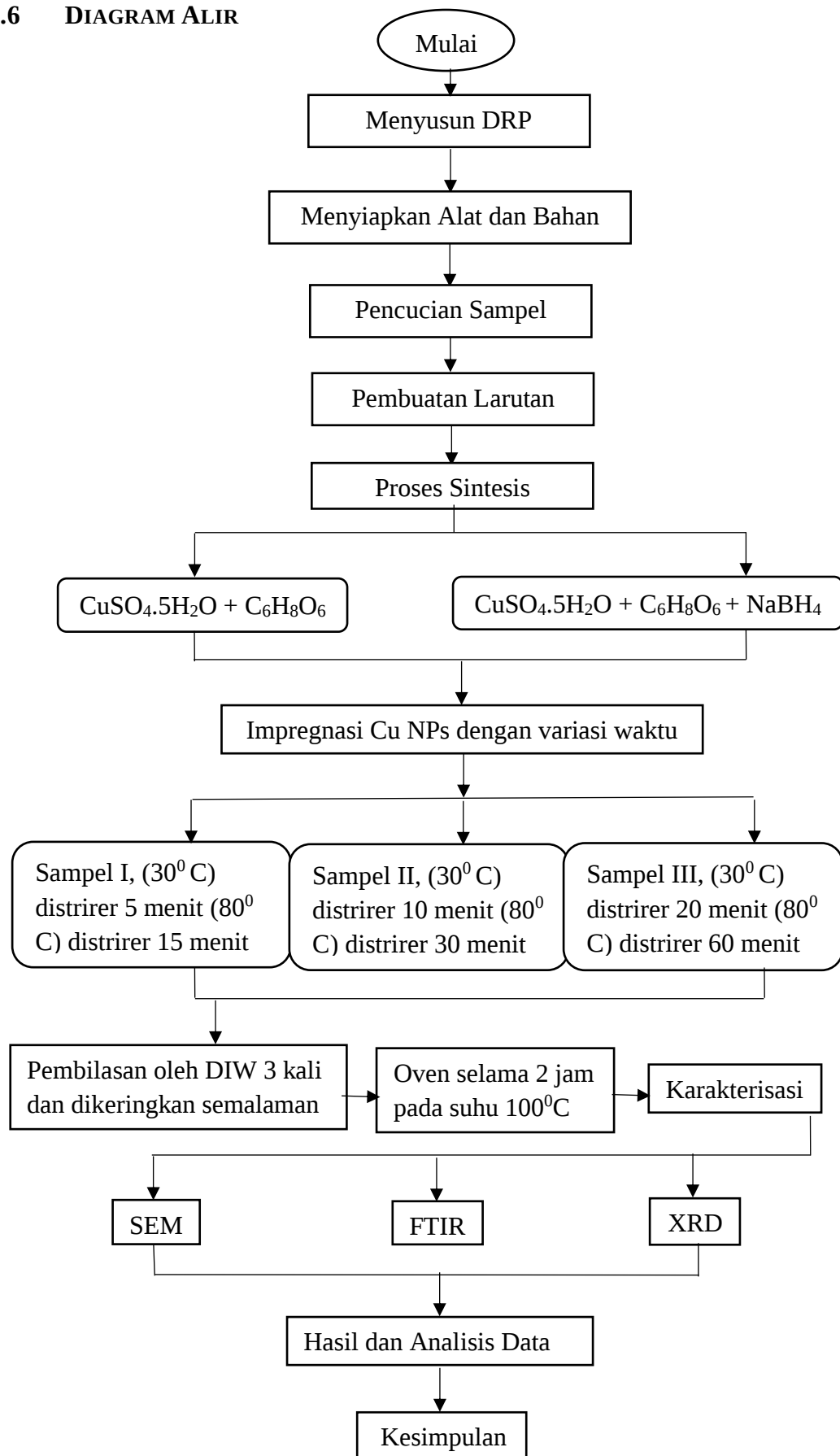
1. Pembuatan rancangan penelitian
2. Menyiapkan alat dan bahan penunjang penelitian.
3. Preparasi pencucian sampel kain katun. Sampel kain katun dicuci oleh detergen nonionik dalam DI water 50°C diatas magnetic stirer dan distirer pada 150 rpm selama 15 menit.
4. Pembuatan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4 .
 - Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 150 mL
 Disiapkan alat dan bahan penunjang yaitu erlenmeyer 200 mL, padatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, gelas ukur 100 mL, spatula, neraca analitik, DI Water yang sudah dialiri argon selama 15 menit. Padatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 0,37452 gr, kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan DI water 150 mL, larutan digojok hingga larut. Larutan dicek pHnya lalu erlenmeyer ditutup dengan parafilm dan diberi label.
 - Larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0,024 M 50 mL
 Disiapkan alat dan bahan penunjang yaitu erlenmeyer 50 mL, padatan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, gelas ukur 100 mL, spatula, neraca analitik, DI Water yang sudah dialiri argon selama 15 menit. Padatan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 0,21120 gr, kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan DI water 50 mL, larutan digojok hingga larut. Larutan dicek pHnya lalu erlenmeyer ditutup dengan parafilm dan diberi label.

- Larutan NaBH_4
 Disiapkan alat dan bahan penunjang yaitu erlenmeyer 500 mL, padatan NaBH_4 , gelas ukur 100 mL, spatula, neraca analitik, DI Water yang sudah dialiri argon selama 15 menit. Padatan NaBH_4 ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 0.11349 gr, kemudian dimasukan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan DI water 500 mL, larutan digojok hingga larut. Larutan dicek pHnya lalu erlenmeyer ditutup dengan parafilm dan diberi label.
5. Penimbangan kain sebelum diberi perlakuan
 3 sampel kain ditimbang 3 kali lalu dirata-ratakan untuk mendapat hasil M_0
 6. Impregnasi nanopartikel tembaga (Cu) pada kain katun
 - Sampel I
 Dimasukan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 50 mL dan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 16,6 mL kedalam beaker gelas kemudian distiring selama 10 menit. Larutan NaBH_4 100 mL ditambahkan secara perlahan kedalam beaker gelas dilanjutkan stiring selama 15 menit, Suhu larutan dinaikan ke 30°C . Setelah suhu larutan 30°C sampel I dimasukan, string selama 5 menit kemudian suhu larutan dinaikan lagi hingga 80°C dan distiring selama 15 menit. Sampel yang diperoleh dibilas sebanyak 3 kali dan dikeringkan semalaman.
 - Sampel II
 Dimasukan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 50 mL dan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 16,6 mL kedalam beaker gelas kemudian distiring selama 10 menit. Larutan NaBH_4 100 mL ditambahkan secara perlahan kedalam beaker gelas dilanjutkan stiring selama 15 menit, Suhu larutan dinaikan ke 30°C . Setelah suhu larutan 30°C sampel II dimasukan, string selama 10 menit kemudian suhu larutan dinaikan lagi hingga 80°C dan distiring selama 30 menit. Sampel yang diperoleh dibilas sebanyak 3 kali dan dikeringkan semalaman.
 - Sampel III
 Dimasukan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 50 mL dan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 16,6 mL

kedalam beaker gelas kemudian distiring selama 10 menit. Larutan NaBH_4 100 mL ditambahkan secara perlahan kedalam beaker gelas dilanjutkan stiring selama 15 menit, Suhu larutan dinaikan ke 30°C . Setelah suhu larutan 30°C sampel III dimasukan, string selama 20 menit kemudian suhu larutan dinaikan lagi hingga 80°C dan distiring selama 60 menit. Sampel yang diperoleh dibilas sebanyak 3 kali dan dikeringkan semalaman.

7. Sampel dimasukan dalam oven selama 2 jam pada suhu 100°C
8. Penimbangan kain setelah diberi perlakuan
3 sampel kain ditimbang sebanyak 3 kali lalu dirata-ratakan untuk mendapatkan hasil M_1
9. Sampel yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, dan SEM.

3.6 DIAGRAM ALIR



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PENELITIAN

Telah dilakukan sintesis Nanopartikel Cu menggunakan metode reduksi kimia. Bahan kimia yang digunakan adalah $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebagai prekursor, NaBH_4 , dan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ sebagai reduktor. Proses pembuatan nanopartikel Cu dilakukan dengan menyiapkan larutan reagen terlebih dahulu yaitu antara lain; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0.01 M) 50 mL, larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ (0,024 M) 16,6 mL dan larutan NaBH_4 0,01 M 100 mL untuk masing-masing sampel. Setelah larutan disiapkan dilakukan sintesis nanopartikel Cu dengan mencampur larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ terlebih dahulu kedalam erlenmeyer kemudian larutan NaBH_4 ditambahkan kedalam larutan campuran secara perlahan. Larutan campuran distirring pada 200 rpm hingga terjadinya perubahan warna larutan dari semula berwarna biru muda menjadi kuning kecokelatan hingga menjadi hitam.

Larutan nanopartikel Cu yang telah diperoleh melalui proses sintesis, digunakan untuk proses impregnasi nanopartikel Cu pada kain katun berdasarkan variasi perendaman waktu. Sampel I direndam dalam larutan Cu NPs pada suhu 30°C sambil distirer di atas *magnetic stirer* selama 5 menit lalu kemudian suhu larutan dinaikan menjadi 80°C *stirer* dilanjutkan selama 15 menit, sampel II direndam dalam Cu NPs pada suhu 30°C selama 10 menit lalu pada saat suhu larutan dinaikan menjadi 80°C dilanjutkan *stirer* selama 30 menit, dan sampel III direndam dalam larutan Cu NPs pada suhu 30°C selama 20 menit dan dilanjutkan *stirer* selama 60 menit setelah suhu larutan dinaikan menjadi 80°C . Sampel yang telah direndam diangkat lalu dibilas dengan DI water sebanyak 3 kali dan dikeringkan semalaman kemudian dioven pada suhu 100°C selama 2 jam yang bertujuan untuk memaksimalkan pengeringan sampel kain.

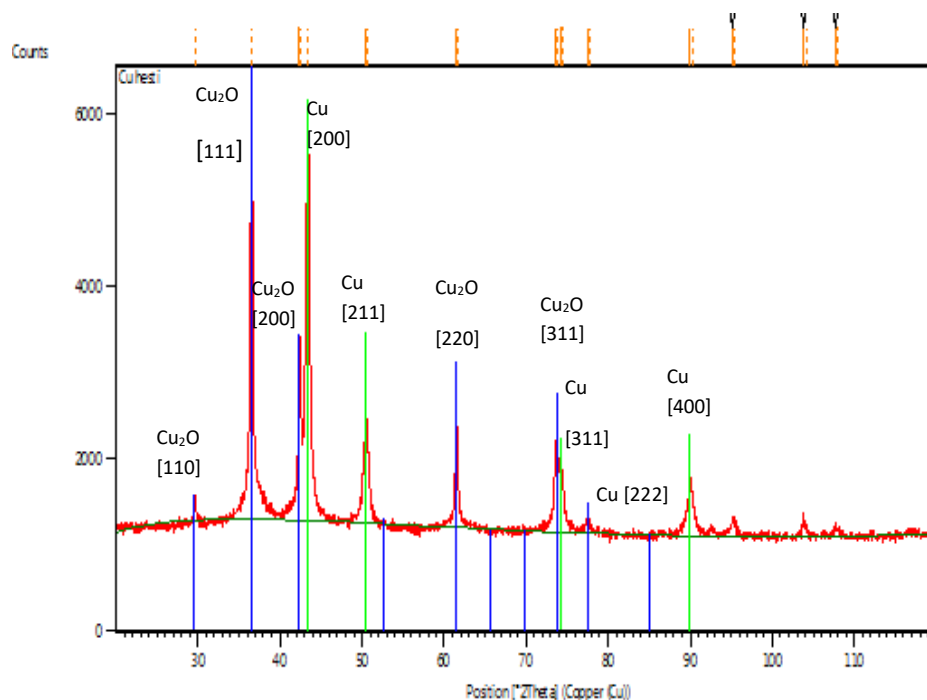
Warna sampel III lebih gelap dibandingkan dengan sampel I dan II. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan waktu perendaman masing-masing sampel. Sampel III direndam lebih lama yaitu 20 menit pada suhu 30°C dan 60 menit pada suhu 80°C yang menyebabkan perendaman nanopartikel Cu lebih optimal terhadap pelapisan kain katun terjadi pada waktu sampel III.



Gambar 4. 1 Tampilan sampel I, II, dan III

4.2 HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN (*X-RAY DIFFRACTION*)

Karakterisasi pola difraksi sinar-X sampel dilakukan dengan menggunakan alat uji *X-ray diffraction* tipe Empirean dengan sumber sinar-X dari tembaga pada sudut $2\theta = 29^{\circ}$ - 108° dan panjang gelombang yang dihasilkan sebesar $\lambda = 1,54060 \text{ \AA}$. Hasil pola difraksi sinar-X digunakan untuk mengidentifikasi ukuran dan struktur kristal yang terbentuk. Pola difraksi yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 4.2



Gambar 4. 2 Hasil karakterisasi X-ray Difrraction

Hasil pola difraksi sinar-X yang terbentuk menunjukkan struktur kristal yang bersesuaian dengan fasa material Cu dan Cu_2O yang ditandai oleh terbentuknya puncak-puncak intensitas difraksi pada sudut 2θ .

Tabel 4. 1 Struktur kristal Cu dan Cu₂O terhadap 2theta

Cu			Cu ₂ O		
Intensitas (%)	2theta	FWHM	Intensitas (%)	2theta	FWHM
86.88	43.35	0.475(6)	4.66	29.64	0.32(3)
43.44	43.46	0.475(6)	2.33	29.72	0.32(3)
23.31	50.45	0.69(1)	100	36.49	0.316(4)
11.66	50.59	0.69(1)	50	36.59	0.316(4)
13.54	74.15	0.69(5)	36.42	42.38	0.31(1)
6.77	74.37	0.69(5)	18.21	42.49	0.31(1)
4.39	77.43	0.4(1)	27.27	61.46	0.31(1)
2.19	77.66	0.4(1)	13.63	61.63	0.31(1)
13.42	89.93	0.69(2)	18.74	73.59	0.34(2)
6.71	90.21	0.69(2)	9.73	73.81	0.34(2)

Data difraksi yang diperoleh pada tabel 4.1 menunjukkan adanya nanopartikel selain Cu yaitu Cu₂O yang ditandai oleh puncak-puncak yang terbentuk. Nanopartikel Cu terbentuk pada puncak (43.35), (43.46), (50.45), (50.59), (74.15), (74.37), (77.43), (77.66), (89.93) (Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014), (AGUILAR, ESPARZA, and ROSAS 2019). Nanopartikel Cu₂O terbentuk pada puncak (29.64), (29.72), (36.49), (36.59), (42.38), (42.49), (61.46), (61.63), (73.59), (73.81) (Kooti and Matouri 2010), (Ozay et al. 2016), (Mo et al. 2018). Nanopartikel Cu₂O terbentuk disebabkan oleh adanya oksidasi Cu dan O pada larutan yang dipengaruhi oleh komposisi kimia dan suhu perlakuan. Pengindeksan *d-spacing* yang terbentuk terhadap metode perendaman sangat mempengaruhi theta yang ditunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Struktur kristal Cu dan Cu₂O terhadap d-spacing

Cu			Cu ₂ O		
Intensitas (%)	<i>dspacing</i>	FWHM(°)	Intensitas (%)	<i>dspacing</i>	FWHM(°)
86.88	2.08547	0.475(6)	4.66	3.01114	0.32(3)
43.44	2.08547	0.475(6)	2.33	3.01114	0.32(3)
23.31	1.80726	0.69(1)	100	2.45979	0.316(4)
11.66	1.80726	0.69(1)	50	2.45979	0.316(4)
13.54	1.27767	0.69(5)	36.42	2.13073	0.31(1)
6.77	1.27767	0.69(5)	18.21	2.13073	0.31(1)
4.39	1.23156	0.4(1)	27.27	1.50744	0.31(1)
2.19	1.23156	0.4(1)	13.63	1.50744	0.31(1)
13.42	1.09000	0.69(2)	18.74	1.28596	0.34(2)
6.71	1.09000	0.69(2)	9.73	1.28596	0.34(2)

Berdasarkan data PDF (*Powder Diffraction File*)-COD (*crystallography Open Database*) Cu memiliki struktur *Face Center Cubic* dan Cu₂O memiliki struktur *simple cubic* yang ditandai oleh indeks miller yang terbentuk yang ditunjukkan pada tabel 4.2. Struktur kristal Cu memiliki indeks miller [200], [211], [311], [222], dan [400] sedangkan Cu₂O memiliki indeks miller [110], [111], [220] dan [311] (Suryanarayana and Norton 1998). FWHM (full width at half maximum) merupakan lebar sudut penuh pada setengah maksimum pada puncak difraksi sinar-X. FWHM dihitung menggunakan software HighScore Plus ver: 3.0e.

Tabel 4. 3 Struktur kristal Cu dan Cu₂O terhadap indeks miller

Cu			Cu ₂ O		
Intensitas (%)	[hkl]	FWHM(°)	Intensitas (%)	[hkl]	FWHM(°)
86.88	(200)	0.475(6)	4.66	(110)	0.32(3)
43.44	(200)	0.475(6)	2.33	(110)	0.32(3)
23.31	(211)	0.69(1)	100	(111)	0.316(4)
11.66	(211)	0.69(1)	50	(111)	0.316(4)
13.54	(311)	0.69(5)	36.42	(200)	0.31(1)
6.77	(311)	0.69(5)	18.21	(200)	0.31(1)
4.39	(222)	0.4(1)	27.27	(220)	0.31(1)
2.19	(222)	0.4(1)	13.63	(220)	0.31(1)
13.42	(400)	0.69(2)	18.74	(311)	034(2)
6.71	(400)	0.69(2)	9.73	(311)	034(2)

Dengan mengetahui indeks miller pada nanaopartikel, sistem kristal akan diketahui dengan mencari parameter kisi dan sudut. Cu memiliki struktur kristal FCC (*Face Center Cubic*) yang menyebabkan sistem kristal yang terbentuk yaitu cubic dan Cu₂O dengan struktur skristal SC (*simple cubic*) yang terbentuk ialah cubic.

Tabel 4. 4 Struktur kristal Cu dan Cu₂O terhadap sistem kristal

Cu			Cu ₂ O		
Dspasing (Å)	[hkl]	Sistem Kristal	Dsapsing (Å)	[hkl]	Sistem Kristal
2.08547	(200)	Cubic	3.01114	(110)	Cubic
2.08547	(200)	Cubic	3.01114	(110)	Cubic
1.80726	(211)	Cubic	2.45979	(111)	Cubic
1.80726	(211)	Cubic	2.45979	(111)	Cubic
1.27767	(311)	Cubic	2.13073	(200)	Cubic
1.27767	(311)	Cubic	2.13073	(200)	Cubic
1.23156	(222)	Cubic	1.50744	(220)	Cubic
1.23156	(222)	Cubic	1.50744	(220)	Cubic
1.09000	(400)	Cubic	1.28596	(311)	Cubic
1.09000	(400)	Cubic	1.28596	(311)	Cubic

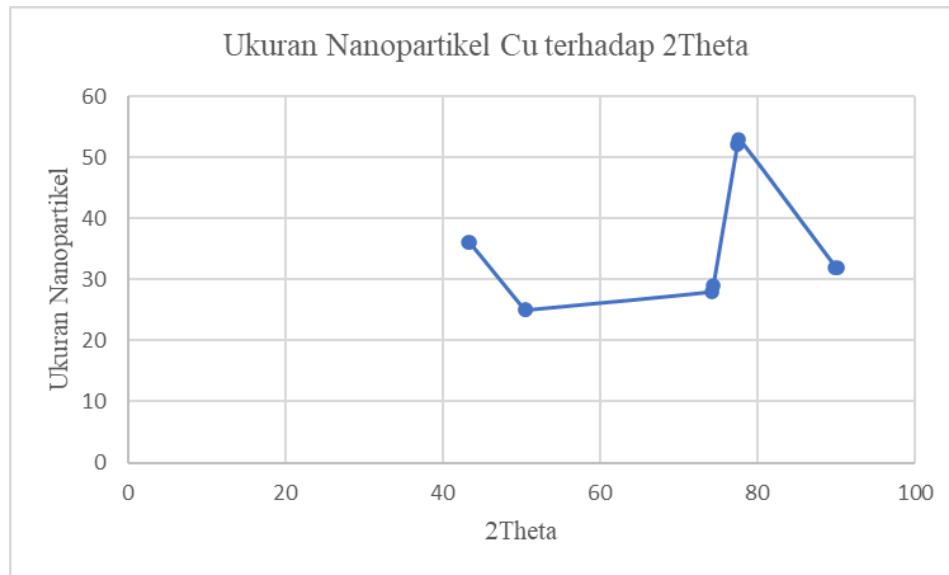
Tabel 4. 5 Struktur kristal terhadap parameter kisi

Cu		Cu ₂ O	
konstanta Kisi α (nm)	Sistem Kristal	konstanta Kisi α (nm)	Sistem Kristal
$\alpha = 0,417$	Cubic	$\alpha = 0,4258$	Cubic
$\alpha = 0,417$	Cubic	$\alpha = 0,4258$	Cubic
$\alpha = 0,4426$	Cubic	$\alpha = 0,4259$	Cubic
$\alpha = 0,4426$	Cubic	$\alpha = 0,4259$	Cubic
$\alpha = 0,4235$	Cubic	$\alpha = 0,4206$	Cubic
$\alpha = 0,4235$	Cubic	$\alpha = 0,4206$	Cubic
$\alpha = 0,4264$	Cubic	$\alpha = 0,4262$	Cubic
$\alpha = 0,4264$	Cubic	$\alpha = 0,4262$	Cubic
$\alpha = 0,436$	Cubic	$\alpha = 0,4261$	Cubic
$\alpha = 0,436$	Cubic	$\alpha = 0,4261$	Cubic

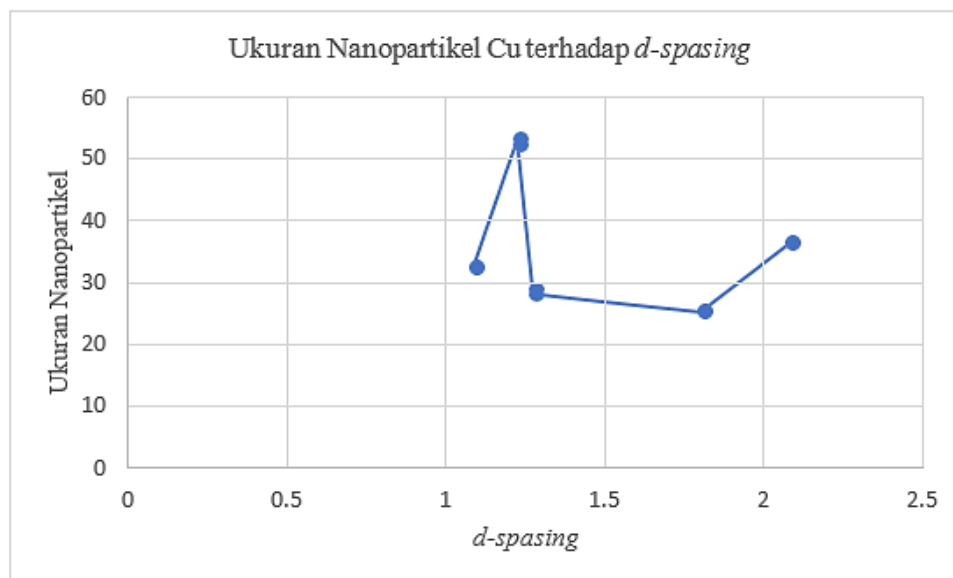
Ukuran nanopartikel Cu yang diperoleh menggunakan persamaan Debye Scherrer berkisar 25-53 nm, sedangkan ukuran Cu₂O di kisaran 49-59. Dengan rata-rata ukuran nanopartikel Cu 35 nm dan rata-rata Cu₂O sebesar 55 nm. Ukuran nanopartikel Cu lebih kecil jika dibandingkan dengan ukuran Cu₂O.

Tabel 4. 6 Ukuran Nanopartikel

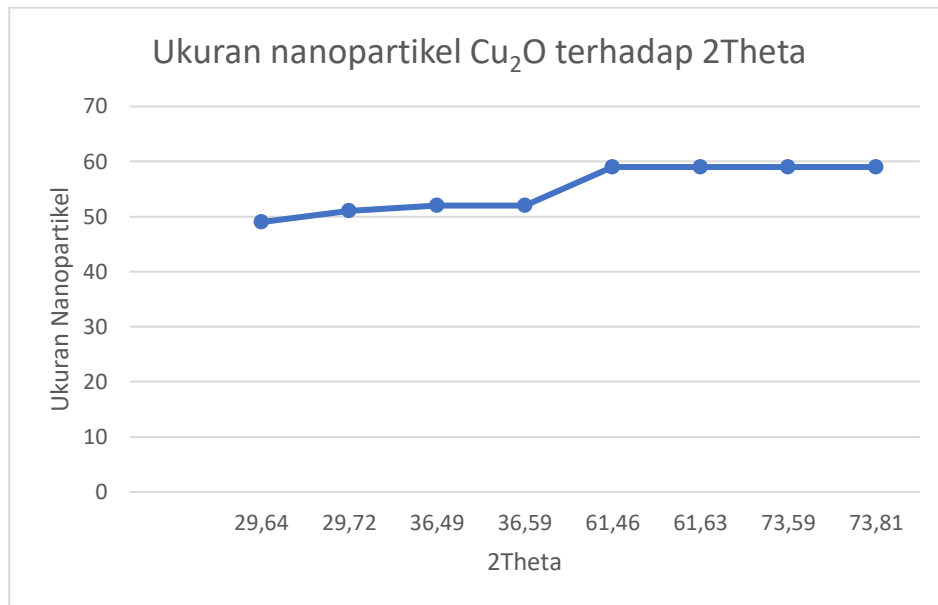
Cu			Cu ₂ O		
2 Θ ($^{\circ}$)	FWHM (radiant)	Ukuran nanopartikel (nm)	2 Θ ($^{\circ}$)	FWHM (radiant)	Ukuran nanopartikel (nm)
43,35	0,475(6)	36	29,64	0,32(3)	49
43,46	0,475(6)	36	29,72	0,32(3)	51
50,45	0,69(1)	25	36,49	0,316(4)	52
50,59	0,69(1)	25	36,59	0,316(4)	52
74,15	0,69(5)	28	42,38	0,31(1)	54
74,37	0,69(5)	29	42,49	0,31(1)	54
77,43	0,4(1)	52	61,46	0,31(1)	59
77,66	0,4(1)	53	61,63	0,31(1)	59
89,93	0,69(2)	32	73,59	0,34(2)	59
90.21	0,69(2)	32	73,81	0,34(2)	59



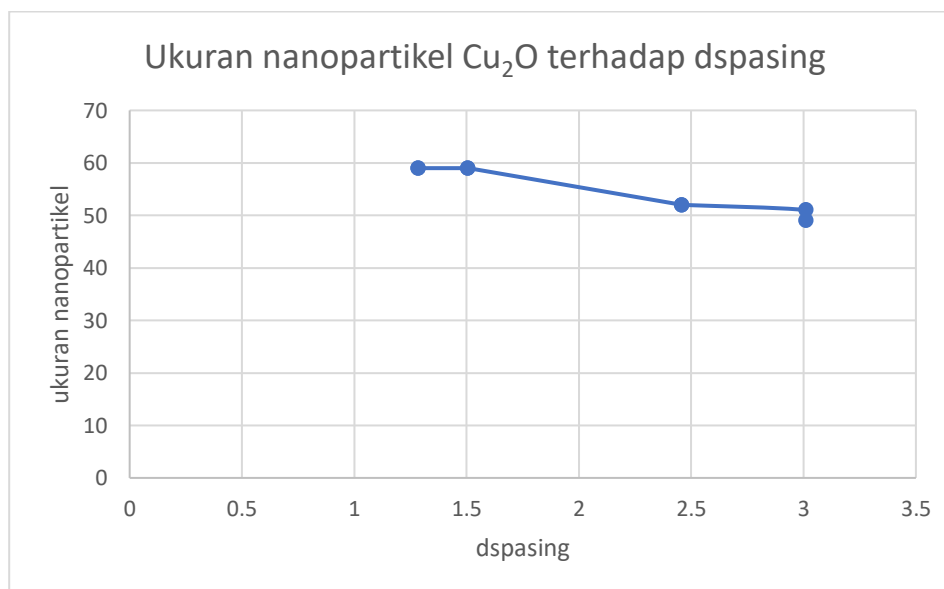
Gambar 4. 3 Grafik ukuran nanopartikel Cu terhadap 2theta



Gambar 4. 4 Grafik ukuran nanopartikel Cu terhadap d-spacing

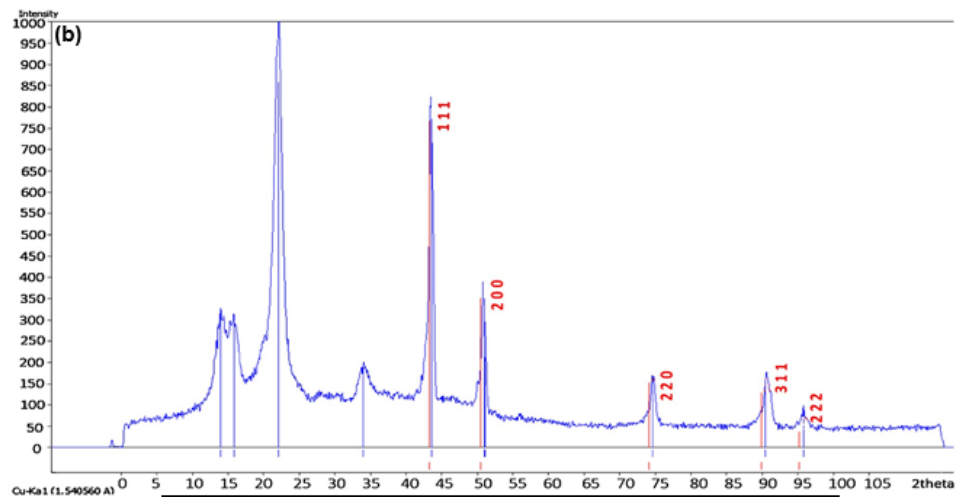


Gambar 4. 5 Grafik ukuran nanopartikel Cu_2O terhadap 2theta



Gambar 4. 6 Grafik ukuran nanopartikel Cu_2O terhadap d-spacing

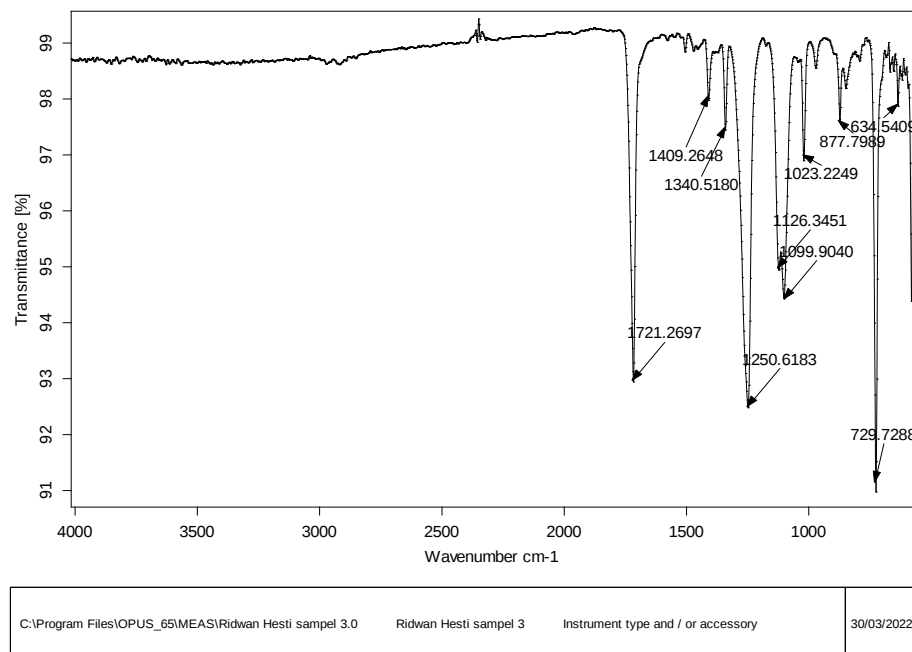
Peneliti sebelumnya telah melakukan sintesis nanopartikel Cu menggunakan metode reduksi kimia dengan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ sebagai prekursor dan reduktur dan hasil yang telah diperoleh Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014. Indeks miller [200], [311], dan [222] Sedighi dkk 2014 sama dengan indeks miller pada hasil XRD percobaan ini yang menunjukan bahwa struktur kristal Cu indentik pada indeks miller tersebut.



Gambar 4. 7 Hasil XRD Cu (Sedighi, Montazer, and Hemmatinejad 2014)

4.3 HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN FTIR (*FOURIER TRANSFORM INFRARED*)

Untuk menentukan ikatan senyawa yang terbentuk pada sampel nanopartikel Cu dilakukan analisis FTIR berdasarkan intensitas cahaya infrared yang diserap oleh sampel. Hasil spektrum FTIR diukur menggunakan FTIR type Tensor27 ATR Cystal Ge dari bilangan gelombang 500 hingga 4000 cm^{-1} . Hasil FTIR nanopartikel Cu berdasarkan variasi waktu ditunjukkan pada gambar 4.7



Page 1/1

Gambar 4. 8 Hasil FTIR nanopartikel Cu

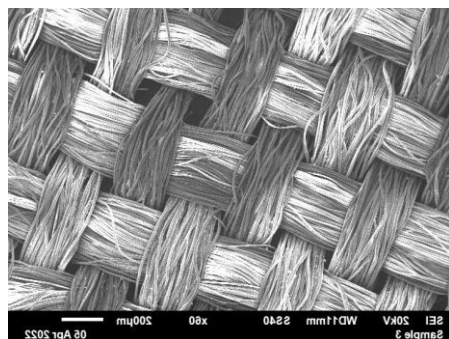
Tabel 4. 7 hasil karakterisasi FTIR

Adsorpsi (%)	Bilangan gelombang cm^{-1}	Ikatan senyawa
91	729.7288	=C-H out of plane bending Secondary amide N-H wagging C-X stretching P=S stretching
92	1250.6183	=C-H in plane bending C-O Stretching Aliphatic C-O stretching
93	1721.2697	Overtone and combination band Aliphatic aldehyde C=O stretching First overtone C-H stretching
94	1099.9040	=C-H in plane bending C-O Stretching Aliphatic C-N stretching
95	1126.3451	=C-H in plane bending C-O Stretching Aliphatic C-O stretching Aliphatic C-N stretching C-F stretching Second overtone C-H stretching
97	1023.2249	=C-H in plane bending C-O Stretching Aliphatic C-N stretching S=O stretching
97	1340.5180	Aromatic C-N stretching B-N stretching B-O stretching SO ₂ asymmetric stretching
97	877.7989	=C-H out of plane bending Third overtone C-H stretching
98	634.5409	=C-H out of plane bending =C-H bending C-S stretching
98	1409.2648	=C-H in plane bending Azo compound N=N stretching B-N stretching First overtone N-H stretching

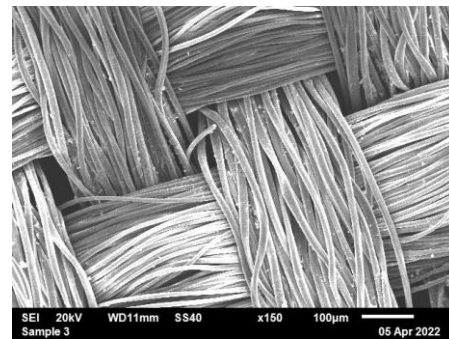
Unsur bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: Cu, S, O, H, C, Na, B, H. Hasil spektrum pada tabel menunjukkan adanya ikatan Cu yang ditandai oleh munculnya daerah serapan yang mengidentifikasi adanya C-H stretching yaitu pada bilangan gelombang 729.7288, 877.7989, 634.5409. Selain Cu, spektrum FTIR juga menunjukkan adanya senyawa lain yang muncul yaitu *stretching metal oxide* dan *metal carbonyl* pada bilangan gelombang 1250.7388, 1721.2697, 1099.9040, 1126.3451, 1023.2249, 1340.5180.

4.5 HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN SEM (SCANNING ELECTRON MICROSCOPE)

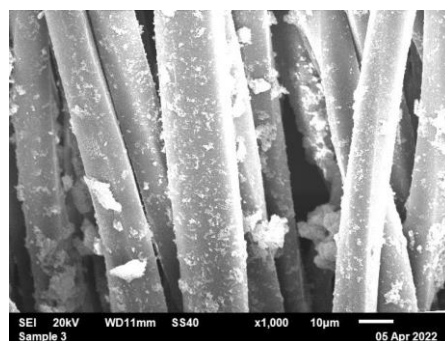
Analisis morfologi yang meliputi struktur, bentuk dan ukuran material diukur dengan *Scanning Elektron Mikroskop merck Jeol JSM-6510LA* dengan *system revolution analysis Accelleration voltage: 20 kV*. Sampel kain katun dipotong dengan ukuran yang sesuai dengan alat karakterisasi.



(a)



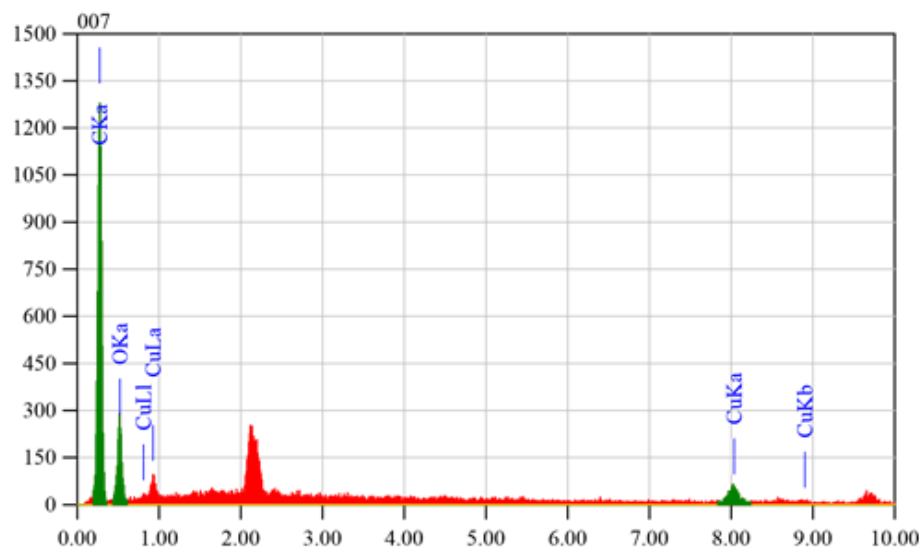
(b)



(c)

Gambar 4. 9 (a) hasil morfologi SEM pada pembesaran 60, (b) hasil morfologi Sem pada pembesaran 150, (c) hasil morfologi SEM pada pembesaran 1000

Morfologi sampel kain yang diimpregnasi oleh nanopartikel Cu pada gambar 4.9 diambil pada pembesaran 60, 150, dan 1000 dengan memperlihatkan nanopartikel yang ditandai adanya gumpalan putih pada serat kain. Ukuran nanopartikel telah diketahui melalui data xrd yang dihitung menggunakan persamaan 2.1 dengan kisaran 24-54 nm. Berdasarkan ukuran nanopartikelnya, dapat dikatakan sebaran nanopartikel Cu pada sampel kain sudah merata dan memiliki ukuran yang halus atau kecil. Untuk mengetahui distribusi komposisi penyusun dari Cu maka dilakukan pengujian EDX (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometry*) pada area seluruh permukaan sampel kain katun.



Gambar 4. 10 Hasil EDX keseluruhan potongan sampel kain katun

Tabel 4. 8 Analisis hasil EDX keseluruhan potongan sampel kain katun

Element	keV	Massa (%)	Error (%)	Atom (%)	wt%	K
C k	0.277	62.74	0.04	72.41	62.7	64.2015
O k	0.525	30.02	0.33	26.01	30	23.7189
Cu k	8.040	7.23	0.61	1.58	7.24	12.0796
Total		100.00		100.00		

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa nanopartikel Cu yang disintesis oleh bahan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, dan NaBH_4 mengandung atom Cu sebanyak 7.23%, hal ini menunjukkan adanya unsur lain seperti C dan O yang memiliki distribusi komposisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan Cu. Hasil EDX yang diperoleh sesuai dengan hasil XRD yaitu munculnya senyawa lain yaitu Cu_2O .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nanopartikel Cu telah berhasil disintesis menggunakan metode Reduksi kimia. Analisis XRD menunjukkan bahwa fasa kristalin yang terbentuk adalah nanopartikel Cu yang ditandai oleh puncak intensitas difraksi pada 2θ (43.35), (43.46), (50.45), (50.59), (74.15), (74.37), (77.43), (77.66), (89.93). Ukuran nanopartikel yang terbentuk berkisar 24-54 nm. Terdapat senyawa lain yang terbentuk yaitu Cu_2O , hal ini juga dibuktikan oleh analisis FTIR yang menunjukkan adanya vibrasi pada puncak daerah serapan pada bilangan gelombang (1250.6183), (1099.9040), (1126.3451), (1023.2249), (1721.2697), (1340.5180), yang menunjukkan *stretching metal oxide* dan *metal carbonil* dari Cu_2O .
2. Variasi waktu perendaman memberikan pengaruh terhadap nanopartikel yang terbentuk. Sampel III memberikan Hasil yang optimal yaitu pada waktu perendaman 20 menit pada suhu 30°C dan 60 menit pada suhu 80°C jika dibandingkan dengan sampel I pada waktu perendaman (5,15 menit) dan sampel II pada waktu perendaman (10,30 menit). Ukuran nanopartikel yang terbentuk berukuran 25-53.
3. Terdapat pengaruh suhu pemanasan larutan terhadap proses impregnasi nanopartikel Cu pada kain katun yang menyebabkan terjadinya oksidasi hingga terbentuknya senyawa Cu_2O .

5.2. SARAN

1. Pada proses impregnasi nanopartikel Cu terhadap kain katun, suhu larutan harus dinaikan hingga mencapai titik didih dari tembaga.
2. Dibutuhkan perlakuan khusus agar nanopartikel Cu tidak teroksidasi dengan oksigen sehingga menghasilkan nanopartikel Cu murni.

DAFTAR REFERENSI

- Abbas, Adel H., and Nada Y. Fairouz. 2021. "Characterization, Biosynthesis of Copper Nanoparticles Using Ginger Roots Extract and Investigation of Its Antibacterial Activity." *Materials Today: Proceedings* (xxxx). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.551>.
- AGUILAR, M. S., R. ESPARZA, and G. ROSAS. 2019. "Synthesis of Cu Nanoparticles by Chemical Reduction Method." *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)* 29(7): 1510–15. [https://dx.doi.org/10.1016/S1003-6326\(19\)65058-2](https://dx.doi.org/10.1016/S1003-6326(19)65058-2).
- Almeida, Luciana, Israel Felzenszwalb, Mônica Marques, and Carla Cruz. 2020. "Nanotechnology Activities: Environmental Protection Regulatory Issues Data." *Heliyon* 6(10).
- Archana, K. M., Revathy Rajagopal, Veena Gayathri Krishnaswamy, and S. Aishwarya. 2021. "Application of Green Synthesised Copper Iodide Particles on Cotton Fabric-Protective Face Mask Material against COVID-19 Pandemic." *Journal of Materials Research and Technology* 15: 2102–16. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.020>.
- Azam, Ameer et al. 2012. "Size-Dependent Antimicrobial Properties of CuO Nanoparticles against Gram-Positive and -Negative Bacterial Strains." *International Journal of Nanomedicine* 7: 3527–35.
- Bragg, W. L. 1920. "Crystal Structure." *Nature* 105(2647): 646–48.
- Chattopadhyay, D. P., and B. H. Patel. 2010. "Effect of Nanosized Colloidal Copper on Cotton Fabric." *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* 5(3): 1–6.
- Epp, J. 2016. *Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods X-Ray Diffraction (XRD) Techniques for Materials Characterization*. Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100040-3.00004-3>.
- Fajardo, Carlos et al. 2022. "Nanotechnology in Aquaculture: Applications, Perspectives and Regulatory Challenges." *Aquaculture and Fisheries* 7(2): 185–200. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.12.006>.
- Geng, Yuancheng et al. 2020. "A Comprehensive Presentation on Nanoparticles Electrical Conductivity of Nanofluids: Statistical Study Concerned Effects of Temperature, Nanoparticles Type and Solid Volume Concentration." *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 542. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.123432>.
- Inkson, B. J. 2016. *Materials Characterization Using Nondestructive Evaluation (NDE) Methods Scanning Electron Microscopy (SEM) and Transmission Electron Microscopy (TEM) for Materials Characterization*. Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100040-3.00002-X>.
- Jamdagni, Pragati, Poonam Khatri, and J. S. Rana. 2016. "Nanoparticles Based

- DNA Conjugates for Detection of Pathogenic Microorganisms.” *International Nano Letters* 6(3): 139–46.
- Kakakhel, Mian Adnan et al. 2021. “Green Synthesis of Silver Nanoparticles and Their Shortcomings, Animal Blood a Potential Source for Silver Nanoparticles: A Review.” *Journal of Hazardous Materials Advances* 1(August): 100005. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2021.100005>.
- Kooti, M., and L. Matouri. 2010. “Fabrication of Nanosized Cuprous Oxide Using Fehling’s Solution.” *Scientia Iranica* 17(1 F): 73–78.
- Li, M., and S. J. Zinkle. 2012. “Physical and Mechanical Properties of Copper and Copper Alloys.” *Comprehensive Nuclear Materials* 4: 667–90.
- Magaye, Ruth, and Jinshun Zhao. 2012. “Recent Progress in Studies of Metallic Nickel and Nickel-Based Nanoparticles’ Genotoxicity and Carcinogenicity.” *Environmental Toxicology and Pharmacology* 34(3): 644–50. <http://dx.doi.org/10.1016/j.etap.2012.08.012>.
- Massey, A G. 1965. “27. c o p p e R.” 630: 1–78.
- Mo, Xi et al. 2018. “Surface Modification of Micro-Sized CuO by in Situ-Growing Heterojunctions CuO/Cu₂O and CuO/Cu₂O/Cu: Effect on Surface Charges and Photogenerated Carrier Lifetime.” *Applied Physics A: Materials Science and Processing* 124(10): 2–9.
- Mohamed, M. A. et al. 2017. Membrane Characterization *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy*. Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63776-5.00001-2>.
- Ozay, Yasin et al. 2016. “Investigation of Electroactive and Antibacterial Properties of Polyethersulfone Membranes Blended With Copper Nanoparticles.” *Clean - Soil, Air, Water* 44(8): 930–37.
- Paszkiewicz, Marta et al. 2016. “The Antibacterial and Antifungal Textile Properties Functionalized by Bimetallic Nanoparticles of Ag/Cu with Different Structures.” *Journal of Nanomaterials* 2016.
- Radha, K, and Gayathri Kalyanaraman. 2019. “Synthesis, Characterization and Application OfCopper Nano-Particles: A Review.” *International journal of engineering research and technology* 8(03): 412–21.
- Rafique, Muhammad, Muhammad Bilal Tahir, Muhammad Shahid Rafique, and M. Hamza. 2020. Nanotechnology and Photocatalysis for Environmental Applications *History and Fundamentals of Nanoscience and Nanotechnology*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821192-2.00001-2>.
- Sedighi, Ali, Majid Montazer, and Nahid Hemmatinejad. 2014. “Copper Nanoparticles on Bleached Cotton Fabric: In Situ Synthesis and Characterization.” *Cellulose* 21(3): 2119–32.
- Suryanarayana, C., and M. Grant Norton. 1998. X-Ray Diffraction *Lattices and*

Crystal Structures.

- Wang, Jie et al. 2021. "Synthesis of Copper Nanoparticles with Controllable Crystallinity and Their Photothermal Property." *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 626(April): 126970. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126970>.
- World, The, and Copper Factbook. 2012. "The World Copper Factbook 2012."
- Xu, Veena Wenqing et al. 2022. "Application of Copper Nanoparticles in Dentistry." *Nanomaterials* 12(5): 805.
- Yang, Lei. 2015. "Fundamentals of Nanotechnology and Orthopedic Materials." *Nanotechnology-Enhanced Orthopedic Materials*: 1–25.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian XRD

a. Analisis Data Puncak

Intensitas (%)	2θ ($^{\circ}$)	Height	FWHM (deg)	d-spacing (Å)	Area
4.66	29.64 (1)	169 (14)	0.32(3)	3.01114	1.56
2.33	29.72 (1)	85 (14)	0.32(3)	3.01114	0.78
100.00	36.499 (1)	3627 (34)	0.316(4)	2.45979	49.44
50.00	36.593 (1)	1814 (34)	0.316(4)	2.45979	24.72
36.42	42.387 (2)	1321 (28)	0.31(1)	2.13073	17.63
18.21	42.497 (2)	661 (28)	0.31(1)	2.13073	8.81
86.88	43.353 (1)	3152 (24)	0.475(6)	2.08547	63.88
43.44	43.466 (1)	1576 (24)	0.475(6)	2.08547	31.94
23.31	50.456 (4)	846 (12)	0.69(1)	1.80726	22.38
11.66	50.591 (4)	423 (12)	0.69(1)	1.80726	11.19
27.27	61.461 (3)	989 (30)	0.31(1)	1.50744	13.12
13.63	61.630 (3)	495 (30)	0.31(1)	1.50744	6.56
18.74	73.598 (8)	680 (31)	0.34(2)	1.28596	10.03
9.37	73.811 (8)	340 (31)	0.34(2)	1.28596	5.01
13.54	74.15 (2)	491 (22)	0.69(5)	1.27767	14.64
6.77	74.37 (2)	246 (22)	0.69(5)	1.27767	7.32
4.39	77.43 (2)	159 (25)	0.4(1)	1.23156	2.75
2.19	77.66 (2)	80 (25)	0.4(1)	1.23156	1.38
13.42	89.934 (7)	487 (17)	0.69(2)	1.09000	14.53

b. Analisis Ukuran Nanopartikel

2θ ($^{\circ}$)	$\cos \theta$	FWHM (deg)	FWHM/2 (deg)	Ukuran Nanopartikel (Nm)
29.64 (1)	0,9667	0.32(3)	0,16	49
29.72 (1)	0,9665	0.32(3)	0,16	51
36.499 (1)	0,9497	0.316(4)	0,158	52
36.593 (1)	0,9494	0.316(4)	0,158	52
42.387 (2)	0,9323	0.31(1)	0,155	54
42.497 (2)	0,9320	0.31(1)	0,155	54
43.353 (1)	0,9292	0.475(6)	0,2375	36
43.466 (1)	0,9289	0.475(6)	0,2375	36
50.456 (4)	0,9046	0.69(1)	0,345	25
50.591 (4)	0,9041	0.69(1)	0,345	25
61.461 (3)	0,8595	0.31(1)	0,155	59
61.630 (3)	0,8588	0.31(1)	0,155	59
73.598 (8)	0,8007	0.34(2)	0,17	59
73.811 (8)	0,7996	0.34(2)	0,17	59
74.15 (2)	0,7979	0.69(5)	0,345	28
74.37 (2)	0,7966	0.69(5)	0,345	29
77.43 (2)	0,7802	0.4(1)	0,2	52
77.66 (2)	0,7790	0.4(1)	0,2	53
89.934 (7)	0,7075	0.69(2)	0,345	32

c. Analisis Sistem Kristal

Intensitas (%)	2θ ($^{\circ}$)	d-spacing	[hkl]	Sistem Kristal
4.66	29.64 (1)	3.01114	(110)	Cubic
2.33	29.72 (1)	3.01114	(110)	Cubic
100.00	36.499 (1)	2.45979	(111)	Cubic
50.00	36.593 (1)	2.45979	(111)	Cubic
36.42	42.387 (2)	2.13073	(200)	Cubic

18.21	42.497 (2)	2.13073	(200)	Cubic
86.88	43.353 (1)	2.08547	(200)	Cubic
43.44	43.466 (1)	2.08547	(200)	Cubic
23.31	50.456 (4)	1.80726	(211)	Cubic
11.66	50.591 (4)	1.80726	(211)	Cubic
27.27	61.461 (3)	1.50744	(220)	Cubic
13.63	61.630 (3)	1.50744	(220)	Cubic
18.74	73.598 (8)	1.28596	(311)	Cubic
9.37	73.811 (8)	1.28596	(311)	Cubic
13.54	74.15 (2)	1.27767	(311)	Cubic
6.77	74.37 (2)	1.27767	(311)	Cubic
4.39	77.43 (2)	1.23156	(222)	Cubic
2.19	77.66 (2)	1.23156	(222)	Cubic
13.42	89.934 (7)	1.09000	(400)	Cubic

- d. Perhitungan Ukuran Nanopartikel menggunakan persamaan Debye Scharrer

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Contoh :

$2\theta (^{\circ})$	$\cos \theta$	FWHM (deg)	FWHM/2 (deg)	Ukuran Nanopartikel (Nm)	λ
29.64	0,9667	0.32(3)	0,16	49	1,5406

1. Nilai $\cos \theta$:

$$2\theta = 29.64$$

$$\theta = \frac{29.64}{2}$$

$$\theta = 14.82$$

$$\cos \theta = 0,9667$$

2. Konversi nilai FWHM ke radian :

$$\frac{0.16}{180} \times 3.14 = 0.00279$$

3. Menghitung ukuran kristal menggunakan persamaan Debye Scharrer

$$D = \frac{0.9 \times \lambda}{\beta \cos \theta}$$

$$D = \frac{0.9 \times 1.5406}{0.00279 \times 0.9667}$$

$$D = 498.755 \text{ \AA}$$

$$D = 49 \text{ nm}$$

- e. Perhitungan [hkl] untuk menentukan sistem kristal dan parameter kisi seta sudut

Contoh :

Intensitas (%)	2θ (°)	Height	FWHM (deg)	d-spacing (\AA)	Area
4.66	29.64 (1)	169 (14)	0.32(3)	3.01114	1.56

1. Nilai $\sin \theta$:

$$\theta = \frac{29.64}{2}$$

$$\theta = 14.82$$

$$\sin \theta = 0.2557$$

2. Menghitung nilai d_{hkl} :

$$d_{hkl} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta}$$

$$d_{hkl} = \frac{1.5406}{2 \times 0.2557}$$

$$d_{hkl} = 3.0125$$

3. Menghitung nilai [hkl] :

$$= 1000 \times \sin^2 \theta$$

$$= 1000 \times 0.0653$$

$$= 2.04 \text{ dibulatkan menjadi 2 sehingga [hkl] dari contoh diatas adalah [110]}$$

4. Menghitung nilai dari parameter kisi a :

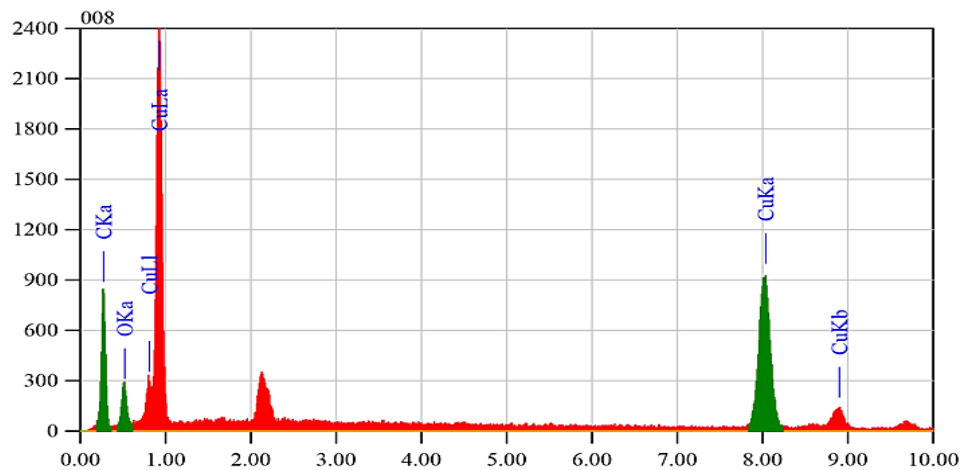
$$\cos a = d_{hkl} \sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$$

$$\cos a = 0.3011 \sqrt{1^2 + 1^2 + 0^2}$$

$$\cos a = 0.425 \text{ nm}$$

Lampiran 3 Hasil Pengujian SEM

a. Hasil SEM-EDX nanopartikel Cu



Gambar 4.5 Hasil EDX yang diambil pada bagian nanopartikel

Element	keV	Massa %	Error %	Atom %	wt %	K
C k	0,277	40,50	0,17	71,13	40.47	14,2647
O k	0,525	9,24	0,38	12,18	9,23	8,3295
Cu k	8,040	50,27	0,88	16,69	50,28	77,4058
Total		100,00		100,00		

b. Menghitung wt% dari nanopartikel Cu

$$\text{wt\% C} = \frac{c_1 a_1}{c_1 a_1 + c_3 a^2 + c_3 a_3}$$

$$\text{wt\% C} = \frac{(71.13)(12.001)}{(71.13)(12.001) + (12.18)(15.999) + (16.69)(63.546)}$$

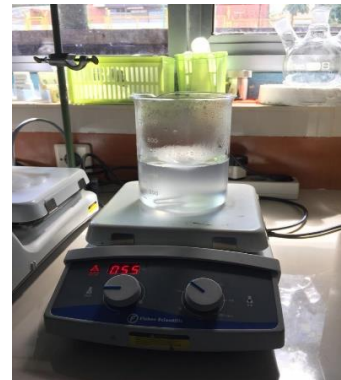
$$\text{wt\% C} = 40.47\%$$

Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan

1. Dokumentasi Alat Penelitian



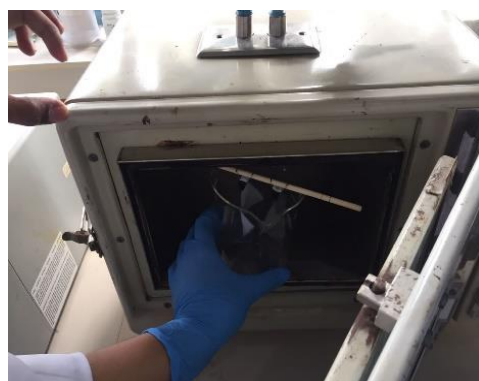
Neraca Analitik



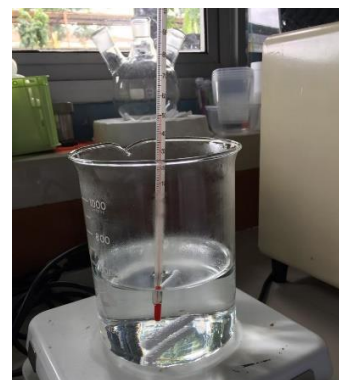
magnetic stirrer



Beaker gelas, erlenmeyer, gelas ukur, spatula, batang pengaduk, pinset.



Oven



Thermometer



pH meter



Sumpit, penjempit kertas



Pipet tetes



Batang pengaduk

2. Dokumentasi bahan Penelitian

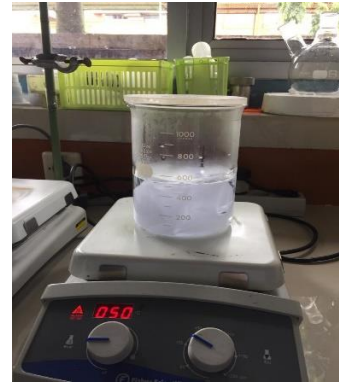
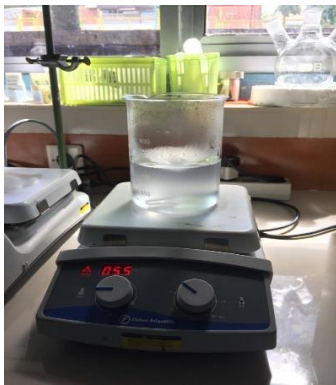

 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ dan NaBH_4

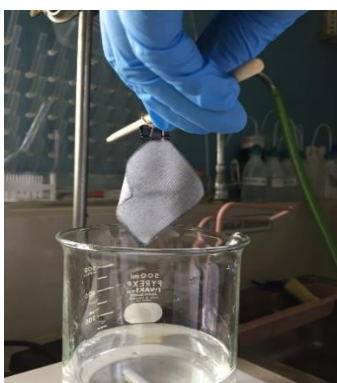
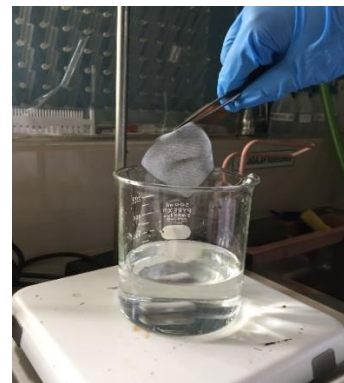

Sampel kain katun



DI Water

3. Dokumentasi Preparasi Sampel

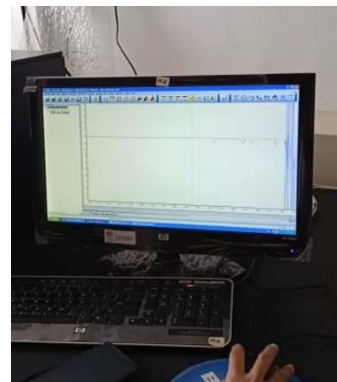




4. Dokumentasi Pengujian Sampel



(pengujian XRD)



(pengujian FTIR)



(pengujian SEM)

Lampiran 5. Daftar Rancangan Penelitian

Bahan

Nama	Provider	Jumlah	Keterangan
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Merck	0.37452 g	Untuk pembuatan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 150 ml
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$	Merck	0.21127 g	Untuk pembuatan larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 50 ml
NaBH_4		0.11349 g	Untuk pembuatan larutan NaBH_4 0.01 M 300 ml
DI-water		1 L	Untuk pembuatan pencucian
Deterjen non ionic		1 gr	Untuk pembuatan larutan pencucian
Katun		5x5 cm 3 lembar	Sebagai sampel

Alat

Nama	Provider	Keterangan
Beaker glass		Untuk mereaksikan larutan
Erlenmeyer		Untuk proses impregnasi
Labu ukur		Untuk membuat larutan standar
Gelas ukur		Untuk mengambil larutan dengan volume tertentu
Spatula		Untuk mengambil bahan padatan
Batang pengaduk		Untuk mencampurkan larutan
Thermometer		Untuk mengukur suhu
pH meter		Untuk mengukur pH larutan
Pipet		Untuk mengambil larutan dengan volume tertentu
Pinset		Untuk mengambil sampel
Cawan petri		Untuk meletakkan sampel
kertas		Untuk tempat menimbang bahan
Gelas kaca		Untuk menyimpan larutan
Magnetic stirrer		Untuk menghomogenkan larutan, untuk mencuci sampel, dan untuk proses impregnasi
Timbangan analitik		Untuk menimbang bahan
Timer		Untuk perhitungan waktu
oven		Untuk pengeringan sampel
XRD		Untuk mengetahui fasa yang terbentuk
SEM		Untuk karakterisasi ukuran dan morfologi partikel
FTIR		Untuk mengetahui ikatan kimia,/ gugus terfungsionalisasi

Langkah – langkah

No.	Kegiatan	Langkah – langkah	Estimasi Waktu	Keterangan
1.	Mempersiapkan alat dan bahan	1. Disiapkan alat penunjang penelitian yaitu: oven, magnetic stirrer,		

		thermometer, pH meter, beaker glass, gelas ukur, labu ukur, batang pengaduk, erlenmeyer, pipet, pinset, dan neraca analitik. 2. Disiapkan bahan penunjang penelitian yaitu: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, NaBH_4, DI-water, Argon, dan sampel kain		
2.	Preparasi pencucian sampel	Disiapkan beaker glass 500 ml, DI-water 500 ml, deterjen non-ionik NP 6 sebanyak 1 gram, magnetic stirrer, dan pinset Dipanaskan DI-water 200 ml dalam beaker glass 500 ml menggunakan magnetic stirrer hingga mendidih Setelah mendidih, dimasukkan deterjen non-ionik NP 6 sebanyak 1 gram Setelah deterjen non ionic tercampur, dimasukkan 18 sampel kain satu per satu ke dalam larutan pencucian, kemudian distirrer pada 150 rpm selama 15 menit Setelah dicuci, kain diangkat dan dibilas dengan air hangat (2x) dan air dingin(1x) 24 sampel dikeringkan menggunakan tissue 24 sampel dikeringkan menggunakan tissue Kain ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 3x, lalu dirata-ratakan untuk mendapatkan M_1.		

3.	Proses pembuatan larutan	Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 150 ml	Disiapkan alat penunjang larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 150 ml yaitu: gelas ukur 250 ml, erlenmeyer 250 ml, magnetic stirrer, neraca analitik, parafilm, dan spatula		
			Disiapkan bahan penunjang larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 150 ml yaitu : $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$, DI-water yang sudah dialiri gas argon selama 15 menit untuk membuang oksigen berlebih		
			Disiapkan erlenmeyer 250 ml dengan diberi label nama larutan		
			Ditimbang menggunakan neraca analitik $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0.37452 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml		
			Ditambahkan DI water 150 ml dengan menggunakan gelas ukur ke dalam erlenmeyer 250 ml		
			Kemudian di stirrer menggunakan magnetic stirrer pada 200 rpm sampai larut, lalu dicek nilai pH		
			Larutan dialiri gas Argon selama 5 menit, kemudian ditutup menggunakan parafilm		
		Larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.24 M 50 ml	Disiapkan alat penunjang larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 50 ml yaitu: gelas ukur 50 ml, erlenmeyer 100 ml, magnetic stirrer, neraca analitik, parafilm, dan spatula		
			Disiapkan bahan penunjang larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 50 ml yaitu: $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, DI-water yang sudah dialiri gas argon selama 15 menit untuk membuang oksigen berlebih		

			Disiapkan erlenmeyer 100 ml dengan diberi label nama larutan		
			Ditimbang menggunakan neraca analitik $C_6H_8O_6$ sebanyak 0.21127 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml		
			Ditambahkan DI water 50 ml yang diukur menggunakan gelas ukur lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml		
			Kemudian di stirrer menggunakan magnetic stirrer pada 200 rpm sampai larut, lalu dicek nilai pH		
			Larutan dialiri gas Argon selama 5 menit, kemudian ditutup menggunakan parafilm		
		Larutan $NaBH_4$ 0.01 M 300 ml	Disiapkan alat penunjang larutan $NaBH_4$ 0.01 M 300 ml yaitu : gelas ukur 500 ml, erlenmeyer 500 ml, magnetic stirrer, neraca analitik, parafilm, dan spatula		
			Disiapkan bahan penunjang larutan $NaBH_4$ 0.01 M 300 ml yaitu : $NaBH_4$, DI-water yang sudah dialiri gas argon selama 15 menit untuk membuang oksigen berlebih dalam larutan		
			Disiapkan erlenmeyer 100 ml dengan diberi label nama larutan		
			Ditimbang menggunakan neraca analitik $NaBH_4$ sebanyak 0.11349 g, kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml		
			Ditambahkan DI water 300 ml yang diukur dengan gelas ukur lalu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 500 ml		

			Kemudian di stirrer menggunakan magnetic stirrer pada 200 rpm sampai larut, lalu dicek nilai pH		
			Larutan dialiri gas Argon selama 5 menit, kemudian ditutup menggunakan parafilm		
4.	Persiapan sebelum pencelupan	Menyiapkan timer			
		Menyiapkan hotplate	Memaskan <i>hotplate</i> 2 sehingga larutan bersuhu 80°C		
		Menyiapkan oven	Memaskan oven sehingga bersuhu 100°C		
		Menimbang kain sebelum impregnasi (M_0)	Sampel kain ditimbang 3 kali dan dirata – ratakan menggunakan neraca analitik sebagai M_0		
5.	Proses pencelupan SAMPEL I	Pembentukan CuNPs	Disiapkan alat penunjang pembuatan larutan nanopartikel tembaga yaitu: beaker glass 250 ml, magnetic stirrer, thermometer, timer, dan pH meter		
			Disiapkan bahan penunjang pembuatan larutan nanopartikel tembaga yaitu: larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 50 ml, larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 16.6 ml, larutan NaBH_4 0.01 M 100 ml		
			Dimasukkan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 50 ml ke dalam beaker glass 250 ml, kemudian ditambahkan larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 16.6 ml dan dilanjutkan stirring selama 10 menit lalu dicek pH larutannya. Setelahnya ditambahkan larutan NaBH_4 0.01 M 100 ml secara perlahan menggunakan pipet tetes dan dilanjutkan stirring selama 15 menit. Kemudian cek pH larutan		
		Proses Pencelupan	Proses <i>stirring</i> pada pembentukan larutan CuNPs dilanjutkan		

			untuk proses pencelupan kain		
			Menaikkan suhu larutan hingga mencapai 30°C		
			Setelah suhu larutan mencapai 30°C, sampel kain dimasukkan kedalam larutan		
			Sampel tetap <i>distirring</i> selama 5 menit		
			Setelah 5 menit, beaker glass dipindahkan secara perlahan ke magnetic stirrer dengan hot plate ke 2		
			Suhu larutan dinaikkan hingga mencapai 80°C		
			Kemudian sampel <i>distirring</i> kembali pada 200 rpm selama 15 menit, kemudian didinginkan sehingga mencapai suhu ruang selama 10 menit. DIPEROLEH SAMPEL I		
	Proses Pencelupan SAMPEL II	Pembentukan CuNPs	Disiapkan alat penunjang pembuatan larutan nanopartikel tembaga yaitu: beaker glass 250 ml, magnetic stirrer, thermometer, timer, dan pH meter		
			Disiapkan bahan penunjang pembuatan larutan nanopartikel tembaga yaitu: larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 50 ml, larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 16.6 ml, larutan NaBH_4 0.01 M 100 ml		
			Dimasukkan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 50 ml ke dalam beaker glass 250 ml, kemudian ditambahkan larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 16.6 ml dan dilanjutkan stirring selama 10 menit lalu dicek pH larutannya. Setelahnya ditambahkan larutan NaBH_4 0.01 M 100 ml secara perlahan menggunakan pipet tetes dan dilanjutkan stirring selama 15 menit.		

			Kemudian cek pH larutan		
		Proses Pencelupan	Proses <i>stirring</i> pada pembentukan larutan CuNPs dilanjutkan untuk proses pencelupan kain		
			Menaikkan suhu larutan hingga mencapai 30°C		
			Setelah suhu larutan mencapai 30°C, sampel kain dimasukkan kedalam larutan		
			Sampel tetap <i>distirring</i> selama 10 menit		
			Setelah 10 menit, beaker glass dipindahkan secara perlahan ke magnetic stirrer dengan hot plate ke 2		
			Suhu larutan dinaikkan hingga mencapai 80°C		
			Kemudian sampel <i>distirring</i> kembali pada 200 rpm selama 30 menit, kemudian didinginkan sehingga mencapai suhu ruang selama 10 menit. DIPEROLEH SAMPEL II		
	Proses Pencelupan SAMPEL III	Pembentukan CuNPs	Disiapkan alat penunjang pembuatan larutan nanopartikel tembaga yaitu: beaker glass 250 ml, magnetic stirrer, thermometer, timer, dan pH meter		
			Disiapkan bahan penunjang pembuatan larutan nanopartikel tembaga yaitu: larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 50 ml, larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 16.6 ml, larutan NaBH_4 0.01 M 100 ml		
			Dimasukkan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.01 M 50 ml ke dalam beaker glass 250 ml, kemudian ditambahkan larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 0.024 M 16.6 ml dan dilanjutkan <i>stirring</i> selama 10 menit lalu dicek pH larutannya. Setelahnya ditambahkan larutan		

			NaBH ₄ 0.01 M 100 ml secara perlahan menggunakan pipet tetes dan dilanjutkan stirring selama 15 menit. Kemudian cek pH larutan		
		Proses Pencelupan	Proses <i>stirring</i> pada pembentukan larutan CuNPs dilanjutkan untuk proses pencelupan kain		
			Menaikkan suhu larutan hingga mencapai 30°C		
			Setelah suhu larutan mencapai 30°C, sampel kain dimasukkan kedalam larutan		
			Sampel tetap <i>distirring</i> selama 20 menit		
			Setelah 20 menit, beaker glass dipindahkan secara perlahan ke magnetic stirrer dengan hot plate ke 2		
			Suhu larutan dinaikkan hingga mencapai 80°C		
			Kemudian sampel <i>distirring</i> kembali pada 200 rpm selama 30 menit, kemudian didinginkan sehingga mencapai suhu ruang selama 10 menit. DIPEROLEH SAMPEL III		
7.	Proses Pengeringan	Proses Pembilasan SAMPEL I	Setelah SAMPEL I diperoleh, SAMPEL I dibilas menggunakan DI-water 250 ml dalam beaker glass 250 ml		
			Pembilasan menggunakan magnetic stirrer pada 200 rpm		
			Proses pembilasan diulangi kembali sebanyak 2 kali		
			Setelah dibilas, kain dikeringkan pada suhu ruang selama semalaman		
		Proses Pembilasan SAMPEL II	Setelah SAMPEL II diperoleh, SAMPEL II dibilas menggunakan DI-water 250 ml dalam beaker glass 250 ml		

			Pembilasan menggunakan magnetic stirrer pada 200 rpm		
			Proses pembilasan diulangi kembali sebanyak 2 kali		
			Setelah dibilas, kain dikeringkan pada suhu ruang selama semalaman		
		Proses Pembilasan SAMPEL III	Setelah SAMPEL III diperoleh, SAMPEL III dibilas menggunakan DI-water 250 ml dalam beaker glass 250 ml		
			Pembilasan menggunakan magnetic stirrer pada 200 rpm		
			Proses pembilasan diulangi kembali sebanyak 2 kali		
			Setelah dibilas, kain dikeringkan pada suhu ruang selama semalaman		
		Proses Pemanasan	Kemudian SAMPEL I, II, dan III dipanaskan dalam oven selama 2 jam pada suhu 100°C		
			SAMPEL I, II, dan III ditimbang 3 kali dan dirata-ratakan menggunakan neraca analitik sebagai M ₁ , M ₂ , M ₃		
8.	Karakterisasi		Sampel dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, dan SEM		



KARTU KONSULTASI BIMBINGAN TUGAS AKHIR PROGRAM STUDI FISIKA

FAKULTAS FSTI-ISTN

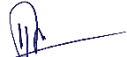
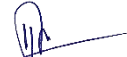
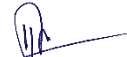
Nama : Romulda Hesti Ano

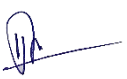
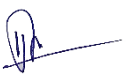
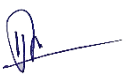
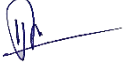
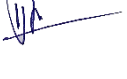
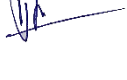
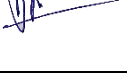
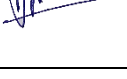
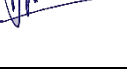
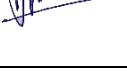
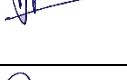
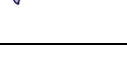
Peminatan : Fisika Material

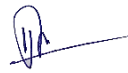
Judul Tugas Akhir : Sintesis Nanopartikel Tembaga (Cu) Untuk Pelapisan Kain Katun Dengan Metode Reduksi kimia dan Karakterisasinya

Pembimbing : Dr. Musfirah Cahya F.T., M.Si, S.Si

Pembimbing : Prof. Dr. Ridwan

No	Hari/Tanggal	Materi Konsultasi	Pembimbing (Dr. Musfirah Cahya F.T., M.Si, S.Si)	Pembimbing (Prof. Dr. Ridwan)
1.	Selasa, 28 September 2021	Diskusi Tugas Akhir		
2.	Senin, 1 November 2021	Diskusi Topik Tugas Akhir		
3.	Selasa, 23 November 2021	Pemaparan Rangkaian Penelitian		
4.	Senin, 20 Desember 2021	Surat Perizinan Penelitian		
5.	Kamis, 30 Desember 2021	Studi Literatur dan DRP		
6.	Senin, 10 Januari 2022	Studi Literatur dan Konsultasi DRP		
7.	Rabu, 19 Januari 2022	Konsultasi DRP		

8.	Rabu, 23 Februari 2022	Orientasi Lab		
9.	Selasa, 1 Maret 2022	Konsultasi dan Revisi DRP		
	Rabu, 2 Maret 2022	Konsultasi dan Revisi DRP		
10.	Selasa, 8 Maret 2022	Prapenelitian di Lab		
11.	Senin, 14 Maret 2022	Penelitian di Lab		
12.	Selasa, 15 Maret 2022	Penelitian di Lab		
13.	Rabu, 16 Maret 2022	Penelitian di Lab		
14.	Senin, 21 Maret 2022	Penelitian di Lab		
15.	Selasa, 22 Maret 2022	Penelitian di Lab		
16.	Rabu, 23 Maret 2022	Penelitian di Lab		
17.	Kamis, 24 Maret 2022	Penelitian di Lab		
18.	Senin, 28 Maret 2022	Penelitian di Lab		
19.	Selasa, 29 Maret 2022	Penelitian di Lab		
20.	Rabu, 30 Maret 2022	Karakterisasi FTIR		
21.	Selasa, 5 April 2022	Karakterisasi SEM		

22.	Rabu, 13 April 2022	Karakterisasi XRD		
23.	Sabtu, 14 Mei 2022	Konsultasi dan Revisi		
24.	Rabu, 25 Mei 2022	Konsultasi dan Revisi		
25.	Rabu, 1 Juni 2022	Konsultasi dan Revisi		
26.	Selasa, 21 Juni 2022	Konsultasi dan Revisi		
27.	Selasa, 28 Juni 2022	Presentasi Hasil dan Revisi		