

**BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP)  
MENGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK SERAI  
(*Cymbopogon citratus*) SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI**

BIOSYNTHESIS OF SILVER NANOPARTICLES (AgNP)  
USING A BIOREDUCTANT OF LEMONGRASS EXTRACT  
(*Cymbopogon citratus*) AS AN ANTIBACTERIAL AGENT

SITI QURRATAAYUN  
N012191010



PROGRAM SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022

**BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP)  
MENGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK SERAI  
(*Cymbopogon citratus*) SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Farmasi

Disusun dan diajukan Oleh

SITI QURRATAAYUN

Kepada

**SEKOLAH PASCASARJANA**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

### BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) MENGGUNAKAN BIOREDUKTOR EKSTRAK SERAI (*Cymbopogon citratus*) SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI

Disusun dan diajukan oleh

**SITI QURRATAAYUN**  
NIM N012191010

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Magister Farmasi Sains  
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin

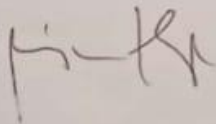
pada tanggal  
**12 Agustus 2022**

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

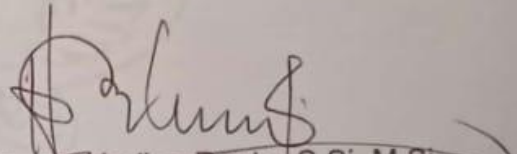
Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



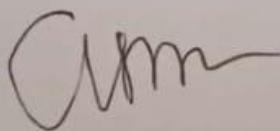
apt. Yusnita Rifai, S.Si., M.Pharm., Ph.D  
NIP. 19751117 200012 2 2001



Dr. apt. Herlina Rante, S.Si., M.Si.  
NIP. 19641231199002 1 005

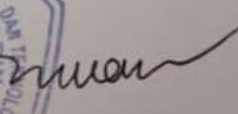
Ketua Program Studi Magister  
Ilmu Farmasi Fakultas Farmasi,

Dekan Fakultas Farmasi  
Universitas Hasanuddin,



apt. Muhammad Aswad, M.Si, Ph.D  
NIP. 19800101 20031 2 1004



  
Prof. Dr. rer-nat. apt. Marianti A. Manggau  
NIP. 19670319 199203 2 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Qurrataayun  
NIM : N012191010  
Program Studi : Farmasi  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar,

Menyatakan



Siti Qurrataayun

## PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu.

*Alhamdulillahirabbilalamin* Segala puji dan syukur penulis senantiasa panjatkan kepada Allah *swt.* atas segala Rahmat dan Hidayah yang telah diberikan, sehingga penulis mampu menyelesaikan tesis ini sebagai salah satu syarat memperoleh gelar magister pada Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin. Tak lupa pula shalawat dan taslim kepada Rasulullah Muhammad *saw*, sebagai teladan dan pembimbing kepada ilmu yang bermanfaat.

Penulis menyadari bahwa selama penyusunan tesis ini terdapat kendala dan hambatan, namun dengan bantuan dari berbagai pihak, sehingga tesis ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. apt. Yusnita Rifai, S.Si., M.Pharm., Ph.d dan Dr. apt. Herlina Rante, M.Si selaku komisi penasihat yang telah banyak memberi masukan, arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan tesis ini.
2. Prof. Dr. apt. Sartini, M.Si., Dr. apt. Aliyah, M.S, dan Dr. apt. Risfah Yulianty, M.Si., selaku tim komisi penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membantu dalam penyusunan tesis ini.
3. Dekan, Wakil Dekan, Kepala Prodi S2, Bapak-Ibu dosen, serta seluruh staf karyawan Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin

yang telah mendidik, memberikan sarana dan memotivasi penulis dari awal memasuki bangku kuliah hingga saat ini.

4. Kedua orang tua penulis, Ayahanda M.Isra dan Ibunda Hikmawati untuk semua doa, dukungan materil dan nonmateril serta kasih sayang tulus yang telah diberikan yang tidak akan mampu penulis balas. Adik penulis, Siti Zahratul Aini, untuk motivasi serta kepada sanak keluarga yang turut mendoakan.
5. Seluruh laboran laboratorium Fakultas Farmasi UNHAS, segala bantuan dalam pelaksanaan penelitian tesis ini.
6. Rekan-rekan magister pascasarjana angkatan 2019 yang telah banyak membantu, serta sahabat-sahabat saya semoga kesuksesan menyertai kita semua.
7. Semua pihak yang terlibat, yang tidak sempat tersebut namanya.

Makassar,

Siti Qurrataayun

## ABSTRAK

**SITI QURRATAAYUN.** *Biosintesis Nanopartikel Perak (AgNP) Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Serai (Cymbopogon citratus) Sebagai Agen Antibakteri* (dibimbing oleh Yusnita rifai dan Herlina rante).

Ekstrak serai mengandung senyawa metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai bioreduktor dalam proses reduksi ion  $\text{Ag}^+$  menjadi  $\text{Ag}^0$  untuk mendapatkan AgNP yang memiliki aktivitas antibakteri, AgNP yang diperoleh melalui jalur biosintesis dianggap lebih aman dan ramah lingkungan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kondisi reaksi optimal yang dapat mereduksi  $\text{Ag}^+$  menjadi  $\text{Ag}^0$  serta memiliki aktivitas antibakteri. Daun serai diambil dari Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia ( $5^{\circ}11'53''5119^{\circ}26'23''\text{E}'$ ) 506 mdpl. Pembentukan AgNP dimonitoring dengan mengamati spektrum UV-Vis, kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR, EDX, SEM, dan XRD. Metode reaksi sintesis dievaluasi dengan mempertimbangkan parameter proses yaitu pH, konsentrasi Ag, konsentrasi ekstrak, dan waktu reaksi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa AgNP berhasil direduksi melalui proses biosintesis menggunakan bioreduktor ekstrak air pada kondisi optimal pH 12,  $\text{AgNO}_3$  2 mM, dan ekstrak air 6% yang memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Adapun monitoring panjang gelombang UV-Vis menunjukkan intensitas penyerapan spektrum dipengaruhi oleh parameter tersebut, AgNP yang didapatkan mempunyai karakteristik dengan pita serapan spektrum UV-Vis pada 403-407 nm, adapun hasil karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan perbedaan peregangan panjang gelombang IR pada AgNP yang berarti adanya keterlibatan ekstrak dalam proses reaksi, analisis EDX menunjukkan komposisi elemen AgNP adalah C, O, Na dengan puncak tajam pada 2,9 keV sebagai Ag. Gambar morfologi bentuk dan struktur AgNP dikarakterisasi melalui analisis SEM dan XRD menunjukkan hasil struktur kristal kubik jenis *Simple cubic* berhasil disintesis dengan ukuran rata-rata partikel 6,30 nm, berbentuk acak.

**Kata Kunci:** Biosintesis, Logam Perak, Ekstrak, Nanopartikel, Antibakteri

## ABSTRACT

**SITI QURRATAAYUN.** *Biosynthesis Of Silver Nanoparticles (Agnp) Using A Bioreductant Of Lemongrass Extract (Cymbopogon Citratus) As An Antibacterial Agent* (guided by Yusnita Rifai dan Herlina Rante)

Lemongrass extract contains secondary metabolites that can be used as bioreductants in the process of reducing  $\text{Ag}^+$  ions to  $\text{Ag}^0$  in order to obtain AgNPs which have antibacterial activity. AgNPs obtained through biosynthetic pathways are considered safer and more environmentally friendly. This study was aimed to determine the optimal reaction conditions that can reduce  $\text{Ag}^+$  to  $\text{Ag}^0$  and have antibacterial activity. Lemongrass leaves were taken from Gowa, South Sulawesi, Indonesia ( $5^{\circ}11'53''5119^{\circ}26'23''\text{E}$ ) 506 mdpl. AgNP formation was monitored by observing UV-vis absorption, then characterized using FTIR, EDX, SEM, and XRD. The synthesis reaction method was carried out by considering the process parameters, namely pH, Ag concentration, extract concentration, and reaction time.

The results showed that AgNP was successfully reduced through a biosynthetic process using a water extract bioreductor at optimal conditions of pH 12,  $\text{AgNO}_3$  2 mM, and 6% extract which had antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Esherichia coli*. UV-Vis wavelength monitoring showed that the intensity of the absorption spectrum was influenced by these parameters, the AgNPs obtained had characteristics with a uv-vis absorption band at 403-407 nm, while the results of characterization using FTIR showed different strains. IR wavelength in AgNP which means there is involvement of extract in the reaction process, EDX analysis shows the elemental composition of AgNP is C, O, Na and Ag with a sharp peak at 2.9 keV. Morphological images of the shape and structure of AgNP which were characterized by SEM and XRD analysis showed that a simple cubic crystal structure was successfully synthesized with an average particle size of 6.30 nm, in random shape.

**Keywords:** Biosynthesis, Silver, Lemongrass, Antibacterial Agent



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b>	iv
<b>PRAKATA</b>	v
<b>ABSTRAK</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR TABEL</b>	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xiv
<b>DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN</b>	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>8</b>
A. Nanomaterial	8
1. Pengertian Nanomaterial, Nanosains, dan Nanoteknologi	8
2. Potensi Kegunaan Nanomaterial	10
3. Klasifikasi Nanomaterial	11
4. Metode Sintesis Nanopartikel	18
B. Karakterisasi Nanopartikel Perak	23
C. Taksonomi Tanaman	39
D. Uraian Tanaman	41
E. Kandungan Kimia Tanaman	43
F. Kegunaan Tanaman	45
G. Uji Aktivitas Antibakteri	46

H. Kerangka Teori	51
I. Kerangka Konsep	52
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>53</b>
A. Rancangan Penelitian	53
B. Waktu dan Tempat Penelitian	53
C. Alat dan Bahan	53
D. Prosedur Pengerjaan	54
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>60</b>
A. Ekstraksi Daun Serai ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	60
B. Biosintesis Nanopartikel Perak	60
1. Pengaruh pH terhadap waktu pembentukan AgNP	62
2. Optimasi variasi konsentrasi AgNO <sub>3</sub> sebagai prekursor	63
3. Optimasi konsentrasi ekstrak sebagai bioreduktor	66
4. Optimasi pengaruh waktu reaksi	68
C. Karakterisasi Nanopartikel Perak (AgNP)	71
1. FTIR (Fourier Transform Infrared)	71
2. XRD (X-Ray Diffraction)	75
3. SEM - EDX (Scanning Electron Microscopy- Energy dispersive X-ray)	79
D. Uji Aktivitas Antibakteri	82
1. Menentukan nilai KHM (konsentrasi hambat minimum)	82
2. Menentukan nilai KBM (Konsentrasi hambat minimum)	84
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>83</b>
A. Kesimpulan	83
B. Saran	84
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>85</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>90</b>

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Aplikasi penggunaan nanopartikel	11
2. Teknik karakterisasi nanopartikel	23
3. Klasifikasi tanaman	40
4. Kandungan fitonutrien dari <i>Cymbopogon citratus</i>	44
5. Kandungan mineral <i>Cymbopogon citratus</i>	44
6. Zona terang pada uji aktivitas antibakteri	48
7. Variasi pencampuran pereduksi dan perak	56
8. Pengaruh pH pada pembentukan AgNP	62
9. Optimasi variasi ekstrak dengan spektrum dan Abs.	66
10. Monitoring pengaruh waktu terhadap pertumbuhan AgNP	68
11. Hasil analisis FTIR ekstrak daun serai	72
12. Hasil analisis FTIR nanopartikel perak	73
13. Hasil perhitungan ukuran partikel kristal	78
14. Hasil uji KHM (konsentrasi Hambat Minimum) Nanopartikel Perak	83
15. Uji KBM (Konsentrasi bunuh minimum)	84

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Perbandingan Skala Material Nano dengan Berbagai Objek	9
2. Skema ilustrasi klasifikasi nanomaterial	12
3. Skema metode sintesis nanopartikel Sumber, (Saleh, 2020)	21
4. Skema sintesis nanopartikel Sumber, (Gour & Jain, 2019)	22
5. Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sel	27
6. Pola difraksi sinar-X untuk a. kristal ideal, b.kristal riil, c.nanokristal	29
7. Komponen peralatan SEM	32
8. Skema alat spektroskopi FTIR. (1) Sumber Inframerah (2) Pembagi Berkas (Beam Splitter) (3) Kaca Pemantul (4) Sensor Inframerah (5) Sampel (6) Display. Sumber, (Anam & Firdausi, 2007)	39
9 Tanaman Serai	41
10. Struktur Molekuler senyawa aromatik ekstrak serai	45
11. Spektrum perbandingan konsentrasi Ag dan pereduksi ekstrak etanol	64
12. Spektrum perbandingan konsentrasi Ag dan pereduksi ekstrak air	64
13. Spektrum Uv-Vis a. Ekstrak dan b. AgNO <sub>3</sub>	71
14. Hasil Uji FTIR (a) Ekstrak air (b) AgNP	72
15. Difraktogram nanopartikel perak	75
16. Topografi permukaan nanopartikel perak SEM perbesaran (a) 500, (b) 5000, (c) 10000	80
17. Analisis EDX nanopartikel perak	81
18. Penentuan (konsentrasi hambat minimum terhadap bakteri, a. Staphlococcus aureus, b. Eschericia coli.	101

19. Penentuan KBM, a. AgNP 1,5% bakteri E.coli, b. AgNP 0,75% bakteri E.coli, c. AgNP 1,5% bakteri S.Aureus, d. AgNp 0,75% bakteri S.aureus AgNp 0,75% bakteri S.Aureus.	101
20. Dokumentasi penelitian sintesis hijau nanopartikel perak	106

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Nomor</b>	<b>Halaman</b>
1. Skema kerja	90
2. Perhitungan	93
3. Hasil FTIR	94
4. Hasil pengukuran panjang gelombang dan absorbansi campuran pada preparasi nanopartikel perak.	97
5 .Hasil Analisis XRD	98
6. Hasil analisis EDX	100
7. Hasil uji aktivitas antibakteri	101
8. Surat hasil determinasi sampel	102
9. Dokumentasi kegiatan penelitian	103

## DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan Keterangan
AgNP	Nanopartikel perak
EDX	Energy dispersive X-ray
et al	Et alii, dan kawan-kawan
FTIR	Fourier transforms infrared
g	Gram, satuan dalam berat
ml	Milliliter, satuan dalam larutan
Nm	Nanometer, satuan ukuran partikel
SEM	Scanning electron microscopy
SPR	Surface Plasmon Resonance
Uv-Vis	Ultraviolet-visible, Spektrofotometeri uv
XRD	X-ray diffraction
$\theta$	Theta
$\mu$ l	Mikroliter

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Trend nanosains pada masa kini mengalami perkembangan pesat, nanosains khususnya banyak mendapatkan perhatian karena diklaim memiliki sifat optik, dan katalitik yang khas, sifatnya sangat dipengaruhi oleh ukuran, bentuk, monodispersitas, dan morfologi partikel (Aljabali et al. 2018).

Sintesis nanopartikel logam adalah bidang penelitian yang berkembang dalam ilmu material karena menunjukkan ukuran dan bentuk yang unik, nanopartikel logam khususnya logam perak memiliki sifat listrik, dan antibakteri yang kuat (Ren et al. 2019). Dalam proses reduksi nanopartikel yang dikenal dalam proses kimia menghasilkan residu beracun yang tidak dapat diterima untuk segala jenis aplikasi biomedis karena memiliki aktivitas oksidatif (Tortella et al. 2020).

Aktivitas oksidatif dari sintesis kimia menghasilkan efek yang dapat menginduksi sitotoksisitas, genotoksisitas, respon imunologis, dan apoptosis, hal tersebut dapat memicu berbagai penyakit degeneratif seperti, kanker, penyakit kardiovaskuler, katarak, dan disfungsi otak (Dien et al. 2014).

Pengembangan metode sintesis nanopartikel telah ada sejak dulu, diketahui bahwa ada metode jalur kimia dan fisika, akan tetapi hasil samping yang ikut diproduksi dalam rute kimia, beracun bagi lingkungan,



sedangkan untuk metode fisika, nanopartikel yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih mahal juga membutuhkan energi dan ruang yang tinggi (Pirtarighat,2019). Oleh karena itu, perlu dilakukan metode sintesis yang lebih aman, mudah, dan ekonomis.

Kekhawatiran terhadap nanopartikel perak yang dihasilkan dari sintesis dengan menggunakan metode kimia dan fisika, dianggap dapat menyebabkan kerusakan bagi lingkungan dan tubuh manusia, dari sebuah *article review* menyatakan bahwa meningkatnya penggunaan nanopartikel perak (AgNP) dari proses sintesis kimia menyebabkan paparan besar terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, nanopartikel perak (AgNP) dianggap beracun terhadap mamalia, invertebrata, atau mikroorganisme lainnya dimana komposisi komunitas mikroba air atau tanah berubah setelah terpapar residu bahan kimia sisa sintesis (Tortella et al. 2020).

Perkembangan metode sintesis nanopartikel yang lebih aman mengarah pada produksi nanopartikel dengan memanfaatkan makhluk hidup sebagai pereduksi, diantaranya dengan enzim bakteri, enzim jamur, dan ekstrak tanaman. Penggunaan ekstrak tanaman dianggap menguntungkan karena aksesibilitas yang lebih mudah, baik untuk memperoleh senyawa biokatif maupun pengerjaannya, aman, dan dalam banyak kasus tanaman tidak beracun sehingga dapat membantu mengurangi resiko terpapar ion perak (Behravan et al. 2019).

Senyawa metabolit sekunder dari tanaman yang dimanfaatkan dalam biosintesis termasuk terpenoid, flavonoid, keton, aldehid, amida,

dan asam karboksilat dapat membantu dalam mengurai ion perak, mempercepat pembentukan nanopartikel perak dan bertindak sebagai agen penstabil, sehingga hasil yang diperoleh juga baik dari segi karakteristik maupun fungsinya (Behravan et al. 2019).

Salah satu penerapan nanoteknologi adalah preparasi material yang berukuran 1-100 nm, nanopartikel memiliki sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dibandingkan partikel yang berukuran besar, nanopartikel memiliki banyak kegunaan seperti dalam bidang sains, teknologi, industri, dan kesehatan. Nanopartikel perak memiliki aplikasi yang besar dibidang teknologi farmasi, seperti salep, dan krim untuk luka terbuka dan luka bakar (Ren et al. 2019), karena sifat utama dari aktivitas nanopartikel perak adalah kemampuan membunuh yang tinggi terhadap bakteri (Khan 2019).

Aktivitas antibakteri nanopartikel perak yang kuat disebabkan karena ukuran partikel yang lebih kecil, stabil dan luas permukaan yang lebih besar, hal tersebut menyebabkan kelompok biomolekul seperti fosfatide, gugus amino, gugus karbonil, ion oksigen negatif, tiol dan ikatan disulfida dalam DNA membentuk ikatan koordinasi yang menyebabkan ion perak diserap kuat oleh permukaan sel bakteri dan menyebabkan kerusakan struktur sel (Ren et al. 2019).

Aktivitas antibakteri AgNP dipengaruhi oleh ukuran partikel perak, nanopartikel perak pada ukuran 23 nm memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan

*Pseudomonas syringe* dibandingkan dengan nanopartikel perak berukuran 90 dan 220 nm. Pengujian aktivitas antibakteri dengan sampel nanopartikel perak *Cymbopogon citratus* telah dilakukan oleh Ajay (2016) dengan metode dilusi cair dengan menentukan nilai MIC menunjukkan efek penghambatan pada strain antibakteri gram negatif dan gram positif dengan konsentrasi bervariasi antara 31,25-62,5 µl/ml. Semakin kecil ukuran nanopartikel perak maka semakin besar potensinya sebagai antibakteri.

Ekstrak serai telah berhasil digunakan sebagai bioreduktor untuk mendapatkan nanopartikel perak, penelitian yang dilansir dari Kamarudin *et.al*, (2019) berhasil menggunakan *Cymbopogon nardus* untuk memperoleh nanopartikel perak berbentuk bola dengan ukuran berkisar antara 10-50 nm. Ajayi (2017) menggunakan ekstrak serai yang telah dibasakan, pada penelitian ini ekstrak berhasil digunakan untuk mendapatkan nanopartikel bola dengan ukuran 10-33 nm, dan hasil FTIR mengidentifikasi gugus etilen sebagai bioreduktor dan *capping agent* untuk pembentukan nanopartikel (Ajayi and Afolayan 2017). Masurkar (2011) menggunakan *Cymbopogon citratus* sebagai bioreduktor yang direaksikan dengan Ag 1 mM, spektrum absorbansi campuran reaksi menunjukkan puncak disekitar panjang gelombang 430 nm, yang merupakan karakteristik nanopartikel perak, nanopartikel yang diperoleh dinyatakan memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *P.Mirabilis*, serta memiliki aktivitas antijamur

terhadap *Candida albicans*. Karakteristik nanopartikel perak menunjukkan struktur kubik dengan posisi *face centered crystal* (Masurkar *et al.*, 2011).

Pembentukan nanopartikel perak (AgNP) dipengaruhi parameter reaksi yaitu konsentrasi ekstrak, konsentrasi perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ), pH, waktu reaksi, dan suhu (Bala 2020). Dilansir dari Manosalva (2019) menunjukkan bahwa pH basa, dan konsentrasi  $\text{AgNO}_3$  berpengaruh signifikan terhadap distribusi ukuran rata-rata nanopartikel perak (Manosalva *et al.* 2019), konsentrasi perak, jumlah ekstrak dan kondisi ekstrak yang basa meningkatkan kemampuan reduksi (Khalil 2014), berdasarkan uraian diatas diketahui bahwa sifat fisik dan kimia dari nanopartikel perak dipengaruhi oleh parameter pada proses reaksi tersebut.

Beberapa penelitian terdahulu menjadi acuan pemilihan sampel, akan dilakukan pemeriksaan terhadap potensi ekstrak serai sebagai bioreduktor dengan mengamati perbedaan spektrum UV-Vis terhadap variasi parameter reaksi yang diberikan dan satu formula yang terbaik akan kemudian diamati karakteristik nanopartikel dengan FTIR (*Fourier Transform Infrared*), EDX (*Energy Dispersive X-ray*), XRD (*X-ray Diffraction*), dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), serta dilakukan uji aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*, dan *Eschericia coli*.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, rumusan penelitian ini adalah,

1. Bagaimana potensi ekstrak serai (*Cymbopogon citratus*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak (AgNP)?
2. Bagaimana serapan spektrum UV-Vis berdasarkan adanya perbedaan variasi konsentrasi Ag, ekstrak, pH, dan waktu kontak pada larutan nanopartikel perak (AgNP) selama reaksi?
3. Bagaimana karakteristik nanopartikel perak (AgNP) dengan bioreduktor ekstrak serai (*Cymbopogon citratus*) dengan menggunakan FTIR, EDX, SEM, dan XRD?
4. Bagaimana aktivitas antibakteri nanopartikel perak (AgNP) terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*?

## C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah,

1. Untuk mengetahui potensi ekstrak serai (*Cymbopogon citratus*) sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak.
1. Untuk memonitoring spektrum uv vis dengan perbedaan konsentrasi AgNO<sub>3</sub>, ekstrak serai (*Cymbopogon citratus*), pH, dan waktu reaksi
2. Untuk mengkarakterisasi serbuk nanopartikel perak (AgNP) dengan menggunakan analisis FTIR, EDX, SEM dan XRD.

3. Untuk menguji potensi aktivitas antibakteri dari nanopartikel perak (AgNP) terhadap bakteri gram negatif dan bakteri gram positif yang diwakili oleh bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

#### **D. Manfaat Penelitian**

##### **1. Manfaat Teoritis**

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang sains dan j8u.membantu peneliti dibidang yang sama untuk memperoleh referensi.

##### **2. Manfaat Praktis**

Peneliti berharap karya tulis ini dapat menjadi sumber baru yang dapat dikaji lebih lanjut untuk memperoleh antibakteri dengan memanfaatkan peluang terkecil melalui konsentrasi hambat minimum dari agen antibakteri, dan peneliti juga berharap dapat berkontribusi dalam mengembangkan metode sintesis ramah lingkungan sehingga meminimalisir toksisitas bagi manusia dan pencemaran lingkungan.

## **BAB II**

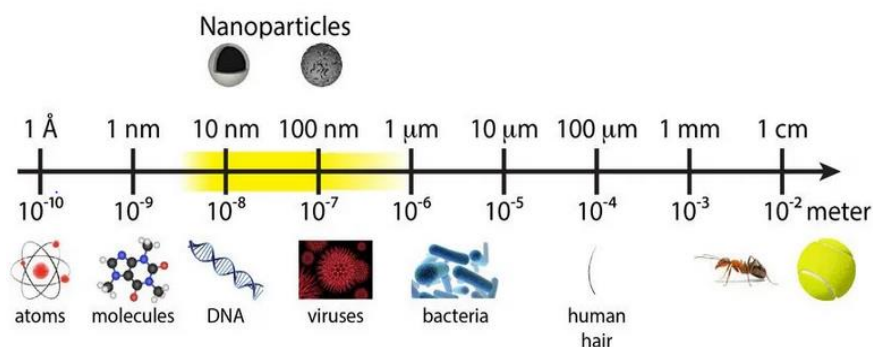
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Nanomaterial**

##### 1. Pengertian Nanomaterial, Nanosains, dan Nanoteknologi

Nanomaterial adalah studi bidang ilmu yang dikenal sebagai pondasi bagi nanosains dan nanoteknologi, nanosains didefinisikan sebagai studi tentang fenomena dan manipulasi bahan pada skala molekuler dan makromolekuler dimana sifatnya berbeda secara signifikan dari bahan asli yang berada pada skala yang lebih besar (Vajtai, 2013), bahan nano dicirikan setidaknya oleh satu dimensi dalam kisaran nanometer, satu nanometer (nm) adalah seperseribu meter atau  $10^{-9}$  m, satu nanometer kira-kira setara dengan 10 atom hidrogen atau 5 silikon yang sejajar dalam satu garis (Nuryadin, 2020).

Nanoteknologi merupakan pengetahuan dan kontrol material pada skala nano dalam dimensi antara 1-100 nanometer. Ukuran partikel yang sangat kecil tersebut dimanfaatkan untuk mendesain dan menyusun atau memanipulasi material sehingga dihasilkan material dengan sifat dan fungsi baru. Nanoteknologi merupakan teknologi unik yang dapat diaplikasikan dalam bidang teknologi informasi, farmasi dan kesehatan, pertanian, industri, dan lain-lain (Clunan *et al*,2014), berikut gambaran skala ukuran nano



**Gambar 1.** Perbandingan Skala Material Nano dengan Berbagai Objek  
 Sumber, (<https://warstek.com/2019/10/05/nanoteknologi-pertanian/>)

Salah satu bidang yang menarik minat banyak peneliti adalah pengembangan metode sintesis nanopartikel. Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia. Sintesis nanopartikel bermakna pembuatan partikel dengan ukuran yang kurang dari 100 nm dan sekaligus mengubah sifat atau fungsinya (Abdullah *et.al.*,2008).

Orang-orang umumnya ingin memahami lebih mendalam mengapa nanopartikel dapat memiliki sifat atau fungsi yang berbeda dari material sejenis dalam ukuran besar (bulk). hal utama yang menjadikan nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar yaitu karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar, Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain, dan ketika ukuran partikel menuju orde



nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum (Abdullah et al. 2008)

Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena berikut ini (Abdullah et al. 2008): Fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimbas pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimbas pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam keadaan bulk.

## 2. Potensi Kegunaan Nanomaterial

Potensi kegunaan nanoteknologi dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang diantaranya untuk mengembangkan sistem pangan, pertanian, kesehatan, tekstil, material, teknologi informasi, komunikasi, dan sektor energi. Menurut (Tsuzuki 2009) menyebutkan beberapa aplikasi penggunaan nanopartikel sebagai berikut:

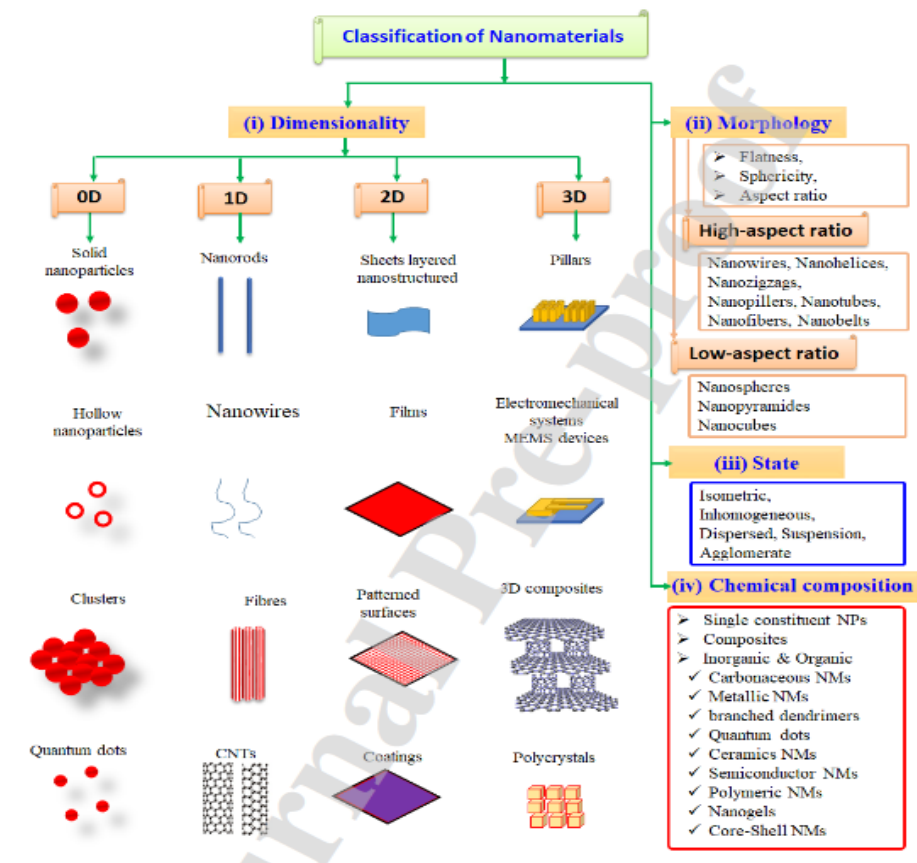
**Tabel 1.** Aplikasi penggunaan nanopartikel

No	Bidang	Kegunaan
1.	Kesehatan dan Biomedis	Terapi kanker, biomarker, pengantar obat, pencitraan (MRI,IR), antibakteri, pelepasan obat yang terkontrol, proteksi UV.
2.	Tekstil	Antinoda, bahan penghantar listrik, serat polimer alami/sintesis.
3.	Industri	Katalis bahan kimia, pigmen nano, tinta nano, teknik reaktif indeks.
4.	Pangan dan Pertanian	Nutrasetikal, fungisida, katalis pemroses makanan, sensor analisis keamanan pangan, pengemas makanan
5.	Elektronik	Sensor dengan sensitivitas yang tinggi, komputer quantum, sensor kimia, sensor gas, magnet, sensor gas, magnet berkekuatan tinggi, laser kuantum.
6.	Lingkungan	Sensor pengawasan polusi, katalis lingkungan, penangkap polutan, penanganan air limbah
7.	Energi	Katalis <i>fuel cell</i> , fotokatalisis produksi hidrogen, katalis zat tambahan bahan bakar.

Sumber: Tzusuki,2019

### 3. Klasifikasi Nanomaterial

Nanomaterial secara umum diklasifikasikan berdasarkan kategori morfologi, ukuran, sifat kimia, dan dimensi (Khan 2019) Kategori nanomaterial berdasarkan morfologinya memiliki ciri-ciri utama seperti kemiringan, kerataan, kebulatan, dan rasio aspek, morfologi rasio aspek terbagi lagi menjadi aspek tinggi dan aspek kecil, morfologi rasio aspek tinggi mencapai bentuk zigzag, heliks, dan sabuk, sedangkan morfologi rasio aspek kecil umumnya berbentuk bulat, lonjong, kubik, prisma, heliks, atau pilar (Sudha et al. 2018). Gambar berikut menunjukkan klasifikasi secara umum:



**Gambar 2.** Skema ilustrasi klasifikasi nanomaterial  
Sumber, (Saleh 2020).

Sesuai keseragaman nanopartikel dapat diklasifikasikan sebagai andaglomerat isometrik dan tidak homogen atau terdispersi, aglomerasi ini bergantung pada sifat elektromagnetik, magnetisme, dan muatan permukaan nanopartikel, aglomerasi nanopartikel dalam cairan bergantung pada morfologi dan fungsionalisasi, yang menghasilkan hidrofobitas atau hidrofilitas, nanopartikel dengan morfologi yang berbeda termasuk nanorod, nanozigzag, nanohook, nanostars, nanucubes, nanohelices, dan naoplates (Saleh 2020).

Klasifikasi nanomaterial berdasarkan karakteristik kimia dan elektromagnetiknya dapat berada dalam bentuk terdispersi, suspensi, dan koloid atau dalam keadaan teraglomerasi, misalnya nanopartikel magnetik cenderung mengelompok dalam keadaan menggumpal kecuali jika permukaannya berfungsi sebagaimana mestinya, berdasarkan komposisi kimianya nanomaterial dapat diklasifikasikan ke dalam berbagai kategori, seperti nanopartikel konstituen tunggal dan nanokomposit, serta logam nanomaterial yang dibuat dari logam seperti perak, tembaga, besi, alumina, seng, titania, dan silika. Nanokomposit adalah material yang menggabungkan nanopartikel ke dalam matriks material standar untuk meningkatkan sifat seperti kekuatan mekanik, ketangguhan, konduktivitas, listrik, atau termal (Saleh 2020)

Berdasarkan dimensional, nanomaterial terbagi menjadi 0-dimensional (0D), 1-dimensional (1D), 2-dimensional (2D), dan 3-dimensional. Adapun ukurannya diklasifikasikan dari kisaran 1- 100 nm (Sudha et al. 2018).

0D (dimensi nol) merupakan nanomaterial yang semua bagian dimensinya termasuk dalam skala nano, yaitu berukuran di bawah 100 nm. 0D termasuk nanomaterial yang berbentuk bola, kubus, nanorod, poligon, bola berongga, logam, dan inti kulit nano serta titik kuantum, nanomaterial 1 dimensi (1D) adalah nanomaterial dengan 1 dimensinya bukan berskala nano, 1D mencakup filamen, atau serat logam, polimer, keramik, nanotube, dan nanorod, kawat nano, dan serat nano.

Nanomaterial 2 dimensi (2D) hanya memiliki 1 dimensi yang berada dalam skala nano, 2D mencakup lapisan tunggal dan banyak lapisan, kristal, atau amorf, film tipis, pelat nano, dan nanocoating, sedangkan material 3 dimensi (3D) memiliki berbagai dimensi yang melebihi 100 nm (Saleh 2020)

Berdasarkan komposisi nanomaterial, klasifikasinya dibagi atas empat jenis utama yaitu;

a. Nanomateril Karbon

Nanomateril (NM) karbon biasanya berbentuk bola berongga, ellipsoid, atau tabung. Karbon adalah unsur dari dalam kerak bumi yang jumlahnya melimpah bahkan dikatakan yang paling melimpah ke 15. Alotrop karbon termasuk karbon amorf, grafit, dan intan. Karbon memiliki sifat yang unik, beragam. NM karbon berbentuk bola dan ellipsoidal disebut sebagai fullerene sedangkan yang silinder sebagai CNT. NM karbon berbentuk heksagonal dalam keadaan dasarnya dengan ikatan sp<sup>2</sup> dan fullerene adalah jenis yang paling mencolok dalam dunia penelitian karena memiliki keadaan yang simetris (Dai 2002).

b. Nanomaterial komposit

Komposit berarti gabungan atau campuran bahan hasil rekayasa yang terdiri atas dua bahan, yang antara bahan satu dengan lainnya berbeda secara fisik maupun kimia. Komposit berarti material padat yang salah satu fasanya memiliki dimensi kurang dari 100 nm. Material komposit memungkinkan peningkatan kapasitas adsorpsi material melalui

beberapa jenis interaksi, seperti interaksi elektrostatik, interaksi n- $\pi$  antara elektron, pasangan elektron bebas yang terdelokalisasi ke dalam orbital, ikatan hidrogen dipol-dipol, dan ikatan H yoshida (Saleh 2020).

c. Nanomaterial (NM) berbasis organik

NM berbasis organik terutama terdiri atas senyawa organik, seperti lipid, karbohidrat, atau zat polimer berkisar dari 10 nm hingga 1  $\mu$ m, nanomaterial khususnya nanopartikel (NP) polimer menarik perhatian para peneliti karena memiliki integritas struktur yang tinggi, stabilitas, dan pelepasan dalam bentuk sediaan yang terkontrol. Dimana pada beberapa penelitian, NP polimer, dendrimer, liposom, dan misel telah terbukti berpotensi sebagai sistem penghantaran obat.

d. Nanopartikel Logam

Nanopartikel logam seperti emas, besi, perak, dan nanopartikel logam lainnya dilaporkan memiliki sifat kimia, optik, dan listrik, sebagai contoh bahwa nanopartikel besi dapat disintesis dan dibuat dengan gabungan sonoelektrokimia dan ultrasonik, ukuran nanopartikel logam bergantung pada prosedur sintesisnya, semisal mengurangi ukuran partikel ke skala nanometer, celah pita struktur elektronik diubah menjadi level elektronik, dengan mengecilnya ukuran nanometer, atom-atom dipermukaan material akan menjadi lebih aktif karena jarak antara koordinat atom dan situs tak jenuh semakin bertambah, area permukaan aktif nanopartikel logam merupakan properti penting untuk beberapa aplikasi seperti proses katalisis dan adsorpsi, secara umum nanopartikel

logam dapat menyerap cahaya melalui transisi antara-pita seperti Pt, Pd, Ni dan Ru serta transisi intra band seperti Al, Ag, Au, dan Cu, kemudian terdapat studi sebelumnya melaporkan bahwa aktivitas katalitik Np logam dapat ditingkatkan dengan adanya iradiasi cahaya (Saleh 2020).

Mie (1908) memberikan deskriptif kuantitatif dari perilaku perubahan warna nanopartikel dalam larutan, karakteristik penting dari nanopartikel logam meliputi; Rasio luas permukaan ke volume yang besar, Energi permukaan yang besar, Struktur elektronik spesifik, yaitu kepadatan lokal yang disediakan oleh transisinya antara keadaan molekuler dan logam, Kurungan kuantum berbagai jenis nanopartikel logam telah disintesis berupa perak, emas, tembaga, dan logam lainnya.

Logam menunjukkan sifat optik yang lebih menarik dibandingkan molekul, dan semikonduktor, logam mendukung plasmon yang merupakan osilasi kolektif dari banyak elektron material. Dimana ketika ukuran nanopartikel logam lebih kecil dari 100 nm, absorbansi plasmon ditunjukkan pada wilayah spektrum elektromagnetik yang terlihat, sehingga dapat dilihat dalam bentuk larutan berwarna, salah satu karakteristik unik dari eksitasi plasmon adalah konversi energi cahaya menjadi pemanasan yang ekstrim dan sangat terlokalisasi pada permukaan partikel ini. Eksitasi plasmon oleh eksitasi berdenyut adalah laser, sedangkan eksitasi plasmon secara terus menerus adalah sinar matahari (Alarcon 2015)

Nanopartikel (NP) logam murni terbuat dari prekursor logam, karakteristik resonansi plasmon permukaan lokal cukup terkenal,

sehingga NP logam memiliki sifat optoelektronik yang unik. Nanopartikel logam terdiri atas beberapa macam yaitu Cu, Ag, dan Au.

Logam-logam tersebut memiliki pita serapan yang luas di zona tampak spektrum elektromagnetik, nanopartikel logam yang memiliki sifat optik yang unik menyebabkan nanopartikel logam tersebut memiliki pengaplikasian yang luas (Khan 2019). Pada penelitian ini peneliti hanya akan membahas logam Ag yaitu nanopartikel perak.

#### 1. Pengertian Nanopartikel Perak

Nanopartikel Perak (AgNP) adalah nanopartikel logam yang menarik para ilmuwan untuk disintesis melalui sintesis hijau karena sifat anti bakterinya yang unik bersama dengan reduksi yang mudah dari perak monovalen menjadi perak metalik, perak juga menunjukkan efisiensi tertinggi, perak dapat dimanfaatkan dalam bidang aplikasi yang luas seperti kedokteran, farmasi, tekstil, dan optik (Gour dan Jain, 2019).

Silver (perak) adalah logam transisi yang dapat melakukan beberapa proses oksidasi dan dapat mengoksidasi zat lain. Perak umumnya digunakan karena salah satu sifatnya yang minim toksik. Ion perak bersifat netral dalam air, tahan asam, garam, dan berbasah lemah. Stabilitas perak sangat baik terhadap panas dan cahaya. Ion perak sangat unik. Ion perak akan membawa tegangan elektrostatik karena telah kehilangan elektron valensi (Subagio, 2011).

Nanopartikel perak atau nanosilver memiliki serapan dan sebaran cahaya yang sangat efisien, serta tidak seperti bahan lainnya.



Nanopartikel perak memiliki warna yang bergantung dari ukuran dan bentuk partikel. Nanopartikel perak memiliki sifat optik, listrik, dan termal yang unik dan dapat digabung dengan produk seperti photovoltaics, sensor biologi dan kimia lainnya. Salah satu contoh aplikasinya adalah pasta dan tinta konduktif yang memanfaatkan nanopartikel perak untuk konduktivitas listrik tinggi, stabilitas, dan suhu sintering rendah. Aplikasi tambahan mencakup diagnostik molekuler dan perangkat fotonik yang mengambil keuntungan dari sifat optik nanomaterial ini. Karakteristik yang paling relevan dari nanopartikel perak adalah reaktivitas kimianya. Nanopartikel perak menyerap cahaya pada panjang gelombang dengan karakteristik tertentu (karena plasmon permukaan metalik) mengarah warna kuning. Melihat sifat optik yang dimiliki, penambahan nanopartikel perak dengan nanopartikel dari logam lain dapat disetel untuk membuat filter optik yang bekerja berdasarkan daya serap nanopartikel (Oldenburg, 2011).

Komponen poliol maupun heterosiklik larut air yang terdapat didalam tanaman merupakan komponen utama yang bertanggung jawab terhadap reduksi ion perak dan menstabilkan perak, adanya reduktase dalam tanaman dapat mempengaruhi stabilitas nanopartikel perak dan juga berperan dalam proses sintesis nanopartikel perak.

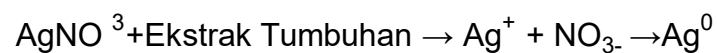
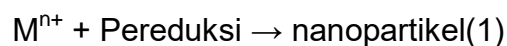
#### 4. Metode Sintesis Nanopartikel

Sintesis nanopartikel dapat dilakukan dalam fasa padat, cair, maupun gas. Proses sintesis pun dapat berlangsung secara fisika atau

kimia. Proses sintesis secara fisika tidak melibatkan reaksi kimia. Yang terjadi hanya pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer, atau penggabungan material berukuran sangat kecil, seperti kluster, menjadi partikel berukuran nanometer tanpa mengubah sifat bahan. Proses sintesis secara kimia melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (precursor) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer. Contohnya adalah pembentukan nanopartikel garam dengan mereaksikan asam dan basa yang bersesuaian (Abdullah et al. 2008).

Reaksi yang terjadi dari proses sintesis nanopartikel perak adalah reaksi reduksi oksidasi, dimana ekstrak bertindak sebagai reduktor yang menyebabkan  $\text{Ag}^+$  yang bermuatan satu positif, gugus fungsi pada senyawa metabolit sekunder mengalami oksidasi yaitu bertindak sebagai pendonor elektron ke ion  $\text{Ag}^+$  untuk membentuk senyawa Ag partikel nano (Fabiani et al. 2018)

Nanopartikel logam mempunyai struktur tiga (3) dimensi berbentuk seperti bola (solid). Partikel ini dibuat dengan cara mereduksi ion logam menjadi logam yang tidak bermuatan (nol). Reaksi yang terjadi adalah



dengan: M adalah ion logam yang akan dibuat menjadi nanopartikel, sebagai contoh: Au, Pt, Ag, Pd, Co, Fe, dan n adalah muatan logam. Sedangkan contoh dari zat pereduksi adalah natrium sitrat, borohidrat,  $\text{NaBH}_4$ , dan alkohol. Proses ini terjadi atas adanya transfer elektron dari

zat pereduksi menuju ion logam. Faktor yang mempengaruhi sintesis nanopartikel antara lain: konsentrasi reaktan, molekul pelapis (*capping agent*), suhu dan pengadukan (Tortella et al. 2020)

Sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan dengan metode-metode sebagai berikut:

a. Metode Top-Down

Metode Top Down merupakan proses sintesis nanopartikel secara fisika, dimana terjadi atas pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer. Metode ini dapat juga diartikan penggabungan material berukuran sangat kecil, seperti kluster, menjadi partikel berukuran nanometer tanpa mengubah sifat bahan (Abdullah et al. 2008).

b. Metode Bottom-Up

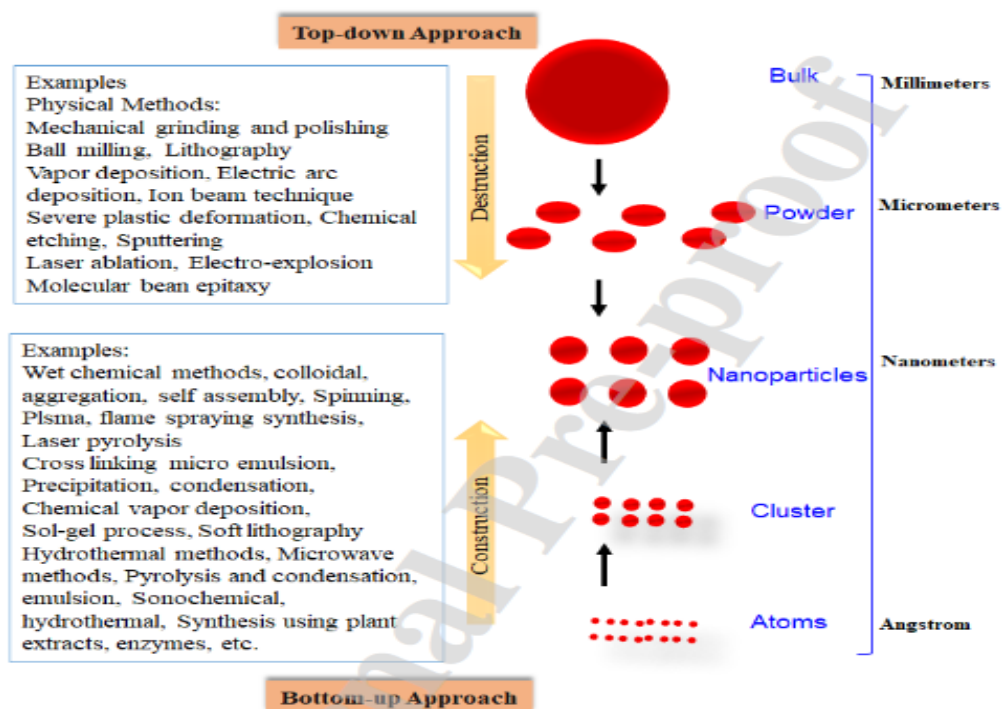
Metode ini merupakan proses sintesis nanopartikel secara kimia dengan melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (*precursor*) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer. Contohnya adalah pembentukan nanopartikel garam dengan mereaksikan asam dan basa yang bersesuaian (Abdullah et al. 2008).

c. Biosintesis

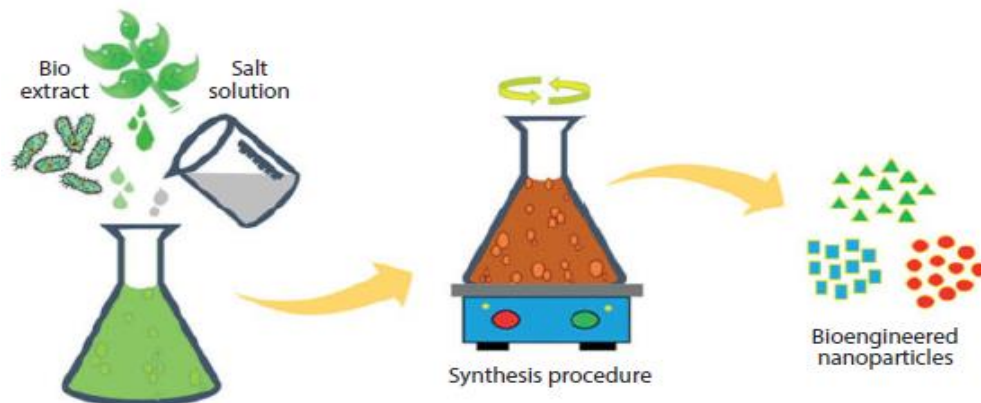
Biosintesis merupakan pendekatan hijau dan ramah lingkungan untuk sintesis nanopartikel yang tidak beracun dan bidegradable, biosintesis menggunakan bakteri, ekstrak tumbuhan, dan jamur dengan prekursor pensintesisnya untuk tujuan bioeduksi dan pembatasan. Diketahui bahwa nanopartikel yang diperoleh melalui jalur biosintesis

memiliki sifat unik dan memiliki kemampuan pengaplikasian dibidang biomedis (Ealias and Saravanakumar 2017).

Metode ini merupakan proses sintesis yang melalui jalur biologi, mulai dikembangkan karena dianggap lebih efisien dan lebih aman dibandingkan dengan metode fisika dan kimia yang telah dilakukan sebelumnya, metode yang terlibat biasanya lebih sederhana, ramah lingkungan dan prosesnya terjadi dalam satu pot yang kompatibel secara alami, telah terbukti bahwa kemampuan reduktif dari protein dan metabolit yang terdapat dalam sistem biologis dapat mengubah ion logam anorganik menjadi logam nanopartikel logam, bahan yang diapat digunakan sebagai reduktor dapat berasal dari tumbuhan, bakteri, dan enzim, gambar dibawah menunjukkan skema dasar dari mekanisme sintesis nanopartikel:



**Gambar 3.** Skema metode sintesis nanopartikel  
Sumber, (Saleh 2020)



**Gambar 4.** Skema sintesis nanopartikel  
Sumber, (Gour and Jain 2019)

Sintesis hijau daun bagi sebagian kalangan peneliti menyebutnya sebagai proses fitosintesis, dimana fitosintesis nanopartikel melibatkan bagian tanaman seperti bagian batang, akar, daun, biji, dan bunga untuk pembuatan nanopartikel. Fitosintesis melibatkan beberapa langkah dalam proses pembentukannya yaitu proses pengumpulan sampel hingga penambahan perak nitrat sebagai langkah proses terjadi dari reaksi antara senyawa fitokimia tanaman dan perak nitrat (Bala 2020).

Ekstrak fitokimia mampu memberikan fungsi dalam bentuk nanopartikel sebagai stabilisator, beberapa fitokimia tersebut diantaranya adalah terpenoid, alkaloid, polifenol, flavanoid, vitamin, dan kuinon dapat berperan ganda sebagai pereduksi dan penstabil (Ahmed 2020) .

Nanopartikel perak yang dimediasi tanaman sebagian besar terpolidespirasi hal tersebut disebabkan karena ekstrak tanaman mengandung zat pereduksi yang berbeda, karakteristik meliputi ukuran dan bentuk yang seragam dapat dipertahankan dengan pengaruh

parameter reaksi konsentrasi perak, konsentrasi ekstrak, waktu reaksi, suhu, dan pH (Ahmed 2020).

## B. Karakterisasi Nanopartikel Perak

Nanopartikel dapat dikarakterisasi menggunakan teknik spektroskopi dan mikroskopi sebagaimana tabel berikut:

**Tabel 2.** Teknik karakterisasi nanopartikel

	<b>Teknik</b>	<b>Fungsi</b>
<b>Spektroskopi</b>	UV-Visible	Sifat optik, sintesis, dan stabilitas nanopartikel
	FTIR (Fourier Transform Infrared)	Menyelidiki fungsi fitokimia yang berlaku dalam proses sintesis
	XRD (X-Ray Diffraction)	Menentukan struktur kristal, dan ukuran partikel
<b>Mikroskopi</b>	SEM (Scanning Electron Microscope)	Distribusi ukuran partikel, morfologi, dan topografi
	TEM (Transmission Electron Microscope)	Morfologi, bentuk, dan ukuran.
	AFM (Atomic Force Microscope)	Morfologi permukaan, bentuk, dan ukuran

Sumber: (Bala 2020)

Riset atau kegiatan penelitian dibidang nanopartikel ini tidak akan terlepas dari kegiatan karakterisasi atau pengukuran sebagai cara untuk mengetahui material yang telah disintesis sudah memenuhi kriteria nanostruktur atau belum, selain itu kegiatan karakterisasi juga memberikan informasi tentang sifat-sifat fisik dan kimiawi nanopartikel tersebut

Penentuan struktur dan permukaan merupakan hal yang mendasar dalam riset nanomaterial, visualisasi nanostruktur memerlukan peralatan yang mampu mengkarakterisasi dalam tingkat molekuler dan atomik, hal

itu tidak hanya penting untuk memahami sifat-sifat dasar nanostruktur, namun juga untuk mengeksplorasi fungsi dan kinerja sehingga dapat diterapkan secara teknologi.

#### 1. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer merupakan alat untuk mempelajari interaksi sinar elektromagnetik dengan materi, gelombang elektromagnetik yang digunakan berkisar 80-800 nm, energi elektromagnetik akan diubah menjadi besaran listrik dan melalui amplifier akan diubah menjadi besaran yang dapat diamati berbagai bentuk radiasi elektromagnetik dan yang paling mudah dilihat adalah cahaya atau sinar tampak, contoh lain dari radiasi elektromagnetik adalah radiasi sinar gamma, sinar X, ultraviolet, inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Energi, panjang gelombang, frekuensi, tipe radiasi, tipe spektroskopi, dan sifat berbagai radiasi elektromagnetik (Maria, 2010).

Prinsip dasar penyerapan penyerapan radiasi elektromagnetik pada spektrofotometer berdasarkan hukum *Lamber-beer*, hukum *lambert- beer* menyatakan bahwa setiap lapisan dengan ketebalan yang sama dari sebuah medium penyerap, akan menyerap sejumlah fraksi yang sama dari energi radiasi yang melewatinya, fraksi energi radiasi yang dipancarkan oleh medium penyerap dengan ketebalan tertentu tidak bergantung pada intensitas radiasi yang datang dengan syarat radiasi tersebut tidak merusak secara fisik maupun kimia terhadap medium, rumus hukum *Lambert* adalah (Maria, 2010):

Spektrofotometer UV-Vis adalah metode analisis menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat dan sinar tampak pada instrumen spektrofotometer. Spektrofotometer adalah alat yang terdiri atas spektrometer dan fotometer. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan, atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Daerah visibel dari spektrum berada pada rentang panjang gelombang 380 nm (ungu) hingga 740 nm (merah). Spektrofotometer UV-Vis menganalisis pada panjang gelombang dengan rentang 200-900 nm. Salah satu cara untuk mengetahui karakteristik nanopartikel adalah menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Dalam periode waktu yang singkat, spektrofotometer memindai secara otomatis seluruh komponen panjang gelombang dalam daerah tertentu (Kartika 2020).

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengkaji sifat absorpsi material dalam rentang panjang gelombang ultraviolet (mulai sekitar 200 nm) hingga mencakup semua panjang gelombang cahaya tampak (sampai sekitar 700 nm). Spektrofotometer UV-vis digunakan untuk analisis kualitatif ataupun kuantitatif suatu senyawa (Fessenden dan Fessenden, 1986).

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri

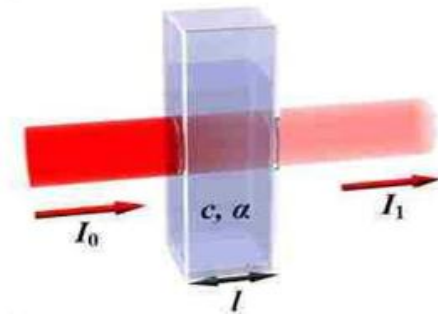


disebut spektrofotometer. Cahaya yang dimaksud dapat berupa cahaya visibel, UV dan inframerah, sedangkan materi dapat berupa atom dan molekul namun yang lebih berperan adalah elektron valensi (Maria, 2010).

Proses Absorpsi Cahaya pada Spektrofotometri: Ketika cahaya dengan panjang berbagai panjang gelombang (cahaya polikromatis) mengenai suatu zat, maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu saja yang akan diserap. Di dalam suatu molekul yang memegang peranan penting adalah elektron valensi dari setiap atom yang ada hingga terbentuk suatu materi. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi) dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi (Kartika 2020).

Jika zat menyerap cahaya tampak dan UV maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik. Apabila cahaya yang diserap adalah cahaya inframerah maka elektron yang ada dalam atom atau elektron ikatan pada suatu molekul dapat hanya akan bergetar (vibrasi). Sedangkan gerakan berputar elektron terjadi pada energi yang lebih rendah lagi misalnya pada gelombang radio. Atas dasar inilah spektrofotometri dirancang untuk mengukur konsentrasi suatu zat yang ada dalam suatu sampel. Dimana zat yang ada dalam sel sampel disinari dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu. Ketika cahaya mengenai sampel sebagian akan diserap, sebagian akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan (Kartika 2020).

Pada spektrofotometri, cahaya datang atau cahaya masuk atau cahaya yang mengenai permukaan zat dan cahaya setelah melewati zat tidak dapat diukur, yang dapat diukur adalah  $I_t/I_0$  atau  $I_0/I_t$  (perbandingan cahaya datang dengan cahaya setelah melewati materi (sampel)). Proses penyerapan cahaya oleh suatu zat dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 5.** Proses penyerapan cahaya oleh zat dalam sel  
(Sumber: Kartika 2020)

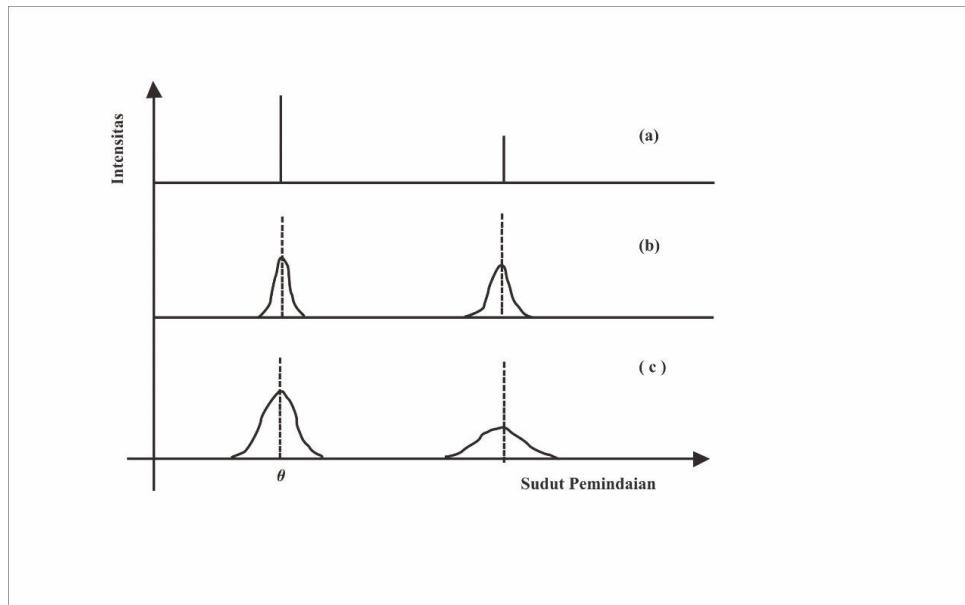
Spektrofotometri UV-Visibel digunakan untuk mendeteksi dan mengkonfirmasi terbentuknya nanopartikel perak, sebagai bentuk hasil akan ditunjukkan puncak penyerapan sebagai bentuk perwujudan nanopartikel perak, puncak penyerapan menunjukkan pergeseran merah ketika ukuran partikel meningkat, karena lebih sedikit energi yang dibutuhkan untuk menarik elektron ke permukaan resonansi plasma (Bala 2020). Sedangkan meningkatnya nilai absorbansi menunjukkan jumlah nanopartikel perak yang bertambah, stabilitas nanopartikel perak kerap kali dikaitkan dengan intensitas spektrum pada keadaan yang tidak semakin besar seiring waktu, dan absorbansi yang semakin besar selama proses reaksi yang ditentukan (Prasetyaningtyas dkk, 2020).

## 2. X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi merupakan salah satu karakteristik sifat gelombang dalam patikel yang terjadi karena interkasi antara dua atau lebih gelombang yang memiliki frekuensi sama dan sefasa, sifat tersebut dapat digunakan untuk mengekstraksi struktur kristal, gambar (9) dibawah menunjukkan ilustrasi difraksi gelombang, Dua berkas sinar berupa gelombang planar yang memiliki frekuensi dan fasa yang sama, ketika mengenai permukaan benda padat dengan sudut datang sama  $\theta$  maka akan dipantulkan. Berkas sinar-1 dipantulkan oleh atom-atom berikutnya pada bidang A, sedangkan berkas sinar-2 dipantulkan oleh atom-atom berikutnya pada bidang B sedikit di bawah bidang A. Setelah pemantulan berkas sinar-2 merambat dengan lintasan lebih panjang sebesar  $2d_{hkl} \sin \theta$  dari berkas sinar-1. Agar kedua sinar tetap sefasa dan membentuk difraksi konstruktif, maka beda lintasan harus sama dengan perkalian bilangan bulat panjang gelombang atau  $n\lambda$ . Secara matematis dinyatakan dalam persamaan yang disebut hukum Bragg's (lin Nurhasanah,2017)

Sinar-X telah banyak digunakan untuk mengkarakterisasi struktur material padat, salah satu alat yang memanfaatkan sinar-X adalah difraktometer sinar-X (*X-Ray diffractometry/XRD*). *XRD* merupakan peralatan utama yang digunakan untuk mengetahui fase kristal. Alat karakterisasi ini bersifat non-destruktif dan tidak memerlukan preparasi sampel yang rumit dengan jumlah sampel beberapa miligram (lin Nurhasanah,2017)..

Berdasarkan hukum Bragg's. Intensitas sinar-X yang terdifraksi diukur sebagai fungsi dari sudut  $2\theta$  dan orientasi sampel. Pola difraksi yang akan terbentuk untuk kristal ideal berdasarkan hukum Bragg's ditunjukkan oleh gambar berikut



**Gambar 6.** Pola difraksi sinar-X untuk a. kristal ideal, b.kristal riil, c.nanokristal  
Sumber. Iis Nurhasanah, 2017

Difraksi hanya dapat teramati pada sudut  $\theta$  tertentu (sudut Bragg) untuk setiap bidang kristal, nanopartikel atau nanokristal memiliki ukuran/bulir yang kecil, sehingga dalam bidang hanya tersusun beberapa atom, oleh karenanya puncak difraksi akan melebar dan menyebar seperti tampak pada gambar (6).

Pola difraksi digunakan untuk mengidentifikasi fase kristalin dan mengukur sifat-sifat struktur yang meliputi, konstanta kisi, orientasi kristal tunggal, orientasi dominan pada polikristal, cacat, ukuran kristalit dan regangan kisi (strain) posisi puncak-puncak difraksi yang terukur secara

akurat oleh XRD menjadikannya sebagai metode terbaik untuk mengkarakterisasi reagen homogen maupun inhomogen (iin Nurhasanah,2017).

Reagen elastis homogen (*uniform*) menyebabkan pergeseran posisi puncak difraksi. Berdasarkan pergeseran tersebut dapat dihitung jarak spasi (*d-spacing*) yang merupakan hasil perubahan konstanta kisi akibat regangan. Reagen inhomogen menyebabkan pelebaran puncak difraksi dan meningkat terhadap  $\sin \theta$  (lin Nurhasanah,2017).

Ukuran rata-rata kristal partikel dapat dihitung menggunakan rumus Scherrer yaitu:

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

Persamaan 1. rumus hitung ukuran partikel kristal

Dimana D adalah ukuran kristal bubuk, K adalah konstanta Scherrer yang besarnya tergantung pada faktor bentuk kristal, bidang (hkl) difraksi dan defenisi besaran  $\beta$  yang digunakan, apakah sbagai *full width at half maximum* (FWHM) atau integrall breadth dari puncak.  $\lambda$  adalah pada panjang gelombang sinar-X,  $\theta$  adalah sudut difraksi bragg, dari persamaan 2 dapat diamati bahwa lebar puncak bervariasi dengan sudut 2theta dalam bentuk  $\cos(\theta)$ .

### 3. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Topografi dan komposisi kimia permukaan material dapat diamati menggunakan *Scanning electron microscopy* (SEM), prinsip kerja SEM

berdasarkan interaksi elektron dan benda padat resolusi SEM mendekati beberapa nanometer dan peralatannya dapat beroperasi dengan perbesaran yang dapat diatur dari 10-300.000. sumber elektron difokuskan menjadi gelombang dengan ukuran spot yang sangat kecil ( $\sim 5\text{nm}$ ) dan memiliki energi dalam rentang beberapa ratus eV – 50 KeV yang dikenakan pada permukaan sampel. Ketika elektron mengenai permukaan sampel padatan terjadi interaksi yang menghasilkan emisi elektron dan foton dari sampel (Lin Nurhasanah, 2017).

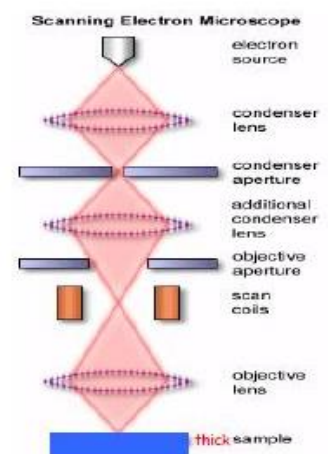
Citra SEM dihasilkan oleh sekumpulan elektron yang teremisi pada tabung sinar katoda (*Cathode ray tube/CRT*). Citra yang dihasilkan SEM berdasarkan jenis interaksi berkas elektron dengan sampel, dikelompokkan menjadi tiga jenis;

- a. Citra elektron sekunder
- b. Citra elektron *backscattering*
- c. Peta elemen sinar-X

Interaksi elektron primer yang memiliki energi lebih tinggi dengan atom akan menghasilkan hamburan in- elastis dengan elektron atom atau hamburan elastis dengan inti atom. Dalam hamburan in-elastis sebagian energi elektron primer ditransfer ke elektron lain. Bila energi elektron yang ditransfer cukup besar elektron lain akan teremisi dari sampel. Elektron yang teremisi memiliki energi kurang dari 50 eV, selanjutnya disebut elektron sekunder. Elektron *backscatter* merupakan elektron berenergi tinggi yang terhambur elastik dan biasanya memiliki energi yang sama

dengan energi elektron primer (elektron datang). Probabilitas *backscattering* bertambah terhadap bilangan atom sampel (lin Nurhasanah,2017).

SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik, hal tersebut dikarenakan oleh panjang gelombang de Broglie yang dimiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik, makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop (Khairurrijal 2014).



**Gambar 7.** Komponen peralatan SEM

Sumber, <https://materialcerdas.wordpress.com/teori-dasar/transmission-electron-microscopy-tem/>

#### 4. *Transmission Electron Microscopy (TEM)*

TEM digunakan untuk menggambarkan morfologi sampel yang tipis (<200 nm). Elektron dipercepat menjadi berenergi 100 KeV atau lebih (Sampai 1 MeV) dan diproyeksikan ke sampel oleh sistem lensa kondensator. Kemudian elektron menembus sampel tanpa terdefleksi ataupun terdefleksi. Keunggulan TEM adalah memiliki perbesaran tinggi dalam rentang  $50-10^6$  dan kemampuannya untuk memberikan informasi gambar dan difraksi sampel tunggal (lin Nurhasanah,2017).

Proses hamburan yang dialami elektron selama perambatannya melalui sampel menentukan jenis informasi yang diperoleh. Hamburan elastis tidak melibatkan kehilangan energi dan memberikan pola difraksi, interaksi *in-elastis* antara elektron primer dan elektron sampel pada heterogenitas, seperti batas bulir, dislokasi, fase partikel kedua, cacat, variasi kerapatan dan lain-lain, menyebabkan absorpsi kompleks dan efek hamburan yang memberikan variasi spasial intensitas elektron yang ditransmisikan.

Pada TEM, sampel yang sangat tipis ditembak dengan berkas electron yang berenergi sangat tinggi(dipercepat pada tegangan ratusan kV). Berkas electron dapat menembus bagian yang "lunak" sampel tetapi ditahan oleh bagian keras sampel (seperti partikel). Detektor yang berada di belakang sampel menangkap berkas electron yang lolos dari bagian lunak sampel. Akibatnya detector menangkap bayangan yang bentuknya sama dengan bentuk bagian keras sampel (bentuk partikel) (Khairurrijal 2014).

Dalam pengoperasian TEM yang paling sulit dilakukan adalah mempersiapkan sampel. Sampel harus setipis mungkin sehingga dapat ditembus electron. Sampel ditempatkan di atas grid TEM yang terbuat dari tembaga atau karbon. Jika sampel berbentuk partikel, biasanya partikel didispersi di dalam zat cair yang mudah menguap seperti etanol lalu ditetaskan ke atas grid TEM. Jika sampel berupa komposit partikel di dalam material lunak seperti polimer, komposit tersebut harus diiris tipis



(beberapa nanometer). Alat pengiris yang digunakan adalah microtome (Khairurrijal 2014).

##### 5. *Particle Size Analyzer (PSA)*

*Particle size analyzer* merupakan salah satu alat yang digunakan untuk melakukan pengujian distribusi ukuran partikel berukuran nanometer, dimana sebelum suatu sediaan atau bahan berbentuk nanopartikel digunakan dalam pengaplikasian perlu diketahui ukuran partikelnya secara pasti (Nuraeni *et.al.*, 2013).

Jika  $1/1.000.000.000$  m adalah sebuah ukuran yang sangat kecil, tetapi karakteristik material dapat menjadi berbeda setelah menjadi nanomaterial, hal tersebut dapat terjadi karena nanomaterial memiliki *surface area* yang besar daripada material awalnya sehingga dapat meningkatkan reaktivitas kimia dan meningkatkan kekuatan sifat elektronik. Atau, efek kuantum yang mendominasi bahan dari skala nano terutama pada pengaruh optikal dan sifat material, yang menyebabkan aplikasi nanoteknologi menjadi lebih luas (Nuraeni *et al.* 2013)

*Particle size analyzer* merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel yang berukuran nano. PSA merupakan alat yang menggunakan prinsip hamburan cahaya dinamis untuk mengukur distribusi ukuran partikel yang mengalami gerak Brown.

Metode PSA dinilai memiliki kemampuan pengukuran yang lebih cepat karena cahaya laser dan cahaya memiliki kecepatan rambat yang

sangat besar sehingga dapat mengirim informasi dalam waktu yang sangat cepat pula. Prinsip pengukuran alat PSA ini berdasarkan pada hamburan cahaya laser oleh partikel-partikel dalam sampel, cahaya yang berasal dari laser dipancarkan melalui pinhole (jarum kecil) kemudian dikirim ke partikel dalam sampel, partikel-partikel dalam sampel menghamburkan kembali cahayanya melalui pinhole dan masuk ke detektor, sinyal analog yang terdeteksi diubah menjadi sinyal digital yang kemudian diolah menjadi deret hitung (Nuraeni et al. 2013).

Metode *laser diffraction* merupakan prinsip dasar dalam instrumen PSA, prinsip dari *laser diffraction* ialah ketika partikel-partikel melewati berkas sinar laser dan cahaya dihamburkan oleh partikel-partikel tersebut dikumpulkan melebihi rentang sudut yang berhadapan langsung, distribusi dan intensitas yang dihamburkan ini yang akan dianalisis oleh komputer sebagai hasil distribusi ukuran partikel (Syvitski 1991).

Pengukuran partikel dengan menggunakan PSA biasanya menggunakan metode basah, metode basah lebih akurat jika dibandingkan dengan metode kering ataupun pengukuran partikel dengan metode ayakan dan analisis gambar, terutama untuk sampel-sampel dalam orde nanometer yang cenderung memiliki aglomerasi yang tinggi, hal ini dikarenakan partikel didispersikan ke dalam media sehingga partikel tidak saling aglomerasi. Dengan demikian, ukuran partikel yang terukur adalah ukuran dari single particle, selain itu hasil pengukuran dapat diasumsikan sudah menggambarkan keseluruhan kondisi sampel.

Melalui analisis PSA diharapkan distribusi ukuran nanopartikel kitosan yang dihasilkan berada pada rentang nanometer dengan keseragaman ukuran yang baik, keunggulan PSA adalah Lebih akurat dan mudah digunakan, pengukuran partikel dengan menggunakan PSA lebih akurat jika dibandingkan dengan pengukuran partikel dengan alat lain seperti TEM ataupun SEM. Hal ini dikarenakan partikel dari sampel yang akan diuji didispersikan ke dalam sebuah media sehingga ukuran partikel yang terukur merupakan ukuran partikel tunggal.

Hasil pengukuran dalam bentuk distribusi, sehingga dapat menggambarkan keseluruhan kondisi sampel, dalam artian penyebaran ukuran rata-rata partikel dalam suatu sampel. Mengukur partikel yang berkisar dari 0,02 nm sampai 2000 nm.

#### 6. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Salah satu metode spektroskopi yang sangat populer adalah metode spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*), yaitu metode spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi Fourier untuk analisis hasil spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Anam and Firdausi 2007)

FTIR juga digunakan untuk menganalisis senyawa organik dan anorganik baik secara kualitatif maupun kuantitatif dengan melihat intensitas absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Anam and Firdausi 2007).

Metode FTIR merupakan metode absorpsi, yaitu metode yang didasarkan adanya perbedaan penyerapan radiasi inframerah. Suatu materi dapat menyerap inframerah apabila telah memenuhi dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasi molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Anam, 2007)

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. *Infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya di transmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak (Nicolet and All 2001).

Inti spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pen transmisi cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas

fungsi energi, panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ) atau bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ) (Nicolet and All 2001)

Spektroskopi FTIR menggunakan sistem optik dengan laser sebagai sumber radiasi kemudian diinterperensikan oleh radiasi inframerah menjadi sinyal radiasi yang diterima oleh detektor dengan kualitas yang baik dan bersifat utuh. berupa sinar infrared yang melewati celah ke sampel, yang akan mengontrol jumlah energi yang disampaikan ke sampel. Kemudian infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer (Nicolet and All 2001)

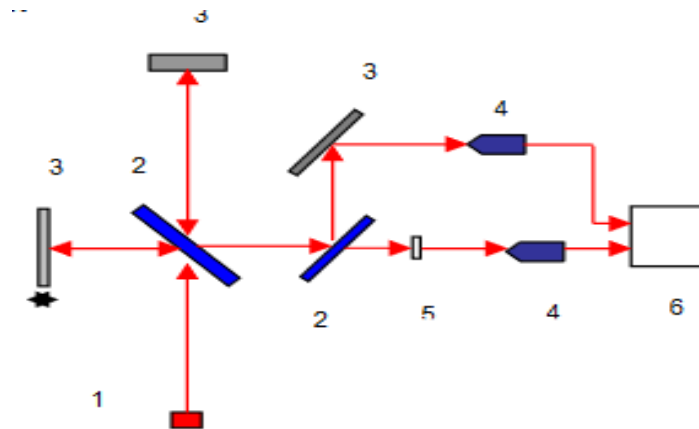
Spektrometer FTIR memiliki beberapa kelebihan utama dalam hal analisis dibandingkan dengan metode konvensional, yaitu:

Dapat digunakan pada semua frekuensi dari sumber cahaya secara simultan, sehingga analisis dapat dilakukan lebih cepat dari pada menggunakan cara scanning Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi.

Sensitivitas dari metoda spektrofotometri FTIR lebih besar dari pada cara dispersi, sebab radiasi yang masuk ke sistem detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah (slitless).

Pada FTIR, mekanik optik lebih sederhana dengan sedikit komponen yang bergerak dibanding spektroskopi infra merah lainnya,

dapat mengidentifikasi material yang belum diketahui, serta dapat menentukan kualitas dan jumlah komponen sebuah sampel.



**Gambar 8.** Skema alat spektroskopi FTIR. (1) Sumber Inframerah (2) Pembagi Berkas (Beam Splitter) (3) Kaca Pemantul (4) Sensor Inframerah (5) Sampel (6) Display. Sumber, (Anam and Firdausi 2007)

Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum infra merah menggunakan tabel korelasi dan menggunakan spektrum senyawa pembanding (yang sudah diketahui) (Anam and Firdausi 2007).

### C. Taksonomi Tanaman

*Cymbopogon* adalah rumput tahunan yang cukup tinggi tumbuh secara alami di daerah tropis dengan suhu yang hangat, tanaman ini berasal dari Asia dan Australia selain itu, juga tersebar dengan baik di Afrika, India, Amerika Selatan, Australia, Eropa, Amerika Utara. Pada saat ini ada dua spesies umum yang mudah diperoleh khususnya di daerah Asia yakni *Cymbopogon citratus*, dan *Cymbopogon nardus* (Shuhada, dkk 2018).

*Cymbopogon citratus*. Stapf dikenal sebagai serai dan biasanya diidentifikasi sebagai serai India barat, sedangkan *Cymbopogon nardus* dikenal sebagai *Citronella.C.nardus* Rendle yang diklasifikasikan ke dalam jenis budidaya yang dinamai Ceylon citronella, tanaman ini diduga kuat berasal dari Sri Lanka dan kemudian ditemukan di Jawa sekitar tahun 1899, sejak saat itu Jawa menjadi penghasil utama serai wangi di dunia, selain itu *C.nardus* juga tumbuh liar di sebagian negara Asia tropis (Shuhada et al. 2018).

1. Nama Indonesia : Serai
2. Nama Lain : Serai (Melayu), Sere mangat bi (Aceh), Sengge-sangge (Batak), Serai arun (Minangkabau), Sorai (Lampung), Serai (Sunda), Sere (Jawa), Serai (Betawi), See (Bali), Pataha mpori (Bima), Salimbata (Minahasa), Sare (Makassar), Bisa (Buru), Isalo (Ambon), Iri-irihi (Halmahera), Sere (Bugis), Salai (Dayak Tidung), sarre (Mandar) (SuhonoB dkk, 2010).
3. Klasifikasi Tanaman

**Tabel 3.** Klasifikasi tanaman

<b>Kingdom</b>	<b>Plantae</b>
Sub kingdom	Tracheobionta
Superdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Class	Liliopsida
Sub-Class	Commelinidae
Orde	Cyperales
Family	Poaceae
Genus	<i>Cymbopogon</i>

Sumber: Shuhada et al. 2018



Sumber; (Yeşil and Akalin 2015)

#### **D. Uraian Tanaman**

*Cymbopogon sp.* Adalah tanaman yang termasuk kedalam jenis rumput-rumputan, tanaman ini tumbuh dengan baik diberbagai jenis tanah dan kondisi iklim, seperti *Cymbopogon citratus*, dan *Cymbopogon nardus* memiliki kondisi pertumbuhan yang kuat baik di iklim tropis dan subtropis sedangkan, pertumbuhan optimum bagi keduanya adalah pada iklim yang hangat dan lembab. Tanaman ini membutuhkan paparan langsung sinar matahari dan curah hujan, sedangkan suhu yang cocok untuk pertumbuhan antara 20-30° C, tanaman ini dapat tumbuh subur baik di tanah yang berpasir, bermineral, hingga berorganik (Shuhada et al. 2018).

*Cymbopogon Citratus* atau serai pertama kali dapat dipanen enam bulan setelah penanaman diikuti dengan panen kedua setelah memasuki umur produktif yakni kisaran tiga sampai empat bulan sekali, tanaman yang siap panen memiliki ciri fisik jumlah daun tua 6-8 lembar pada setiap



rumpunnya, biasanya memiliki daun warna hijau tua, sebaiknya panen dilakukan pada pagi hari dan cuaca cerah untuk mempertahankan kandungan minyak esensial yang ada pada tanaman, kandungan minyak paling optimal terdapat pada bagian daun (Sumiartha *et al.* 2012).

*Cymbopogon citratus* adalah tanaman menahun dengan tinggi antara 50-100 cm, memiliki daun tunggal berjumbai yang dapat mencapai panjang daun hingga 1 m dan lebar 1.5 -2 cm. Tulang daun sejajar dengan tekstur permukaan daun bagian bawah yang agak kasar. Batang tidak berkayu dan berwarna putih-keunguan, memiliki perakaran serabut, tanaman ini tumbuh berumpun (Sumiartha *et al.* 2012).

Ciri-ciri morfologi dari kedua spesies diklasifikasikan sebagai rumput aromatik, tumbuh sekitar 1 meter dengan daun panjang dan tipis, namun beberapa fitur berbeda antara *C.citratus* memiliki batang pendek dan akar serabut sedangkan daunnya sempit dan linear, sedangkan *Cymbopogon nardus* memiliki batang berwarna putih magenta sedangkan daunnya lebih kecil dengan permukaan kasar (Shuhada *et al.* 2018).

Serai termasuk jenis tanaman perenial yang tumbuh dengan cepat, tinggi tanaman dewasa dapat mencapai sekitar 1 meter, tanaman tropis dapat tumbuh dengan baik kisaran suhu antara 10 hingga 33° C dengan sinar matahari yang cukup. Pertumbuhan tanaman yang baik dapat diperoleh pada daerah dengan curah hujan berkisar antara 700-3000 mm dengan hari hujan terbesar cukup merata sepanjang tahun. Tanaman serai dari *Cymbopogon citratus* dapat tumbuh dengan optimal hingga

ketinggian 100 mdpl. Penanaman pada tanah dengan pH antara 5-7 dan memiliki drainase yang baik merupakan kondisi yang cukup ideal bagi serai (Sumiartha *et al.* 2012).

Serai terbagi menjadi tiga bagian yaitu daun, antena, dan rimpang, tanaman ini sering kali mengalami pengeringan karena kekurangan kadar air, pengeringan dapat bermanfaat untuk memperpanjang lama penyimpanan, dan mempertahankan konstituen biokimianya (Shuhada *et al.* 2018), yang bermanfaat bagi kepentingan hidup, dan dapat dimanfaatkan untuk kepentingan penelitian.

Pengeringan yang terjadi pada tanaman serai akan mempengaruhi kualitas komposisi kimiawi ekstrak, metode pengeringan dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu oleh cahaya matahari langsung, udara, dan pengeringan oven, sedangkan untuk proses ekstraksi secara umum dibagi menjadi dua yaitu melalui metode pendekatan dan melalui pendekatan konvensional (Shuhada *et al.* 2018).

### **E. Kandungan Kimia Tanaman**

Komponen utama minyak atsiri serai dari tanaman serai adalah citral, yaitu campuran dari dua isomer geometris, yakni isomer-E dikenal sebagai geranial atau citral A dan isomer-Z dikenal sebagai neral atau citral B, dimana geranial mendominasi di atas neral sebanyak 0,99-48,14 % dengan 0,38-32% (Majewska *et.al*, 2019), Kandungan ekstrak *cymbopogon* diketahui memiliki aktivitas fisiologis, adapun kandungan

yang dimiliki oleh ekstrak tanaman ini meliputi beberapa fitonutrien, kandungan mineral, dan kandungan minyak esensial,

Kandungan fitonutrien dari ekstrak cymbopogon ini ditunjukkan pada tabel berikut,

**Tabel 4.** Kandungan fitonutrien dari *Cymbopogon citratus*

<b>Kelompok kimia</b>	<b>Komponen bioaktif</b>	<b>Pengujian</b>
Fitonutrien	Fenolik	<i>Lead acetate test</i>
	Tanin	<i>Ferric chloride test</i>
	Flavanoid	Lead aetate test
	Steroid	<i>Salkowski test</i>
	Saponin	<i>Honeycomb test, fehlings test</i>
	Karbohidrat	<i>Benedict test</i>
	Proten dan asam amino	<i>Biuret test, kjedahl method, ninhydrin test</i>
	Glikosida	<i>Glycosides test</i>

Sumber: Shuhada *et al.* 2018

Kandungan mineral dari ekstrak cymbopogon ditunjukkan pada tabel berikut,

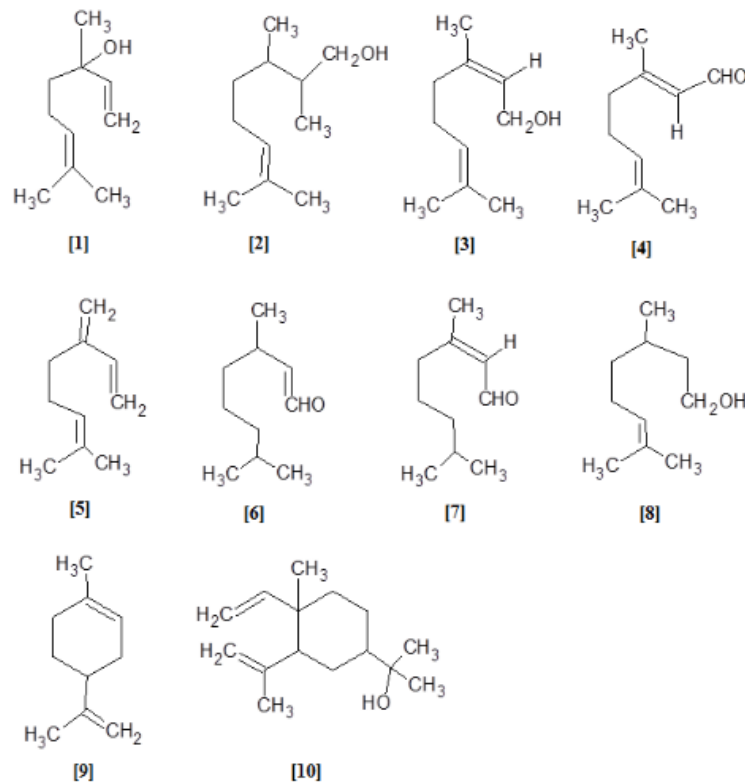
**Tabel 5.** Kandungan mineral *Cymbopogon citratus*

<b>Kelompok Kimia</b>	<b>Komponen bioaktif</b>	<b>Pengujian</b>
Mineral	Sodium (Na) Kalsium (Ca) Phosphorus (P) Potassium (K) Magnesium (Mg) Zinc (Zn)	Kualitatif dan kuantitative menggunakan Instrumen neuron, dan atomic absorption spectrophotometer

Sumber: Shuhada *et al.* 2018

Selain itu tanaman cymbopogon ini terdiri atas sejumlah senyawa volatil seperti terpen hidrokarbon, alkohol, keton, ester, dan aldehid, adapun struktur molekul beberapa senyawa aktif yang telah dilaporkan berupa, linalool (1), geraniol (2), nerol (3), Geranial (4), Myrcene (5),

Citronellal (6), Neral (7), Citronellol (8), Limonene (9), dan Elemol (10), sebagaimana gambar berikut:



**Gambar 10.** Struktur Molekuler senyawa aromatik ekstrak serai  
Sumber, (Shuhada et al. 2018)

## F. Kegunaan Tanaman

Tanaman serai telah dipercaya sebagai tanaman herbal tradisional yang dipercaya secara turun temurun memiliki kemampuan untuk mengobati beberapa penyakit seperti masalah saluran pencernaan, demam, dan hipertensi, produk cymbopogon yang diseduh sebagai teh dipercaya dapat meringkankan batuk, flu, sakit kepala, pneumonia, malaria, diare, sakit perut dan gangguan pembuluh darah, arom yang

khas menjadikannya sebagai bahan masakan, dan juga digunakan sebagai pengusir serangga (Majewska et al. 2019)

Selain itu dikuti dalam jurnal bahwa senyawa aktif yang diperoleh dari *Cymbopogon citratur*, dan *Cymbopogon nardus* memiliki aktivitas biologis sebagai antimikroba, antimutagenesis, antiinflamasi, antinosisseptif, efek hipokolesterolemik, dan antioksidan (Shuhada et al. 2018), beberapa penelitian menemukan bahwa ekstrak *Cymbopogon citratus* mampu menghambat beberapa isolat bakteri seperti *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus bovis*, *Escherchia coli* dan *Salmonellatyphi*

Senyawa citral memiliki bukti farmakologis yang signifikan sebagai antidiabetes dengan mengurangi efek diabetes tipe 2, selain itu senyawa sitronelol dalam minyak serai memiliki peran untuk mengurangi nafsu makan (Shuhada et al. 2018).

Dalam sebuah penelitian dilaporkan bahwa ekstrak air *Cymbopogon citratus* memiliki kemampuan untuk mengobati gangguan kecemasan pada tingkat dosis yang berbeda dibandingkan dengan kelompok saline standar dan normal (Shuhada et al. 2018).

### **G. Uji Aktivitas Antibakteri**

Pada uji aktivitas antibakteri yang diukur adalah respons pertumbuhan populasi mikroorganisme terhadap agen antimikroba, salah satu manfaat dari uji antimikroba adalah diperolehnya satu sistem pengobatan yang efektif dan efisien, penentuan setiap kepekaan kuman

terhadap suatu obat terkecil yang dapat menghambat pertumbuhan kuman in vitro, adapun beberapa metode yang dapat dilakukan sebagai cara pengujian antibakteri adalah sebagai berikut;

#### 1. Metode Difusi

Metode ini didasarkan pada kemampuan difusi dari zat antimikroba dalam lempeng agar yang telah diinokulasikan dengan mikroba uji. Dimana hasil pengamatan yang akan diperoleh berupa ada atau tidaknya zona hambatan yang terbentuk disekeliling zat antimikroba pada waktu tertentu masa inkubasi (Balouiri dkk, 2016), metode difusi terdiri atas tiga jenis yang dapat dilakukan yaitu:

##### a. Cara Cakram (Disk)

Cara ini merupakan cara yang paling sering digunakan untuk menentukan kepekaan kuman terhadap berbagai macam obat-obatan. Pada cara ini, digunakan suatu cakram kertas saring (paper disc) yang berfungsi sebagai tempat menampung zat antimikroba. Kertas saring tersebut kemudian diletakkan pada lempeng agar yang telah diinokulasi mikroba uji, kemudian diinkubasi pada waktu tertentu dan suhu tertentu, sesuai dengan kondisi optimum dari mikroba uji. Pada umumnya, hasil yang di dapat bisa diamati setelah inkubasi selama 18-24 jam dengan suhu 37° C. Hasil pengamatan yang diperoleh berupa ada atau tidaknya daerah bening yang terbentuk disekeliling kertas cakram yang menunjukkan zona hambat pada pertumbuhan bakteri (Balouiri, Sadiki, and Ibensouda 2016).

Menurut greenwood (1995) efektifitas suatu zat antibakteri bisa diklasifikasikan pada tabel berikut

**Tabel 6.** Zona terang pada uji aktivitas antibakteri

<b>Diameter Zona Terang</b>	<b>Respon Hambatan Pertumbuhan</b>
>20 mm	Kuat
16 – 20 mm	Sedang
10-15 mm	Lemah
<10 mm	Tidak ada

Metode cakram disk atau cakram kertas ini memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya adalah mudah dilakukan, tidak memerlukan peralatan khusus dan relatif murah. Sedangkan kelemahannya adalah ukuran zona bening yang terbentuk tergantung oleh kondisi inkubasi, inokulum, predifusi dan preinkubasi serta ketebalan medium, apabila keempat faktor tersebut tidak sesuai maka hasil dari metode cakram disk biasanya sulit untuk diinterpretasikan. Selain itu, metode cakram disk ini tidak dapat diaplikasikan pada mikroorganisme yang pertumbuhannya lambat dan mikroorganisme yang bersifat anaerob obligat (St. Geme and Rempe 2018)

b. Cara Parit (ditch)

Suatu lempeng agar yang telah diinokulasikan dengan bakteri uji dibuat sebidang parit. Parit tersebut berisi zat antimikroba, kemudian diinkubasi pada waktu dan suhu optimum yang sesuai untuk mikroba uji. Hasil pengamatan yang akan diperoleh berupa ada tidaknya zona hambat yang akan terbentuk di sekitar parit (Balouiri, Sadiki, and Ibsouda 2016).

c. Cara Sumuran (hole/cup)

Pada lempeng agar yang telah diinokulasikan dengan bakteri uji dibuat suatu lubang yang selanjutnya diisi dengan zat antimikroba uji. Kemudian setiap lubang itu diisi dengan zat uji. Setelah diinkubasi pada suhu dan waktu yang sesuai dengan mikroba uji, dilakukan pengamatan dengan melihat ada atau tidaknya zona hambatan di sekeliling lubang (Balouiri, Sadiki, and Ibsouda 2016).

2. Metode Dilusi

Pada metode ini dilakukan dengan mencampurkan zat antimikroba dan media agar, yang kemudian diinokulasikan dengan mikroba uji. Hasil pengamatan yang akan diperoleh berupa tumbuh atau tidaknya mikroba didalam media. Aktivitas zat antimikroba ditentukan dengan melihat konsentrasi hambat minimum (KHM) yang merupakan konsentrasi terkecil dari zat antimikroba uji yang masih memberikan efek penghambatan terhadap pertumbuhan mikroba uji, Metode ini terdiri atas dua cara, yaitu:

a. Pengenceran Serial dalam tabung

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sederetan tabung reaksi yang diisi dengan inokulum kuman dan larutan antibakteri dalam berbagai konsentrasi. Zat yang akan diuji aktivitas bakterinya diencerkan sesuai serial dalam media cair, kemudian diinokulasikan dengan kuman dan diinkubasi pada waktu dan suhu yang sesuai dengan mikroba uji. Aktivitas zat ditentukan sebagai kadar hambat minimal (KHM) (Balouiri, Sadiki, and Ibsouda 2016).



#### b. Penipisan Lempeng Agar

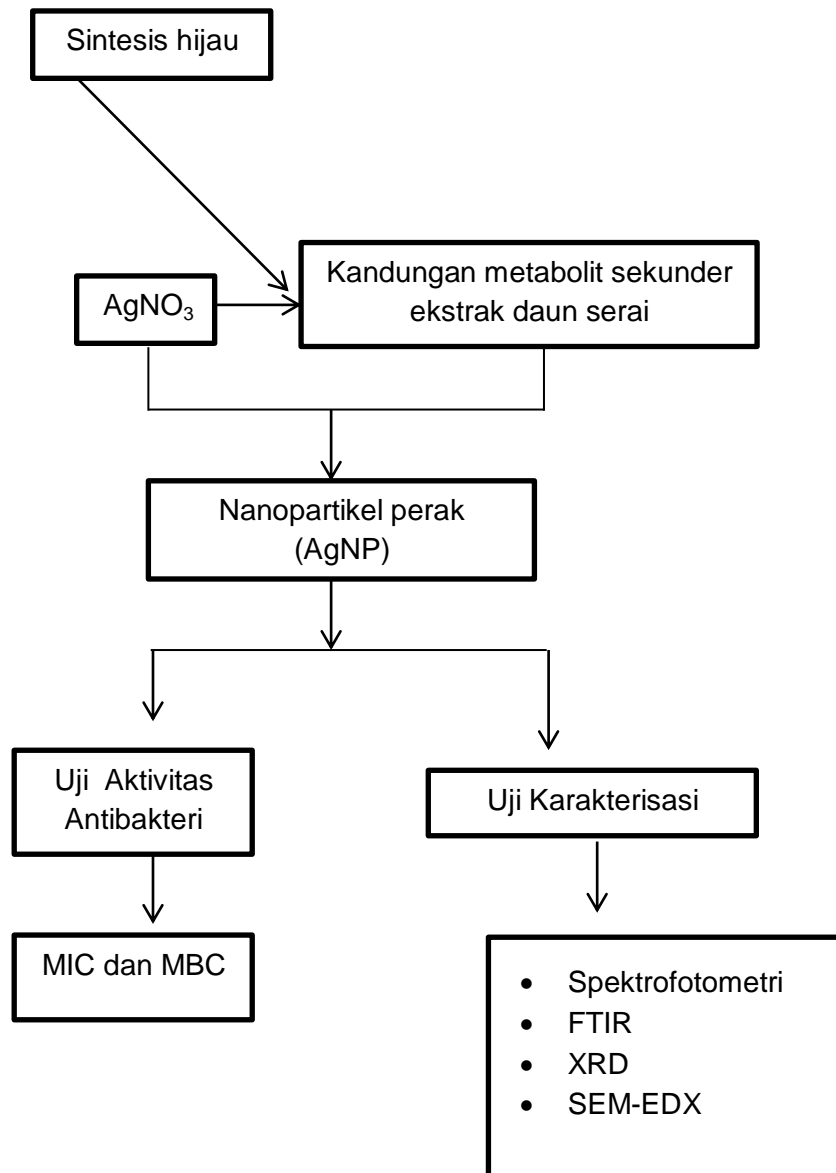
Zat antibakteri diencerkan dalam media agar dan kemudian dituangkan kedalam cawan petri. Setelah agar membeku, diinokulasikan kuman kemudian diinkubasi pada waktu dan suhu tertentu. Konsentrasi terendah dari larutan zat antibakteri yang masih memberikan hambatan terhadap pertumbuhan kuman ditetapkan sebagai konsentrasi Hambat Minimal (KHM) (Balouiri, Sadiki, and Ibsouda 2016).

#### 3. Metode difusi dan dilusi

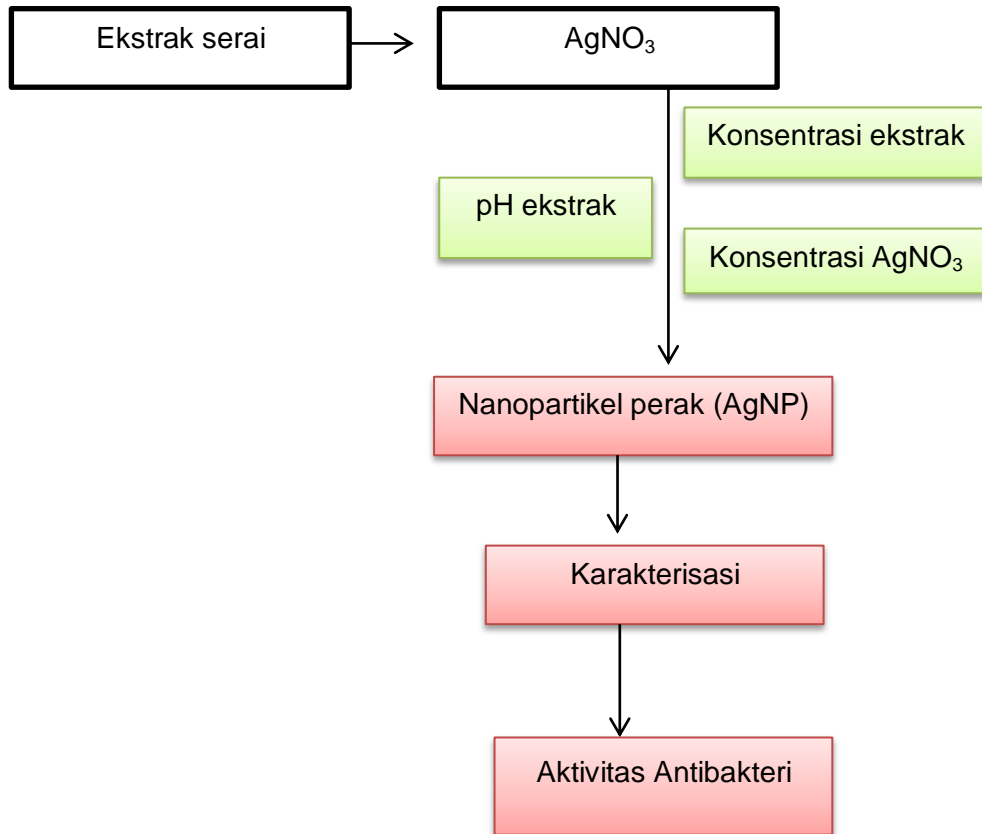
E-test atau biasa disebut juga dengan tes epsilometer adalah metode tes dimana huruf E' dalam nama E-test menunjukkan simbol epsilon ( $\epsilon$ ). E-test merupakan metode kuantitatif untuk uji antimikroba. Metode ini termasuk gabungan antara metode dilusi dari antibakteri dan metode difusi antibakteri kedalam media. Metode ini dilakukan dengan menggunakan strip plastic yang sudah mengandung agen antibakteri dengan konsentrasi terendah sampai konsentrasi tertinggi diletakan pada media agar yang telah ditanami mikroorganisme. Hambatan pertumbuhan mikroorganisme bisa diamati dengan adanya area jernih di sekitar strip tersebut (Balouiri, Sadiki, and Ibsouda 2016).

E-test dapat digunakan untuk menentukan kadar hambat minimum (KHM) untuk bakteri seperti *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus  $\beta$ -hemolitik*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Haemophilus sp.* dan bakteri anaerob. Dapat juga digunakan untuk bakteri Gram negative seperti *Pseudomonas sp.* dan *Burkholderia pseudomallei* (St. Geme and Rempe 2018).

## H. Kerangka Teori



## I. Kerangka Konsep



Variabel terikat =

Variabel bebas =