

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS (AuNP) DENGAN PENUDUNG
ASAM GLUTAMAT SEBAGAI SENSOR KOLORIMETRI TERHADAP
BAKTERI *Salmonella* sp**

SYNTHESIS OF GOLD NANOPARTICLES (AuNPs) WITH GLUTAMIC ACID
SUPPORTING AGENT AS A COLORIMETRY SENSOR TO *Salmonella* sp
BACTERIA

AZMALAENI RIFKAH ANSYARIF

H012191019



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS (AuNP) DENGAN PENUDUNG
ASAM GLUTAMAT SEBAGAI SENSOR KOLORIMETRI TERHADAP
BAKTERI *Salmonella* sp**

SYNTHESIS OF GOLD NANOPARTICLES (AuNPs) WITH GLUTAMIC ACID
SUPPORTING AGENT AS A COLORIMETRY SENSOR TO *Salmonella* sp
BACTERIA

AZMALAENI RIFKAH ANSYARIF

H012191019



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS (AuNP) DENGAN PENUDUNG
ASAM GLUTAMAT SEBAGAI SENSOR KOLORIMETRI TERHADAP
BAKTERI *Salmonella* sp**

Tesis

Sebagai salah satu syarat mencapai gelar magister

Program Studi

Magister Kimia

Disusun dan diajukan oleh

AZMALAENI RIFKAH ANSYARIF

H012191019

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

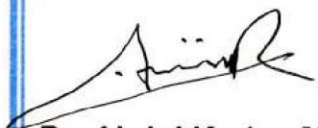
**SINTESIS NANOPARTIKEL EMAS (AuNP) DENGAN PENUDUNG
ASAM GLUTAMAT SEBAGAI SENSOR KOLORIMETRI TERHADAP
BAKTERI *Salmonella* sp**

Disusun dan diajukan oleh

AZMALAENI RIFKAH ANSYARIF
NOMOR POKOK: H012191019

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 28 Maret 2022
Dan dinyatakan memenuhi syarat

Menyetujui:
Komisi penasehat



Dr. Abdul Karim, M.Si

Ketua Program Studi
Magister Kimia



Dr. Hasnah Natsir, M.Si



Prof. Dr. Paulina Taba, M.Phil

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng Amiruddin, M.Si

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Azmalaeni Rifkah Ansyarif
Nim : H012191019
Program Studi : Kimia
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Sintesis Nanopartikel Emas (AuNP) dengan Penudung Asam Glutamat sebagai Sensor Kolorimetri Terhadap Bakteri *Salmonella* sp.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 28 Maret 2022

Yang menyatakan



(Azmalaeni Rifkah Ansyarif)

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji bagi Allah Tuhan seluruh alam yang telah memberi sebaik-baik nikmat berupa Iman dan Islam yang Alhamdulillah masih diberikan pada diri kita. Shalawat serta salam tidak lupa kami kirimkan kepada Rasulullah Muhammad *shallallahu 'alaihi wasallam* sebagai khudwah terbaik sepanjang masa sebab atas perjuangan beliau sehingga kita masih bisa merasakan nikmatnya berislam sampai hari ini. Alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan tesis ini yang berjudul “**Sintesis Nanopartikel Emas (AuNP) Dengan Penudung Asam Glutamat Sebagai Sensor Kolorimetri Terhadap Bakteri *Salmonella sp***” sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar magister sains Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Pertama dari yang paling utama, melalui lembaran ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT yang telah memberikan kesempatan dan kesehatan melanjutkan studi magister hingga menyelesaikan tesis ini. Kemudian ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Abdul Karim, M.Si** selaku Pembimbing Utama dan penasehat akademik serta Ibu **Prof. Dr. Paulina Taba, M.Phill** selaku Pembimbing Pertama, yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memberikan ilmu yang begitu berharga serta ucapan maaf atas segala kesalahan selama persiapan penelitian sehingga penulis bisa menyelesaikan tesis ini. Ucapan terima kasih juga kepada:

1. Ketua Pascasarjana Kimia, **Dr. Hasnah Natsir, M.Si** dan seluruh Dosen yang telah membagi ilmunya serta staf Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin. Terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.

2. Tim Penguji Ujian Sarjana Kimia, **Dr. Indah Raya, M.Si, Dr. Syarifuddin Liong, M.Si, Dr. Rugaiyah Arfah, M.Si.** Terima kasih atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan.
3. Seluruh analis laboratorium di Departemen Kimia FMIPA, Universitas Hasanuddin, **Pak Sugeng, Kak Fiby, Ibu Tini dan Kak Anti.** Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
4. Seluruh analis laboratorium di Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar: **Kak Fitriani Aziz, Kak Ismawanti, Kak Rahma, Kak Aini dan Kak Awaluddin.** Terima kasih atas bantuan yang diberikan selama penelitian.
5. Orang tua dan keluarga. Terima kasih untuk dukungan doa dan motivasi yang selalu diberikan.
6. Teman-teman magister, **OKS19EN.** Terima kasih atas semua dukungan, semangat, dan persahabatan yang diberikan selama ini.
7. Teman-teman terdekatku **Grup Penghuni Surga.** Terima kasih atas semangat, dukungan dan kekeluargaannya selama menempuh magister ini.
8. Terima kasih untuk seluruh pihak yang banyak ikut berkontribusi membantu penulis selama menempuh studi magister yang tidak sempat disebut namanya satu persatu.

Penulis sadar bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak. Akhirnya, penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat kepada para peneliti selanjutnya.

Penulis,

Azmalaeni Rifkah Ansyarif

ABSTRAK

AZMALAENI RIFKAH ANSYARIF. *Sintesis Nanopartikel Emas (AuNP) Dengan Penudung Asam Glutamat Sebagai Sensor Kolorimetri Terhadap Bakteri Salmonella sp* (dibimbing oleh Abdul Karim dan Paulina Taba).

Penelitian sintesis nanopartikel emas (AuNP) dengan penudung asam glutamat sebagai sensor kolorimetri terhadap bakteri *Salmonella* sp telah dilakukan. Sintesis AuNP dengan penudung asam glutamat dilakukan dengan variasi konsentrasi, pH, waktu reaksi, dan kestabilan untuk mendapatkan kondisi optimum. Hasil sintesis AuNP dengan penudung asam glutamat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV – Vis, FTIR, TEM, dan PSA. Pengujian sensor kolorimetri dilakukan terhadap bakteri gram negatif *Salmonella* sp. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa asam glutamat dapat berperan sebagai reduktor dan agen penudung yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna dari kuning menjadi merah ruby. AuNP dengan penudung asam glutamat pada konsentrasi optimum adalah 4 mM, pH optimum adalah 12, waktu reaksi optimum adalah 60 menit, dan kondisi stabil hingga pekan ke – 3. AuNP dengan penudung asam glutamat mempunyai nilai limit deteksi yaitu anti log 1,13 CFU/mL lebih kecil dibandingkan dengan nilai limit deteksi AuNP yaitu 1,28 CFU/mL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa AuNP dengan penudung asam glutamat efektif sebagai sensor untuk mendeteksi bakteri *Salmonella* sp.

Kata kunci: asam glutamat, bakteri *Salmonella* sp, nanopartikel emas, sensor kolorimetri.

ABSTRACT

AZMALAENI RIFKAH ANSYARIF. *Synthesis of Gold Nanoparticles (AuNPs) with Glutamic Acid Supporting Agent as a Colorimetry Sensor to Salmonella sp. Bacteria* (supervised by Abdul Karim dan Paulina Taba).

Synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) with glutamic acid capping agent as a colorimetry sensor to *Salmonella* sp bacteria has been carried out. AuNPs with glutamic acid as a capped agent was carried out with variations in concentration, pH, reaction time, and stability to obtain optimum conditions. The result of the synthesis AuNPs and glutamic acid were analyzed using a spectrophotometer UV – Vis, FTIR, TEM, and PSA. Colorimetric sensor testing was carried out on *Salmonella* sp bacteria. The result of the study indicate that glutamic acid can act as a reducing and capping agent as characterized by the change of solution color from yellow to ruby red. AuNPs with a glutamic acid were formed under its optimum concentration of 4 mM, optimum pH of 12, optimum reaction time of 60 minutes, and stable conditions until the third week. AuNPs with a glutamic acid has a detection limit is anti log 1,13 CFU/mL smaller than detection limit of AuNPs is anti log 1,28 CFU/mL. The result obtained indicate that AuNPs with a glutamic acid is effective as a sensor to detect *Salmonella* sp bacteria.

Keywords: colorimetric sensor, glutamic acid, gold nanoparticles, and *Salmonella* sp bacteria.

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN, ISTILAH, DAN LAMBANG	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian	8
D. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Emas	9
B. Nanopartikel Emas (Au)	10
C. Sintesis Nanopartikel Emas (AuNP)	13
D. Asam Askorbat	15
E. Asam Glutamat	17
F. Sensor Kolorimetri	19
G. Bakteri <i>Salmonella</i> sp	21

H. Karakterisasi	24
1. Spektroskopi UV-Vis	25
2. <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)	28
3. <i>Transmission Electron Microscopy</i> (TEM)	29
4. Spektroskopi FTIR (<i>Fourier Transform InfraRed</i>)	31
I. Kerangka Pikir	33
J. Hipotesis	35
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	36
B. Alat dan Bahan	36
1. Alat Penelitian	36
2. Bahan Penelitian	37
C. Prosedur Penelitian	37
1. Pembuatan Larutan H ₂ AuCl ₄ 0,5 mM	37
2. Sintesis Nanopartikel Emas (AuNP)	37
3. Optimasi Konsentrasi	38
4. Optimasi pH	38
5. Optimasi Waktu Reaksi	38
6. Uji Kestabilan	39
7. Uji Sensor	39
8. Karakterisasi	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sintesis nanopartikel emas	42
B. Optimasi konsentrasi, pH, waktu reaksi, dan kestabilan	45
C. Karakterisasi nanopartikel emas dan nanopartikel emas-Asam Glutamat	
1. Karakterisasi menggunakan FTIR	51
2. Karakterisasi menggunakan TEM	53
3. Karakterisasi menggunakan PSA	55
D. Aplikasi sensor bakteri <i>Salmonella</i> sp	57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	60
B. Saran	61

DAFTAR PUSTAKA	62
-----------------------	----

LAMPIRAN	79
-----------------	----

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Spektrum tampak dan warna – warna komplementer	26
2. Hubungan warna, ukuran dan, bentuk AuNP	30

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. (a) Larutan H ₂ AuCl ₄ berwarna kuning; (b) Larutan AuNP berwarna merah	14
2. Perbedaan ukuran partikel dan perubahan warnanya	15
3. Struktur asam askorbat	16
4. Mekanisme reaksi AuNP dengan asam askorbat	17
5. Skema reaksi nanopartikel emas dengan penudung asam glutamat	18
6. Scanning bakteri <i>Salmonella</i> sp.	22
7. Variasi warna yang timbul pada sintesis AuNP dengan makin meningkatnya ukuran partikel	27
8. Pengaruh ukuran nanopartikel pada spektrofotometer UV – Vis	28
9. Hasil TEM (a) asam aspartat; (b) asam glutamat	30
10. Hasil uji TEM sintesis AuNP menggunakan metode Turkevich dan distribusi ukuran partikel	31
11. Spektrum FTIR Sintesis AuNP menggunakan daun <i>Stevia rebaudiana</i>	31
12. Hasil uji FTIR asam glutamat murni dan AuNP dengan penudung asam glutamat.	32
13. Kerangka Pikir	34
14. Spektrum Spektrofotometer UV – Vis larutan asam tetrakloroaurat (III)	42
15. Hasil Spektrum Spektrofotometer UV – Vis Nanopartikel Emas (AuNP)	43
16. Spektrum Spektrofotometer UV – Vis Konsentrasi Optimum	45
17. Spektrum Spektrofotometer UV – Vis pH Optimum Glu - AuNP	47
18. Spektrum Spektrofotometer UV – Vis Waktu Reaksi Optimum Glu - AuNP	49

19.	Spektrum Spektrofotometer UV – Vis Kestabilan Glu – AuNP	50
20.	Spektrum spektrofotometri FTIR nanopartikel emas, Nanopartikel emas-asam glutamat- <i>Salmonella</i> sp, AuNP – asam glutamat, dan Asam glutamat	52
21.	(a) Bentuk AuNP Menggunakan TEM; (b) Bentuk Glu – AuNP menggunakan TEM	53
22.	Grafik penyebaran diameter ukuran AuNP	54
23.	Grafik penyebaran diameter ukuran Glu - AuNP	54
24.	Ukuran nanopartikel emas berdasarkan frekuensi diukur dengan alat PSA.	55
25.	Ukuran nanopartikel emas dengan penudung asam glutamat berdasarkan frekuensi diukur dengan alat PSA.	56
26.	Hasil spektrum spektrofotometer UV – Vis pada uji sensor AuNP – <i>Salmonella</i> sp 10^{-6} – 10^{-1}	57
27.	Hasil spektrum spektrofotometer UV – Vis pada uji sensor AuNP – Glutamat - <i>Salmonella</i> sp 10^{-6} – 10^{-1}	58

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Bagan kerja	78
2. Dokumentasi	83
3. Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis	86
4. Karakterisasi Spektrofotometer FTIR	103
5. Karakterisasi Spektrofotometer PSA	102
6. Karakterisasi Spektrofotometer TEM	104
7. Perhitungan limit deteksi	106

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

No.	Lambang/Singkatan	Arti
1.	AuNP	Nanopartikel Emas
2.	SPR	<i>Surface Plasmon Resonance</i>
3.	PCR	<i>Polymerase Chain Reaction</i>
4.	IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>
5.	pH	<i>Power of Hidrogen</i>
6.	FTIR	<i>Fourier Transform InfraRed</i>
7.	UV-Vis	<i>Ultraviolet Visible</i>
8.	PSA	<i>Particle Size Analyzer</i>
9.	TEM	<i>Transmission Electron Microscopy</i>
10.	HAuCl ₄	Asam Tetrakloroaurat
11.	Glu – AuNP	Asam Glutamat – Nanopartikel Emas
12.	WHO	<i>World Health Organization</i>
13.	CFU	<i>Colony Forming Units</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air merupakan sumber daya alam yang diperlukan dan harus dimanfaatkan dengan baik oleh manusia (Widiyanto dkk., 2015). Ketersediaan air dengan kualitas yang baik merupakan hal yang penting untuk kelangsungan hidup manusia (Khairuddin dkk., 2019). Pencemaran air masih menjadi persoalan di berbagai negara termasuk Indonesia (Marganingrum dkk., 2013). Pencemaran air dapat berasal dari berbagai sumber seperti limbah cair, penggunaan deterjen sebagai bahan pembersih, pupuk, dan pestisida (Khairuddin dkk., 2019). Pencemaran air menjadi perantara pertumbuhan mikroorganisme patogen (Widyaningsih dkk., 2016) berupa bakteri, virus, fungi, dan parasit lainnya (Zhao dkk., 2014).

World Health Organization (WHO) melaporkan bahwa sepertiga penduduk dunia menderita penyakit yang ditularkan melalui konsumsi air minum yang terkontaminasi oleh bakteri (World Health Organization, 2006). Beberapa jenis bakteri yang dapat menginfeksi manusia terdeteksi dalam perairan seperti *Echerichia coli* (O157:H7), *Salmonella* sp, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni* dan *Bacillus cereus* (Zhao dkk., 2014). Salah satu bakteri yang telah diteliti pada penelitian ini adalah *Salmonella* sp.

Infeksi *Salmonella* sp sampai saat ini menjadi masalah yang besar (Momani dkk., 2017). Kasus yang disebabkan oleh bakteri ini ditemukan sekitar 540 dari 100.000 populasi tiap tahunnya (Krishna dkk., 2011). Bakteri *Salmonella* sp akan menyebabkan peningkatan suhu tubuh yang cukup tinggi dan gejala berbahaya lainnya pada tubuh manusia yang terinfeksi (Crump dkk., 2004). Bakteri *Salmonella* dapat tumbuh dan berkembang biak pada hewan maupun manusia (Mahmoud dkk., 2018).

Salmonella sp menjadi salah satu bakteri gram negatif yang memiliki sifat patogen sehingga menyebabkan terjadinya penyakit pada pencernaan (Sartika dkk., 2016). Data dari rumah sakit menyebutkan bahwa terjadi peningkatan tiap tahun pada penderita penyakit akibat bakteri *Salmonella* sp (Simangunsong dkk., 2021) sehingga untuk mencegah hal ini maka metode deteksi dini bakteri *Salmonella* sp dengan cara cepat dan akurat perlu dikembangkan (Hasan dkk., 2013; Phaneuf dkk., 2016).

Prosedur deteksi bakteri patogen diantaranya menggunakan metode standar identifikasi isolat pada kultur dengan media tertentu namun prosedur standar tersebut membutuhkan waktu yang lama untuk dapat memberikan hasil (Zhao dkk., 2016). Metode lainnya juga menggunakan identifikasi konvensional yang meliputi serangkaian prosedur sub kultur dan identifikasi biotipe-serotipe dimana metode ini cukup sensitif namun membutuhkan waktu yang cukup lama (Elumalai dkk., 2011; Naravaneni dan Jamil, 2005).

Metode lainnya yang banyak digunakan yakni skrining sekuen DNA target atau penggunaan *probe* untuk mengembangkan penanda DNA patogen penginfeksi (Lin dan Lin, 2016) serta deteksi molekuler dengan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) sederhana dan pengembangannya (Widyastuti dan Nurdyansyah, 2017). Metode PCR memerlukan peralatan yang mahal (Francois dkk., 2003) maka diperlukan metode lain yang lebih efektif untuk dikembangkan adalah menggunakan sensor kolorimetri dari nanopartikel emas (Tsai dkk., 2017).

Nanopartikel termasuk salah satu partikel yang sangat halus dengan ukuran 1-100 nm (Moores dan Goettmann, 2006; Ramkumar dkk., 2016). Nanopartikel dapat berupa emas, perak, besi, oksida logam (Prased dkk., 2013), material karbon (Khan dkk., 2018), senyawa organik, senyawa biologi seperti protein, enzim, dan DNA (Yasui dan Kimizuka, 2005). Nanopartikel telah banyak dikembangkan di beberapa bidang ilmu seperti ilmu farmasi, sains, fisika terapan (Elumalai dkk., 2011), bidang optik, elektronik (Song dkk., 2009), sensor, katalis (Babayi dkk., 2004), pengembangan antibakteri (Cui dkk., 2012), deteksi DNA (Kumar dkk., 2015), antikanker, dan antimikroba (Balalakshmi dkk., 2017).

Pengembangan nanopartikel saat ini adalah nanopartikel dengan bahan dasar logam mulia emas dan perak (Onitsuka dkk., 2019). Dua metode pembuatan nanopartikel dengan bahan dasar logam mulia adalah metode top – down (secara fisika) dengan prinsip kerja sebagai berikut Logam direduksi oleh agen pereduksi secara mekanik menjadi ukuran nano

(Zhang dkk., 2016) dan metode bottom – up (secara kimia) dengan prinsip kerja sebagai berikut Melarutkan logam kemudian logam tersebut direduksi hingga terbentuk ukuran nanopartikel (Pulit dkk., 2013). Nanopartikel yang digunakan dalam penelitian ini adalah nanopartikel emas (AuNP).

Nanopartikel emas (AuNP) banyak dikaji oleh para ilmuwan jika dibandingkan dengan nanopartikel perak karena pemanfaatannya dalam penyembuhan kanker juga berpotensi sebagai penstabil radikal bebas (Musfiroh dan Sri, 2013). Kelebihan AuNP yakni sifat optik dan elektronik dengan toksisitas yang rendah (You dkk., 2008), tahan terhadap oksidasi, korosi, dan emas yang tertanam dalam tubuh tidak memberikan efek yang merugikan karena cenderung tereduksi dalam jangka waktu lama (Corti dan Holliday, 2004).

Berdasarkan kelebihan tersebut, AuNP telah digunakan dalam sensor bakteri, *biomedicine*, dan penyaringan keamanan makanan (Pingarron dkk., 2008). Nanopartikel emas (AuNP) juga dalam pemanfaatannya memiliki kemampuan biosensor karena memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap rangsangan (Biju, 2014) hal ini karena fitur SPR (*Surface Plasmon Resonance*) yang dimiliki oleh nanopartikel emas (Amendola dkk., 2017).

Fitur SPR menyebabkan elektron yang terdapat dalam nanopartikel emas berubah, hal ini mengakibatkan perubahan warna yang tak terlihat secara kasat mata. Metode ini disebut dengan kolorimetri, yakni salah satu analisis kimia untuk perbandingan warna (Tsai dkk., 2017; Zhou dkk.,

2012). Sifat khusus AuNP adalah adanya fitur SPR pada spektra absorpsi sinar tampak (Kvasnicka dan Homola, 2008). Pada spektra absorpsi sinar tampak, nanopartikel emas (AuNP) secara spesifik akan muncul pada panjang gelombang 520 nm yang menyebabkan AuNP tampak berwarna merah. Tapi dapat pula terjadi pergeseran yang diakibatkan oleh bentuk dan ukuran nanopartikel (Ishikawa dkk., 1996). Deteksi transisi warna AuNP sangat berguna dan dibutuhkan dalam analisis kesehatan dan bahan pangan karena metode ini tidak memerlukan peralatan yang kompleks (He dkk., 2011a).

Pembuatan alat sensor bakteri dengan metode kolorimetrik dapat digunakan untuk mendeteksi bakteri patogenik karena metode ini lebih cepat dan juga sensitif (Basset, 1994) dibandingkan dengan teknik kultur yang memerlukan waktu yang lama dan peralatan yang mahal (Francois dkk., 2003).

Sintesis AuNP biasanya melibatkan reduksi kimia sebagai prekursor dengan menggunakan zat tertentu sebagai pereduksinya dan stabilisasi AuNP menggunakan zat penudung (Tyagi dkk, 2011). Beberapa penelitian dilakukan dengan menerapkan reduktor dan agen penudung secara bersamaan (Annur dkk, 2018). Salah satu zat pereduksi yang biasa digunakan adalah trisodium sitrat dengan metode Turkevich (Giannoulis dkk, 2014).

Asam askorbat digunakan sebagai pereduksi emas (Au) dalam penelitian ini. Hal tersebut karena asam askorbat sebagai pereduksi yang baik, selain itu juga bersifat *biodegradable*, ramah lingkungan dan sangat

larut air (Tyagi dkk, 2011). Hurtado dkk. (2016) melakukan penelitian dengan mengembangkan sintesis AuNP yang disintesis dengan menggunakan asam askobat sebagai zat pereduksinya. Annur dkk. (2018) juga melakukan penelitian dengan menentukan korelasi antara reduktor yang digunakan dengan ukuran AuNP yang terbentuk dan diperoleh hasil bahwa reduktor berpengaruh terhadap ukuran AuNP yang terbentuk.

Nanopartikel emas (AuNP) secara spesifik muncul pada panjang gelombang 520 nm. Hal tersebut menyebabkan larutan AuNP tampak berwarna merah namun absorpsi pada panjang gelombang tersebut dapat mengalami pergeseran dari merah ke biru-keunguan akibat terjadinya agregasi sehingga diperlukan agen penudung untuk mencegah hal tersebut (Xia dkk., 2010; Tripathy dkk., 2011; Ishikawa dkk, 1996). Maruyama dkk. (2014) menyatakan bahwa agen penudung untuk memproduksi AuNP dapat menggunakan asam amino.

Syarat untuk menjadi agen penudung yakni memiliki karboksil dan gugus amina (Zang dkk, 2013). Perubahan warna yang terjadi pada AuNP dapat terjadi karena adanya asam amino seperti sistein, homosistein dan glutation sebagai agen penudung (Zhang dkk., 2010). Asam glutamat merupakan asam amino yang digunakan pada penelitian ini karena memiliki dua gugus asam (-COOH) dan satu gugus amina (-NH₂) yang saling berkaitan membentuk ikatan hidrogen sehingga asam glutamat dapat melindungi AuNP dan mencegah terjadinya agregasi (Kibet dkk., 2013).

Penelitian sebelumnya oleh Andreani dkk. (2018), berhasil melakukan sintesis AuNP menggunakan agen reduktor asam askorbat dengan agen penudung sitrat dan memperoleh konsentrasi optimum pada 70 mM dan pH optimum pada pH 5. Isnaini. (2018) telah melakukan sintesis nanopartikel menggunakan agen pengkaping asam glutamat dan memperoleh pH optimum pada pH 11, konsentrasi asam glutamat 4 mM, konsentrasi HAuCl_4 60 ppm dan waktu reaksi 60 menit.

Informasi yang masih minim terkait sintesis nanopartikel emas dengan penudung asam glutamat. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian tentang nanopartikel emas (AuNP) dengan agen penudung asam glutamat sebagai sensor kolorimetri terhadap bakteri *Salmonella* sp.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. berapa perbandingan mol optimum asam askorbat dan asam tetrakloroaurat (HAuCl_4) dalam mensintesis AuNP ?
2. bagaimana pengaruh konsentrasi, pH, dan waktu reaksi optimum pada AuNP dengan agen penudung asam glutamat ?
3. bagaimana kemampuan AuNP tanpa penudung asam glutamat dan AuNP berbasis agen penudung asam glutamat sebagai sensor kolorimetri bakteri *Salmonella* sp ?
4. bagaimana karakterisasi AuNP berbasis agen penudung asam glutamat ?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. menentukan perbandingan mol optimum asam askorbat dan asam tetrakloroaurat (HAuCl_4) dalam sintesis AuNP.
2. menentukan pengaruh pH, konsentrasi, dan waktu reaksi dengan penambahan asam glutamat pada AuNP.
3. menentukan kemampuan AuNP tanpa penudung asam glutamat dan AuNP berbasis agen penudung asam glutamat sebagai sensor kolorimetri bakteri *Salmonella* sp.
4. menentukan karakteristik AuNP dan AuNP dengan penudung asam glutamat.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. sebagai referensi tambahan untuk peneliti lainnya yang akan melakukan penelitian pada bidang nanopartikel emas (AuNP).
2. produk sensor nanopartikel emas (AuNP) yang dihasilkan diharapkan mampu membantu dalam bidang kesehatan untuk deteksi bakteri *Salmonella* sp.
3. sebagai sumber informasi kepada masyarakat mengenai aplikasi sensor bakteri *Salmonella* sp dalam pencemaran air sehingga mampu mencegah penyakit akibat penularan bakteri tersebut.

BAB II

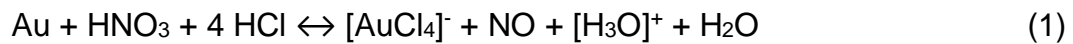
TINJAUAN PUSTAKA

A. Emas (Au)

Emas merupakan unsur yang memiliki nomor atom 79 dengan simbol Au pada tabel periodik. Emas adalah logam transisi (trivalen dan univalen) yang mengkilap, kuning, dan berat (Rumble, 2016). Sifat emas adalah mudah ditempa, memiliki massa atom relatif $196,96 \text{ gram.mol}^{-1}$ dan jari – jari atom adalah $0,1442 \text{ nm}$, konfigurasi elektron $[\text{Xe}] 4f^{14} 5d^{10} 6s^1$, titik leleh 1064°C , dan titik didih 2808°C . Kemampuan emas dalam menghantarkan listrik dan panas lebih baik daripada tembaga dan perak (Diantoro, 2010).

Emas dapat melebur pada suhu sekitar 1000°C . Karakteristik emas yang memiliki warna kuning berasal dari hasil frekuensi pita plasmon emas yang berada di jangkauan daerah tampak (*visible*) dan memantulkan cahaya merah dan kuning serta menyerap cahaya biru (Wolfbeis, 2008).

Emas memiliki warna coklat-kemerahan dalam bentuk serbuk. Emas dapat bereaksi dengan klorin, fluorin, dan akuaregia tetapi tidak dapat bereaksi dengan zat kimia lainnya. Akuaregia dapat melarutkan emas sehingga terbentuk tetrakloroaurat AuCl_4^- (Sahadi dkk., 2011). Emas sangat lambat untuk larut ketika bereaksi dengan kalium sianida dimana akan terbentuk anion disianoaurat (AuCN_2^- – Au (I)) dan Au (III) dengan mudah direduksi menjadi logamnya (Svehla, 1990). Reaksi emas dengan aquaregia dapat dilihat pada reaksi berikut:



Emas sangat tidak reaktif. Sifat ini diduga karena posisinya dalam deret elektrokimia, dimana nilai potensial reduksi standar untuk reaksi reduksi Au^+ menjadi Au^0 adalah +1,69 Volt, sedangkan untuk Au^{3+} menjadi Au^0 adalah +1,4 Volt (Cotton dan Wilkinson, 2007)

B. Nanopartikel Emas (AuNP)

Nanopartikel merupakan salah satu bagian dari nanoteknologi yang menarik perhatian karena pengaplikasian dan pemanfaatannya dalam berbagai bidang. Nanopartikel juga dapat diproduksi dengan berbagai variasi ukuran, bentuk, dan komposisi kimia (Luo dkk., 2005). Nanopartikel merupakan partikel padat dengan ukuran kisaran 1 – 100 nm. Nanopartikel dapat dihasilkan baik dalam bentuk alami, antropogenik, dan buatan. Agen penudung atau *stabilizer* merupakan faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan, bentuk, dan struktur nanopartikel. Sedangkan ukuran, bentuk partikel, interaksi antara pelarut dan partikel, serta jarak antar partikel akan berpengaruh pada sifat nanopartikel (Arakha dan Jha, 2018).

Penelitian terkait nanopartikel sedang berkembang pesat dan salah satu nanopartikel yang banyak diteliti adalah nanopartikel emas (AuNP). Hal tersebut karena AuNP memiliki karakteristik unik serta serapan pada panjang gelombang *visible* yang dapat digunakan sebagai sensor (Reis dkk., 2005). Nanopartikel emas (AuNP) merupakan logam yang banyak dipelajari karena sifatnya yang stabil dan aplikasi yang potensial dalam

berbagai sains dan teknologi mulai dari obat untuk optik, pelabelan biologi, dan lain sebagainya (Singh dkk., 2012). Sifat optik-elektronik AuNP yang unik untuk diteliti yakni penggunaannya dalam aplikasi teknologi tinggi seperti sensorik, agen terapi dan katalisis (Luo dkk., 2005). Sifat optik dan elektronik dari AuNP juga sangat baik dalam mengubah bentuk, kimia permukaan, ukuran, dan kondisi agregat (Kavitha dkk., 2013).

Sifat khusus nanopartikel emas adalah adanya *surface plasmon resonance* (SPR) pada spektra absorpsi visibel. SPR adalah interaksi resonan dari *band* elektron di permukaan nanopartikel saat dikenai sinar. Absorpsi ini tampak pada nanopartikel emas, perak maupun tembaga, namun tidak pada larutan bulknya (Kvasnicka dan Homola, 2008).

Nanopartikel emas, biasanya memiliki distribusi ukuran partikel antara 1 nm dan 100 nm, serta dikenal sebagai koloid emas yang sangat stabil dan telah diselidiki dan diterapkan secara luas (Vijayan dkk., 2016). Ukuran nanopartikel sebagai parameter terjadinya perbedaan sifat kimia dan sifat fisika pada material tersebut. Muatannya yang netral menyebabkan nanopartikel emas memiliki sifat yang stabil (Amiruddin, 2013). Ukuran skala nano menyebabkan terjadinya perubahan warna yakni kuning (Au^{3+}) menjadi *pink-ruby red* (Au^+) yang berada pada panjang gelombang 540 nm (Suman dkk., 2014).

Setiap material dalam nanopartikel menunjukkan sifat yang unik seperti pada logam emas yang memiliki warna indah coklat kekuningan akan tetapi, jika terdapat 100 atom emas yang disusun menjadi sebuah

kubus, warnanya akan jauh lebih merah dan sangat berbeda dengan warna emas (Tarhan dkk., 2019).

Nanopartikel emas memiliki karakteristik khusus sehingga lebih unggul daripada nanopartikel lainnya. Proses produksi nanopartikel emas relatif mudah karena melalui proses reduksi garam emas karena memiliki fitur berupa sifat optoelektronik, komponen kimiawi, biokompatibilitas, dan stabilitas yang sangat baik, nanopartikel emas dapat digunakan untuk proses analisis cepat (Wen-Wen dkk., 2014). Selain itu, nanopartikel emas memiliki fitur termal berupa *surface plasmon resonance* (SPR). Fitur ini menyebabkan elektron bebas pada permukaan nanopartikel emas dapat mengalami resonansi bila dipaparkan gelombang dengan frekuensi spesifik. Kondisi tersebut dapat menginduksi perubahan warna yang terlihat secara kasat mata (Amendola dkk., 2017). Oleh karena itu, pemanfaatan fitur SPR nanopartikel emas menjadi prospek yang baik dalam proses diagnosis bakteri patogen pada bahan pangan melalui metode sensor kolorimetri.

Manfaat nanopartikel emas yang banyak seperti pada benda-benda elektronik, katalisis, kimia dan optik sehingga banyak penelitian terkait teknologi biokimia, analisis kekebalan, analisis elektrokimia dan biomedis (Amin dkk., 2020). Kekuatan resonansi permukaan plasmon dari nanopartikel emas memicu puncak penyerapan karakteristik pada panjang gelombang maksimum untuk bergeser ke daerah yang terlihat oleh sinar UV

(ultraviolet) dengan adanya perubahan pada ukuran partikel, morfologi, jarak antar partikel dan perubahan warna (Manzila dkk., 2020).

C. Sintesis Nanopartikel Emas (AuNP)

Perkembangan tentang nanopartikel memunculkan suatu metode baru yang disebut sintesis nanopartikel yakni dengan memanfaatkan material. Pada prinsip sintesis nanopartikel logam yakni memanfaatkan mikroorganisme atau bahan alam sebagai agen pereduksi. Mikroorganisme yang biasa digunakan seperti bakteri, jamur dan khamir (Arakha dan Jha, 2008).

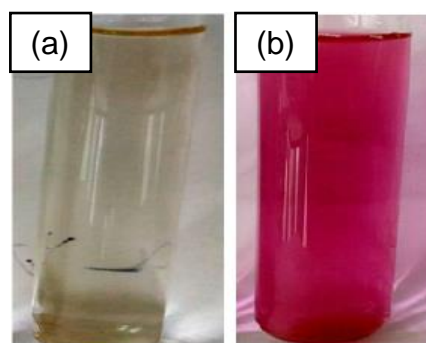
Metode yang digunakan dalam nanopartikel emas diantaranya iradiasi laser, sonokimia, sonoelektrokimia, fotokimia dengan sinar UV, reduksi kimia dan elektrokimia (Singh dkk., 2012). Metode fisika yang digunakan yakni *ball milling*, difusi api nanopartikel, dan penyemprotan pirolisis. Sedangkan untuk metode kimia yang digunakan yakni sol-gel, deposisi larutan kimia, Langmuir boldgett, dan deposisi elektro. Kedua metode tersebut memiliki radiasi yang tinggi serta kestabilan agen yang dapat membahayakan kesehatan dan lingkungan manusia (Kuppusamy dkk., 2014).

Nanopartikel emas (AuNP) merupakan material kecil namun dibutuhkan dalam jumlah yang besar untuk aplikasi komersil dan industri. Oksidasi emas meliputi Au^+ (aurous), Au^{3+} (aurat/*auric*), dan emas yang tidak teroksidasi adalah Au^0 (Baer, 2013). Sintesis AuNP pertama kali

dilakukan oleh Turkevich tahun 1951. Metode yang dilakukan yakni pembuatan larutan emas dari garam emas HAuCl_4 (Zeng dkk., 2011) dengan adanya penambahan agen pereduksi (Baer, 2013).

Pembuatan nanopartikel emas dilakukan dengan mereduksi Au^{3+} menjadi Au^0 (Amiruddin, 2013). Ketika Au^{3+} dalam bentuk ionnya maka akan saling tolak menolak yang terjadi akibat muatan sejenis, sehingga perlu direduksi menjadi Au^0 maka muatannya akan netral dan memungkinkan untuk saling tarik-menarik dan berinteraksi membentuk cluster berukuran nano (Yasser dan Widiyanti, 2019).

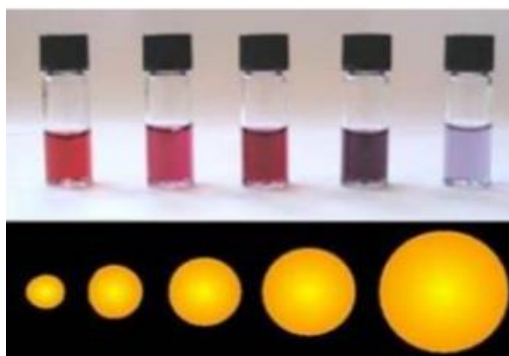
Reduksi AuNP dilakukan dengan mencampurkan HAuCl_4 dengan asam askorbat pada suhu kamar. Terbentuknya AuNP ditandai dengan perubahan warna dari kuning ke merah (Gambar 1) yang diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Golshaei dkk., 2015).



Gambar 1. (a) Larutan HAuCl_4 berwarna kuning; (b) Larutan AuNP berwarna merah

Manzila dkk. (2020) melakukan sintesis AuNP menggunakan pereduksi sodium sitrat dan menghasilkan larutan berwarna merah dengan panjang gelombang 517 – 534 nm. Warna-warna yang muncul merupakan

frekuensi pita plasmon yang berada pada daerah *visible* yang menyerap warna ungu dan memantulkan warna merah (Rakhi dan Gopal, 2012). Warna larutan AuNP berdagradasi mengikuti ukuran dari partikel AuNP yang terbentuk (Sapsford dkk., 2013). Hasil sintesis menunjukkan bahwa emas memiliki warna yang bervariasi dari merah hingga ke ungu sesuai dengan ukuran partikelnya (Gambar 2).



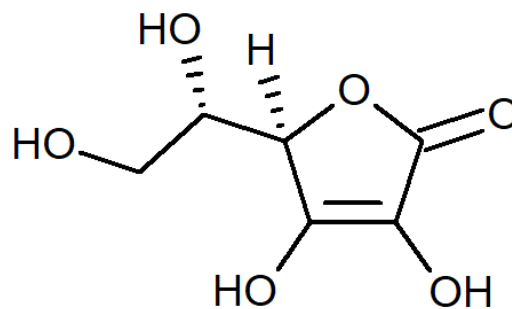
Gambar 2. Perbedaan ukuran partikel dan perubahan warnanya.

Hasil spektroskopi nilai absorbansi menunjukkan jumlah nanopartikel yang terbentuk, semakin tinggi nilai absorbansi maka semakin banyak pula nanopartikel yang terbentuk (Sikder dkk., 2017). Karakterisasi menggunakan Transmission Electron Microscopy (TEM) bisa dilakukan untuk melihat morfologi ukuran nanopartikel yang dihasilkan (Kaykhaii dkk., 2018).

D. Asam Askorbat

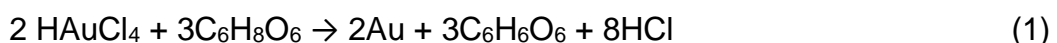
Asam askorbat atau vitamin C adalah suatu senyawa yang memiliki 6 atom C (Gambar 3) dan mudah larut dalam air (Naidu, 2003; Lee dkk.,

2004). Asam askorbat mudah teroksidasi dalam bentuk larutan menjadi asam dehidroaskorbat namun asam askorbat akan stabil dalam bentuk kering (Wade, 2003). Asam askorbat terdapat dua bentuk di alam yaitu asam L-askorbat dalam bentuk tereduksi dan asam dehidro L-askorbat dalam bentuk teroksidasi. Namun keduanya tetap mempertahankan aktivitas asam askorbat (Naidu, 2003).



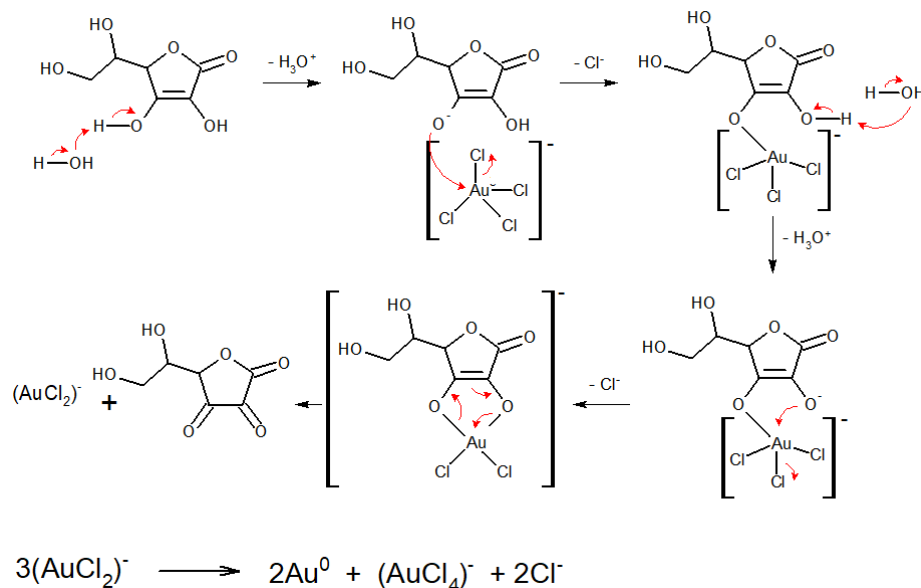
Gambar 3. Struktur asam askorbat.

Manfaat asam askorbat adalah sebagai antioksidan karena bertindak sebagai donor elektron yang dapat mencegah senyawa lain agar tidak teroksidasi. Asam askorbat sebagai agen pereduksi mempunyai ciri – ciri gugus enadiol (Naidu, 2003) sehingga mampu mereduksi beberapa ion logam (Lin dkk., 2013). Asam askorbat sebagai reduktor yang kuat mereduksi Au^{3+} menjadi Au^0 dengan transfer elektron (Sun dkk., 2009) sesuai persamaan berikut:



Asam askorbat pada reaksi di atas ditambahkan ke dalam HAuCl_4 pada suhu kamar. Asam askorbat memiliki sifat pereduksi elektron yaitu dengan mengubah ion Cl^- pada HAuCl_4 oleh gugus hidroksil (OH^-). Setelah

itu, OH^- yang lainnya dideprotonasi dan membentuk senyawa kompleks. Reduksi AuNP dapat dilakukan dalam 2 tahap, Au^{3+} direduksi menjadi Au^+ lalu direduksi kembali menjadi Au^0 sehingga diperoleh tahap akhir menghasilkan Au^0 , asam dehidroaskorbat (DHA), dan HCl seperti pada persamaan 1 dan 2 (Golshaei dkk., 2015; Lin dkk., 2013). Mekanisme reaksinya dapat dilihat pada Gambar 4.



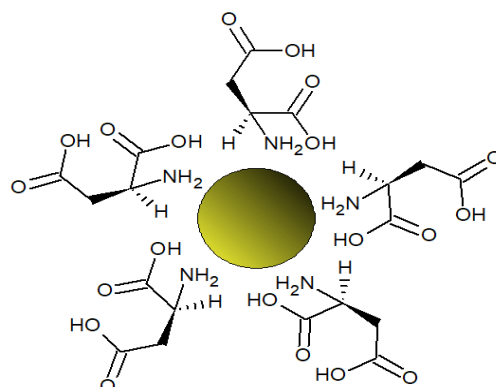
Gambar 4. Mekanisme reaksi AuNP dengan asam askorbat

E. Asam Glutamat

Asam glutamat ditemukan oleh ilmuwan Jepang pada tahun 1908 (Kulkarni dkk., 2005). Asam glutamat merupakan asam dikarboksilat dan masuk dalam kelompok rantai asam amino dengan rantai asam (Pamela dkk., 1994). Asam glutamat terdegradasi dalam tubuh menjadi glutamin. Asam glutamat memiliki rumus molekul $\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_4$, material bubuk kristal putih, titik leleh 205°C , memiliki sifat yang stabil (Kulkarni dkk., 2005).

Asam glutamat dapat digunakan sebagai agen penudung pada sintesis nanopartikel emas (Nadhifah dkk., 2020). Penelitian tentang sintesis nanopartikel emas menggunakan mikroorganisme atau bahan alam telah banyak dilakukan namun penggunaan non ekstrak sebagai agen penudung masih jarang. Zhang dkk. (2010) melaporkan bahwa syarat untuk menjadi agen penudung adalah memiliki gugus hidroksil dan gugus amina. Nadeem dkk. (2017) menyatakan bahwa gugus hidroksil dan gugus amina sangat penting dalam proses sintesis AuNP. Asam glutamat termasuk dalam asam amino non essensial merupakan salah satu asam amino yang memiliki syarat tersebut sehingga sangat baik sebagai agen penudung (Nadhifah dkk., 2020).

Larutan emas yang telah direduksi oleh asam askorbat cenderung mengalami agregasi sehingga diperlukan agen penudung sebagai stabilisator. Gugus amina dari asam amino dioksidasi menjadi radikal positif karena terjadinya transfer elektron dari amina ke ion emas. Skema reaksi untuk AuNP dengan penudung asam glutamat dapat dilihat pada Gambar 5 (Zarabi dkk., 2014).



Gambar 5. Skema reaksi nanopartikel emas dengan penudung asam glutamat.

Asam glutamat termasuk dalam biopolimer tidak beracun yang dibiosintesis oleh bakteri *Bacillus* sp melalui proses fermentasi (Shih dan Van, 2001). Asam glutamat merupakan poliamida alami yang dihubungkan oleh ikatan amida melalui hubungan antara gugus amina dan asam karboksilat (Inbaraj dkk., 2012). Sifatnya yang larut dalam air, asam glutamat telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk obat-obatan, kosmetik, remediasi lingkungan, bakterisida, dan suplemen pakan hewan (Shih dan Van, 2001; Bajestani dkk., 2018). Oleh karena itu, asam glutamat dapat digunakan dalam sintesis AuNP karena dapat memberikan stabilitas tinggi dan kekuatan mekanik untuk AuNP serta dapat dijadikan sebagai agen penudung dalam sintesis AuNP (Inbaraj dkk., 2020).

F. Sensor Kolorimetri

Sensor merupakan rangkaian peralatan yang dapat menghasilkan informasi secara kualitatif maupun kuantitatif secara spesifik dengan memanfaatkan elemen biologis (seperti reseptor biologis, enzim, hormone, antigen, antibodi, mikroba) atau kimia (reagen-reagen kimia) yang mengalami kontak dengan analit (Kress dkk., 1998). Sensor sebagai detektor memiliki kemampuan untuk mengukur beberapa jenis kualitas fisik seperti kimia dan fisika (Syam, 2013). Sensor dibedakan pula menjadi beberapa bagian yakni sensor fisika, biologi dan kimia (Lesmana, 2013).

Sensor kimia merupakan salah satu alat analisa (*analytical device*) yang berisi reagen kimia sehingga dapat bereaksi dengan analit tertentu dalam larutan atau gas sehingga akan menghasilkan perubahan fisika dan

kimia yang dapat berubah menjadi sinyal elektrik proporsional dengan konsentrasi dari analit tersebut. Sensor kimia biasanya banyak diaplikasikan untuk mendeteksi entitas kimiawi dengan menggunakan reaksi kimia dari reagen kimia yang sesuai (Kuswandi, 2010).

Sensor kolorimetri adalah sebuah metode analisis kimia mengenai perbandingan dengan menggunakan perbedaan warna. Metode ini mengukur warna suatu zat yang relatif terhadap cahaya putih sebagai perbandingan absorpsi cahaya (Wen-Wen dkk., 2014). Metode ini memiliki keuntungan, di antaranya yakni lebih mudah dalam menetapkan kuantitas zat yang sangat kecil. Hal ini dapat terjadi karena sensor kolorimetri menggunakan suatu zat yang mudah diinduksi perubahan warnanya (Thiha dan Ibrahim, 2015).

Salah satu aplikasi dari SPR nanopartikel yaitu penggunaannya sebagai sensor kolorimetrik, berdasarkan agregasi dan deagregasi AuNP ketika target spesifik terdeteksi. Penurunan jarak antar partikel akan memicu terjadinya agregasi yang selanjutnya akan mengubah sifat optik dari nanopartikel tersebut. Terjadinya pergeseran merah dari *plasmon band* akan menampakkan perubahan warna dari merah menjadi biru-keunguan yang dapat divisualisasi dengan mata telanjang (Zhou dkk., 2012). Deteksi visual berdasarkan transisi warna AuNP sangat berguna untuk deteksi yang cepat di rumah sakit atau sarana kesehatan, dan dapat dilakukan oleh siapa saja, tanpa peralatan yang kompleks (He dkk., 2011b).

Maruyama dkk. (2014) melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi emas yang digunakan maka semakin tinggi intensitas dan

panjang *Surface Plasmon Resonance* (SPR) meningkat tetapi tidak mempengaruhi ukuran AuNP terbentuk. Peningkatan konsentrasi emas hanya mempengaruhi stabilitas AuNP yang terbentuk. Agregasi AuNP akan semakin banyak apabila konsentrasi emas semakin meningkat. Selain konsentrasi, agen penudung juga mempengaruhi pembentukan AuNP.

G. Bakteri Salmonella

Salmonella adalah bakteri yang menjadi indikator sanitasi pada pangan. *Salmonella* adalah bakteri batang gram negatif yang bersifat motil, dengan panjang 1,0 sampai 3,0 μm memiliki lebar 0,8 sampai 1,0 μm . *Salmonella* akan menghasilkan batang warna merah muda pada pewarnaan gram pada pemeriksaan mikroskopis. *Salmonella* dapat memfermentasikan glukosa, memproduksi gas, namun tidak memfermentasikan laktosa dan sukrosa. *Salmonella* bersifat patogen terhadap manusia dan hewan bila tertelan (Anjung, 2016). Bakteri ini dapat berkembang dengan baik pada suhu kamar (Kunarso, 1987).

Susunan klasifikasi bakteri *Salmonella* adalah sebagai berikut (Pelczar dan Reid, 1958):

Divisio	: Protophyta
Class	: Schizomycetes
Ordo	: Eubacteriales
Family	: Enterobacteriaceae
Tribus	: Salmonelleae
Genus	: <i>Salmonella</i>

Bakteri *Salmonella* adalah salah satu bakteri yang tergolong ke dalam suku Enterobacteriaceae (Darmawati, 2009). Umumnya bakteri ini bersifat patogen dan menyebabkan penyakit bukan hanya pada manusia tapi pada hewan peliharaan atau ternak dan hewan air seperti udang, ikan dan kerang-kerangan (Kunarso, 1987). Scanning bakteri *Salmonella* sp dapat dilihat pada Gambar 6 (Madigan dkk., 2012).



Gambar 6. Scanning bakteri *Salmonella* sp

Salmonellosis merupakan jenis penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella*. Penyakit ini merupakan infeksi bakteri akibat tertelannya sel-sel *Salmonella* yang masih hidup (Fardiaz dkk., 1981). *Salmonella* tersebar luas di alam dan mereka bertahan dengan baik dalam berbagai makanan (Pui dkk., 2011).

Cemaran *Salmonella* dapat dijumpai pada tanah dan air. Cemaran *Salmonella* akan menyebar ke sayuran, ternak, bahan pangan, dan manusia melalui ekskresi manusia dan hewan. *Salmonella* tidak berlipat jumlahnya dengan cepat jika berada di luar inangnya, tetapi dapat bertahan

beberapa minggu di air dan beberapa tahun di tanah jika kondisi lingkungan mendukung (Anjung, 2016).

Lebih dari 2300 serovar *Salmonella* telah dijelaskan namun meskipun seluruhnya bersifat potensial patogenik sangat berbeda pada inang dan patogenisitas (Wray dan Karl, 2000). *Salmonella* merupakan salah satu bakteri patogen penyebab keracunan makanan pada hewan dan manusia. Bakteri ini masuk melalui kontaminasi makanan dan minuman. Bakteri ini menyebabkan infeksi *Salmonella* (Anjung, 2016).

Mekanisme patogenesis *Salmonella* umumnya dengan proses infeksi sistemik. Gejala yang timbul umumnya adalah demam, diare, mual, muntah, dan sakit perut. Gejala ini disebut *salmonellosis*. *Salmonella* masuk melalui makanan ke lambung dan usus halus. Selanjutnya akan menyebar ke kelenjar getah bening, pembuluh darah dan seluruh tubuh sehingga feses dan urin penderita mengandung *Salmonella* (Anjung, 2016).

Gejala infeksi *Salmonella* atau *Salmonellosis* umumnya adalah demam, diare, mual, muntah, dan sakit perut. Dalam beberapa kasus, *Salmonellosis* dapat menyebar ke aliran darah yang mengakibatkan penyakit yang lebih berat seperti infeksi arteri, endokarditis, dan arthritis (Sartika, 2012). Strategi pencegahan penyakit *Salmonellosis* yang efektif adalah deteksi kasus, perbaikan sanitasi lingkungan, pencegahan kontaminasi dalam industri makanan, menekan angka reaktor *Salmonellosis*, pendidikan kesehatan masyarakat serta eliminasi sumber infeksi (Ariyanti, 2005).

Penurunan cemaran *Salmonella* pada pangan dapat dilakukan secara biologi, fisik (sterilisasi dengan panas, radiasi dan filter), dan kimia (Madigan dkk., 2012). Penurunan cemaran *Salmonella* pada pangan secara biologi yakni dengan menggunakan bakteriofage. Perubahan suhu dari 37°C ke 50°C dan 60°C mematikan *Salmonella typhimurium* (Migeemanathan dkk., 2011). Penurunan cemaran *Salmonella* secara kimia menggunakan antibiotik menyebabkan resistensi *Salmonella* sp (Amagliani dkk., 2011).

Salmonella salah satu bakteri anaerob fakultif yang mampu memproduksi asam dan gas dengan kemampuan memfermentasi glukosanya dan ketidakmampuannya memproduksi laktosa dan sukrosa. Bakteri ini juga akan aktif tumbuh pada pH 3,6 – 9,5 dan optimal pH mendekati normal (Amagliani dkk., 2011). *Salmonella* salah satu bakteri *mesophilic*, dimana bakteri ini dapat hidup pada suhu 30°C – 37°C (Kunarso, 1987).

H. Karakterisasi Nanopartikel Emas

Nanopartikel emas (AuNP) akan dikarakterisasi dengan menggunakan beberapa alat instrumen diantaranya Spektrofotometri UV-Vis untuk melihat kestabilan AuNP berdasarkan panjang gelombang dan absorbansinya, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mendeteksi gugus fungsi, juga identifikasi senyawa, *Transmission Electron Microscopy* (TEM) untuk menganalisis tekstur dan struktur (Sovawi dkk., 2016), *Particle*

Size Analyzer (PSA) untuk analisis distribusi ukuran diameter partikel AuNP (Nayak dkk., 2014).

1. Karakterisasi Spektroskopi UV – Vis

Spektrofotometer UV-Vis digunakan sebagai alat untuk mengukur transmisi, refleksi dan absorpsi sebagai fungsi dari panjang gelombang dan untuk pengukuran di daerah ultra violet (Harjadi, 1990). Dasar spektroskopi UV-Vis merupakan serapan cahaya, radiasi cahaya ataupun elektromagnet yang dapat menyerupai gelombang (Underwood dan Day, 2002). Sinar ultraviolet memiliki panjang gelombang 200 – 400 nm sedangkan untuk sinar tampak mempunyai panjang gelombang 400 – 750 nm.

Warna – warna yang dihubungkan dengan panjang gelombang dapat dilihat pada Tabel 1 yang disertai dengan warna komplementernya (warna sinar diteruskan), seperti jika warna yang dihilangkan adalah warna putih maka akan nampak warna komplementernya sebagai warna yang diserap (Underwood dan Day, 2002).

Interaksi AuNP dengan cahaya ditentukan oleh lingkungan, ukuran dan bentuk fisiknya. Medan listrik berosilasi dari berkas cahaya yang merambat di dekat partikel nano koloid berinteraksi dengan elektron bebas menyebabkan pergerakan bersama muatan elektron yang beresonansi dengan frekuensi cahaya tampak. Osilasi resonansi ini dikenal sebagai plasmon permukaan. Untuk AuNP monodisperse kecil (~30 nm), fenomena resonansi plasmon permukaan menyebabkan penyerapan cahaya pada

bagian biru-hijau dari spektrum (~ 450 nm) sementara cahaya merah (~700 nm) dipantulkan, menghasilkan warna merah (Wang dkk., 2011).

Tabel 1. Spektrum tampak dan Warna – warna Komplementer

λ (nm)	Warna sinar diserap	Warna sinar diteruskan (warna komplementer)
400 - 435	Ungu Muda	Hijau Kekuningan
435 – 480	Biru	Kuning
480 – 490	Biru Kehijauan	Orange
490 – 500	Hijau Kebiruan	Merah
500 – 560	Hijau	Ungu Tua
560 – 580	Hijau Kekuningan	Ungu Muda
580 – 595	Kuning	Biru
595 – 605	Orange	Biru Kehijauan
605 – 750	Merah	Hijau Kebiruan

Meningkatnya ukuran partikel, panjang gelombang penyerapan resonansi plasmon permukaan bergeser ke panjang gelombang yang lebih panjang dan lebih merah (Gambar 7). Cahaya merah kemudian diserap, dan cahaya biru dipantulkan, menghasilkan larutan dengan warna biru pucat atau ungu. Ketika ukuran partikel terus meningkat, panjang gelombang resonansi plasmon permukaan bergerak ke daerah spektrum infra merah dan warna berubah sesuai panjang gelombangnya (Wang dkk., 2011).

Jumlah nanopartikel yang terbentuk juga dipengaruhi oleh absorbansi. Jumlah nanopartikel yang terbentuk dan absorbansi selalu

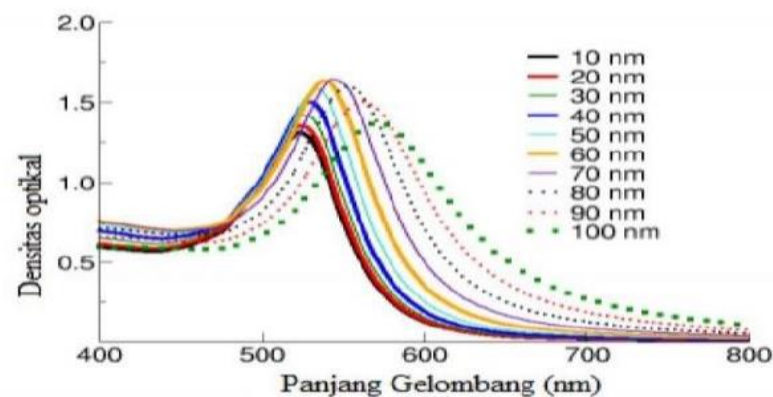
berbanding lurus. Semakin besar absorbansinya maka jumlah AuNP juga semakin besar. Namun jika terjadi penurunan absorbansi maka dapat disebabkan oleh terbentuknya cluster yang lebih besar akibat agregasi. Hal ini disebabkan oleh penggabungan antar AuNP yang membentuk ukuran yang lebih besar. Oleh karena itu dibutuhkan zat penstabil untuk mencegah terjadinya agregasi dan pertumbuhan partikel yang tidak terkontrol. Dengan adanya zat penstabil ini maka kecepatan pertumbuhan, ukuran serta perubahan warna dapat dikontrol (Wijaya, 2008).



Gambar 7. Variasi warna yang timbul pada sintesis AuNP dengan makin meningkatnya ukuran partikel

Identifikasi terbentuknya AuNP melalui analisis spektrofotometri UV-Vis ditunjukkan dengan adanya panjang gelombang maksimum sekitar 500 – 600 nm bergantung pada ukuran partikel dan juga pergeseran panjang gelombang bergantung pada ukuran partikel seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 (Fatimah, 2009). Sovawi dkk. (2016) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa sintesis AuNP dikatakan berhasil bila terjadi perubahan warna dari larutan tidak berwarna menjadi warna ungu. Namun penelitian ini menggunakan bioreduktor bahan alam yakni jambu biji merah (*Psidium guava*). Panjang gelombang yang dihasilkan juga sekitar 500 –

600 nm. Penelitian lainnya yakni Suman (2014), penelitiannya menggunakan bioreduktor ekstrak buah mengkudu *Morinda citrifolia* L. yang berada pada panjang gelombang 540 nm dan terjadi perubahan warna menjadi *pink – ruby red* (Sovawi., dkk., 2016).



Gambar 8. Pengaruh ukuran nanopartikel pada spektrofotometer UV-Vis

2. Spektroskopi *Particle Size Analyzer* (PSA)

Particle size analyzer (PSA) merupakan alat instrumen untuk karakterisasi distribusi ukuran suatu partikel dalam sampel. PSA dilakukan untuk penentuan ukuran partikel. PSA juga untuk menentukan volume setiap partikel di dalam sampel. Penggunaan difraksi laser merupakan instrumen yang umum digunakan dalam penentuan sampel. Khususnya untuk ukuran partikel 0,5 μm – 100,5 μm .

Prinsip kerja PSA yakni ketika cahaya (laser) dihamburkan oleh kumpulan partikel. Sudut cahaya hamburan berbanding terbalik dengan ukuran partikel. Semakin besar sudut hamburan maka semakin kecil ukuran partikel. Metode analisis ukuran partikel kurang dari 0,5 μm adalah

menggunakan metode Dynamic Light Scattering. Metode ini merupakan metode termudah yang dapat digunakan (Gilroy dkk., 2011).

Pengukuran menggunakan PSA memiliki keunggulan yaitu lebih akurat jika dibandingkan dengan pengukuran partikel dengan alat lain seperti XRD ataupun SEM. Hal ini dikarenakan partikel didispersikan ke dalam medium sehingga ukuran partikel yang terukur adalah ukuran dari single particle. Hasil pengukuran dalam bentuk distribusi, sehingga dapat menggambarkan keseluruhan kondisi sampel, serta memiliki rentang pengukuran 0,6 nm - 7 μm (Nanotech, 2012).

3. Spektroskopi *Transmission Electron Microscopy* (TEM)

Transmission Electron Microscopy (TEM) merupakan salah satu alat instrumen yang menggunakan lensa mikroskop dengan kekuatan menembus sampel. Salah satu yang sering digunakan pada TEM yakni gangguan antara sinar yang dipancarkan. Interpretasi dilakukan menggunakan simulasi komputer yang memerlukan model struktur sampel, parameter dan ketebalan sampel (Karlik, 2001).

Cara kerja TEM yakni elektron ditembakkan *electron gun* akan melewati 2 lensa kondensor untuk menguatkan dari elektron yang ditembakkan. Lensa yang tipis sehingga perlu diteruskan pada tiga lensa yakni lensa objektif, lensa intermediate dan lensa proyektor (Respati, 2008).

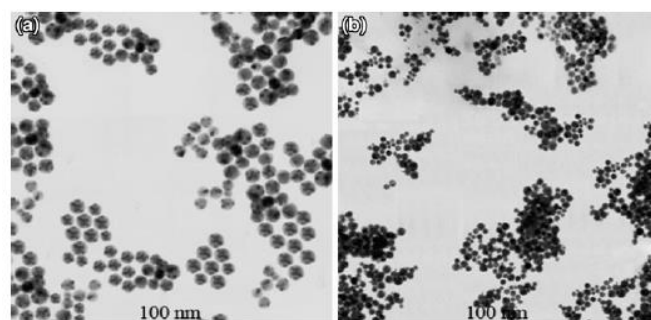
Warna hasil sintesis berhubungan dengan ukuran AuNP yang dihasilkan. Semakin pekat warna yang dihasilkan maka ukurannya pun akan semakin kecil (Mustafa dkk., 2010). Hubungan warna, ukuran dan

bentuk dapat dilihat pada Tabel 2. Hal ini berkaitan dimana hasil sintesis akan berhubungan erat dengan ukuran AuNP yang dihasilkan. Warna cerah mengindikasikan ukuran AuNP yang besar, sedangkan untuk warna pekat maka ukuran AuNP juga kecil.

Tabel 2. Hubungan warna, ukuran dan bentuk nanopartikel emas

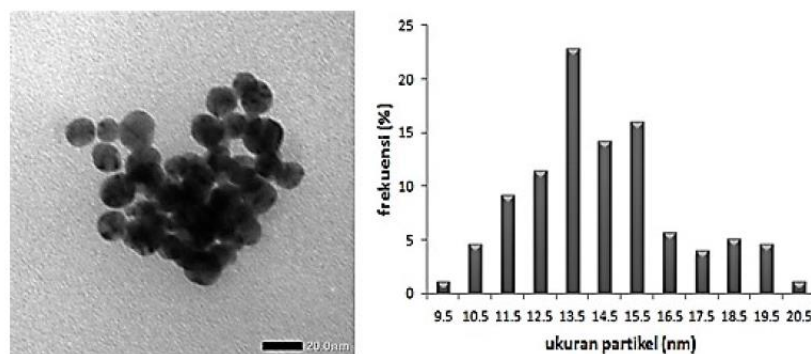
Warna	Ukuran (nm)	Bentuk
Kemerah-merahan (Merah Jambu)	23 – 36	<i>Triangular, Pentagonal, hexagonal dan spherical</i>
Merah Cerah (Delima)	12,17 – 38,26	Spherical, triangle dan Hexagonal
Ruby Red/ Kebiruan	10,20 – 15,08	
Merah Pekat	2 – 2,2	Spherical, triangle dan Hexagonal

Penelitian yang dilakukan oleh Zarabi dkk. (2013) melakukan analisis TEM pada beberapa asam glutamat dan asam aspartat yang akan digunakan untuk sintesis AuNP. Hasil TEM pada pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil TEM (a) asam aspartat (b) asam glutamat

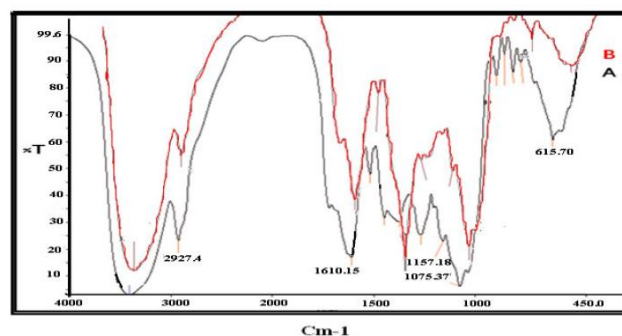
Menurut Zarabi dkk. (2020), hasil di atas menunjukkan bahwa ukuran asam glutamat rata – rata lebih besar dibandingkan dengan asam aspartat sehingga asam glutamat dapat digunakan untuk sintesis AuNP. Wikantyasning dkk. (2015) melakukan sintesis AuNP dengan metode Turkevich dan menghasilkan AuNP yang stabil pada diameter 10 – 100 nm dan distribusi ukuran partikel 13,5 nm seperti yang ditunjukkan pada hasil uji TEM pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil uji TEM sintesis AuNP menggunakan metode Turkevich dan distribusi ukuran partikelnya

4. Spektroskopi *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

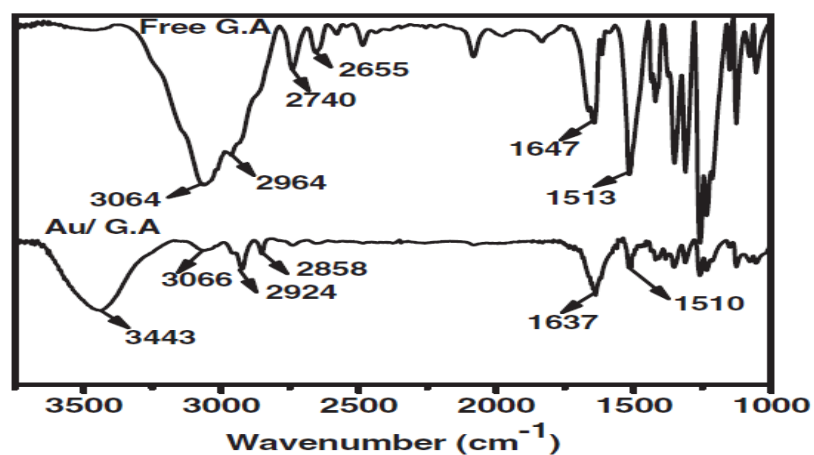
Karakterisasi menggunakan FTIR dilakukan untuk menentukan gugus fungsi suatu senyawa. Sadeghi dkk. (2020) melakukan penelitian nanopartikel emas dengan uji menggunakan FTIR (Gambar 11).



Gambar 11. Spektrum FTIR Sintesis Nanopartikel Emas Menggunakan Daun *Stevia rebaudiana*

Hasil penelitian pada Gambar 11 menunjukkan daerah 600 cm^{-1} menunjukkan alkil halida, daerah 892 menunjukkan gugus alkena. Gugus C – OH ditunjukkan pada daerah bilangan gelombang 1075 cm^{-1} . Gugus N – H ditunjukkan pada daerah bilangan gelombang 2927 cm^{-1} .

Polavarapu dkk. (2008), melaporkan hasil uji FTIR terhadap asam glutamat dan nanopartikel emas dengan penudung asam glutamat yang dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil FTIR AuNP dengan penudung asam glutamat menunjukkan adanya NH_3^+ simetris pada bilangan gelombang 1510 cm^{-1} dengan intensitas menurun jika dibandingkan dengan hasil FTIR asam glutamat murni. Daerah 3064 cm^{-1} pada asam glutamat murni menunjukkan intensitas yang menurun karena adanya pengikatan NH_3^+ ke permukaan emas. Pita lebar ditunjukkan pada daerah bilangan gelombang 3443 cm^{-1} , hal tersebut dapat disebabkan oleh pengurangan gugus OH menjadi alkohol primer dari reaksi AuNP dengan natrium borohidrida (NaBH_4).



Gambar 12. Hasil uji FTIR asam glutamat murni dan AuNP dengan penudung asam glutamat.

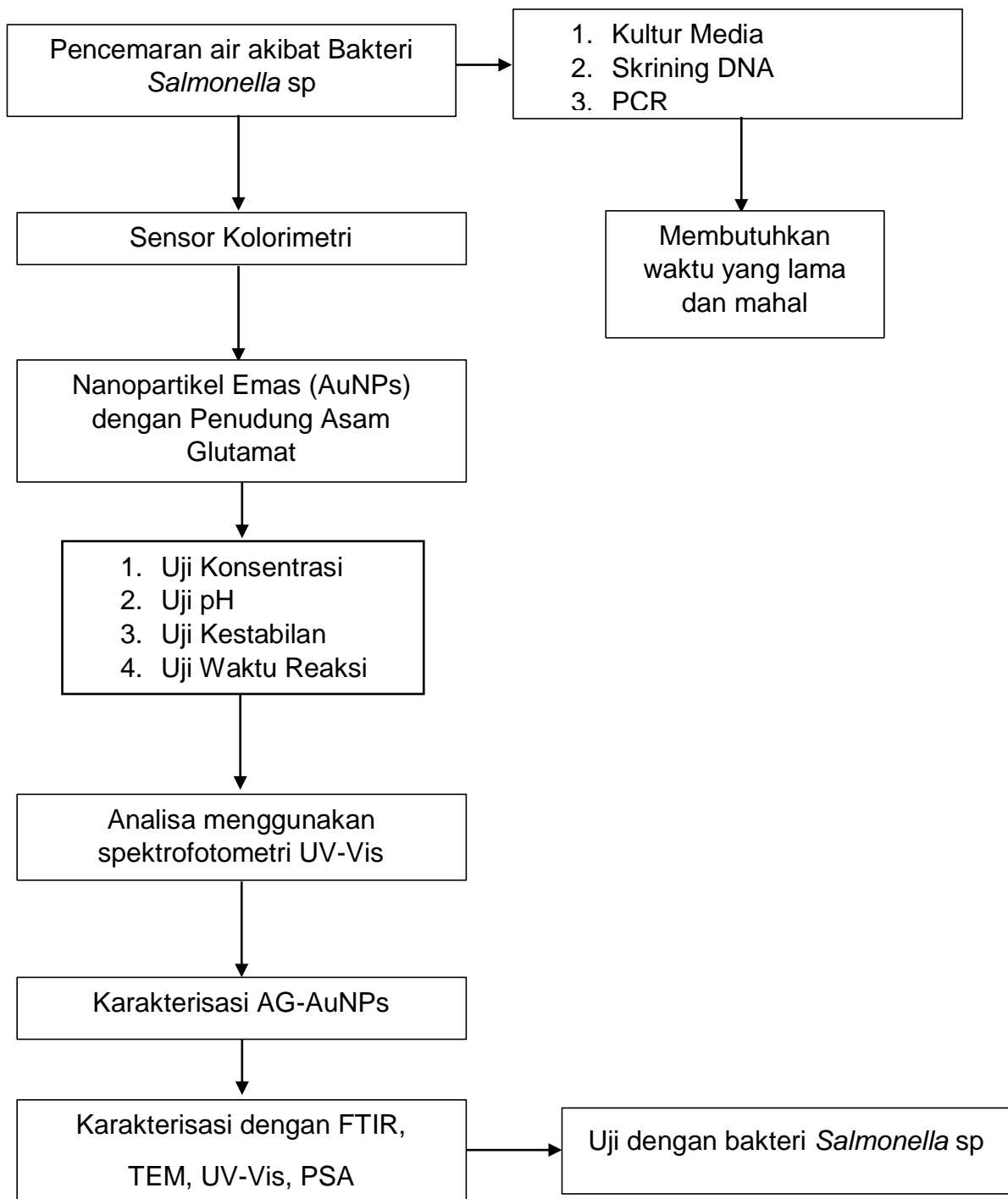
I. Kerangka Pikir

Sifat kimia dan fisika yang dimiliki oleh nanopartikel lebih unggul dibandingkan dengan partikel yang berukuran besar. Nanopartikel juga banyak diaplikasikan dalam bidang sains, teknologi, kesehatan dan industri. Nanopartikel dalam bidang kesehatan dikembangkan yakni sebagai antioksidan. Antioksidan sebagai senyawa kimia mampu memperlambat, menunda dan mengikat radikal bebas dengan mencegah proses terjadinya oksidasi. Salah satu senyawa yang mengandung antioksidan adalah asam askorbat.

Asam askorbat termasuk dalam salah satu vitamin yang memiliki fungsi biologis sebagai antioksidan. Asam askorbat memiliki sifat mudah larut dalam air, dapat terurai di alam serta memiliki toksisitas yang rendah dibandingkan dengan zat kimia lainnya yang mampu mengurangi zat seperti sodium borohidrida (NaBH_4), asam askorbat sudah digunakan untuk mereduksi zat untuk sintesis nanopartikel emas. Hal tersebut telah banyak dilakukan dalam beberapa penelitian. Sebagai contoh nanopartikel emas (AuNP) dengan struktur kulit inti telah mampu mensintesis larutan menggunakan antioksidan alami pada asam askorbat.

Nanopartikel emas (AuNP) diperoleh dengan cara sintesis menggunakan asam amino. Molekul asam amino yang digunakan adalah asam glutamat sebagai agen pengkaping dan agen penstabil. Syarat suatu material untuk digunakan sebagai agen pengkaping yakni memiliki gugus karboksil dan gugus amina. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan

beberapa uji optimasi asam askobat dengan AuNP dan juga uji optimasi asam glutamat dengan AuNP untuk dilakukan karakterisasi dan uji sensor terhadap bakteri *Salmonella sp*



Gambar 13. Kerangka pikir penelitian

J. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. perbandingan mol asam askorbat dan asam tetrakloroaurat (HAuCl_4) memberikan hasil yang optimum dalam mensintesis AuNP
2. nanopartikel emas dapat stabil pada waktu optimum dengan penambahan agen penudung asam glutamat dengan beberapa variabel yakni pH, waktu reaksi, konsentrasi dan kestabilan.
3. nanopartikel emas dengan penudung asam glutamat efektif sebagai sensor terhadap bakteri *Salmonella* sp.
4. mendapatkan perbandingan AuNP dengan penudung asam glutamat dan AuNP tandap penudung dalam efektivitasnya sebagai sensor bakteri *Salmonella* sp.