



**SINTESIS NANOPARTIKEL TEMBAGA DARI
LARUTAN CuNO_3 MENGGUNAKAN EKSTRAK
CENGKEH (*Syzygium aromaticum*)**

SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Kimia

Oleh
DWI WAHYU ARDIANTO
NIM.5213412045

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2017**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : DWI WAHYU ARDIANTO
NIM : 5213412045

Skripsi

Judul : Sintesis Nanopartikel Tembaga Dari Larutan CuNO_3 Menggunakan Ekstrak Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)

telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi.

Semarang, Januari 2017
Pembimbing,



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T.,M.T.
NIP. 197405191999032001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Sintesis Nanopartikel Tembaga Dari Larutan CuNO_3 Menggunakan Ekstrak Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal....bulan....tahun....

Oleh

Nama : Widya Prita Hapsari
NIM : 5213412031
Nama : Dwi Wahyu Ardianto
NIM : 5213412045

Program Studi : S-1 Teknik Kimia

Ketua Panitia



Dr. Wara Dyah P. R., S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001

Sekretaris



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Penguji I



Dr. Dewi Selvia F., S.T., M.T.
NIP. 197103161999032002

Penguji II



Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.
NIP. 197310172000032001

Penguji III/Pembimbing



Dr. Wara Dyah P. R., S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Januari 2017
yang membuat pernyataan,



Dwi wahyu ardianto

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“ Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhan-Mu (Q.S Al Insyirah : 6-8) ”

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT.
2. Orang Tua
3. Kakak dan Adik
4. Saudaraku
5. Dosen-dosenku.
6. Sahabat-sahabatku.
7. Almamaterku.

ABSTRAK

Ardianto, D. W. 2017. *Sintesis Nanopartikel Tembaga dari Larutan Tembaga Nitrat Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Bunga Cengkeh*. Skripsi, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.

Kata Kunci : Nanopartikel, Tembaga, Bioreduktor, Ekstrak Bunga Cengkeh

Penelitian di bidang nanoteknologi digunakan untuk mendapatkan nanopartikel yang mempunyai kinerja baik. Hal ini mengarahkan penelitian kimia untuk mensintesis material logam berukuran nano, salah satunya adalah nanopartikel tembaga. Ukuran nanopartikel logam tembaga banyak digunakan sebagai katalis dan anti bakteri. Di samping nanopartikel perak, nanopartikel tembaga mempunyai sifat yang stabil. Sintesis nanopartikel pada penelitian ini menggunakan prinsip *green chemical* untuk mensintesis nanopartikel dengan tujuan untuk mengurangi pencemaran lingkungan karena penggunaan bahan alam sebagai bioreduktornya yaitu ekstrak bunga cengkeh. Hasil nanopartikel tembaga kemudian dikarakterisasi untuk mendapatkan tembaga dengan ukuran nano serta mengetahui bentuk morfologinya.

Sintesis nanopartikel tembaga dibuat CuNO_3 menggunakan ekstrak cengkeh (*Syzygium aromaticum*). Ekstrak bunga cengkeh dibuat dengan cara mencampurkan serbuk cengkeh dengan aquades pada suhu 80°C selama 30 menit. Sintesis nanopartikel tembaga dilakukan dengan metode reduksi yang menggunakan ekstrak bunga cengkeh sebagai bioreduktor dan CuNO_3 sebagai prekursor. Pada penelitian ini, memvariasikan perbedaan antara volume larutan bioreduktor dan prekursor dengan rasio 1 : 1; 1 : 2; 1 : 3; dan 1 : 4. Hasil penelitian kemudian dianalisis menggunakan GC-MS untuk mengetahui kandungan ekstrak bunga cengkeh, XRD untuk menentukan jenis nanopartikel tembaga, dan TEM untuk mengetahui ukuran nanopartikel tembaga.

Hasil penelitian sintesis nanopartikel tembaga berbentuk serbuk berwarna coklat kehitaman. Hasil GC-MS menunjukkan pada ekstrak bunga cengkeh terdapat senyawa eugenol sebesar 79,41%. Hasil analisis XRD menunjukkan nanopartikel berjenis tembaga (Cu^0) dengan bentuk kristal *Face Centered Cubic (FCC)*. Hasil analisis TEM, nanopartikel tembaga mempunyai nanopartikel ukuran dengan rata-rata <20 nm, yaitu kebanyakan terjadi pada rasio 1 : 1, dan 1 : 2, dengan rata-rata ukuran sebesar 10,39 nm dan 12,18 nm. Berbeda dengan rasio 1 : 3, dan 1 : 4 yang mempunyai ukuran nanopartikel lebih besar, yaitu 14,01 nm dan 91,40 nm.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Sintesis Nanopartikel Tembaga Dari Larutan TembagaNO₃ Menggunakan Ekstrak Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Dr. Nur Qudus, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T. selaku ketua jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang dan Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, arahan, semangat, pikiran, dan dana untuk mengarahkan dan membimbing kami dalam penyusunan Skripsi.
3. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T., dan Dr. Widi Astuti, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I dan Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan Skripsi ini.
4. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari penyusunan Skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan Skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada rekan-rekan mahasiswa maupun pembaca lainnya.

Semarang, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Kata Pengantar	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Peneltian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Nanopartikel Tembaga	5
2.2 Prekursor Tembaga	6
2.3 Proses Sintesis Nanopartikel tembaga	6
2.4 Cengkeh (<i>Zyzygium Aromatitembagam</i>)	8
2.5 Penelitian Pendukung	10
2.6 Tenik Analisa Hasil Penelitian	12
2.6.1 Analisa GC-MS	11
2.7. 2 Analisa XRD	13
2.7.3 Analisa TEM	14

BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1 Alat dan Bahan	17
3.2 Variabel Penelitian	17
3.3 Prosedur Penelitian	18
3.4.1 Alur Kerja Penelitian	18
3.4.2 Ekstrak Cengkeh (<i>Zyzygium Aromatitembagam</i>)	19
3.4.3 Sintesis Nanopartikel tembaga	19
3.5 Teknik Pengumpulan Data	20
3.6 Teknik Analisa Data	20
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Ekstraksi Bunga Cengkeh	21
4.2 Hasil Karakterisasi Menggunakan CS-MS	22
4.3 Sintesis Nanopartikel Tembaga	23
4.4 Hasil Analisis XRD	25
4.5 Hasil Analisis TEM	28
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran	32
LAMPIRAN	33
DAFTAR PUSTAKA	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Eugenol	9
Gambar 4.1 Filtrat Larutan Cengkeh	19
Gambar 4.2 Hasil Uji GC-MS	20
Gambar 4.3 Larutan Ekstrak Bunga Cengkeh Setelah dicampur Larutan CuNO ₃	21
Gambar 4.4 Perubahan Warna Saat Pencampuran Bioreduktor dan Larutan CuNO ₃ Selama (a) 1 jam dan (b) 24 jam	22
Gambar 4.5 Bentuk Endapan Nanopartikel Tembaga	23
Gambar 4.6 Hasil Uji XRD Nanopartikel Tembaga Literatur dengan Hasil Penelitian	23
Gambar 4.7 Hasil XRD Nanopartikel Tembaga pada Data JCPDS	24
Gambar 4.8 Struktur Kristal Berbentuk <i>Face Centered Cubic (FCC)</i>	26
Gambar 4.9 Hasil Analisa TEM	27
Gambar 4.10 Grafik Distribusi Nanopartikel	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Komponen dalam Ekstrak Cengkeh	3
Tabel 2.1 Ukuran Nanopartikel Berdasarkan Prekursornya	6
Tabel 2.2 Perbandingan Eugenol dari Biji dan Daun Cengkeh	10
Tabel 2.3 Proses Nanopartikel Tembaga dengan Proses Biosintesis	10
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil XRD Penelitian dengan Hasil Literatur.....	24
Tabel 4.2 Perhitungan Puncak Difraksi Penelitian	25
Tabel 4.3 Penentuan Struktur Kristal	25

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Nanopartikel adalah ilmu dan rekayasa dalam menciptakan material, struktur fungsional maupun piranti dalam skala nanometer. Material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul daripada material berukuran besar (bulk). Disamping itu, material dengan ukuran nanometer memiliki sifat yang tidak dimiliki oleh material ukuran besar. Sifat tersebut dapat diubah-ubah melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan dan pengontrolan interaksi antar partikel.

Akhir-akhir ini penggunaan nanopartikel masih marak di dunia teknologi, salah satunya yaitu dengan pembuatan nanopartikel dengan bantuan tumbuhan sebagai reduktornya atau lebih dikenal dengan *green chemical synthesis*. Ada tiga hal yang terlibat dalam *green chemical synthesis*, yaitu pemilihan prekursor yang digunakan dan zat pereduksi. Oleh karena itu, *green nanotechnology* yang berbasis tumbuhan sebagai bioreduktor banyak digunakan dalam sintesis nanopartikel logam mulia (Singh, dkk., 2012). Hal ini mengarahkan penelitian kimia untuk mensintesis material logam berukuran nano, salah satunya adalah nanopartikel tembaga. Di samping nanopartikel perak, nanopartikel tembaga mempunyai sifat yang stabil. Nanopartikel tembaga ini menjadi perhatian yang besar pada jaman sekarang karena mempunyai aplikasi seperti anti bakteri. Sedangkan beberapa kelebihan Tembaga, diantaranya dapat digunakan sebagai material konduktor, tidak beracun, proses sintesisnya sangat mudah, biaya yang digunakan relatif murah dan terjangkau. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk memproduksi nanopartikel seperti, metode elektrokimia, presipitasi, sol-gel, hidrotermal, dan reduksi-oksidasi.

Metode reduksi-oksidasi merupakan metode yang sering digunakan untuk mensintesis nanopartikel. Selain itu, metode reduksi-oksidasi dapat

disebut metode *green synthesis* dimana cara mensintesis nanopartikel menggunakan media bahan-bahan biologi, baik mikroorganisme maupun tumbuhan sebagai bioreduktornya. Bioreduktor tersebut memiliki sifat yang ramah lingkungan karena berasal dari bahan alam. Selain itu metode ini memerlukan waktu kontak yang relatif pendek dibandingkan dengan yang lain. Metode reduksi-oksidasi ini juga menggunakan bahan prekursor yang cukup murah dan mudah didapat.

Dalam metode sintesis nanopartikel tembaga, prekursor yang digunakan adalah CuNO_3 . CuNO_3 memiliki karakteristik yang berbeda dengan senyawa kimia lainnya diantara harganya lebih murah dan mudah mengalami reaksi oksidasi. Selain itu, CuNO_3 dipilih karena setelah dibandingkan dengan penelitian nanopartikel tembaga menggunakan bioreduktor ekstrak nanas, didapatkan ukuran nanopartikel tembaga sekitar 35-55 nm, tembaga klorida (CuCl) didapatkan ukuran nanopartikel tembaga 50-60 nm, tembaga (II) klorida (CuCl_2) didapatkan ukuran nanopartikel 50-60 nm, sedangkan tembaga sulfat (CuSO_4) didapatkan ukuran nanopartikel tembaga sekitar 30-50 nm (Ranjitham, 2015). Dengan begitu, hasil dari karakterisasi menunjukkan rata-rata ukuran nanopartikel yang paling kecil dengan menggunakan prekursor tembaga sulfat (CuSO_4) dan tembaga nitrat (CuNO_3).

Dalam penelitian ini bioreduktor dalam sintesis nanopartikel tembaga menggunakan tanaman cengkeh. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil cengkeh terbesar dengan kapasitas produksi sebesar 108,5 ribu ton/tahun (BPS, 2014). Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) merupakan sumber beberapa zat gizi seperti vitamin K, serat makanan, zat besi, magnesium, dan kalsium. Selain itu, cengkeh juga mengandung zat aktif, salah satunya yaitu eugenol yang berfungsi sebagai anti inflamasi dan anti bakteri serta berbagai manfaat lain. Senyawa eugenol merupakan senyawa penting dalam ekstrak cengkeh. Semakin tinggi kandungan eugenolnya, semakin tinggi pula kualitas yang dimiliki oleh ekstrak cengkeh. Senyawa eugenol merupakan senyawa berwujud cairan bening hingga kuning pucat dengan aroma menyegarkan dan

pedas seperti bunga cengkeh kering, memberikan aroma yang khas pada cengkeh. Senyawa ini banyak dibutuhkan oleh berbagai industri yang saat ini sedang berkembang (Kardinan, 2005).

Tabel 1.1 Komponen dalam ekstrak bunga cengkeh

Komponen	% Komposisi
Eugenol	73,12%
Trans-Caryophyllene	22,41%
Alpha humulene	2,64%
Alpha copaene	0,17%
Alpha cubebene	0,55%

Sumber : (Kardinan, 2005) Tanaman Penghasil Minyak Atsiri

Kandungan eugenol pada ekstrak atsiri cengkeh sangat tinggi, yaitu sekitar 73%, sehingga membantu mereduksi suatu prekursor untuk menjadi partikel logam. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sintesis nanopartikel dari ekstrak cengkeh sebagai bentuk upaya untuk menerapkan *green chemical synthesis*, untuk mengurangi pencemaran lingkungan karena penggunaan reduktor kimia seperti natrium borohidrida yang memiliki dampak berbahaya bagi lingkungan sekitar.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang diatas maka dapat diidentifikasi masalah tersebut, sebagai berikut:

1. Penggunaan nanopartikel tembaga untuk aplikasi di bidang teknologi.
2. Sintesis nanopartikel tembaga menggunakan metode reduksi-oksidasi.
3. Ekstrak cengkeh belum banyak dimanfaatkan sebagai bioreduktor untuk sintesis nanopartikel.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dari penelitian berikut meliputi :

1. Prekursor yang digunakan adalah larutan CuNO_3 0,01 N
2. Ekstrak cengkeh yang digunakan untuk mendapatkan nanopartikel tembaga berasal dari bunga cengkeh kering dari pasar lokal.

1.4 Rumusan Masalah

Dari latar belakang dan identifikasi masalah diatas, makadapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perbedaan volume antara prekursor dan bioreduktor pada setiap rasio terhadap ukuran nanopartikel tembaga yang terbentuk ?
2. Bagaiman analisis morfologi nanopartikel tembaga dari prekursor CuNO_3 menggunakan bioreduktor ekstrak bunga cengkeh ?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berikut, adalah :

1. Mengetahui pengaruh perbedaan volume antara bioreduktor dan prekursor pada setiap rasio terhadap ukuran nanopartikel tembaga yang terbentuk.
2. Mengetahui bentuk morfologi nanopartikel tembaga dari prekursor CuNO_3 menggunakan bioreduktor ekstrak bunga cengkeh.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan pengetahuan tentang teknologi nanopartikel.
2. Melakukan sintesis nanopartikel dengan pertimbangan menggunakan bahan bioreduktor yang ramah lingkungan.
3. Mengetahui teknik pembuatan nanopartikel tembaga dengan hasil ukuran yang berbeda-beda.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel Tembaga

Nanoteknologi merupakan ilmu yang mempelajari partikel dalam rentang ukuran 1-1000 nm (Buzea, dkk., 2007). Nanoteknologi mulai memungkinkan para ilmuwan, ahli kimia, dan dokter untuk bekerja di tingkat molekuler dan sel untuk menghasilkan kemajuan penting di bidang ilmu pengetahuan dan kesehatan. Penggunaan bahan nanopartikel menawarkan keuntungan besar karena ukuran mereka yang unik dan sifat fisikokimia. Penelitian nanopartikel sedang berkembang pesat karena dapat diaplikasikan secara luas seperti dalam bidang lingkungan, elektronik, optis dan biomedis (Jain, dkk., 2006).

Nanopartikel dapat terdiri dari bahan konstituen tunggal atau menjadi gabungan dari beberapa bahan. Nanopartikel di alam sering ditemukan dengan bahan aglomerasi dengan berbagai komposisi, sedangkan komposisi bahan murni tunggal dapat dengan mudah disintesis dengan berbagai metode. Berdasarkan sifat kimia dan elektromagnetik, nanopartikel dapat tersebar seperti aerosol, suspensi/koloid, atau dalam keadaan menggumpal. Sebagai contoh, nanopartikel cenderung mengelompok, membentuk sebuah aglomerat, kecuali permukaan mereka dilapisi dengan bahan reduktor dan dalam keadaan menggumpal, nanopartikel dapat berperilaku sebagai partikel yang lebih besar, tergantung pada ukuran aglomerat tersebut (Buzea, dkk., 2007).

Nanomaterial ini menjadi sorotan yang terus dikembangkan. Dilihat dari sifat suatu bahan, sifat-sifat material yang meliputi sifat fisis, kimia, maupun biologi berubah dramatis ketika dimensi material masuk ke dalam skala nanometer. Dalam skala nanopartikel, Cu yang memiliki diameter 6 nm memperlihatkan kekerasan lima kali lebih besar daripada tembaga pada ukuran besar (Rina, 2012).

2.2 Prekursor Tembaga

Dalam metode sintesis nanopartikel tembaga, prekursor yang digunakan adalah CuNO_3 . CuNO_3 memiliki karakteristik yang berbeda dengan senyawa kimia lainnya di antara harganya lebih murah dan mudah mengalami reaksi oksidasi.

Tabel 2.1 Tabel Ukuran Partikel Berdasarkan Sampel Prekursor

Prekursor	Ukuran Nanopartikel (nm)
CuSO_4	30-50
CuCl_2	50-60
CuCl	50-60
CuNO_3	35-55

Sumber : (Ranjitham, 2015)

Berdasarkan Tabel 2.1, menjelaskan bahwa hasil karakterisasi untuk ukuran nanopartikel dengan prekursor yang berbeda dalam proses pembuatan nanopartikel tembaga menggunakan metode *green synthesis*. Prekursor yang biasa digunakan pada nanopartikel tembaga adalah CuSO_4 , CuCl_2 , CuCl dan CuNO_3 . Dari keempat prekursor yang digunakan, CuSO_4 dan CuNO_3 yang mempunyai hasil sintesis nanopartikel dengan ukuran kecil, yaitu antara 30-55 nm. Namun, dari dua prekursor tersebut, CuNO_3 merupakan prekursor yang dipilih karena memiliki kelebihan, yaitu mudah mengalami reduksi, harganya lebih murah dan mudah dilarutkan. Selain itu, CuNO_3 memiliki sifat yang tidak mudah mengalami agregasi yang tinggi dibandingkan CuSO_4 .

2.3 Proses Sintesis Nanopartikel tembaga

Beberapa metode sintesis nanopartikel tembaga diantaranya :

1. Elektrokimia

Yaitu dengan metode ini, ukuran partikel dapat dikontrol melalui rapat arus dan voltase dalam proses elektro-oksidasi dan ukuran yang dihasilkan 40- 90 nm. Metode ini dianggap kurang efisien karena kemurnian produk

sangat rentan terhadap sintesis konsentrasi prekursor dan ratar arus. Dengan demikian parameter tersebut harus benar-benar dikontrol untuk mencegah kontaminan. Partikel yang dihasilkan memiliki permukaan yang hidrofobik sehingga sulit untuk didispersikan (Liu dan Shenlin, 2007).

2. Presipitasi

Yaitu metode yang sangat sederhana dan murah (Murbe, dkk., 2008). Namun dengan metode konvensional ini sulit didapatkan nanopartikel yang monodispersi, sebab reaksi berlangsung spontan sehingga sulit untuk mengontrol proses kristalisasinya (Wang, dkk., 2009). Selain itu ukuran partikel yang dihasilkan berkisar antara 5-12 nm membuat sifat nanopartikel sangat rendah (Liu dan Shenlin, 2007).

3. Sol-gel

Metode ini lebih unggul dibandingkan yang lain dalam hal mengontrol ukuran dan komposisi kimiawi yang dihasilkan. Namun disisi lain cara sol-gel biasanya menggunakan reaktan yang harganya relative mahal, menggunakan suhu kalsinasi yang tinggi dan waktu sintesis yang sangat panjang (Liu dan Shenlin, 2007).

4. Hidrotermal

Metode ini seperti halnya dengan metode Sol-gel namun memiliki kelemahan yaitu metode ini membutuhkan suhu yang sangat tinggi dan waktu untuk mencapai produk akhirnya. Metode-metode ini sering kali menggunakan surfaktan yang dapat mengganggu dari aplikasi nanopartikel di bidang biomedis (Liu dan Shenlin, 2007).

5. Reduksi-Oksidasi

Metode ini merupakan metode yang sering dikenal dengan sebutan *green synthesis method* dimana cara mensintesis nanopartikel dengan menggunakan media dari bahan-bahan biologi baik mikroorganisme maupun tumbuh-tumbuhan dengan cara mereduksi dan oksidasi. Metode ini dapat menjadi alternatif produksi nanopartikel yang ramah lingkungan karena mampu mengurangi penggunaan bahan-bahan kimia yang

berbahaya. Selain itu metode ini memerlukan waktu kontak yang relatif pendek dibandingkan dengan yang lain. Metode reduksi-oksidasi juga menggunakan bahan prekursor yang cukup murah dan mudah didapat. Selain itu bioreduktor yang digunakan ramah lingkungan (Liu dan Shenlin, 2007)

2.4 Cengkeh (*Syzygium aromaticum*)

Cengkeh merupakan tanaman tahunan yang dapat tumbuh dengan tinggi 10-20 m. Mempunyai daun berbentuk lonjong yang berbunga pada pucuk-pucuknya. Tangkai buah pada awalnya berwarna hijau, dan berwarna merah jika bunga sudah mekar. Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) termasuk jenis tumbuhan perdu yang dapat memiliki batang pohon besar dan berkayu keras, cengkeh mampu bertahan hidup puluhan bahkan sampai ratusan tahun, tingginya dapat mencapai 20-30 meter dan cabang-cabangnya cukup lebat. Umumnya cengkeh pertama kali berbuah pada umur 4-7 tahun. Dari sudut botanis, tanaman cengkeh adalah termasuk famili Myrtaceae dan sekerabat dengan jambu air (*Eugenia Jambos*).

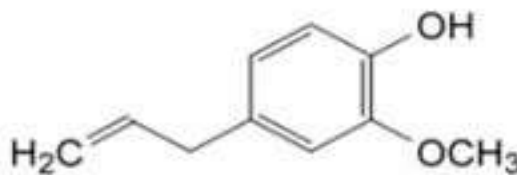
Klasifikasi Tanaman Cengkeh

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Bangsa	: Myrtales
Suku	: Myrtaceae
Marga	: Syzygium
Jenis	: <i>Syzygium aromaticum</i> (L.) Merr. & Perry

Cabang-cabang dari tumbuhan cengkeh tersebut pada umumnya panjang dan dipenuhi oleh ranting-ranting kecil yang mudah patah. Mahkota atau juga lazim disebut tajuk pohon cengkeh berbentuk kerucut. Daun cengkeh berwarna hijau berbentuk bulat telur memanjang dengan bagian ujung dan pangkalnya menyudut. Bunga dan buah cengkeh akan muncul pada ujung ranting daun dengan tangkai pendek serta bertandan. Pada saat masih muda

bunga cengkeh berwarna keungu-unguan, kemudian berubah menjadi kuning kehijau-hijauan dan berubah lagi menjadi merah muda apabila sudah tua. Sedangkan bunga cengkeh kering akan berwarna coklat kehitaman dan berasa pedas sebab mengandung minyak atsiri. Bunga cengkeh memiliki beberapa kandungan senyawa di dalamnya, salah satunya yaitu senyawa eugenol. Senyawa eugenol merupakan senyawa penting dalam ekstrak cengkeh. Semakin tinggi kandungan eugenolnya, semakin tinggi pula kualitas yang dimiliki oleh ekstrak cengkeh. Senyawa eugenol merupakan senyawa berwujud cairan bening hingga kuning pucat dengan aroma menyegarkan dan pedas seperti bunga cengkeh kering, memberikan aroma yang khas pada minyak cengkeh. Senyawa ini banyak dibutuhkan oleh berbagai industri yang saat ini sedang berkembang (Kardinan, 2005).

Senyawa eugenol (Gambar 2.1) mempunyai rumus molekul $C_{10}H_{12}O_2$ yang mengandung beberapa gugus fungsional, yaitu alil ($-CH_2-CH=CH_2$), fenol ($-OH$), dan metoksi ($-OCH_3$). Keberadaan gugus tersebut dapat menjadikan eugenol sebagai bahan dasar sintesis berbagai senyawa lain yang bernilai lebih tinggi, seperti isoeugenol, eugenol asetat, isoeugenol asetat, benzil eugenol, benzil isoeugenol, metil eugenol, eugenol metil eter, eugenol etil eter, isoeugenol metil eter, dan vanilin.



Gambar 2.1. Struktur Eugenol

2.5 Penelitian Pendukung

Tabel 2.3 Proses Nanopartikel tembaga dengan Proses Biosintesis.

Hasil	Prekursor	Bioreduktor	Nama Peneliti
Nanopartikel ukuran 50 nm	CuSO ₄	Ekstrak cengkeh	Subhankari dan Nayak (2013)
Nanopartikel ukuran 77 nm	CuSO ₄	Ekstrak kemangi	Vasudev, dkk. (2013)
Nanopartikel ukuran 55 nm	CuNO ₃	Hydroxyethyl Cellulose	Sasikala, (2015)

Berdasarkan Tabel 2.3, dijelaskan bahwa pembuatan nanopartikel tembaga sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Prekursor yang digunakan adalah CuSO₄ dan CuNO₃, karena prekursor ini menghasilkan ukuran nanopartikel yang lebih kecil dibandingkan dengan CuCl dan CuCl₂. Namun, dari kedua prekursor tersebut, CuNO₃ yang dipilih sebagai prekursor penelitian selanjutnya, karena CuNO₃ memiliki kelebihan dibandingkan dengan CuSO₄. Salah satu kelebihannya adalah harganya lebih murah dan mudah mengalami reaksi oksidasi.

Pada penelitian diatas bioreduktor yang digunakan berbeda-beda seperti ekstrak guava, ekstrak daun kemagi, sellulosa dan ekstrak cengkeh. Diantara beberapa bioreduktor tersebut ekstrak cengkeh sangatlah bagus dalam mereduksi prekusornya dengan menunjukkan hasil nanopartikel yang lebih kecil dibandingkan dengan ekstrak nanopartikel dari bioreduktor lainnya.

2.6 Teknik Analisa Hasil Penelitian

2.6.1 Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)

GC-MS banyak digunakan untuk menganalisis komponen volatil seperti flavor, minyak esensial, dan komponen nonvolatil seperti asam lemak dengan perlakuan derivatisasi terlebih dahulu. GC-MS telah terbukti sebagai alat yang cocok untuk menentukan komponen volatil karena sensitif dan efisiensi pemisahannya tinggi (Kopka, 2006)

Kromatografi gas merupakan metode untuk pemisahan dan deteksi senyawa-senyawa organik yang mudah menguap dan senyawa-senyawa gas anorganik dalam suatu campuran. Kegunaan umum dari kromatografi gas adalah untuk melakukan pemisahan dan identifikasi senyawa-senyawa organik yang mudah menguap dan juga untuk melakukan analisis kualitatif dan kuantitatif senyawa dalam suatu campuran (Rohman, 2007).

Jenis kromatografi gas yang digunakan yaitu; Kromatografi gas-cair (KGC). Pada kromatografi ini, fase diam yang digunakan adalah cairan yang diikatkan pada suatu bahan pendukung (support material) sehingga solut akan terlarut dalam fase diam sehingga mekanisme sorpsi-nya adalah partisi (Rohman, 2007).

- Gas pembawa

Gas pembawa harus memenuhi persyaratan antara lain harus inert, murni, dan mudah diperoleh. Pemilihan gas pembawa tergantung pada detektor yang dipakai. Keuntungannya adalah karena semua gas ini harus tidak reaktif, dapat dibeli dalam keadaan murni dan kering yang dapat dikemas dalam tangki bertekanan tinggi. Gas pembawa yang sering dipakai adalah Helium (He), Argon (Ar), Nitrogen (N₂), Hidrogen (H₂), dan Karbon dioksida (CO₂) (Agusta, 2000).

- Sistem injeksi

Sampel yang akan dikromatografi dimasukkan kedalam ruang suntik, melalui gerbang suntik yang biasanya berupa lubang yang ditutupi dengan septum atau pemisah karet. Ruang suntik harus dipanaskan tersendiri (terpisah dari kolom) dan biasanya 10-15°C lebih tinggi dari suhu kolom maksimum. Seluruh sampel akan menguap setelah sampel disuntikkan (Rohman, 2007).

- Kolom

Kolom dapat dibuat dari tembaga, baja nirkarat (stainless steel), aluminium, dan kaca yang berbentuk lurus, lengkung, melingkar. Ada dua macam kolom, yaitu kolom kemas dan kolom kapiler. Kolom kemas adalah pipa yang terbuat dari logam, kaca atau plastik yang

berisipenyangga padat yang inert.Fase diam, baik berwujud padat maupun cair, diserap atau terikat secara kimia pada permukaan penyangga padat tersebut. Kolom kemas (*packed column*) mempunyai diameter 0,5 cm dan panjang sampai 5-10 meter m (Agusta, 2000).

- Fase diam

Fase diam disapukan dalam permukaan medium, atau lapisan pada dinding kapiler. Fase diam yang umum digunakan pada kolom adalah fase diam padat dan fase diam cair.Akan tetapi pada kolom kapiler lebih banyak digunakan fase cair yang disebut dengan istilah film thickness. Fase diam dibedakan berdasarkan kepolarannya yaitu nonpolar, sedikit polar, semi polar, dan sangat polar (Agusta, 2000).

- Spektrometri Massa (MS)

Pada spektrometri massa (MS) molekul senyawa organik (sampel) ditembak dengan berkas elektron dan menghasilkan ion bermuatan positif yang mempunyai energi yang tinggi karena lepasnya elektron dari molekul yang dapat pecah menjadi ion positif yang lebih kecil (*ion fragmen*). Spektrum massa merupakan grafik antara limpahan relatif lawan perbandingan massa/muatan (m/z , m/e) (Supratman, 2010).

Keuntungan utama spektrometri massa sebagai metode analisis yaitu metode ini lebih sensitif dan spesifik untuk identifikasi senyawa yang tidak diketahui atau untuk menetapkan keberadaan senyawa tertentu. Hal ini disebabkan adanya pola fragmentasi yang khas sehingga dapat memberikan informasi mengenai bobot molekul dan rumus molekul. Puncak paling kuat (tertinggi) pada spektrum, disebut puncak dasar (*base peak*),dinyatakan dengan nilai 100% dan kekuatan puncak lain, termasuk puncakion molekulnya dinyatakan sebagai persentase puncak dasar tersebut (Silverstein, dkk, 1986).

2.6.2 Analisis X-ray diffraction (XRD)

Difraksi sinar X atau *X-ray diffraction* (XRD) adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel.

Cara kerjanya dari *X-Ray Diffraction* (XRD) adalah sebagai berikut, Sinar-X dihasilkan di suatu tabung sinar katode dengan pemanasan kawat pijar untuk menghasilkan elektron-elektron, kemudian elektron-elektron tersebut dipercepat terhadap suatu target dengan memberikan suatu voltase, dan menembak target dengan elektron. Ketika elektron-elektron mempunyai energi yang cukup untuk mengeluarkan elektron-elektron dalam target, karakteristik spektrum sinar-X yang dihasilkan. Tembaga adalah bahan sasaran yang paling umum untuk difraksi kristal tunggal, dengan radiasi Cu. Sinar-X ini bersifat collimated dan mengarahkan ke sampel. Saat sampel dan detektor diputar, intensitas Sinar X pantul itu direkam. Ketika geometri dari peristiwa sinar-X tersebut memenuhi persamaan Bragg, interferens konstruktif terjadi dan suatu puncak di dalam intensitas terjadi.

Detektor akan merekam dan memproses isyarat penyinaran ini dan mengkonversi isyarat itu menjadi suatu arus yang akan dikeluarkan pada printer atau layar komputer.

Petunjuk penggunaan:

1. Penyiapan sampel
2. Ambil sepersepuluh berat sampel (murni lebih baik)
3. Gerus sampel dalam bentuk bubuk. Ukuran kurang dari $\sim 10 \mu\text{m}$
4. Letakkan dalam tempat sampel
5. Harus diperhatikan agar mendapatkan permukaan yang datar dan mendapatkan distribusi acak dari orientasi-orientasi kisi.

2.6.3 Transmission Electron Microscopy (TEM)

Mikroskop adalah alat yang memungkinkan perbesaran obyek untuk mengamati rinci dari obyek tersebut. Perkembangannya mulai dari

mikroskop optik yang menggunakan satu seri lensa gelas untuk membelokkan gelombang cahaya tampak agar menghasilkan citra yang diperbesar, mikroskop petrografik, mikroskop raman, mikroskop ultraviolet, mikroskop medan dekat dan mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk mengiluminasi obyek elektron memiliki panjang gelombang yang jauh lebih kecil daripada panjang gelombang cahaya, jadi mikroskop elektron dapat melihat struktur yang lebih kecil (Ardisamita, 2000).

TEM memiliki fungsi untuk analisis morfologi, struktur kristal, dan komposisi spesimen. TEM menyediakan resolusi lebih tinggi dibandingkan SEM, dan dapat memudahkan analisis ukuran atom (dalam jangkauan nanometer) menggunakan energi berkas elektron sekitar 60 sampai 350 keV. TEM cocok untuk menjadi teknik pencitraan material padat pada resolusi atomik. Informasi struktural diperoleh dengan pencitraan resolusi tinggi dan difraksi elektron. Ketika elektron ditumbukkan pada sebuah permukaan material, dari permukaan tersebut memancarkan elektron. Dari pancaran elektron ini bisa diketahui bentuk permukaan zat tersebut, itu merupakan asas kerja dari mikroskop elektron TEM yang banyak dipakai secara luas pada pengembangan material, kedokteran, bioteknologi dan sebagainya.

Prinsip kerja TEM dimulai dari sumber emisi (pistol elektron) yaitu tungsten filament dan sumber lanthanum hexaboride (LaB₆). Dengan menghubungkan pistol ini dengan sumber tegangan tinggi (biasanya 100-300 kV) pistol mulai memancarkan elektron baik dengan termionik maupun emisi medan elektron ke sistem vakum. Ekstraksi ini biasanya dibantu dengan menggunakan silinder Wehnelt. Interaksi elektron dengan medan magnet dapat menyebabkan elektron bergerak sesuai dengan aturan tangan kanan, sehingga memungkinkan elektromagnet untuk memanipulasi berkas elektron. Penggunaan medan magnet dapat membentuk sebuah lensa magnetik dengan kekuatan fokus variabel yang baik. Selain itu, medan elektrostatik dapat menyebabkan elektron didefleksikan melalui sudut yang

konstan. Dua pasang defleksi yang berlawanan arah dengan intermediete gap dapat membentuk arah elektron yang menuju lensa.

Berbeda dengan mikroskop optik yang lensanya bisa langsung difungsikan, optik TEM bisa cepat berubah, TEM memiliki kekuatan lensa yang berubah-ubah. Lensa TEM memungkinkan adanya konvergensi, dengan sudut konvergensi yang sesuai variabel parameter, TEM berkemampuan untuk mengubah perbesaran dengan cara memodifikasi jumlah arus yang mengalir melalui kumparan, lensa quadropole atau lensa hexapole.

Biasanya TEM terdiri dari tiga tahap lensing. Tiga tahapan itu adalah lensa kondensor, lensa objektif, dan lensa proyektor. Lensa kondensor bertanggung jawab untuk pembentukan balok primer, sedangkan fokus lensa objektif datang melalui variabel itu sendiri (dalam TEM mode pemindaian, ada juga lensa objektif atas variabel untuk membuat konvergen insiden berkas elektron). Lensa proyektor digunakan untuk memperluas sinar ke layar fosfor atau perangkat pencitraan lain, seperti film. Pembesaran TEM berasal dari rasio jarak antara spesimen dan lensa objektif.

Sistem pencitraan dalam TEM terdiri dari layar fosfor, partikel sulfida seng dibuat sehalus mungkin ($10\text{-}100\ \mu\text{m}$) untuk pengamatan langsung oleh operator. Sistem perekaman gambar berdasarkan film yang digabungkan CCD layar. Perangkat ini dapat dihapus atau dimasukkan ke dalam jalur balok oleh operator sesuai kebutuhan. Secara umum, elektron dihamburkan oleh partikel di udara, yang diperlukan untuk memperbaiki (dan mempercepat) elektron yang disimpan dalam ruang hampa untuk mencegah interaksi yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, untuk melihat spesimen hidup di bawah TEM sulit untuk dilakukan. Selain itu, elektron tidak dapat menembus spesimen yang sangat tebal lapisannya, karena hanya dapat menembus $50\text{-}100\ \text{nm}$.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

1. Bahan Penelitian
 - a. Larutan CuNO_3 (E-Merck)
 - b. Aquades
 - c. Bunga Cengkeh dari pasar lokal Jatingaleh
2. Alat Penelitian
 - a. Gelas Ukur
 - b. Labu Ukur
 - c. Gelas Kimia
 - d. Erlenmeyer
 - e. Pengaduk Kaca
 - f. Pipet Ukur
 - g. Gelas Arloji
 - h. Spatula
 - i. Kompor pemanas
 - j. Timbangan Analitik
 - k. Kertas Saring Whatman nomor 1
 - l. Indikator Universal
 - m. *X-Ray Diffraction (XRD)*
 - n. *Gas Chromatography Mass Spectroscopy (GC-MS)*
 - o. *Transmission Electron Microscopy (TEM)*

3.2 Variabel Penelitian

Variable tetap yang digunakan pada penelitian sintesis nanopartikel tembaga dari perkursor CuNO_3 adalah perkursor CuNO_3 0,01 N. Kondisi proses dilakukan pada suhu rata-rata, dengan pengadukan. Dengan memvariasikan rasio volume larutan perkursor dengan ekstrak bunga cengkeh.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Ekstrak Cengkeh

Cengkeh didapat dari pasar lokal kemudian dicuci dan dibersihkan dari kotorannya dengan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada cengkeh. Selanjutnya cengkeh yang sudah dibersihkan dilakukan pengeringan dengan cara di jemur dibawah sinar matahari, tujuannya untuk menghilangkan kadar airnya. Kemudian, cengkeh dihancurkan menggunakan mortar hingga halus sampai berbentuk serbuk. Bunga cengkeh diekstrak menggunakan aquades pada suhu 80 °C selama 30 menit, dengan proses pengadukan. Hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring whatman No.1, untuk memisahkan filtrat dan residunya. Residunya berupa padatan serbuk cengkeh sedangkan filtratnya berupa larutan cengkeh. Filtrat tersebut berwarna coklat tua yang akan digunakan sebagai larutan induk bioreduktor.

3.4.3 Sintesis Nanopartikel tembaga

Untuk mensintesis nanopartikel tembaga pembuatan larutan CuNO_3 0,01 N dengan cara melarutkan serbuk CuNO_3 dengan aquades. Larutan CuNO_3 0,01 N berwarna biru bening. Larutan induk cengkeh kemudian diencerkan dengan aquades sesuai dengan perbandingan rasionya. Larutan cengkeh dan larutan CuNO_3 kemudian dicampur dan dilakukan pengadukan selama 30 menit dan terjadi perubahan warna menjadi coklat kekuningan. Selain itu, pH larutan diatur sampai dengan 4. Setelah dilakukan pencampuran, kemudian didiamkan selama 1 jam dan diamati warna menjadi kuning bening, sedikit endapan melayang layang dan didiamkan selama 24 jam, warna berubah menjadi kuning kehijauan dan terdapat banyak endapan. Pembuatan larutan dilakukan sebanyak empat kali sesuai dengan perbedaan rasio antara larutan bioreduktor dan larutan prekursoranya (v/v), yaitu 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, dan 1 : 4.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dihasilkan pada penelitian ini akan dilakukan pencatatan berdasarkan perubahan warna dan penecekan pH.

3.6 Teknik Analisis Data

Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan *Rigaku Miniflex 600 Benchop X-Ray Diffraction* (XRD) di Lab. Terpadu Universitas Negeri Yogyakarta dengan tegangan operasi 30kV dan arus listrik 30mA dengan sudut 2θ antara (10° - 90°) untuk menganalisis sturuktur kristal dan data puncak sampel. Karakterisasi morfologi dari nanopartikel perak menggunakan alat JEM-1400 *transmission electron microscopy* (TEM) operasi 200kV dilakukan di LPPT Universitas Gadjah Mada. Karakterisasi *Gas Chromatography Mass Spectroscopy* (GC-MS) dilakukan menggunakan QP5050A (Shimadzu Co.1 Ltd, Kyoto, Jepang) dengan kolom kapiler TC-1701 dengan panjang 15m di Universitas Gadjah Mada. Sampel yang diperoleh disusun menggunakan teknik KBr pelet dan dianalisis untuk memeriksa keberadaan gugus bio-fungsional ekstrak bunga cengkeh.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Ekstraksi Bunga Cengkeh

Bunga cengkeh yang didapatkan dari pasar lokal di daerah Semarang dicuci dengan aquades untuk menghilangkan pengotornya dan dikeringkan. Bunga cengkeh yang bersih kemudian ditumbuk dengan mortar agar menjadi serbuk. Bunga cengkeh diekstrak menggunakan aquades pada suhu 80 °C selama 30 menit. Pelarut yang dipilih adalah aquades karena aquades memiliki kemampuan yang baik untuk mengekstraksi sejumlah bahan simplisa (Voigt, 1995). Selanjutnya hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas saring whatman No.1, untuk memisahkan filtrat dan residunya. Residunya berupa padatan serbuk cengkeh sedangkan filtratnya berupa larutan cengkeh. Filtrat tersebut berwarna coklat tua yang akan digunakan sebagai larutan induk bioreduktor. Filtrat cengkeh tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.1

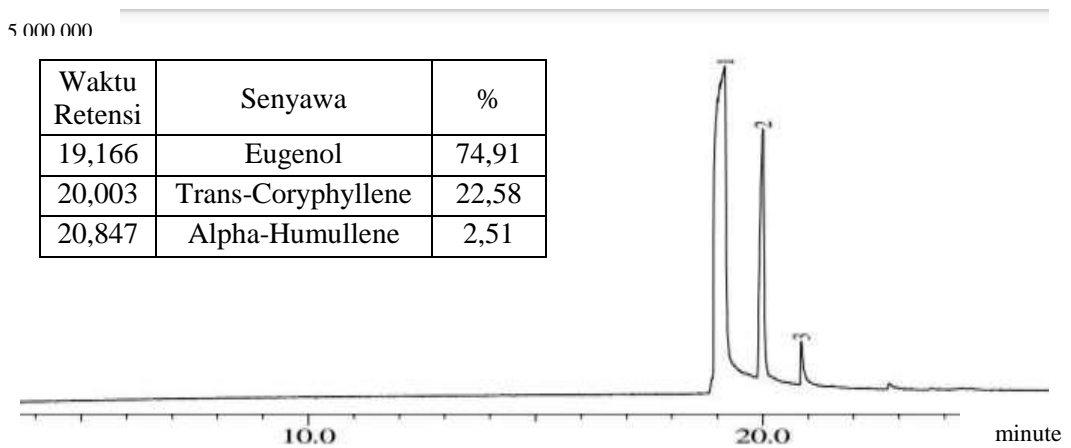


Gambar 4.1 Filtrat larutan ekstrak cengkeh

Filtrat ekstrak bunga cengkeh tersebut kemudian diuji menggunakan GC-MS (Gas Chromatography-Mas Spectrometry) untuk dianalisis kandungan senyawa yang terdapat pada larutan cengkeh tersebut.

4.2 Hasil Karakterisasi Gugus Fungsi Cengkeh Menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)

Analisis Gas Chromatography-mass Spectrometry didasarkan pada karakteristik senyawa eugenol yang terdapat dalam larutan cengkeh. Selain itu untuk mengetahui kadar % kemiripan senyawa. Hasil uji GC-MS menunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4.2 Hasil uji GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)

Berdasarkan Gambar 4.2, hasil uji GC-MS dapat diketahui tiga puncak yang mewakili senyawa-senyawa yang terkandung dalam larutan cengkeh. Senyawa tersebut adalah eugenol, trans-coryphyllene dan alpha-humullene. Dari ketiga senyawa tersebut kandungan eugenol paling tinggi dibandingkan dengan senyawa lainnya. Kandungan senyawa eugenol sebesar 74,91% dan kandungan senyawa trans-coryphyllene dan alpha-Humullene, masing-masing sebesar 22,58% dan 2,51%. Selain itu waktu retensi eugenol lebih kecil dibandingkan yang lain 19,166 menit dibandingkan 20,003 menit dan 20,847 menit.

4.3 Sintesis Nanopartikel Tembaga Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Cengkeh

Pembuatan Larutan CuNO_3 0,01 N dengan cara melarutkan serbuk CuNO_3 dengan aquades. Larutan CuNO_3 0,01 N berwarna biru bening. Larutan induk cengkeh kemudian diencerkan dengan aquades sesuai dengan perbandingan rasionya. Larutan cengkeh dan larutan CuNO_3 kemudian dicampur dan diaduk menggunakan stirer selama 30 menit dan terjadi perubahan warna menjadi coklat kekuningan, seperti Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Larutan ekstrak bunga cengkeh setelah dicampur dengan larutan CuNO_3 0,01 N

Pada sintesis nanopartikel tembaga dilakukan pengadukan dengan tujuan untuk mempercepat reaksi Oksidasi dan reduksi pada proses tersebut. Selain itu, pH larutan diatur sampai dengan 4. Fungsi pengecekan pH ini sesuai dengan penelitian (Subhakari dan Nayak, 2013) yang menganjurkan pembuatan nanopartikel tembaga menggunakan pH asam 4 agar mempermudah terbentuknya nanopartikel tembaga. Larutan tersebut didiamkan selama 24 jam. Pembuatan larutan dilakukan sebanyak empat kali sesuai dengan perbedaan rasio antara larutan bioreduktor dan larutan prekursoranya (v/v) yaitu 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, dan 1 : 4. Pada Gambar 4.4 (a) Setelah dilakukan pencampuran, kemudian didiamkan selama 1 jam dan diamati warna menjadi kuning bening, sedikit endapan melayang layang,

sedangkan (b) larutan didiamkan selama 24 jam, warna berubah menjadi kuning kehijauan dan terdapat banyak endapan. Dari perubahan warna tersebut dapat disimpulkan bahwa larutan tersebut mengalami reaksi antara bioreduktor dengan larutan CuNO_3 0,01 N. Perubahan warna tersebut sesuai dengan penelitian nanopartikel tembaga (Subhankari dan Nayak, 2013). Perubahan warna tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.4.



(a)



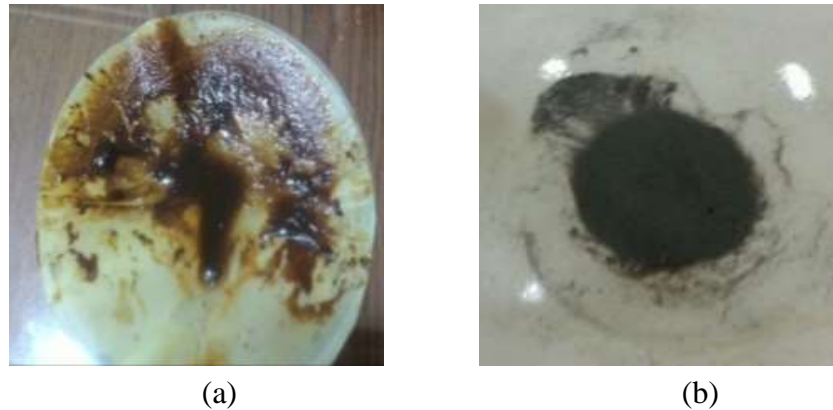
(b)

Gambar 4.4 Perubahan warna saat pencampuran bioreduktor dan larutan CuNO_3 0,01 N selama (a) 1 jam, (b) 24 jam

Perubahan warna yang terjadi menunjukkan adanya reaksi reduksi pada campuran tersebut. Senyawa pada ekstrak cengkeh sebagai bioreduktor mereduksi logam Cu^+ menjadi Cu^0 . Perubahan karena reaksi reduksi Cu^+ menjadi Cu^0 dan dibutuhkan senyawa pendonor elektron disebut dengan reduktor. Dalam penelitian ini digunakan bioreduktor atau reduktor yang berasal dari alam, reduktor yang digunakan adalah ekstrak cengkeh yang mengandung senyawa eugenol yang merupakan zat pemberi elektron.

Setelah larutan didiamkan selama 24 jam, dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring. Tujuan penyaringan tersebut untuk memisahkan endapan dan cairannya. Endapan tersebut berwarna coklat kehitaman dan bertekstur basah karena masih mengandung sedikit cairan. Endapan tersebut

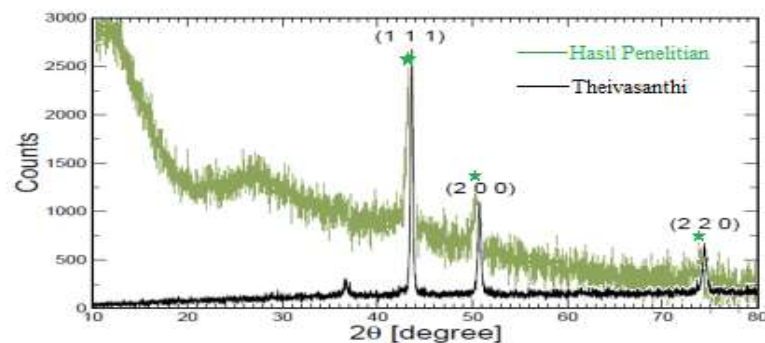
kemudian di oven pada suhu 250°C sampai cairan yang terbawa dalam endapan menguap dan tersisa endapan berbentuk serbuk. Bentuk endapan berubah dari coklat kehitaman dan mengkilap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.5.



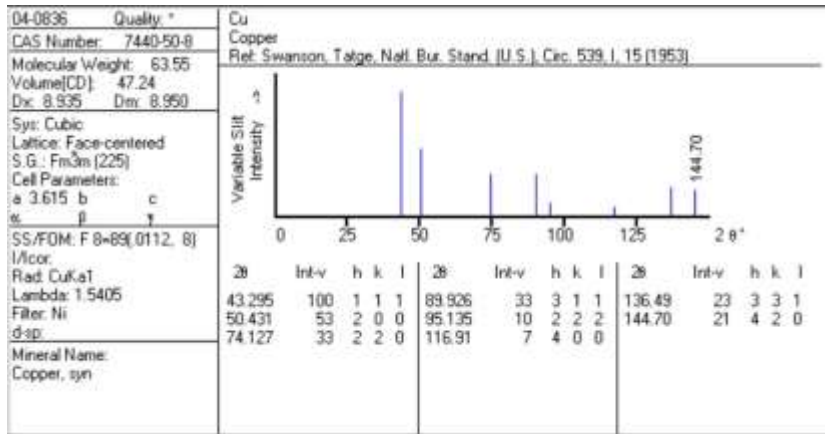
Gambar 4.5 Bentuk endapan nanopartikel tembaga (a) endapan sebelum di oven dan (b) endapan sesudah di oven

4.4 Hasil Analisis Nanopartikel Tembaga Menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Nanopartikel yang telah terbentuk dalam endapan kemudian dilakukan pengujian menggunakan XRD untuk mengetahui kandungan nanopartikel tembaga. Setelah dilakukan pengujian XRD, dapat dibandingkan dengan hasil literatur penelitian nanopartikel tembaga. Berdasarkan Gambar 4.6, endapan sampel mempunyai posisi puncak-puncak pada difraktogram. Data difraktogram juga memberikan informasi struktur kristal nanopartikel tembaga.



Gambar 4.6 Hasil XRD nanopartikel tembaga literatur dengan penelitian



Gambar 4.7 Hasil XRD nanopartikel tembaga pada data JCPDS

Dilihat dari difraktogram antara penelitian dengan literatur (Gambar 4.6) dan hasil standart data JCPDS (Gambar 4.7) dapat disimpulkan, bahwa nanopartikel yang dihasilkan termasuk nanopartikel tembaga, hal ini dibuktikan dengan membandingkan hasil 2θ nanopartikel penelitian dengan hasil 2θ nanopartikel data standart JCPDS. Hasil pencocokan menunjukkan, 2θ penelitian sama dengan hasil 2θ literatur dan data JCPDS, yaitu pada puncak 43° , 50° , dan 73° .

Tabel 4.1 Perbandingan hasil XRD penelitian dengan hasil XRD literatur

Penelitian, 2θ	T. Theivasanthi dan M. Alagar (2008), 2θ	Hasil standart Nanopartikel Tembaga JCPDS
$43,084^\circ$	$43,64^\circ$	$43,295^\circ$
$50,081^\circ$	$50,80^\circ$	$50,431^\circ$
$73,835^\circ$	$74,42^\circ$	$74,127^\circ$

Struktur nanopartikel tembaga tersebut dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan 4.1 :

$$hkl = \frac{1000 \times \sin^2 \theta}{46} \dots\dots\dots(4.1)$$

Tabel 4.2 Perhitungan Puncak Difraksi Penelitian

Puncak, 2θ	$1000 \times \sin^2 \theta$	$\frac{1000 \times \sin^2 \theta}{46}$	Hasil	Bidang refleksi
43,084	139	3	$1^2+1^2+1^2=3$	(1 1 1)
50,081	184	4	$2^2+0^2+0^2=4$	(2 0 0)
73,835	366	8	$2^2+2^2+0^2=8$	(2 2 0)

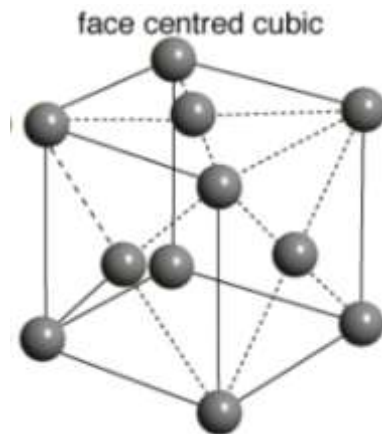
Pada Tabel 4.1 didapatkan nilai θ untuk mencari nilai $h^2+k^2+l^2$ dari data uji XRD. Nilai h k l merupakan angka yang menunjukkan besar dan arah suatu bidang. Bidang-bidang yang membatasi sel satuan pada suatu kristal. Pada penentuan struktur kristal, angka ini sering disebut *Miller Indices* (h k l). Nilai $h^2+k^2+l^2$ diketahui memiliki hubungan terhadap struktur suatu kristal, dimana untuk jenis kristal tertentu memiliki nilai $h^2+k^2+l^2$ yang identik. Dengan demikian struktur kristal hasil XRD dapat ditentukan dengan nilai h k l. Dari tabel di atas didapatkan nilainya 3, 4, dan 8. Selanjutnya dapat ditunjukkan bidang refleksi nya yaitu (1 1 1), (2 0 0), dan (2 2 0). Nilai h k l dari hasil XRD penelitian menunjukkan hasil yang sama dengan penelitian T. Theivasanthi and M. Alagar (2008). Hasil tersebut kemudian dianalisa dengan tabel penentuan kristal yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.3 Penentuan Struktur Kristal

Struktur Kristal	$h^2+k^2+l^2$
Simple Cubic (SC)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,.....
Body Centered Cubic (BCC)	2,4,6,8,10,12,14,16,.....
Face Centered Cubic (FCC)	3,4,8,11,12,16,19,20,.....

Hasil perhitungan selanjutnya dicocokkan dan ditentukan struktur kristalnya sesuai dengan tabel penentuan struktur kristal. Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa $h^2+k^2+l^2$ yang diperoleh identik dengan struktur kristal *Face Centered Cubic (FCC)*. Sehingga, pada sintesis nanopartikel tembaga dihasilkan

nanopartikel dengan struktur kristal *Face Centered Cubic (FCC)*. Pada kristal FCC terdapat sebuah atom pusat pada setiap sisi kubusnya dan sebuah atom pada titik pusat kubus. Bentuk FCC memiliki struktur yang lebih rapat dibandingkan SC dan BCC sehingga memiliki sifat stabilitas yang lebih baik, hal ini dikarenakan mengurangi terjadinya dislokasi atom pada kristal. Struktur kristal FCC tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.

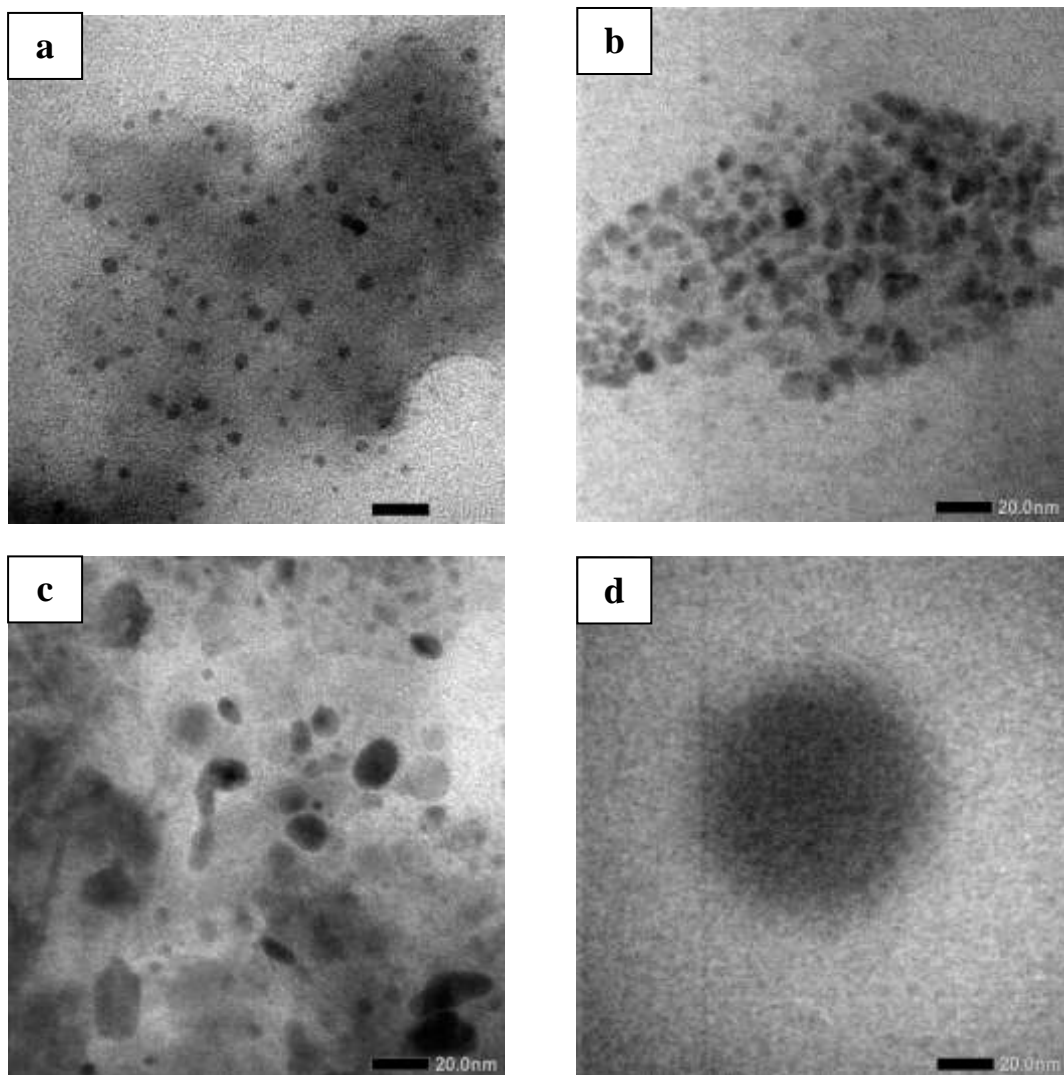


Gambar 4.8 Struktur Kristal berbentuk Face Centered Cubic (FCC)

4.3 Hasil Analisis Nanopartikel Tembaga Menggunakan *Transmission*

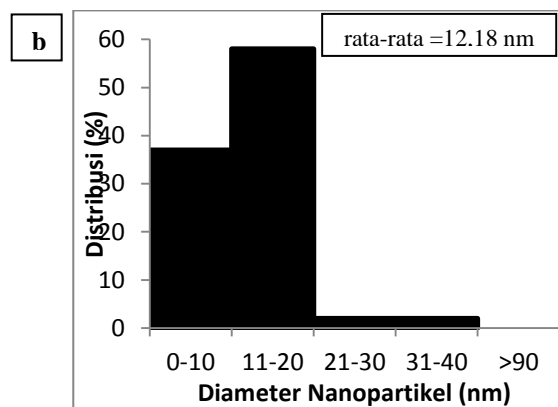
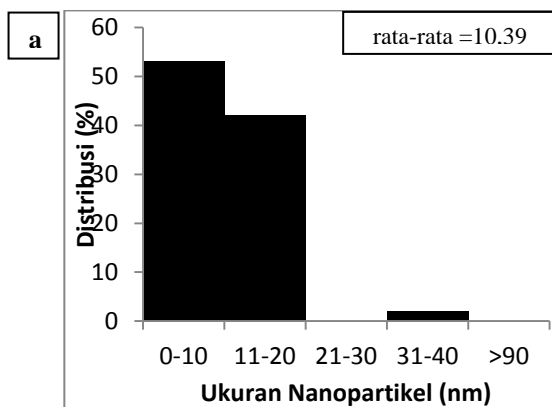
Electron Microscopy (TEM)

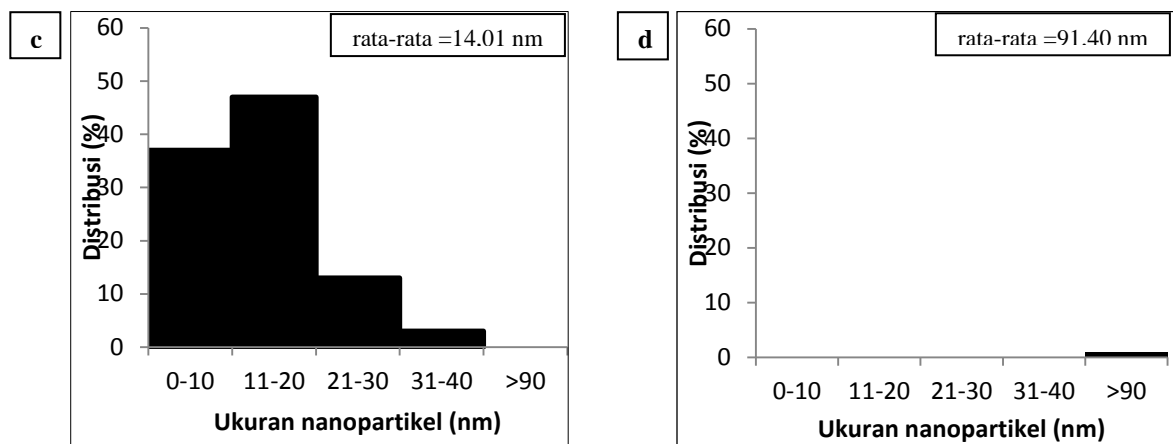
Endapan nanopartikel yang telah terbentuk kemudian dianalisis menggunakan TEM untuk mengetahui ukuran nanopartikel yang terbentuk dan mengetahui pengaruh perbedaan volume larutan bioreduktor dan volume larutan CuNO_3 pada setiap rasio terhadap nanopartikel. Hasil analisa TEM dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 4.9 Hasil Analisa TEM a) Rasio 1 : 1, b) Rasio 1 : 2, c) Rasio 1 : 3, dan d) Rasio 1 : 4

Berdasarkan Gambar 4.7 a) nanopartikel rasio 1 : 1 yang terbentuk memiliki ukuran yang hampir seragam, diameter nanopartikel tembaga yang terbentuk pada rasio 1 : 1 dapat diukur dengan menggunakan aplikasi ImageJ dan rata-rata ukuran nanopartikel tembaga yang terbentuk adalah 10,39 nm. Pada rasio 1 : 1, nanopartikel yang terbentuk tidak menunjukkan adanya agregasi, hal ini terlihat bahwa ukuran nanopartikel kecil dan tersebar merata. Pada Gambar 4.7 b) nanopartikel rasio 1 : 2 jika dibandingkan dengan rasio 1 : 1, nanopartikel pada rasio 1 : 2 memiliki ukuran yang lebih besar, namun sedikit terjadi agregasi nanopartikel. Ukuran nanopartikel tembaga didapatkan rata-rata sebesar 12,18 nm. Gambar 4.7 c) nanopartikel jika dibandingkan dengan rasio 1 : 2, nanopartikel tembaga rasio 1 : 3 memiliki ukuran yang lebih besar dan tidak seragam. Agregasi nanopartikel masih terbentuk. Ukuran nanopartikel tembaga didapatkan rata-rata sebesar 14,01 nm. Gambar 4.7 d) nanopartikel rasio 1 : 4 jika dibandingkan dengan rasio 1 : 3, nanopartikel pada rasio 1 : 4 memiliki ukuran yang lebih besar dan masih terjadi agregasi nanopartikel. Ukuran nanopartikel tembaga didapatkan rata-rata sebesar 91,40 nm.





Gambar 4.10 Grafik Distribusi Nanopartikel a) Rasio 1 : 1, b) Rasio 1 : 2, c) Rasio 1 : 3, dan d) Rasio 1 : 4

Berdasarkan Gambar 4.8 a) distribusi ukuran nanopartikel untuk rasio 1 : 1, persentase terbesar distribusi ukuran nanopartikel terdapat pada diameter <10 nm yaitu sebanyak 53%, sedangkan diameter <20 nm memiliki persentase sebesar 42% dan persentase terendah distribusi ukuran nanopartikel terdapat pada diameter >30 nm sebesar 2%. Nanopartikel tembaga hanya terbentuk pada ukuran 10-30 nm dan lebih banyak terbentuk pada ukuran <10 nm. Pada Gambar 4.8 b) nanopartikel tembaga pada rasio 1 : 2 terdistribusi pada ukuran 10-40 nm. Berdasarkan distribusinya, dapat dilihat bahwa ukuran yang terbentuk pada rasio 1 : 2 lebih besar dari pada rasio 1 : 1. Distribusi ukuran nanopartikel tembaga rasio 1 : 2 paling tinggi terdapat pada ukuran <20 nm sebesar 58%, distribusi ukuran nanopartikel <10 nm sebesar 37%, distribusi ukuran nanopartikel <30 nm sebesar 2%, distribusi ukuran nanopartikel <40 nm yaitu sebesar 2%. Gambar 4.8 c) nanopartikel tembaga pada rasio 1 : 3 terdistribusi pada ukuran 10-40 nm. Berdasarkan distribusinya, dapat dilihat bahwa ukuran yang terbentuk pada rasio 1 : 3 lebih besar dari pada rasio 1 : 2. Distribusi ukuran nanopartikel tembaga rasio 1 : 3 paling tinggi terdapat pada ukuran <20 nm sebesar 47%, distribusi ukuran

nanopartikel <10 nm sebesar 37%, distribusi ukuran nanopartikel <30 nm sebesar 13%, distribusi ukuran nanopartikel <40 nm yaitu sebesar 3%.

Pada Gambar 4.8 d) nanopartikel tembaga pada rasio 1 : 4 terdistribusi pada ukuran 40-100 nm. Berdasarkan distribusinya, dapat dilihat bahwa ukuran yang terbentuk pada rasio 1 : 4 lebih besar dari pada variabel 1 : 3. Distribusi ukuran nanopartikel tembaga rasio 1 : 4 pada ukuran nanopartikel <30 nm sebesar 50%, dan distribusi ukuran nanopartikel <100 nm yaitu sebesar 50%.

Berdasarkan hasil analisa TEM pada dapat disimpulkan bahwa perbedaan volume bioreduktor larutan ekstrak cengkeh dan volume prekursor larutan CuNO_3 pada setiap rasio berpengaruh terhadap pembentukan nanopartikel. Semakin kecil perbandingan bioreduktor dengan prekursor (1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, dan 1 : 4) yang digunakan, maka semakin kecil kemungkinan terjadinya agregasi, sehingga nanopartikel tembaga yang terbentuk semakin kecil. Agregasi nanopartikel dapat dikatakan sebagai proses dua langkah. Langkah pertama, partikel saling mendekat dan saling bertubrukan (*transport step*). Langkah kedua, partikel yang bertubrukan saling melekat (*attachment step*).

Beberapa faktor perlu dilakukan untuk mengendalikan nanopartikel yang terbentuk agar tidak terjadi agregasi dan mempunyai ukuran nanopartikel yang seragam, dimana partikel dalam koloid cenderung stabil, hal ini sesuai dengan teori stabilisasi sterik (Napper, 1983). Proses stabilisasi sederhana hanya membutuhkan penambahan polimer yang cocok. Setiap kali koloid memiliki molekul polimer dalam larutan, maka partikel dalam suspensi diadsorpsi oleh polimer pada permukaannya sebagai lapisan (*layer*). Lapisan yang dihasilkan polimer menjadi lapisan pelindung yang menarik kekuatan dan juga menyediakan gaya tolak. Stabilisasi sterik pada dispersi koloid dapat dicapai dengan rantai molekul yang panjang sesuai banyaknya partikel koloid. Sehingga, ketika partikel mendekati satu sama lain karena gerak Brown, akan terbatas rantai polimer disertai tolakan yang efektif menstabilkan koloid melawan terjadinya agregasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Perbedaan rasio antara bioreduktor larutan ekstrak cengkeh dan prekursor CuNO_3 berpengaruh terhadap ukuran nanopartikel tembaga. Semakin kecil perbandingan bioreduktor dengan prekursor tembaga nitrat (1 : 1; 1 : 2; 1 : 3; dan 1 : 4) yang digunakan, maka semakin kecil terjadinya agregasi, sehingga nanopartikel tembaga yang terbentuk semakin kecil.
2. Hasil XRD membuktikan bahwa terbentuk nanopartikel tembaga yang memiliki struktur kristal *Face Centered Cubic*.

5.2 Saran

Untuk mengetahui pengaruh parameter lain dalam sintesis nanopartikel tembaga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variabel seperti lama pengendapan, pH larutan, suhu operasi, atau penambahan zat penstabil nanopartikel.

DAFTAR PUSTAKA

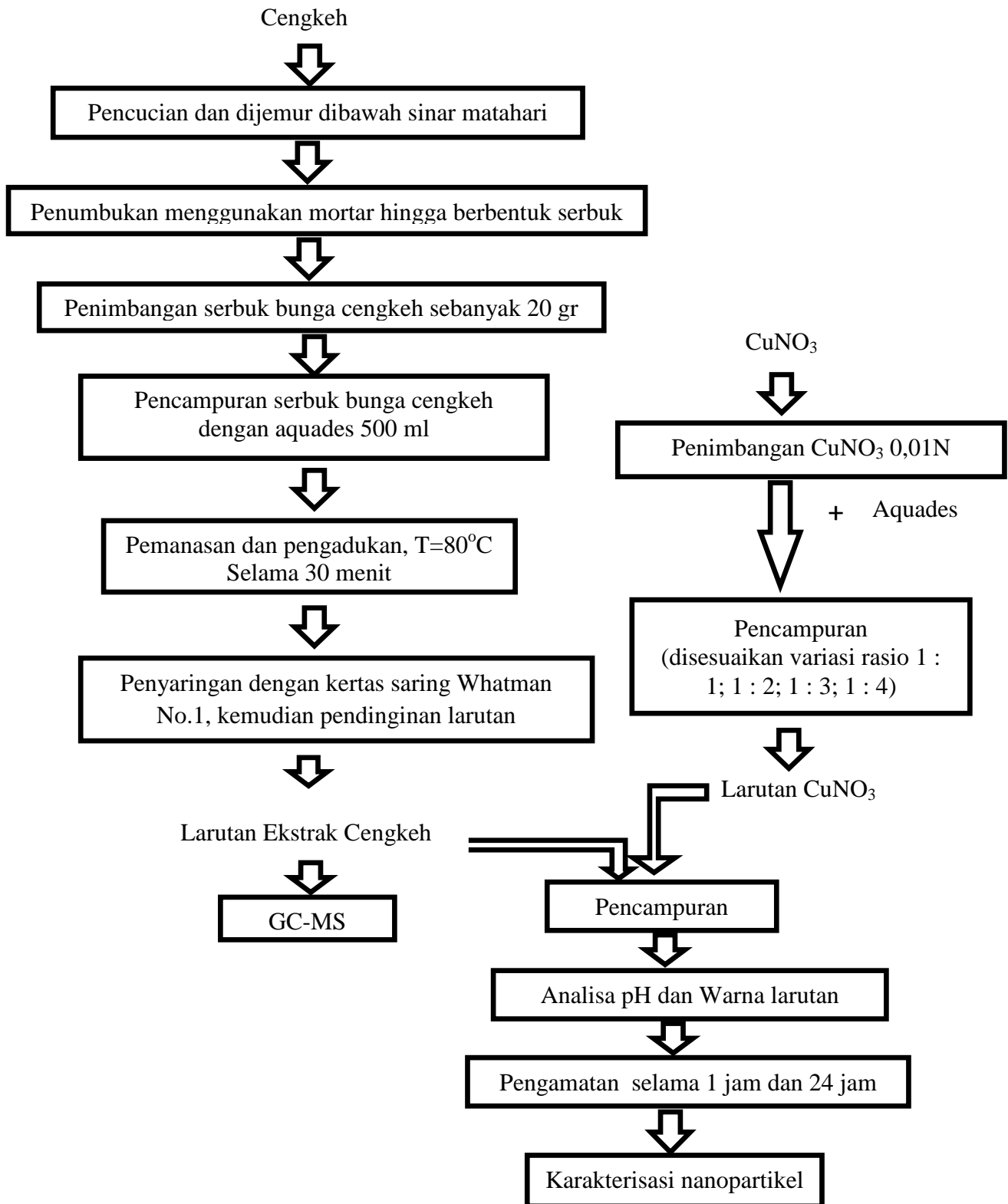
- Agusta, A. 2000. *Minyak Atsiri Tumbuhan Tropika Indonesia*. Bandung: Penerbit ITB. Hal.29, 111.
- Anggraeni, Rina. 2012. *Penggunaan Model Cooperative Learning Tipe Jigsaw pada Konsep Penampakan Alam dalam Pembelajaran untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik*. Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Ardisasmita, M.S. 2000. *Pengolahan Citra Digital dan Analisis Kuantitatif Dalam Karakterisasi Citra Mikroskopik*. Mikroskopi dan mikroanalisis. 3:25-30.
- Badan Pusat Statistik. 2014. Produksi Perkebunan Rakyat Menurut Jenis Tanaman Cengkeh (ribu ton). <http://www.bps.go.id>
- Buzea, C., Blandino, dan Robbie K. 2007. *Nanomaterial and nanoparticles: sources and toxicity, Biointerphases*, 2: MR170–MR172.
- Ghorbani, H. R. 2014. Chemical Synthesis of Copper Nanoparticles. *Oriental Journal of Chemistry*. 30 (2):803-806. Iran.
- Jain, P. K. dan El-Sayed I. H. 2006. Calculated Absorption and Scattering Properties of Gold Nanoparticles of Different Size, Shape, and Composition: Applications in Biological Imaging and Biomedicine. *Journal of Physical Chemistry B*. 110: 7238–7248.
- Kardinan. 2005. *Tanaman Penghasil Minyak Atsiri Komoditas Wangi Penuh Potensi*. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- Kopka J. 2006. Gas chromatography–mass spectrometry. Di dalam: Li Y, Kong D, dan Wu H. Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC–MS and FTIR spectroscopy. *Journal of Industrial Crops and Products*. 41:269-278
- Liu dan Z. Shenlin. 2007. *Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel Using SrO as a Solid Base Catalyst, Catalysis Communications*, Vol. 8. 1107–1111

- Napper, D.H., 1983. The Mechanisms of Latex Particle Formation and Growth in The Emulsion Polymerization of Styrene Using The Surfactant Sodium Dodecyl Sulfate. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*.
- Nurdjannah, N. 2004. Diversifikasi Penggunaan Cengkeh, Perspektif Vol. 3(2): 61-70.
- Sasikala, A. 2015. Hydroxyethyl Cellulose Stabilized Copper Nanoparticle and its Antibacterial Activity. *Journal of Applied Sciences Research*
- Seednia, S., Iranmanesh, P., Ardakani, M. Hatefi., Sinaei, S. 2015. Synthesis of Cuprous Oxide by Thermal Treatment in Liquid Paraffin. *Journal of Nanostructures*. Iran
- Silverstein, R.M., Bassler G.C., dan Morrill T.C. 1986. *Laboratory Investigations in Organic Chemistry*. Penerjemah: Hartomo dan Anny Victor. Penyidikan Spektrometri Senyawa Organik. Jakarta: Penerbit Erlangga. Hal. 3-81, 305-308.
- Singh,S., P. Singh, dan Dipti. 2012. Biodiesel production through the use of different sources and characterization of oils and their esters as the substitute of diesel. *Elsevier*.India.
- Subhankari dan P.L. Nayak. 2013. Antimicrobial Activity of Copper Nanoparticles Synthesised by Ginger (*Zingiber officinale*) Extract. *World Journal of Nanoscience and Technology (WJNST)*.
- Supratman, U. 2010. *Elucidasi Struktur Senyawa Organik*. Bandung: Widya Padjajaran: 268.
- Ranjitham, A., Mercy G., S. Ranjani, dan Dr. G. Caroling. 2015. Biosynthesis, Characterization, Antimicrobial Activity Of Copper Nanoparticles Using Fresh Aqueous Ananas Comosus L. (Pineapple) Extract. *International Journal of PharmTech Research*. 8 (4):750-769.
- Rohman, A. 2007. *Kimia Farmasi Analis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar: 419.2
- Theivasanthi, T., dan Alagar, M., 2008, "X-Ray Diffraction Studies of Copper Nanopowder", Research of Departement of Physic, PACR Polytechnic College, Rajapalayam, India.

- Umer, A., Naveed, Shahid., Ramzan, N., Rafique, M. S., Imran, M. 2014. A green method for the synthesis of Copper Nanoparticles using L-ascorbic acid. *Revistamateria*. 19:197-203.
- Vasudev, D., Pramod S., dan Kulkarni. 2013.Green synthesis of copper Nanoparticle using Gymnema Sylvestre by Different Solvent Extract. *International Journal of Current Research and Academic Review*.
- Voigt, R. 1995. *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi* diterjemahkan oleh Soendani N. S. UGM Press. Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Sintesis Nanopartikel Tembaga



Gambar 3.1 Diagram Alir Sintesis Nanopartikel Tembaga

Lampiran 2. Hasil Uji GCMS Larutan Cengkeh

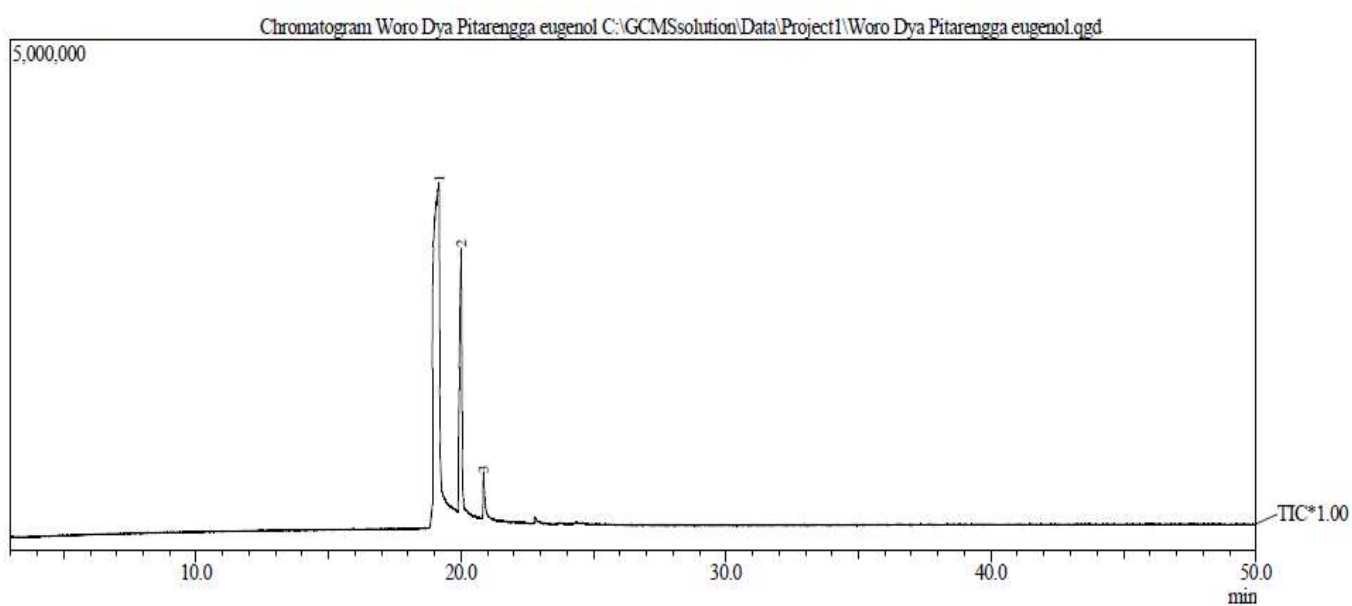
C:\GCMSsolution\Data\Project1\Woro Dya Pitarengga eugenol.qgd



Lab Kimia Organik FMIPA - UGM

Sample Information

Analyzed by : Admin
Sample Name : Woro Dya Pitarengga eugenol
Sample ID : 3.16.54.1
Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Woro Dya Pitarengga eugenol.qgd
Method File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\atsiri.qgm
Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\maret 01 2016 c.qgt



Peak Report TIC							
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height	Name
1	19.166	18.817	19.358	51573192	74.91	3203490	
2	20.003	19.875	20.142	15544378	22.58	2567859	
3	20.847	20.800	21.000	1729783	2.51	435994	
				68847353	100.00	6207343	

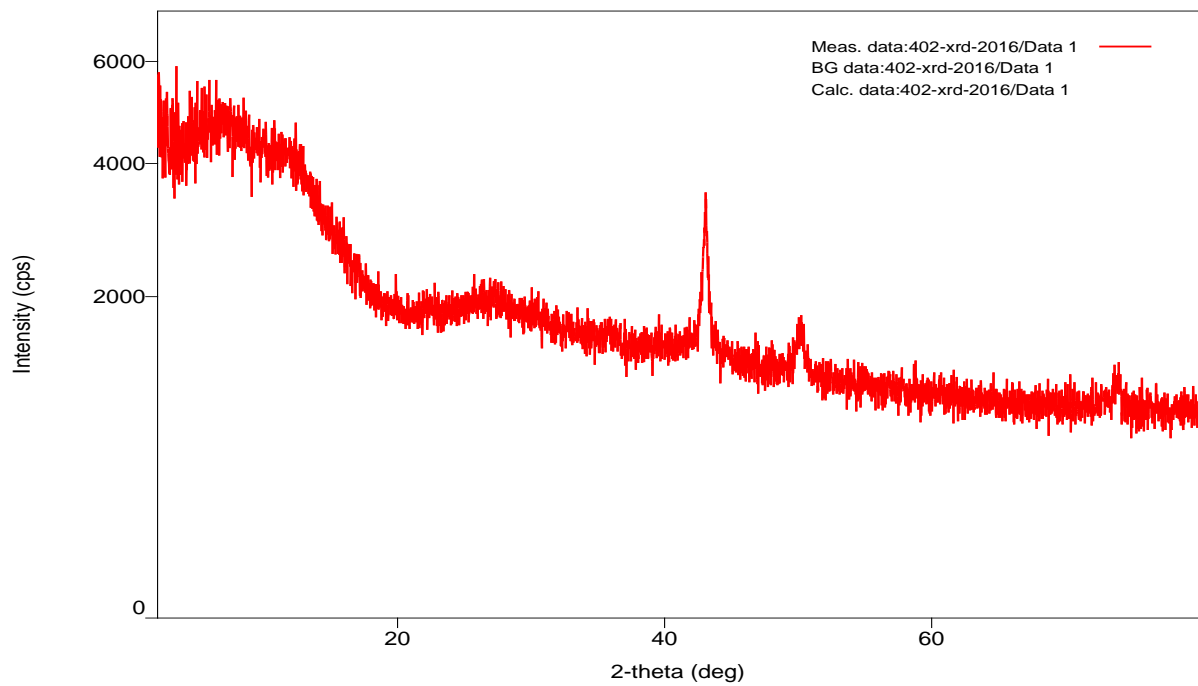
Lampiran 3. Hasil Uji XRD

Peak List

General information

Analysis date	2016/06/07 14:10:51		
Sample name	Spl 402	Measurement date	2016/06/07 14:00:42
File name	402-xrd-2016.ras	Operator	administrator
Comment			

Measurement profile



Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	43.084(15)	2.0978(1206(100)	0.42(2)	710(23)	0.59(7)	2.1(3)
2	50.081(9)	1.820(3)	311(51)	0.76(9)	326(25)	1.1(3)	0.8(4)
3	73.835	1.2824	175.479	0.764463	222.252	1.266542	2.08621

Lampiran 4. Perhitungan diameter Nanopartikel Tembaga

Diameter Nanopartikel Tembaga Rasio 1 : 1

Berdasarkan ImageJ dapat diketahui luas area nanopartikel sehingga untuk mencari diameter dapat menggunakan rumus:

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Area (A)	d (nm)
119	37,89808917
37	11,78343949
31	9,872611465
37	11,78343949
24	7,643312102
33	10,50955414
30	9,554140127
27	8,598726115
58	18,47133758
34	10,82802548
35	11,14649682
32	10,1910828
26	8,280254777
27	8,598726115
33	10,50955414
30	9,554140127
25	7,961783439
40	12,7388535
38	12,10191083
36	11,46496815
32	10,1910828

26	8,280254777
32	10,1910828
32	10,1910828
20	6,369426752
36	11,46496815
22	7,006369427
28	8,917197452
24	7,643312102
29	9,23566879
21	6,687898089
20	6,369426752
29	9,23566879
26	8,280254777
36	11,46496815
28	8,917197452
22	7,006369427
31	9,872611465
24	7,643312102
37	11,78343949
27	8,598726115
37	11,78343949
Rata-rata diameter	10,39581

Diameter Nanopartikel Tembaga Rasio 1 : 2

Berdasarkan ImageJ dapat diketahui luas area nanopartikel sehingga untuk mencari diameter dapat menggunakan rumus:

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Area (A)	d (nm)
119	37,89808917
43	13,69426752
29	9,23566879
35	11,14649682
49	15,60509554
15	4,777070064
55	17,51592357
43	13,69426752

39	12,42038217
39	12,42038217
23	7,324840764
39	12,42038217
25	7,961783439
37	11,78343949
69	21,97452229
29	9,23566879
29	9,23566879
61	19,42675159
49	15,60509554
21	6,687898089
37	11,78343949
37	11,78343949
31	9,872611465
37	11,78343949
37	11,78343949
44	14,01273885
53	16,87898089
31	9,872611465
28	8,917197452
38	12,10191083
26	8,280254777
28	8,917197452
28	8,917197452
34	10,82802548
25	7,961783439
32	10,1910828
45	14,33121019
45	14,33121019
29	9,23566879
43	13,69426752
52	16,56050955
23	7,324840764
21	6,687898089
30	9,554140127
25	7,961783439
39	12,42038217
39	12,42038217
50	15,92356688
35	11,14649682
40	12,7388535

27	8,598726115
53	16,87898089
Rata-rata diameter	12,18765

Diameter Nanopartikel Tembaga Rasio 1 : 3

Berdasarkan ImageJ dapat diketahui luas area nanopartikel sehingga untuk mencari diameter dapat menggunakan rumus:

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Area (A)	d (nm)
119	37,89808917
49	15,60509554
33	10,50955414
51	16,24203822
14	4,458598726
21	6,687898089
47	14,96815287
67	21,33757962
54	17,19745223
65	20,70063694
19	6,050955414
58	18,47133758
92	29,29936306
85	27,07006369
49	15,60509554
11	3,503184713
81	25,79617834
47	14,96815287
15	4,777070064
19	6,050955414
33	10,50955414
33	10,50955414
19	6,050955414
35	11,14649682
22	7,006369427
17	5,414012739
19	6,050955414

37	11,78343949
27	8,598726115
82	26,11464968
Rata-rata diameter	14,01274

Diameter Nanopartikel Tembaga Rasio 1 : 4

Berdasarkan ImageJ dapat diketahui luas area nanopartikel sehingga untuk mencari diameter dapat menggunakan rumus:

$$d = 2 \times \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

Area (A)	d (nm)
119	37,89808917
455	144,9044586
Rata-rata diameter	91,40127

Lampiran 5. Perhitungan Perbandingan Volume Bioreduktor dan Volume Prekursor pada setiap Variabel

Rasio = volume larutan cengkeh : volume CuNO_3 0,01 N

a. Sampel 1 / rasio 1 : 1

Pembuatan larutan Cengkeh

Larutan A (cengkeh) induk = 25 mL

$$\text{Larutan A (cengkeh)} = \frac{1}{2} \times 2000 = 1000 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan CuNO_3 0,01 N

$$\text{gr B} = \frac{0,01 \times 187,5 \times 1000}{1000} = 1,875 \text{ gram} \times \frac{241,60}{187,5} = 2,416 \text{ gram}$$

$$\text{larutan B (C}_u\text{NO}_3) = \frac{1}{2} \times 2000 = 1000 \text{ mL}$$

b. Sampel 2 / rasio 1 : 2

Pembuatan larutan Cengkeh

Larutan A (cengkeh) induk = 25 mL

$$\text{Larutan A (cengkeh)} = \frac{1}{3} \times 2000 = 666,66 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan CuNO_3 0,01 N

$$\text{gr B} = \frac{0,01 \times 187,5 \times 1333,34}{1000} = 12,5 \text{ gram} \times \frac{241,60}{187,5} = 3,22 \text{ gram}$$

$$\text{larutan B (C}_u\text{NO}_3) = \frac{2}{3} \times 2000 = 1333,34 \text{ mL}$$

c. Sampel 3 / rasio 1 : 3

Pembuatan larutan Cengkeh

Larutan A (cengkeh) induk = 25 mL

$$\text{Larutan A (cengkeh)} = \frac{1}{4} \times 2000 = 500 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan CuNO₃ 0,01 N

$$\text{gr B} = \frac{0,01 \times 187,5 \times 1500}{1000} = 12,81 \text{ gram} \times \frac{241,60}{187,5} = 3,624 \text{ gram}$$

$$\text{larutan B (CuNO}_3) = \frac{3}{4} \times 2000 = 1500 \text{ mL}$$

d. Sampel 4 / rasio 1 : 4

Pembuatan larutan Cengkeh

Larutan A (cengkeh) induk = 25 mL

$$\text{Larutan A (cengkeh)} = \frac{1}{5} \times 2000 = 400 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan CuNO₃ 0,01 N

$$\text{gr B} = \frac{0,01 \times 187,5 \times 1600}{1000} = 3 \text{ gram} \times \frac{241,60}{187,5} = 3,865 \text{ gram}$$

$$\text{larutan B (CuNO}_3) = \frac{4}{5} \times 2000 = 1600 \text{ mL}$$

Lampiran 6. Dokumen Penelitian



Gambar 1. Ekstrak Cengkeh



Gambar 2. Larutan CuNO_3



Gambar 3. Pencampuran ekstrak Cengkeh dengan CuNO_3



Gambar 4. Perubahan warna 1 jam pertama



Gambar 5. Perubahan warna 24 jam



Gambar 6. Endapan Nanopartikel sebelum di Oven



Gambar 7. Endapan Nanopartikel sesudah di Oven