

Skripsi

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK
HIDROID *Aglaophenia cupressina* Lamouroux SEBAGAI BIOREDUKTOR
DAN UJI POTENSINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

AULIA RHAMDANI ARFAN

H311 13 318



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2017

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK
HIDROID *Aglaophenia cupressina* Lamouroux SEBAGAI BIOREDUKTOR
DAN UJI POTENSINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh:

AULIA RHAMDANI ARFAN

H311 13 318



MAKASSAR

2017

SKRIPSI

**SINTESIS NANOPARTIKEL PERAK MENGGUNAKAN EKSTRAK
HIDROID *Aglaophenia cupressina* Lamouroux SEBAGAI BIOREDUKTOR
DAN UJI POTENSINYA SEBAGAI ANTIBAKTERI**

Disusun dan diajukan oleh

AULIA RHAMDANI ARFAN

H311 13 318

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Utama



Drs. Fredryk Mandey, M. Sc
NIP. 19650118 199002 1 001

Pembimbing Pertama



Dr. Rugaiyah Arfah, M. Si
NIP. 19611231 198702 2 002

يٰۤاَيُّهَا

*Maha Suci Engkau, tidak ada
yang kami ketahui selain apa yang
telah Engkau ajarkan kepada
kami. Sungguh, Engkaulah
Yang Maha Mengetahui,
Maha Bijaksana*

(QS. Al-Baqarah ayat 32)

PRAKATA

Alhamdulillahirabbil Alamin, segala puji dan syukur kepada pemilik ilmu pengetahuan, sang kekasih tercinta yang tak terbatas pencahayaan cinta-Nya bagi seluruh umat manusia, **Allah SWT**. Atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi dengan judul "**Sintesis Nanopartikel Perak menggunakan Ekstrak Hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux sebagai Bioreduktor dan Uji Potensialnya sebagai Antibakteri**". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata satu (S1) di Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Limpahan rasa hormat dan bakti serta doa yang tulus, penulis persembahkan kepada Ayahanda **Arfan Rasyid**, Almh. Ibunda **St. Handayani**, dan Almh. **Hj. Murtidja** yang senantiasa selalu sabar mendidik, mendukung dan membesarkan penulis, dengan doa dan kasih sayang dalam perjalanan menuntut ilmu. Semoga Allah SWT senantiasa menganugerahkan rahmat, kemuliaan dan karunia kepada ketiganya, di dunia maupun di akhirat. Terima kasih untuk saudariku tercinta **Alya Rahmadiyah**, serta semua keluarga atas perhatian, pengertian, dukungan doa dan kasih sayangnya kepada penulis.

Terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada Bapak **Drs. Fredryk W. Mandey** selaku pembimbing utama dan Ibu **Dr. Rugaiyah Arfah** selaku pembimbing pertama yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing dan memotivasi

penulis.

Penulis juga mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Dr. Syarifuddin Liong, M. Si, Dr. Muhammad Zakir, M. Si, dan Dr. Indah Raya, M.Si** selaku penguji ujian sarjana kimia, atas bimbingan dan saran-saran yang diberikan
2. **Dosen-dosen Kimia** yang memberikan ilmu pengetahuan dan juga bimbingan dalam menuntut ilmu selama ini.
3. analis laboratorium **Ibu Tini, Pak Sugeng, Kak Febi, Kak Anti, Kak Hana Kak Linda, dan Pak Iqbal.** Terkhusus untuk **Ibu Tini dan Pak Sugeng** yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan selama penelitian
4. teman-teman grup hidroid **Riska Mardiyanti dan Musrifah Tahar** dan teman-teman lainnya yang meneliti di Laboratorium Kimia Organik **Rismauli Simanjuntak, Sri Magfirah, Murtina, Suci Paramita dan Muhammad Irmawan** atas kerjasama, motivasi, waktu diskusi dan ilmu pengetahuan serta bantuan dari seminar proposal dan seminar hasil
5. kakak-kakak senior yang telah membantu dan meluangkan waktunya untuk berdiskusi dan menjawab pertanyaan penulis
6. keluarga lainnya dari **Forum Cukup Serious, Mbak Fera, Mbak Isna, Rere, Abah, Clay, Hk, Sofiya** dan teman-teman lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu, yang tidak henti-hentinya memberikan motivasi, hiburan dan nasehat-nasehat dikala penulis dirundung masalah.

7. sahabat-sahabat **Manto, Bangsal, Secro**, dan seluruh teman-teman **ATF Spexsolid**, serta guru-guru **Ummul Mukminin** yang senantiasa mendukung dan mendoakan peneliti
8. sahabat jauh penulis **Cavan Fernandes, Jijo, Aamir**, dan **Mk** yang mengajarkan Bahasa Inggris dan juga menjadi teman baik penulis
9. saudara-Saudara "**KIMIA 2013**" terkhusus **Eka Kartika, Sri Widiastuti, Wina Khatrini, Santri Mardiyah N.** yang senantiasa menemani perjalanan penulis dalam menuntut ilmu sejak tahun 2013, dan juga membantu serta memberikan semangat kepada penulis hingga mampu menyelesaikan penelitian dengan baik. Semoga cerita dan perjalanan yang sempat terukir hingga saat ini tidak berakhir seiring dengan berakhirnya perjalanan kita di kampus merah tercinta ini dan semoga setelah seminar hasil penelitian ini tidak lama lagi bersama-sama kita penuh BARUGA UNHAS "Aamiin".

Penulis sadar akan kekurangan dalam skripsi ini baik materi maupun teknik penulisannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritiknya yang bersifat membangun dalam perbaikan dan penyempurnaannya.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti-peneliti berikutnya sebagai sumber acuan terkhusus dalam bidang nanoteknologi dan nanosains.

Makassar, November 2017

Penulis

ABSTRAK

Nanopartikel merupakan salah satu cabang ilmu berkembang dan memiliki diaplikasikan dalam kehidupan. Berbagai metode dikembangkan untuk menyintesis nanopartikel diantaranya adalah metode reduksi berbasis *green chemistry* yang menggunakan reduktor senyawa kimia yang dihasilkan oleh organisme hidup. Hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux merupakan salah satu organisme laut yang diketahui memiliki senyawa aktif yang berpotensi sebagai antibakteri. Dalam penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan metode reduksi logam menggunakan ekstrak hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux sebagai pereduksi dan AgNO_3 sebagai prekursor ion perak, serta amilum sebagai penstabil nanopartikel. Nanopartikel perak yang dihasilkan kemudian diuji aktivitasnya sebagai antibakteri. Proses pembentukan nanopartikel perak dilakukan dengan penambahan larutan hidroid kedalam larutan AgNO_3 dan dihomogenasikan dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Analisis spektrofotometer UV-Vis, PSA, TEM dan FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi nanopartikel perak yang dihasilkan, sebelum diuji aktifitasnya terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Echerichia coli*. Hasil penelitian menunjukkan nanopartikel perak yang terbentuk memiliki warna kuning kecoklatan dengan serapan pada panjang gelombang 414.50 nm dan 413 nm untuk nanopartikel dengan stabilisator amilum. Diameter rata-rata yang dimiliki nanopartikel perak ialah 87.9 nm dan 103 nm, kedua nanopartikel berbentuk bulat. Analisa uji FTIR menunjukkan adanya gugus amida yang berperan dalam proses reduksi ion perak sehingga membentuk nanopartikel perak. Nanopartikel perak dengan konsentrasi 3.6 mg/mL memiliki zona hambat 8.55 mm dan 7.45 mm untuk nanopartikel perak dengan stabilisator amilum terhadap *S. aureus*. Sedangkan nanopartikel perak dengan konsentrasi 3.6 mg/mL memiliki zona hambat 7.825 mm dan 7 mm terhadap *E.coli*.

Kata kunci: *Antibakteri, green chemistry, Aglaophenia cupressina L.*
, nanopartikel perak, metode reduksi.

ABSTRACT

Nanoparticles are one of the branches of developing science and have in importance in life. There are several methods that have been developed like green chemistry based reduced methods, which use chemical bio-reducers that are produced by organisms. Marine organisms, especially hydroids *Aglaophenia cupressina* Lamouroux, are one of the most promising producers of chemical substances and have activity as antibacterials. Within this research we are attempting to synthesize silver nanoparticles using green synthesis metals reduction under usage of aqueous extract of hydroids as a reducing agent, AgNO₃ as a silver metal precursor, and amylum as stabilizing agents. Resulted silver nanoparticles were then characterized using spectrophotometry of UV-Vis, Particle Size Analysis, TEM and FTIR. After characterization the resulted silver nanoparticles were subjected to a bioassay test as antibacterial agents against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. Overall results shown that the resulted silver nanoparticles have yellow-brownish colour which absorbs in the wavelength of 414.50 nm and 413 nm for nanosilver without and with an addition of amylum as stabilizing agents. These nanosilver also have an average diameter of 87.9 and 103 nm with both having round shapes. Functional group analysis by FTIR shown the presence of an amide that greatly assisted the formation of silver nanoparticles. Further test of the anti-bacterial assays shown silver nanoparticles with the concentration of 3.6 mg/mL have an inhibition zone diameter of 8.55 mm and 7.45 mm with an addition of amylum as stabilizing agents. In addition to the same treatment but without amylum the inhibition zone diameter was 7.82 mm and 7.00 mm for *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria respectively.

Key-words: *Antibacteria, green chemistry, hydroid Aglaophenia cupressina Lamouroux, silver nanoparticle, reduction method.*

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Nanopartikel.....	5
2.2 Sintesis Nanopartikel.....	7
2.3 Hidroid sebagai Bioreduktor Logam.....	10
2.3.1 Kajian Biologis Hidroid.....	10
2.3.1.1 Taksonomi Hidroid <i>Aglaophenia cupressina</i> L.	11
2.3.2 Morfologi Hidroid.....	12
2.3.3 Senyawa Metabolit Sekunder Hidroid.....	14
2.3.3.1 Tridentatol.....	16
	x

2.3.3.2 Solandelakton	16
2.3.3.3 Koridendramin	17
2.3.3.4 Gimnangiamid.....	18
2.3.3.5 Litofillipines	19
2.3.3.6 Fosfokolin	20
2.3.3.7 -Kربولin	21
2.3.3.8 Aglaounhas.....	21
2.4 Kajian Sintesis Nanopartikel Logam dari Ekstrak Hewan Laut	23
2.4.1 Nanopartikel Emas dari Ekstrak spons <i>Acantella elongata</i> ...	23
2.4.2 Nanopartikel Perak dari Ekstrak Spons <i>Acantella elongatha</i> .	23
2.4.3 Nanopartikel Perak dari Ekstrak <i>Saccostrea cucullata</i>	24
2.4.4 Nanopartikel Perak dari ekstrak spons <i>Haliclona</i>	24
2.5 Nanopartikel Perak.....	25
2.6 Sifat Antibakteri Nanopartikel Perak.....	27
2.7 Amilum sebagai Stabilisator Nanopartikel Perak	28
2.8 Karakterisasi Nanopartikel.....	29
2.8.1 Spektrofotometer UV-Vis	30
2.8.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i>	31
2.8.3 <i>Particle Size Analysis</i>	32
2.8.4 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>	33
2.9 Bakteri Uji.....	33
2.9.1 <i>Escherichia coli</i>	34
2.9.2 <i>Staphylococcus aureus</i>	35
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Alat Penelitian.....	36
3.2 Bahan Penelitian.....	36

3.3 Waktu dan Tempat	36
3.4 Prosedur Penelitian.....	37
3.4.1 Preparasi Sampel	37
3.4.2 Pembuatan Larutan AgNO ₃ 0,001 M.....	37
3.4.3 Sintesis Nanopartikel	37
3.4.4 Analisis Spektrofotometer UV-Vis	38
3.4.5 Analisis <i>Particle Size Analysis</i> (PSA).....	39
3.4.6 Analisis <i>Transmission Electron Microscopy</i>	39
3.4.7 Analisis FTIR	39
3.4.8 Persiapan Medium.....	39
3.4.9 Uji Bioaktivitas Antimikroba.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Sintesis Nanopartikel Perak	42
4.1.1 Optimasi Konsentrasi Hidroid.....	45
4.1.2 Sintesis Nanopartikel Perak dengan Stabilisator.....	48
4.2 Karakterisasi Nanopartikel Perak.....	53
4.2.1 Kestabilan Nanopartikel Perak dengan Spektrofotometer UV-Vis	53
4.2.1.1 Nanopartikel Perak Tanpa Stabilisator.....	53
4.2.1.2 Nanopartikel Perak Dengan Stabilisator	55
4.2.2 Ukuran Nanopartikel Perak dengan <i>Particle Size Analyzer</i> ...	56
4.2.3 Morfologi Nanopartikel Perak dengan TEM	58
4.2.4 Karakterisasi Nanopartikel dengan FTIR.....	59
4.3 Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak.....	62
4.3.1 <i>Staphylococcus aureus</i>	62

4.3.2 <i>Echerichia coli</i>	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Metodologi sintesis nanopartikel secara umum	7
2. Skema mekanisme sintesis nanopartikel dengan menggunakan ekstrak biologis	10
3. Hidroid <i>Aglaophenia cupressina</i> Lamouroux	11
4. Hidroid <i>Aglaophenia cupressina</i> Lamouroux (kiri), koloni hidroid <i>Aglaophenia cupressina</i> Lamouroux (kanan)	14
5. Senyawa Tridentatol yang diisolasi dari hidroid <i>Tridentata marginata</i> .	16
6. Senyawa Solandelakton A – I yang berhasil diisolasi dari hidroid <i>Solanderia secunda</i>	17
7. Struktur Koridendramin A (1) dan Kondendramin B (2) yang diisolasi dari hydroid <i>Corydendrium parasiticum</i>	18
8. Senyawa Metabolit Sekunder yang berhasil diisolasi dari hydroid <i>Gymnangium regae</i>	18
9. Senyawa Lytofilippines A – C yang diisolasi dari hydroid <i>Lytocarpus philippines</i>	19
10. Senyawa metabolit sekunder yang berhasil diisolasi dari hydroid <i>Halecium beanii</i>	20
11. Senyawa metabolit sekunder yang berhasil diisolasi dari hydroid <i>Aglaophenia pluma</i>	21
12. Senyawa metabolit sekunder yang diisolasi dari fraksi n-Heksana <i>Aglaophenia cupressina</i> Lamoreaux	22
13. Struktur amilum	28
14. Nanopartikel perak 60 nm dibawah mikroskop dengan latar gelap	31
15. Dinding sel bakteri gram positif dan bakteri gram negatif	34
16. Dokumentasi proses terbentuknya nanopartikel perak	43

17. Mekanisme reaksi pembentukan nanopartikel dengan reduktor Betasitosterol.....	44
18. Spektrum Uv-Vis ekstrak hidroid (hitam), AgNO ₃ 1 mM (biru) dan nanopartikel Ag (hijau)	44
19. Nanopartikel perak dengan perbandingan konsentrasi larutan hidroid dan AgNO ₃ sebesar 9.1% (1:10), 4.8% (1:20), 3.2% (1:30) dan 2.4 (1:40).....	46
20. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi Ekstrak H ₂ O hidroid.....	46
21. Hubungan panjang gelombang maksimum dan absorbansi dengan konsentrasi ekstrak H ₂ O.....	47
22. Dokumentasi terjadinya pembentukan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum.....	49
23. Mekanisme reaksi pembentukan nanopartikel perak dengan amilum ..	51
24. Spektrum UV-Vis amilum 0.2% (hitam), AgNO ₃ 1 mM (biru), ekstrak H ₂ O hidroid (merah), nanopartikel perak dengan stabilisator amilum (hijau)	52
25. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak tanpa stabilisator dari hari pertama hingga hari ke 28.....	53
26. Kurva pengaruh waktu terhadap panjang gelombang maksimum dan absorbansi nanopartikel perak.....	53
27. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dengan stabilisator amilum	55
28. Hubungan absorbansi dan panjang gelombang maksimum nanopartikel perak dengan amilum terhadap waktu.....	56
29. Hasil analisis PSA, histogram distribusi nanopartikel (kiri) dan rata-rata intensitas distribusi nanopartikel (kanan).....	56
30. Hasil analisis PSA, histogram distribusi nanopartikel perak dengan stabilisator (kiri) dan rata-rata intensitas distribusi nanopartikel perak dengan stabilisator (kanan)	57
31. Hasil analisis TEM nanopartikel perak dengan perbesaran 80 kali (kiri) dan 200 kali (kanan).....	58
32. Hasil analisis TEM nanopartikel perak dengan stabilisator amilum dengan perbesaran 200 kali (kiri) dan 300 kali (kanan)	59

33. Spektrum infra merah ekstrak H ₂ O hidroid <i>Aglaophenia cupressina</i> (merah) dan spektrum infra merah nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak hidroid (hitam)	60
34. Spektrum infra merah amilum (hitam), ekstrak H ₂ O hidroid <i>Aglaophenia cupressina</i> (merah) dan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum (biru).....	61
35. Cawan petri A	62
36. Cawan petri B.....	63
37. Cawan petri C.....	64
38. Cawan petri D	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Aplikasi nanoteknologi dalam berbagai bidang	5
2. Aplikasi nanopartikel	27
3. Perbedaan data FTIR ekstrak H ₂ O hidroid dan nanopartikel perak	59
4. Perbedaan data FTIR amilum, ekstrak hidroid dan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum	61
5. Zona hambat sampel terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> setelah 48 jam pada cawan petri A	62
6. Zona hambat sampel terhadap bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> setelah 48 jam pada cawan petri B	63
7. Zona hambat sampel terhadap bakteri <i>Echerichia coli</i> setelah 48 jam pada cawan petri C	64
8. Zona hambat sampel terhadap bakteri <i>Echerichia coli</i> setelah 48 jam pada cawan petri D	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Bagan kerja preparasi sampel hidroid dan optimasi konsentrasi ekstrak H ₂ O hidroid.....	75
2. Bagan kerja sintesis nanopartikel perak	76
3. Bagan kerja karakterisasi nanopartikel	77
4. Bagan kerja uji bioaktivitas antibakteri.....	78
5. Perhitungan	79
6. Hasil analisis spektrofotometer UV-Vis	82
7. Hasil analisis <i>Particle Size Analyzer</i>	83
8. Spektrum FTIR.....	91
9. Dokumentasi penelitian.....	95

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanoteknologi, cabang ilmu yang berfokus pada produksi dan pemanfaatan partikel berukuran nano (Logeswari dkk., 2013), saat ini berkembang sangat pesat. Nanoteknologi merupakan salah satu teknologi generasi baru dan mempengaruhi secara signifikan perkembangan berbagai bidang lain, misalnya sains, teknologi, lingkungan, energi, katalisis dan biomedis (Keat dkk., 2015; Nath dan Banerjee, 2013; Sharma dkk., 2009).

Melihat semakin besarnya pengaruh dan penggunaan nanopartikel dalam berbagai bidang, beberapa metode sintesis nanopartikel pun dikembangkan. Namun karena sifatnya yang toksik dan mahal menyebabkan terjadinya kesulitan mengaplikasikan nanopartikel khususnya di bidang kesehatan. Karena alasan tersebut maka dikembangkanlah suatu metode alternatif dalam sintesis nanopartikel atau nanomaterial berdasarkan konsep *green chemistry* yaitu metode *green synthesis nanoparticle* yang lebih ekonomis dan memiliki resiko pencemaran lingkungan rendah atau bahkan nol, sehingga produk yang dihasilkan lebih aman dan ramah lingkungan serta dapat digunakan dalam berbagai bidang termasuk kesehatan dan biomedis (Schmidt, 2007; Sharma dkk., 2009).

Metode *green synthesis nanoparticle* ialah metode sintesis yang membentuk nanopartikel logam dengan bantuan bahan alam yang bersumber dari organisme (hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme) baik darat maupun laut. Metabolit yang dihasilkan organisme dapat dibentuk menjadi nanopartikel karena memiliki gugus yang mereduksi logam, seperti gugus karbonil, terpenoid, fenolik, alkaloid, amina, amida, protein, dan pigmen (Asmathunisha dan Kathiresan, 2013; Keat dkk., 2015). Disamping sifatnya yang dapat mereduksi logam, bahan alam juga penting karena merupakan sumber potensial untuk menghasil obat atau bahan

obat, vitamin, pemberi cita rasa makanan, wewangian dan lain-lain (Nautiyal, 2013).

Sebagai bagian dari ekosistem perairan organisme laut adalah salah satu sumber potensial senyawa kimia dengan beragam aktivitasnya. Saat ini penelitian berkaitan dengan sintesis nanopartikel dengan bahan dasar logam dan ekstrak hewan laut telah banyak dilakukan. Inbakandan dkk., (2010) mensintesis nanopartikel emas yang berdiameter 7 – 20 nm dari ekstrak spons *Acanthella*. Pada tahun 2012, Inbakandan dkk. mensintesis nanopartikel perak yang berdiameter 15 – 34 nm dari spesies spons yang sama. Umayaparvathi dkk., (2013) mensintesis nanopartikel perak, yang memiliki diameter 10,5 nm dan memiliki aktivitas sebagai antibakteri, dari ekstrak *Saccostrea cucullata*. Hamed & Givianrad (2015), mensintesis nanopartikel perak yang berdiameter 27-46 nm dengan menggunakan ekstrak spons *Haliclona*.

Salah satu hewan laut yang juga memiliki potensi senyawa kimia yang besar ialah filum cnidarian, yaitu hewan laut yang tergolong invertebrata (Moura dkk., 2008). Cnidarian memiliki kemampuan untuk mensintesis bahan alam yang sangat kompleks dan telah berhasil diisolasi sejak dekade pertama dalam abad ke-21. Bahan alam dari filum ini diketahui selain dapat diaplikasikan dalam pengobatan juga dapat menjadi racun yang kuat. Hal ini menjadi faktor pendukung bahwa filum ini berpotensi dan kaya akan senyawa kimia. Salah satu kelas dari filum ini adalah Hidroid atau *Hydrozoa* (Rocha dkk., 2011). Milanowski dkk. (2004) mengemukakan bahwa meski penelitian akan potensi *hydrozoa* masih sangat terbatas. Tetapi potensinya untuk menghasilkan bahan alam sangat besar.

Beberapa senyawa aktif yang telah berhasil diisolasi dari spesies yang tergolong dalam kelas hidroid memiliki aktivitas sebagai antibakteri, antioksidan, antibiotik, antikanker dan beberapa aktivitas lainnya. Namun pada umumnya senyawa aktif tersebut memiliki aktifitas sebagai antibakteri. seperti

Koridendramin dari hidroid *Corydendrium parasiticum* yang memiliki aktifitas sebagai antibiotik (Lindquist, 2000) dan Litofilippines dari hidroid *Lytocarpus philippinus* yang memiliki aktivitas terhadap bakteri *E. coli* (ezanka dkk., 2004).

Adapun salah satu genus dari kelas hidroid lainnya yang memiliki aktivitas antibakteri adalah *Aglaophenia*. Namun demikian penelitian tentang kandungan kimia genus ini masih sangat terbatas. Aiello dkk. (1987) berhasil mengisolasi tiga senyawa -karbolin yang mengandung substituen brom dari *Aglaophenia pluma* Linnaeus yang cukup aktif sebagai antivirus dan antimikroba. Selanjutnya Suada dan Suniti (2010) juga menemukan aktivitas antimikroba, terhadap *Fusarium oxysporum*, pada ekstrak methanol *Aglaophenia* sp. Bendon dkk. (2010) juga telah berhasil mengisolasi alkaloid dari ekstrak polar *Aglaophenia cupressina* Lamoreaux yang memiliki bioaktivitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli*. Sedangkan Johannes dkk. (2009) juga berhasil mengisolasi 3 senyawa asam dari ekstrak n-Heksana dari *Aglaophenia cupressina* Lamoroux yang memiliki aktivitas antibakteri.

Logam perak telah digunakan sejak lama sebagai bahan pengobatan, luka bakar, dan infeksi bakteri. Pengembangan perak sebagai nanomaterial organik melalui proses biosintesis adalah salah satu aplikasi terkini (Rai dkk., 2009). Araujo dkk., (2012) melaporkan bahwa nanopartikel perak memiliki sifat toksik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Listeria innocua*, *Escherichia coli* dan *Salmonella Choleraesuis*. Tidak hanya sebagai antibakteri saja, namun nanopartikel perak juga ditemukan aplikasinya dalam berbagai bidang seperti industri makanan, tekstil, lingkungan, katalisis, biomedis, kesehatan, serta farmasi (Keat dkk., 2015).

Berdasarkan pada temuan diatas maka sangat memungkinkan untuk dilakukan sintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak hidroid *Aglaophenia cupressina*. dan menguji aktifitasnya sebagai antimikroba

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. apakah ekstrak H₂O hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux mampu berfungsi sebagai bioreduktor dalam sintesis nanopartikel perak?
2. bagaimana karakteristik nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak H₂O hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux?
3. bagaimana aktivitas nanopartikel perak, yang disintesis menggunakan ekstrak H₂O *Aglaophenia cupressina* Lamouroux, terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Echerichia coli*?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah mensintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux dan menguji bioaktivitasnya sebagai antibakteri.

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. menentukan kemampuan ekstrak hidroid dalam mensintesis nanopartikel perak
2. mengkarakterisasi nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux
3. menentukan bioaktivitas nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Echerichia coli*.

1.4 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan masyarakat mendapatkan manfaat berupa informasi tentang sintesis nanopartikel perak dan memanfaatkan potensi nanopartikel perak *Aglaophenia cupressina* Lamouroux dalam berbagai bidang khususnya dalam bidang kesehatan dan biomedis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel

Nanopartikel adalah material nanoteknologi yang ukurannya jauh lebih kecil dari benda yang kita gunakan sehari-hari, namun lebih besar daripada atom atau molekul sederhana. *International Organization for Standardization (ISO)* menggolongkan sebuah partikel sebagai nanopartikel apabila diameternya berkisar 1 hingga 100 nm (Horikoshi & Serpone, 2013).

Kenyataan bahwa atom dan molekul yang terdapat dalam material yang berskala nano dapat bekerja secara terpisah yang menarik perhatian berbagai disiplin ilmu lain seperti: kimia, biologi, fisika, elektronik, ilmu material dan teknik untuk bergabung dan memberikan kontribusi untuk mempelajari dan mengembangkan berbagai aplikasi nanomaterial (Lauterwasser, 2007; Pal dkk., 2011). Aplikasi nanoteknologi dalam berbagai bidang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Aplikasi nanoteknologi dalam berbagai bidang (Pal dkk., 2011)

Bidang Ilmu	Aplikasi
Nanomedisinal	Nano <i>drugs</i> , peralatan medis, rekayasa jaringan
Kimia dan Kosmetik	Bahan kimia dan senyawa skala nano, cat, <i>coatings</i> dll.
Material	Nanopartikel, karbon nanotubes, biopolymer, <i>points, coatings</i>
Makanan	Pengolahan, <i>nutraceutical food</i> , nanokapsul
Ilmu Lingkungan dan Energi	Filter pemurnian air dan udara, bahan bakar, fotovoltaiik
Militer dan Energi	Biosensor, senjata, perbaikan sensorik
Elektronik	Chip semikonduktor, penyimpanan memori, <i>photonica</i> , optoelektronik
Alat Sains	Gaya atom, <i>microscopic and scanning tunneling microscope</i>
Pertanian	Gaya atom, <i>microscopic and scanning tunneling microscope</i>

Nanopartikel adalah teknologi yang sangat menarik dan menjanjikan karena memiliki ukuran dan bentuk yang mempengaruhi sifat/ karakter fisika, kimia, biologis, bioakompatibilitas serta selektivitas yang unik dan berbeda dari material biasa (D'almeida dan Roth, 2015). Secara kimia, ukuran nanopartikel, yang berkisar 1-100 nm, menyebabkan nanopartikel memiliki luas permukaan yang besar dengan proporsi yang tinggi pada lapisan permukaan sehingga jauh lebih reaktif dibandingkan dengan molekul biasa. Selain itu ukuran nanopartikel dibawah 50 nm, berdasarkan hukum fisika klasik, akan memberikan efek kuantum, menimbulkan ilusi optik, serta memiliki perilaku elektrik dan magnetik yang berbeda dari material biasa. Hal ini menyebabkan nanopartikel memiliki sifat fisik yang berguna seperti sifat konduktor yang luar biasa dan mampu menyimpan atau mentransfer panas. Sedangkan perubahan biologis yang terlihat ialah mampu memodifikasi nanopartikel menjadi bakterisida (Mittal, 2011; Nagarajan, 2008; Lauterwasser, 2007).

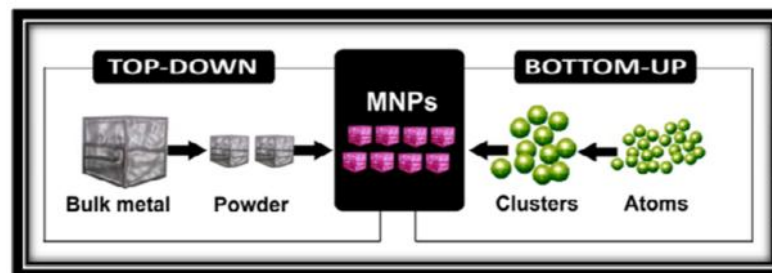
Berdasarkan keragaman jenis penyusun atau bahan utama, nanopartikel diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu nanopartikel organik dan nanopartikel anorganik. Nanopartikel organik merupakan nanopartikel yang terdiri dari karbon, sedangkan nanopartikel anorganik terdiri dari logam. Berdasarkan logam penyusunnya, nanopartikel anorganik diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu nanopartikel magnetik yang terdiri dari logam besi, kedua ialah nanopartikel logam mulia yaitu nanopartikel yang terdiri dari logam-logam mulia seperti platinum, perak atau emas. Terakhir ialah nanopartikel semikonduktor yaitu nanopartikel yang terdiri dari titanium dioksida atau zink oksida. Adapun nanopartikel lainnya ialah nanopartikel polimer, silika dan biomolekul (Asmathunisha dan Kathiresan, 2013; Nagarajan, 2008).

Nanopartikel anorganik banyak digunakan dalam bidang kesehatan dan biomedis karna memiliki sifat yang sebagai pembawa obat yang baik dalam sel,

selain itu memiliki banyak fungsi, bio kompatibilitas yang baik dan memungkinkan untuk menargetkan sel secara khusus seperti menghancurkan sel kanker tanpa menyerang sel normal, serta mampu menguasai kerja obat secara leluasa (Zhi dkk., 2006).

2.2 Sintesis Nanopartikel

Secara umum, sintesis nanopartikel diklasifikasikan menjadi dua metode pendekatan yaitu *top down*, pendekatan dan *bottom up* (Gambar 1). Dalam metode pendekatan *top down*, partikel logam dipecah menjadi partikel-partikel kecil yang berukuran nano. Sedangkan pendekatan *bottom up* adalah metode yang menggunakan homogenisasi sehingga atom, molekul dan partikel kecil akan bergabung. Reaksi homogenisasi dilakukan dengan menggunakan katalis yang berupa agen pengreduksi dan enzim. Sintesis nanopartikel dalam metode ini dipengaruhi oleh sifat katalis, reaksi media dan juga kondisi seperti jenis pelarut, pengstabilisasi dan suhu (El-Nour dkk., 2010; Rath dkk., 2014).



Gambar 1. Metodologi sintesis nanopartikel secara umum (Rath dkk., 2014)

Berdasarkan sifat teknik yang dilakukan dalam sintesis nanopartikel, maka metode sintesis diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu metode sintesis secara fisika dan metode sintesis secara kimia. Metode sintesis secara fisika ialah teknik menghancurkan secara mekanik, reaksi fase padat, *laser ablation*, *melt mixing*, *high-energy ball milling*, *physical vapor deposition*, *freeze drying*, *spread drying*, *ion sputtering*, *solvothermal synthesis*, *metode sol-gel*, dan pengendapan.

Sedangkan metode sintesis secara kimia ialah metode reduksi dengan air atau tanpa air, reduksi elektrokimia, metode templat, reduksi ultrasonic, reduksi fotokatalitik, *microwave-assisted synthesis*, reduksi biokimia, reduksi irradiasi dan metode mikro emulsi.

Nanopartikel dapat disintesis dalam semua fase, baik gas, cair maupun padat. Dalam fase gas kita dapat menggunakan metode *microwave irradiation* atau *physical and chemical vapor deposition synthesis*. Sedangkan dalam fase cair, koloid atau padat, kita dapat menggunakan metode lainnya baik dengan pendekatan fisika dan kimia lainnya. Pada fase koloid, sebelumnya dilakukan terlebih dahulu proses pembentukan koloid dengan teknik pelarutan terlebih dahulu, kemudian dilakukan sintesis nanopartikel. Dalam metode ini digunakan prinsip pengendapan, dimana larutan atau koloid yang memiliki ion berbeda dicampurkan dibawah kondisi tertentu (suhu dan tekanan) untuk mendapatkan endapan yang tidak larut. Selain itu kita dapat memproduksi nanopartikel dengan berbagai ukuran dan morfologi partikel dengan mengontrol kecepatan nukleasi dan tahap *growth* (kesetimbangan). Proses nukleasi dapat dikontrol dengan menggunakan efek ultrasonik atau metode reduksi sonikasi. Berbagai nanopartikel logam, oksida logam dan organik dapat diproduksi dalam metode cair/koloid (Nagarajan, 2008).

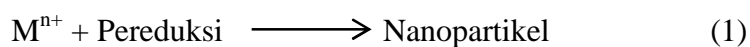
Dari keseluruhan metode sintesis nanopartikel, metode yang paling sering digunakan ialah reduksi kimia (Keat dkk., 2015). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ukuran, bentuk stabilitas serta sifat fisika maupun kimia nanopartikel logam sangatlah dipengaruhi oleh kondisi eksperimental, seperti kinetika interaksi antara ion logam dengan zat pereduksi dan proses adsorpsi agen pengstabilisasi dengan nanopartikel logam (Sharma dkk., 2009).

Metode sintesis secara fisika dan kimia sangat umum digunakan, namun memiliki beberapa kekurangan yaitu membutuhkan suhu dan tekanan yang tinggi,

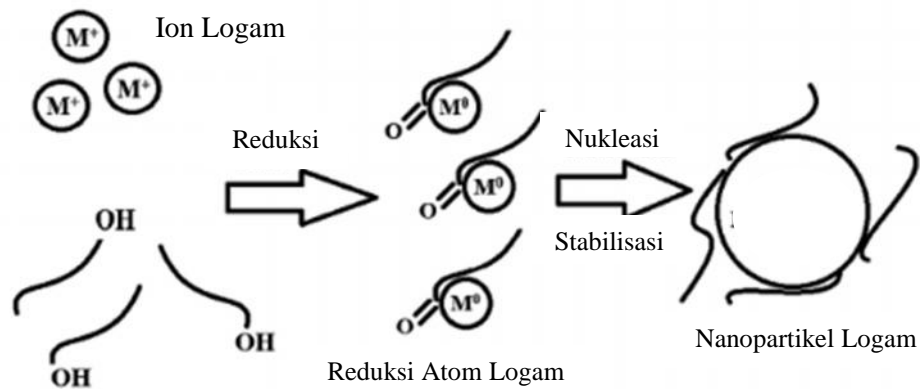
selain itu pelaksanaannya, cenderung memerlukan biaya besar dan menghasilkan senyawa yang beracun sehingga tidak aman bagi lingkungan dan masyarakat khususnya dalam bidang kesehatan dan biomedis. Oleh karena itu diperlukan metode yang berbasis *green chemistry*, yaitu metode sintesis nanopartikel yang menganut 12 prinsip *green chemistry* dan menghasilkan nanopartikel yang aman, ramah lingkungan dan juga murah (Schmidt, 2007; Sharma dkk., 2009; Singh, 2016).

Keat dkk., (2015) mengemukakan bahwa terdapat lima metode sintesis nanopartikel yang menggunakan konsep *green chemistry* yaitu, metode polisakarida, metode Tollens, irradiasi, metode biologis, metode polyoksometalats. Metode biologis merupakan suatu metode sintesis nanopartikel yang menggunakan ekstrak organisme. Asmathunisha dan Kathiresan (2013) mengemukakan bahwa ekstrak organisme diketahui mengandung senyawa metabolit yang mampu mereduksi logam yang mampu mereduksi logam dalam proses sintesis nanopartikel.

Senyawa metabolit seperti terpenoid, fenolik, flavonon, amina, amida, protein, pigmen dan alkaloid diketahui memiliki gugus-gugus penarik elektron yang mampu menyebabkan lepasnya elektron dari logam. Sehingga logam mengalami reduksi. Reaksi reduksi logam ditunjukkan pada persamaan 1.



M^{n+} adalah ion logam seperti Au, Pt, Ag, Co, Fe dan logam-logam lainnya, yang kemudian direduksi oleh senyawa metabolit sekunder.



Gambar 2. Skema mekanisme sintesis nanopartikel dengan menggunakan ekstrak biologis (Keat dkk., 2015; Makarov dkk., 2014).

Makarov dkk., (2014) mengemukakan bahwa terdapat tiga tahap utama dalam mekanisme bio-reduksi (Gambar 2) yaitu:

1. Tahap aktivasi dan nukleasi, dimana ion logam mengalami reduksi dan proses nukleasi dimana atom logam mengalami reduksi
2. Tahap *growth* atau stabilisasi yaitu nanopartikel yang berdekatan, secara spontan mengalami peleburan menjadi partikel dengan ukuran yang lebih besar yang disertai dengan peningkatan stabilisasi termodinamika partikel
3. Tahap terakhir ialah terminasi, adalah tahap yang menentukan bentuk nanopartikel. Dalam tahap ini nanopartikel akan memperoleh konformasi yang paling berenergi. Proses pada tahap ini dipengaruhi oleh kemampuan ekstrak biologis untuk menstabilkan nanopartikel logam.

2.3 Hidroid sebagai Bioreduktor Logam

2.3.1 Kajian Biologi Hidroid

Hydrozoa merupakan makhluk invertebrata filum Cnidaria yang dikelompokkan oleh Carl Linnaeus sebagai *zoophyta* atau tanaman – hewan karena bentuknya yang menyerupai tanaman. Kelas hydrozoa terdiri dari 3500 spesies yang diklasifikasikan dalam tujuh ordo, salah satunya ialah ordo hidroid.

Keberagaman spesies hidroid yang tersebar di seluruh dunia didasarkan pada kemampuannya untuk beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang bervariasi seperti : suhu perairan, ketersediaan unsur hara intensitas pergerakan air serta, kekeruhan air (Di Camillo dkk., 2008; Moura dkk., 2008; Bavestrello dkk., 2006).

Sejak awal abad ke 20 perairan Indonesia tercatat memiliki 15 spesies hidroid, diantaranya ialah *Aglaophenia cupressina* Lamouroux (Hidroid, Leptomedusae yang ditunjukkan pada Gambar 1, spesies ini banyak dijumpai diseluruh kawasan perairan pantai Indonesia (Kambey, 2011).

2.3.1.1 Taksonomi Hidroid (Lamouroux, 1816)

Kingdom	: Animalia
Filum	: Cnidaria
Class	: Hydrozoa
Subclass	: Hidroidolina
Ordo	: Leptothecata
Superfamily	: Plumularioidea
Family	: Aglaopheniidae
Genus	: <i>Aglaophenia</i>
Spesies	: <i>Aglaophenia cupressina</i> Lamouroux



Gambar 3. Hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux (Sumber marinespecies.org).

2.3.2 Morfologi Hidroid

Hidroid merupakan hewan berkelompok (koloni) yang terdiri dari banyak individu polip yang melakukan fungsinya sebagai organisme tunggal. Pada umumnya hidroid hidup pada daerah bentik, yaitu pada daerah permukaan dasar laut. Oleh karena letaknya yang berada di daerah bentik menjadikan hidroid menjadi salah satu penyalur '*transfer energi*' dari plankton menuju organisme lainnya yang berada di dasar laut (Gili & Hughes, 1995; Anonim, 1922; Moura dkk., 2008; Schuchert, 2003).

Siklus hidup hidroid tergolong kompleks karena selain sebagai organisme modular, hidroid juga memiliki kemampuan plastistas fenotipik sehingga mampu beradaptasi dan bertahan hidup pada lingkungan hidup yang cenderung berubah-ubah (Gili & Hughes, 1995).

Cornelius (1995) dalam Moura dkk., (2008) mendeskripsikan bahwa, hidroid tersusun dari polip-polip yang dapat hidup sebagai individu mandiri, ataupun bergabung dalam satu jaringan yang membentuk suatu organisme koloni. Polip-polip tersebut dikelilingi oleh tentakel yang mengandung nematosit yang merupakan salah satu bentuk plastisitas fenotipik hidroid dalam bertahan hidup dan menangkap mangsa.

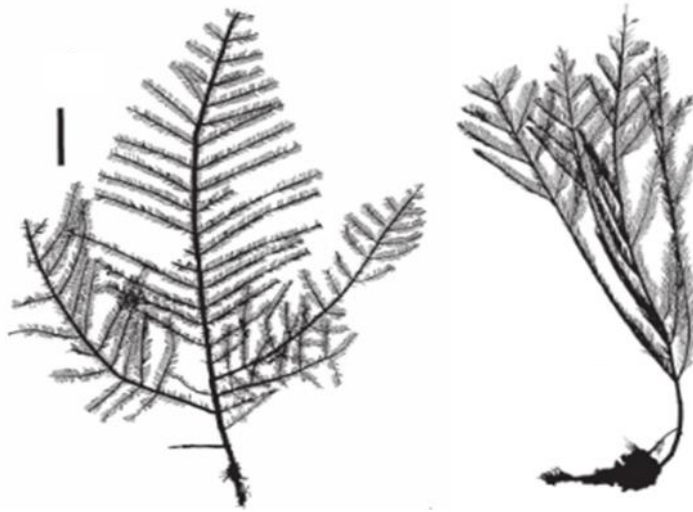
Nematosit berbentuk seperti kapsul tertutup yang mengandung benang seperti tubula yang dikelilingi oleh duri dan berisikan racun. Beberapa spesies mengandung nematosit yang tidak beracun, namun mampu menjerat mangsa dengan benang dan membunuh mangsa dengan duri yang terdapat pada sekeliling benang. Kerja nematosit dipicu oleh reaksi kimia dan rangsangan mekanik, yang menyebabkan penutup kapsul terbuka serta melepaskan ion kalsium yang menyebabkan adanya tekanan osmosis sehingga benang atau tubulus di dalam kapsul keluar dan mengeluarkan racun. Hal ini terjadi dalam hitungan detik dan

dikoordinasikan oleh jaringan syaraf hidroid (Moore, 2006).

Hidroid umumnya merupakan koloni yang tumbuh melekat pada substrat keras seperti bebatuan, koral ataupun tiang namun beberapa spesies lainnya tumbuh pada substrat lunak seperti rumput laut. Variasi spesies hidroid bergantung pada keadaan ekologi habitatnya. Hidroid umumnya banyak terdapat pada daerah beriklim sedang dan dingin. Selain itu bentuk koloni hidroid, ukuran, tekstur permukaan, warna serta struktur senyawa kimia yang terdapat pada hidroid dapat bervariasi didasarkan pada faktor lingkungan seperti suhu, siklus pergerakan air, kedalaman endapan sedimen dan unsur hara yang terkandung di perairan laut serta komensalisme dengan organisme dasar laut lainnya. Biasanya koloni berukuran kecil, namun untuk beberapa spesies koloni hidroid memiliki tinggi mencapai dua meter. Selain mempengaruhi bentuk dan ukuran hidroid, ekologi lingkungan habitat hidroid juga mempengaruhi struktur senyawa kimia yang terkandung serta tekstur permukaan hidroid. Hidroid tumbuh dengan cepat dan memiliki waktu hidup yang singkat. Reproduksi hidroid juga berbeda-beda tiap spesies, namun kebanyakan spesies-spesies hidroid bereproduksi secara aseksual. (Balozet dkk., 1971; Faucci & Boero, 2000; Moura dkk., 2008; Schuchert, 2003).

Salah satu spesies hidroid adalah *Aglaophenia cupressina* Lamouroux yang ditemukan pada tahun 1816 oleh J. V. F. Lamouroux. Hidroid ini merupakan organisme berkoloni dengan lebar 7 – 20 cm dan memiliki bentuk polip yang bercabang-cabang menyerupai tumbuhan (Gambar 2). Spesies ini banyak tersebar di daerah tropis indo-pasifik salah satunya ialah di perairan laut Indonesia. *Aglaophenia cupressina* biasanya melekat pada terumbu karang, dengan pencahayaan yang cukup terang. Oleh karena itu, kita dapat menemukan spesies

ini pada daerah perairan pantai (Di Camillo dkk., 2008; Kambey, 2011; Schuchert, 2003)



Gambar 4. Hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux (kiri), koloni hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux (kanan) (Schuchert, 2003).

Kedalaman serta kondisi lingkungan habitat spesies ini juga sangat mempengaruhi morfologi hidroid. Schuchert (2003) berhasil mengidentifikasi dua hidroid *Aglaophenia cupressina* dari laut Ambon pada kedalaman 1 m dan Pulau Neira pada kedalaman 10 m. Schuchert mengemukakan bahwa terdapat perbedaan warna pada keduanya. Pada laut Ambon *Aglaophenia cupressina* yang didapatkan pada kedalaman 1 m memiliki warna kuning cerah sedangkan pada pulau Neira *Aglaophenia cupressina* yang didapatkan pada kedalaman 10 m, memiliki warna coklat gelap dengan polip yang lebih bercabang dan lebih fleksibel.

2.3.3 Senyawa Metabolit Sekunder Hidroid

Dalam kehidupannya organisme hidup, senantiasa melakukan reaksi metabolisme di dalam tubuhnya. Reaksi tersebut akan menghasilkan suatu senyawa yang diklasifikasikan sebagai metabolit primer dan metabolit sekunder. Metabolit primer merupakan senyawa yang diproduksi dalam jumlah besar dan penting bagi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup antara lain: protein, karbohidrat, asam lemak, hormon dan enzim. Selanjutnya metabolit sekunder

adalah senyawa kimia yang dihasilkan oleh organisme hidup untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya (Saifudin, 2014)

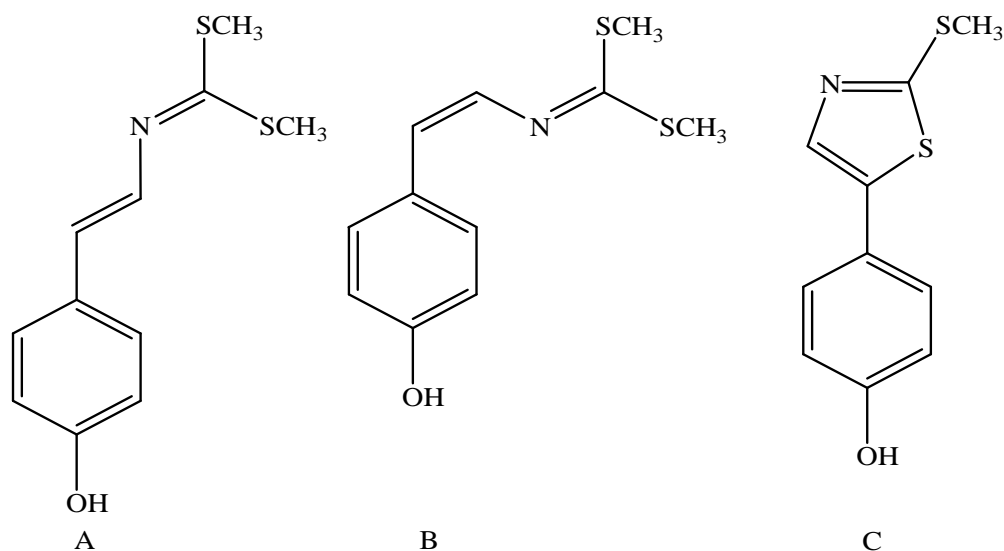
Metabolit sekunder berdasarkan struktur dasar molekul kimia pembentuknya, diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, yaitu kelompok asetat, yang terdiri dari poliketida dan asam lemak; kelompok mevalonat dan deoksisilulosa misalnya terpenoid; kelompok sikimat yang terdiri dari fenil matanoid dan fenil propanoid, kelompok alkaloid; serta kelompok campuran yang merupakan kombinasi antar masing-masing molekul pembentuk (Saifudin, 2014).

Peran bahan alam sangatlah penting bagi kehidupan manusia, dimana diketahui sejak ribuan tahun lalu bahan alam telah berkontribusi dalam penyembuhan penyakit dan pemeliharaan kesehatan masyarakat (Nautiyal, 2013). Selanjutnya Sarker dkk., (2006) mengemukakan tiga hal alasan mengapa bahan alam sangatlah penting dalam kehidupan manusia khususnya sebagai sumber obat. Pertama senyawa kimia bahan alam memiliki struktur yang bervariasi berdasarkan faktor biologis dan ekologis suatu organisme tersebut hidup. Kedua, ukuran senyawa bahan alam yang relatif kecil yaitu berkisar <2000 Da, ketiga ialah sifat bahan alam yang mudah terabsorpsi dan termetabolisme di dalam tubuh. Peran senyawa bahan alam tak hanya sebagai sumber obat saja namun juga digunakan dalam pembuatan nanopartikel yang aman dan ramah lingkungan (Asmathunisha dan Kathiresan, 2013; Mohanpuria dkk., 2008).

Penelitian mengenai bahan alam laut telah dilakukan sejak tahun 1950an. Namun penelitian yang berhubungan dengan filum Cnidaria baru dilakukan pada tahun 1987. Sejak saat itu diketahui kurang lebih 3244 senyawa baru berhasil diisolasi dari filum ini, 99 % diantaranya merupakan senyawa yang diisolasi dari kelas Anthozoa dan 1 % sisanya berasal dari kelas hydrozoa. Berikut kajian mengenai beberapa senyawa aktif dari hidroid.

2.3.3.1 Tridentatol

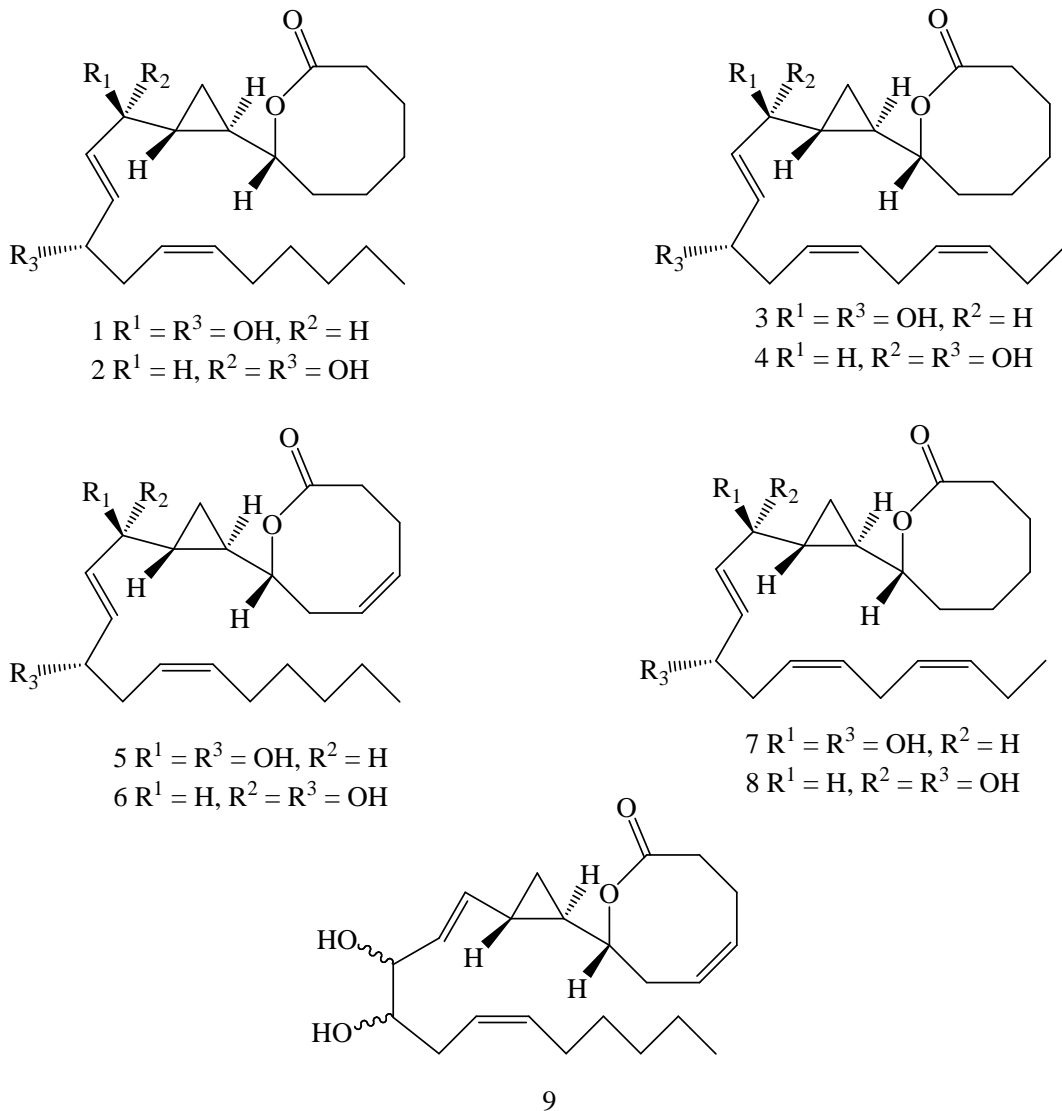
Senyawa fenolik Tridentatol A, B dan C berhasil diisolasi oleh Lindquist dkk., pada tahun 1996 dari hidroid *Tridentata turbinata*. Struktur senyawa ini ditunjukkan pada Gambar 5. Selanjutnya Stachowicz dan Lindquist (1997) melaporkan bahwa ketiga senyawa tridentatol ini mampu merusak sinar UV, sehingga dapat berfungsi sebagai tabir surya. Penelitian sifat Tridentatol dilakukan juga oleh Johnson dkk., (1999) yang menguji sifat antioksidan ketiga senyawa Trindentatol dan melaporkan bahwa tridentatol A memiliki bioaktivitas sebagai antioksidan yang lebih baik dibandingkan vitamin E.



Gambar 5. Senyawa Tridentatol yang diisolasi dari hidroid *Tridentata marginata* (Lindquist dkk., 1996).

2.3.3.2 Solandelakton

Seo dkk., (1996) berhasil mengisolasi sembilan senyawa oksilipin siklopropil dari hidroid *Solanderia secunda* yang dinamakan Solandelakton A – I sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. dilaporkan bahwa solandelactones C, D dan G memiliki aktivitas penghambatan yang moderat, masing-masing sebesar 69, 89 dan 61 %, terhadap protein farnesil transferase, yaitu enzim yang dapat memicu terjadinya diferensiasi dan proliferasi sel kanker. Hal ini memungkinkan solandeklaton digunakan sebagai agen antikanker (Rocha dkk., 2011).

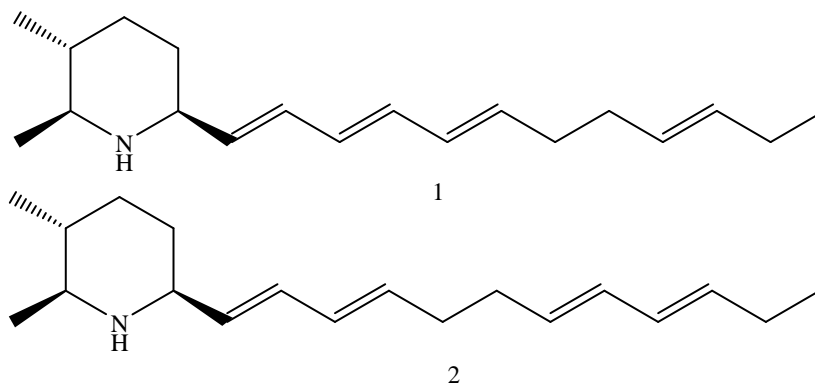


Gambar 6. Senyawa Solandelakton A – I yang berhasil diisolasi dari hidroid *Solanderia secunda* (Seo dkk., 1996).

2.3.3.3 Koridendramin

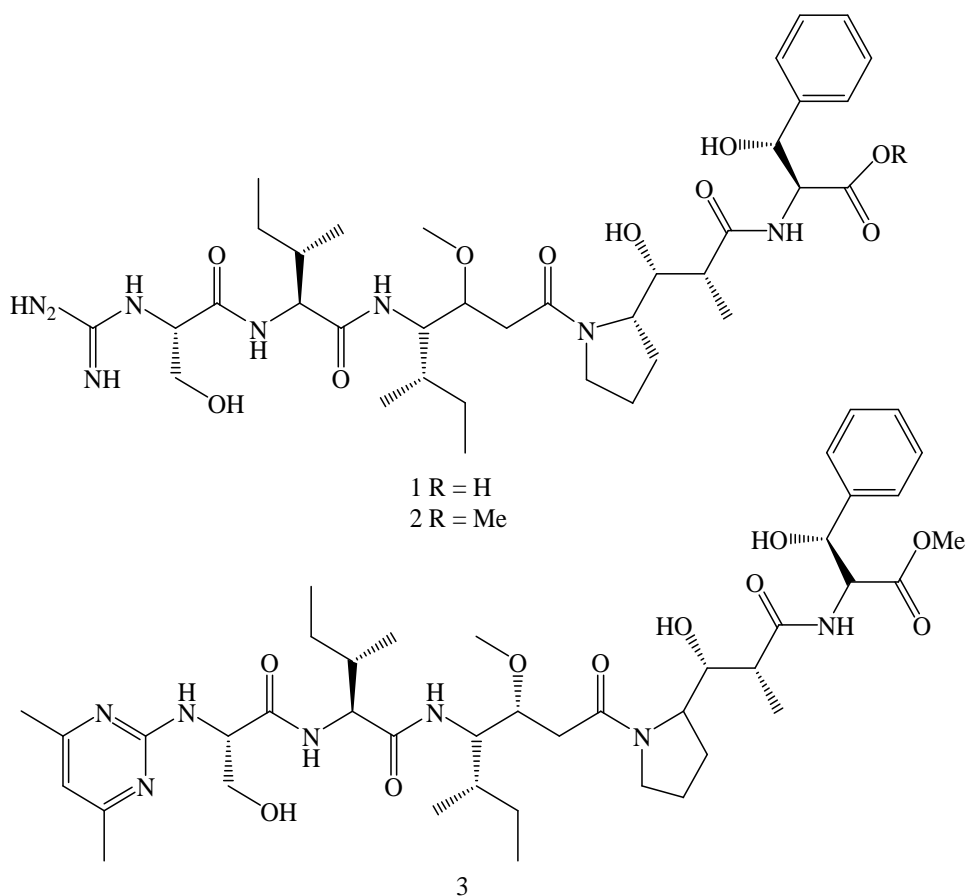
Lindquist (2000) juga berhasil mengisolasi senyawa lain yang baru, yaitu Koridendramin 1 dan Koridendramin 2 dari hidroid *Corydendrium parasiticum*. Spesies ini tidak memiliki kemampuan penetrasi nematosist sehingga akan mengekskresikan senyawa Koridendramin 1 dan 2 sebagai alat pertahanannya terhadap ikan predator. McCrea-Hendrick & Nichols (2009) kemudian berhasil mensintesis senyawa Koridendramin di laboratorium karena menurut mereka senyawa ini memiliki struktur yang mirip dengan senyawa alkaloid piperidin

seperti prosopinin dan mikropin yang diketahui memiliki bioaktivitas sebagai anestesi, antibiotik dan antihipertensi. Struktur koridendramin ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur Koridendramin A (1) dan Koridendramin B (2) yang diisolasi dari hidroid *Corydendrium parasiticum* (Lindquist dkk., 2000).

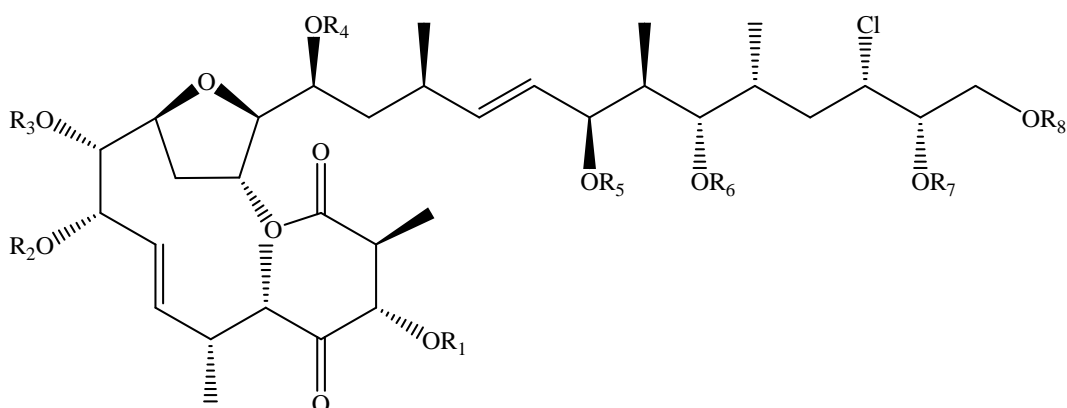
2.3.3.4 Gimnangiamid



Gambar 8. Senyawa Metabolit Sekunder yang berhasil diisolasi dari hidroid *Gymnangium regae*. (Milanowski dkk., 2004).

Senyawa Gimnangiamid 1 dan Gimnangiamid 2 (Gambar 8), yaitu salah satu metabolit sekunder yang diisolasi oleh Milanowski dkk., (2004) dari hidroid *Gymnangium regae*. Milanowski dkk., (2004) melaporkan bahwa gimnangiamid 1 memiliki sifat sitotoksik terhadap sel tumor manusia secara in vitro.

2.3.3.5 Litofilippines



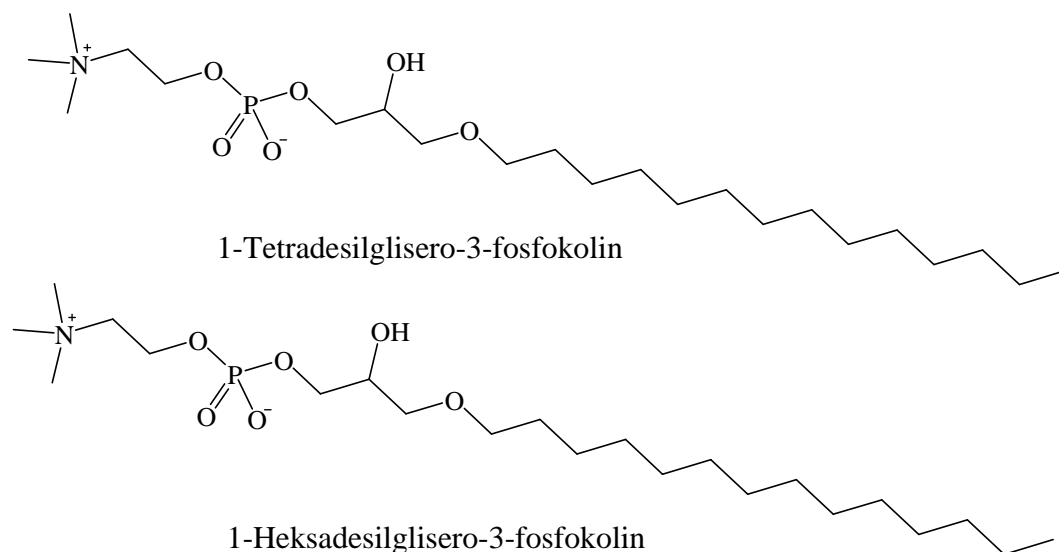
- A $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = H$
 B $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = OC$
 C $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_7 = R_8 = OC$

Gambar 9. Senyawa Litofilippines A – C yang diisolasi dari hidroid *Lytocarpus philippines* (ezanka dkk., 2004)

Senyawa potensial lainnya berhasil diisolasi oleh ezanka dkk., (2004) dari hidroid *Lytocarpus philippinus* yang berasal dari laut Merah. Senyawa tersebut adalah senyawa makrolakton yang mengandung gugus klor yaitu senyawa Litofilippines A – C (Gambar 9). Ketiga senyawa ini dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dimana senyawa A memiliki zona hambat sebesar 26,3 mm, senyawa B sebesar 20,4 mm dan senyawa C memiliki zona hambat sebesar 19,5 mm dari 50,8 mm *paper disk*. Selain itu ketiga senyawa ini memiliki aktivitas sebagai antitumor yang diuji secara in vivo terhadap pertumbuhan tumor *crown gall*, dimana sebelumnya telah telah diinduksikan oleh plasmid Ti melalui bakteri *Agrobacterium tumefaciens*. Senyawa A diketahui mampu menghambat 72% pertumbuhan tumor *crown gall*, sedangkan senyawa B

mampu menghambat 32% pertumbuhan tumor *crown gall*. Rezanka dkk., (2004) juga melaporkan sitotoksitas senyawa Litofilippines A – C terhadap *Artemia salina*, senyawa A memiliki nilai LD₅₀ sebesar 3,2 µg/mL, senyawa B sebesar 6,4 µg/mL sedangkan senyawa C memiliki nilai LD₅₀ sebesar 4,8 µg/mL.

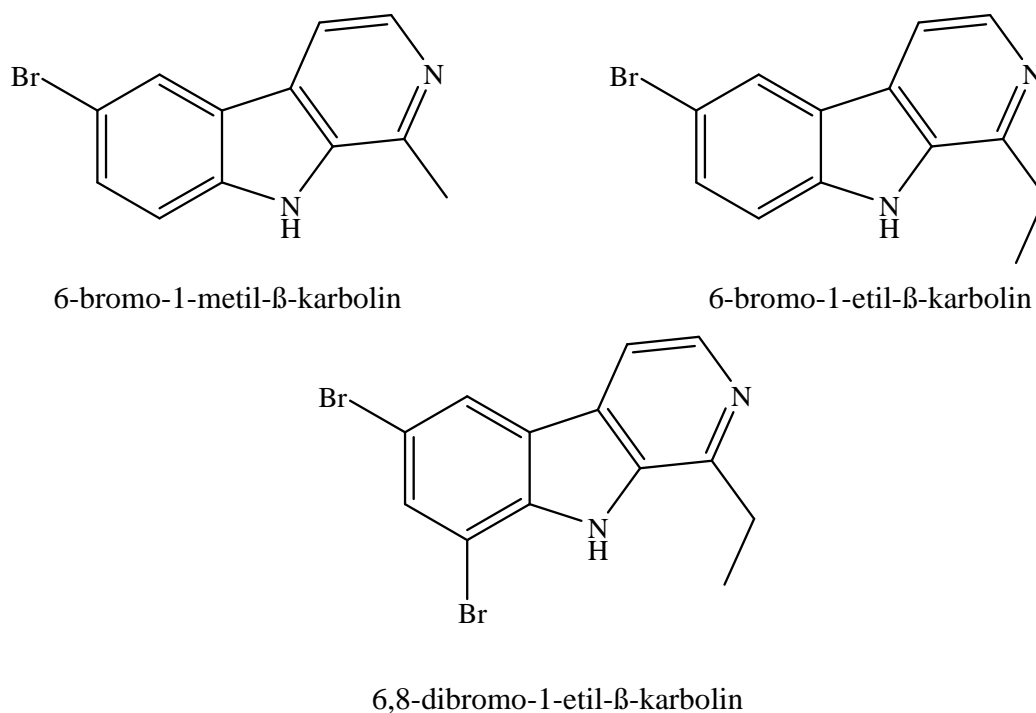
2.3.3.6 Fosfokolin



Gambar 10. Senyawa metabolit sekunder yang berhasil diisolasi dari hidroid *Halecium beanii* (Korsmo, 2012)

Korsmo (2012) berhasil mengisolasi senyawa 1-tetradesilglisero-3-fosfokolin dan 1-heksadesilglisero-3-fosfokolin (Gambar 10) dari hidroid *Halecium beanii*. Korsmo melakukan uji bioaktivitas terhadap melanoma manusia, fibroblast paru-paru normal, kanker payudara dan kanker prostat. Korsmo melaporkan bahwa senyawa 1-Tetradesilglisero-3-fosfokolin memiliki bioaktivitas yang lemah terhadap fibroblas paru-paru manusia. Sedangkan senyawa 1-Heksadesilglisero-3-fosfokolin memiliki aktivitas yang lemah terhadap sel kanker payudara namun memiliki aktivitas terhadap sel fibroblas paru-paru manusia normal dan melanoma manusia.

2.3.3.7 -Karbolin



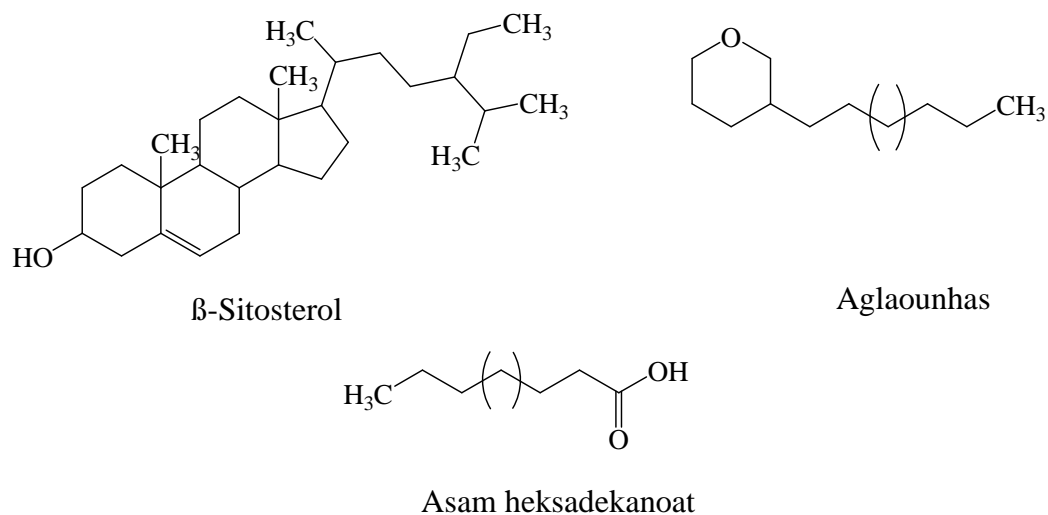
Gambar 11. Senyawa metabolit sekunder yang berhasil diisolasi dari hidroid *Aglaophenia pluma* (Aiello dkk., 1987).

Isolasi produk alam laut dari hidroid dapat terbilang sangat sedikit, dan hanya beberapa produk alam laut yang menarik perhatian. Namun penelitian akan potensi hidroid terus berkembang dalam sepuluh tahun terakhir (Rocha dkk., 2011). Salah satu genus yang kurang digali potensi produk alamnya adalah *Aglaophenia*. Spesies dari genus ini pertama kali diisolasi pada tahun 1987 oleh Aiello dkk. Mereka berhasil mengisolasi 3 senyawa -karbolin terbrominasi dari hidroid *Aglaophenia pluma* Linnaeus (Gambar 11). Ketiga senyawa ini dilaporkan menunjukkan aktivitas antivirus dan juga antimikroba.

2.3.3.8 Aglaounhas

Dua dekade berikutnya penelitian akan produk alam dan bioaktivitas genus *Aglaophenia*, setelah Aiello dkk. (1987) baru penelitian tentang bahan aktif pada *Aglaophenia cupressina* dilakukan kembali oleh Johannes. Dalam penelitiannya

Johannes dkk., (2009) melakukan isolasi senyawa dari fraksi n-heksana hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux dan menemukan tiga senyawa yaitu, senyawa asam heksadekanoat, Aglaounhas dan β -sitosterol (Gambar 12). Johannes dkk., (2009) melaporkan bahwa senyawa asam heksadekanoat dan Aglaounhas memiliki tingkat toksisitas yang tinggi dan memiliki aktivitas antibakteri. Sedangkan β -sitosterol dilaporkan oleh Johannes dkk., (2013) memiliki kemampuan untuk menghambat pembelahan sel zigot bulu babi *Tripneustes gratilla* Linn dan sebagai antijamur *Aspergillus fumigatus* (Puspitasari dkk., 2015).



Gambar 12. Senyawa metabolit sekunder yang diisolasi dari fraksi n-Heksana *Aglaophenia cupressina* Lamoreaux (Johannes dkk., 2009).

Bendon pada tahun 2013 mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa fraksi polar etil asetat hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux. Bendon (2013) melaporkan bahwa ekstrak polar yang berhasil diisolasi menunjukkan adanya golongan alkaloid dan memiliki bioaktivitas sebagai antibakteri *E. coli* yang merupakan bakteri gram negatif.

2.4 Kajian Sintesis Nanopartikel Logam dari Ekstrak Hewan Laut

Dalam beberapa tahun terakhir sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak biologis telah menarik perhatian banyak peneliti. Beberapa penelitian untuk menghasilkan nanopartikel logam menggunakan tumbuhan, mikroorganisme dan juga organisme laut. Organisme laut menjadi alternatif yang sangat diunggulkan dalam sintesis nanopartikel mengingat organisme laut sangat kaya akan sumber senyawa yang memiliki bioaktivitas dalam bidang farmasi, industri bioteknologi (Chinnappan dkk., 2015).

2.4.1 Nanopartikel Emas dari Ekstrak spons *Acanthella elongata*

Inbankandan dkk., (2010) mensintesis nanopartikel emas dengan menggunakan ekstrak H₂O spons *Acanthella elongata* untuk mereduksi logam emas dalam larutan H_{Au}Cl₄ selama empat jam pada suhu 95 °C. Terbentuknya nanopartikel emas ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi merah muda delima. Nanopartikel emas yang dihasilkan memiliki diameter 7 – 20 nm. Konfirmasi mengenai pembentukan nanopartikel emas dengan senyawa metabolit sekunder dari ekstrak *Acanthella elongata* dilakukan dengan uji infra merah, dimana hasil uji ekstrak spons dan nanopartikel emas menunjukkan adanya vibrasi regangan N-H pada amina primer, regangan C-N serta *overlapping* amina alifatik memiliki kemampuan yang kuat untuk mengikat logam yang membentuk mantel pelindung bagi nanopartikel emas.

2.4.2 Nanopartikel Perak dari Ekstrak Spons *Acanthella elongatha*

Inbakandan dkk., (2012) juga melakukan penelitian nanopartikel dengan target logam yang berbeda terhadap spons *Acanthella elongatha*. Dalam penelitian ini digunakan ekstrak H₂O dari spons *Acanthella elongata* untuk mereduksi logam

Ag dalam larutan AgNO_3 selama dua jam dengan teknik *stirrer*. Terbentuknya nanopartikel ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi kuning kecoklatan. Nanopartikel perak yang didapatkan memiliki diameter antara 15 – 34 nm. Uji spektroskopi infra merah menunjukkan adanya gugus O – H alkohol, regangan N – H dari gugus amina, regangan C – X dari gugus fluoroalkana, regangan C – N dan *overlapping* amina alifatik yang mengindikasikan adanya proses bioreduksi garam perak menjadi nanopartikel perak.

2.4.3 Nanopartikel Perak dari Ekstrak *Saccostrea cucullata*

Selanjutnya Umayaparvathi dkk., (2013) melaporkan sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak H_2O *Saccostrea cucullata* untuk mereduksi logam perak yang terdapat pada larutan AgNO_3 selama 24 jam pada suhu 45 °C. Nanopartikel perak yang terbentuk memiliki warna coklat dengan diameter 10,5 nm. Nanopartikel perak yang telah terbentuk diuji aktivitasnya terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Proteus mirabilis*, *Vibrio cholera*, *Salmonella paratyphii*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* dan *Candida albicans*. Hasilnya menunjukkan bahwa nanopartikel perak memiliki hasil yang positif terhadap semua bakteri uji namun aktivitas besar ditunjukkan oleh bakteri *Staphylococcus aureus*, yaitu sebesar 8,6 mm dari 10 μL nanopartikel perak; 12,3 mm dari 20 μL nanopartikel perak dan 16,7 dari 50 μL nanopartikel perak.

2.4.4 Nanopartikel Perak dari ekstrak spons *Haliclona*

Hamed & Givianrad (2015) menyintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak H_2O spons *Haliclona*. Ekstrak spons digunakan untuk mereduksi logam perak yang terdapat pada larutan AgNO_3 . Sintesis dilakukan dengan mencampurkan ekstrak spons dan AgNO_3 menggunakan teknik *stirrer*

dengan variasi suhu, waktu dan pH. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin cepat pembentukan nanopartikel, yaitu 50 menit pada suhu 90 °C, sedangkan pada suhu 35 °C perubahan nanopartikel terjadi pada jam ke 72. Selain itu dilaporkan juga bahwa pada pH rendah aglomerasi terjadi lebih awal dibandingkan pada pH tinggi. Pada pH tinggi sintesis nanopartikel cenderung lebih stabil. Nanopartikel perak yang didapatkan memiliki diameter berkisar antara 27 – 46 nm. Uji spektrofotometer infra merah dilakukan dengan membandingkan spektrum ekstrak spons, dan spektrum ekstrak spons yang telah dibuat nanopartikel. Hasilnya memperlihatkan adanya gugus C-H alkana, amida dan amida serta adanya pergeseran pita pada gugus hidroksil dan karbonil dalam spektrum ekstrak spons-nano yang membuktikan bahwa amida, alkohol, fenol dan karboksilat mengalami oksidasi.

2.5 Nanopartikel Perak

Perak, salah satu logam transisi yang berwarna putih, mengkilap, lunak dan dapat ditempa, dalam bentuk logam bersifat *innert*, namun akan bersifat reaktif dalam bentuk ion. Perak bersifat aktif dalam bentuk ion baik dalam bentuk ion Ag⁺ maupun Ag⁰ (Dunn dan Edwards-Jones, 2004).

Amerika serikat mencatat penggunaan perak pada tahun 2000 sebesar 4×10⁶ ton. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa perak memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan manusia (Sharma dkk., 2009) Perak digunakan sebagai katalis, konduktor dan stabilisator (Frattini dkk., 2005; Nagy dan Mestl, 1999). Perak telah digunakan sejak berabad-abad yang lalu dalam bidang kesehatan dan pengobatan seperti, penyakit kelamin, fistula, tulang, mata, luka bakar dan juga dalam implant jantung. Bahkan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir logam perak telah diaplikasikan dalam operasi dan lengan yang patah hal

ini dikarenakan perak memiliki sifat antiinflamasi dan antibakteri. (Dunn dan Edwards-Jones., 2004; Rai dkk., 2009; Zhang dkk., 2013; Keat dkk., 2015).

Perak digunakan dalam pengobatan karena sifatnya yang non toksik dalam konsentrasi kecil. Cairan tubuh manusia yang cukup besar mengandung ion klor dan ion sulfida yang akan berinteraksi dengan perak dan membentuk garam-garam perak yang bersifat non-toksik dan melindungi tubuh dari sifat toksik perak (Zhang dkk., 2013). Perak akan bersifat berbahaya dan toksik pada manusia jika dikonsumsi seperti dihirup atau dimakan dalam jumlah gram dan jangka panjang, namun cenderung lebih aman jika mengenai kulit (Roper, 1990).

Perak juga diketahui bersifat toksik terhadap bakteri gram negatif dan positif, virus, jamur dan juga ragi baik dalam keadaan aerobik maupun anaerobik serta beberapa organisme akuatik lainnya (Rai dkk., 2009). Wood dkk. (1996) mengemukakan bahwa perak memiliki nilai LC_{50} diantara 6.5 hingga 65 $\mu\text{g Ag/L}$ terhadap ikan dan makhluk invertebrata air tawar. Sifat toksik yang dimiliki perak, dilaporkan Zhao dan Stevens (1998) lebih unggul dibandingkan unsur lainnya. Zhao dan Stevens (1998) mengurutkan sifat toksik beberapa unsur terhadap mikroorganisme yaitu:



Nanopartikel perak merupakan salah satu jenis nanomaterial yang dikenal dan digunakan secara luas dalam bidang industri makanan, obat-obatan, kosmetik, bioteknologi, elektrokimia, katalisis, dan lingkungan. Hal ini karena nanopartikel perak memiliki sifat-sifat yang dimiliki oleh ion perak dan memiliki ukuran, bentuk dan sifat fisika, kimia yang meningkatkan kemampuan ion perak sebagai antibakteri yang aman digunakan untuk manusia. Tak hanya itu nanopartikel perak juga memberikan beberapa aktivitas biologis lain seperti antijamur,

antiinflamasi, antiangiogenik, dan antipermeabilitas (Boudreau dkk., 2016; Keat dkk., 2015).

Tabel 2. Aplikasi nanopartikel (Keat dkk., 2015)

Bidang Ilmu	Aplikasi
Tekstil	Pelindung sinar UV pada tekstil, Anti noda pada tekstil, Medikal tekstil
Biomedis	Terapi kanker, Diagnosis, Drug Delivery, Cell Imaging
Kesehatan	Melindungi dari sinar UV, Kream obat salep dan urap, <i>Nutraceutical</i>
Makanan dan Pertanian	Pembungkus makanan, Sensor analisa kualitas makanan
Katalisis	Katalisator bahan bakar, Katalisator bahan aditif, Fotokatalisis produksi hidrogen
Lingkungan	Air disinfektan, Filter karbon aktif, Pengelolaan limbah air

2.6 Sifat Antibakteri Nanopartikel Perak

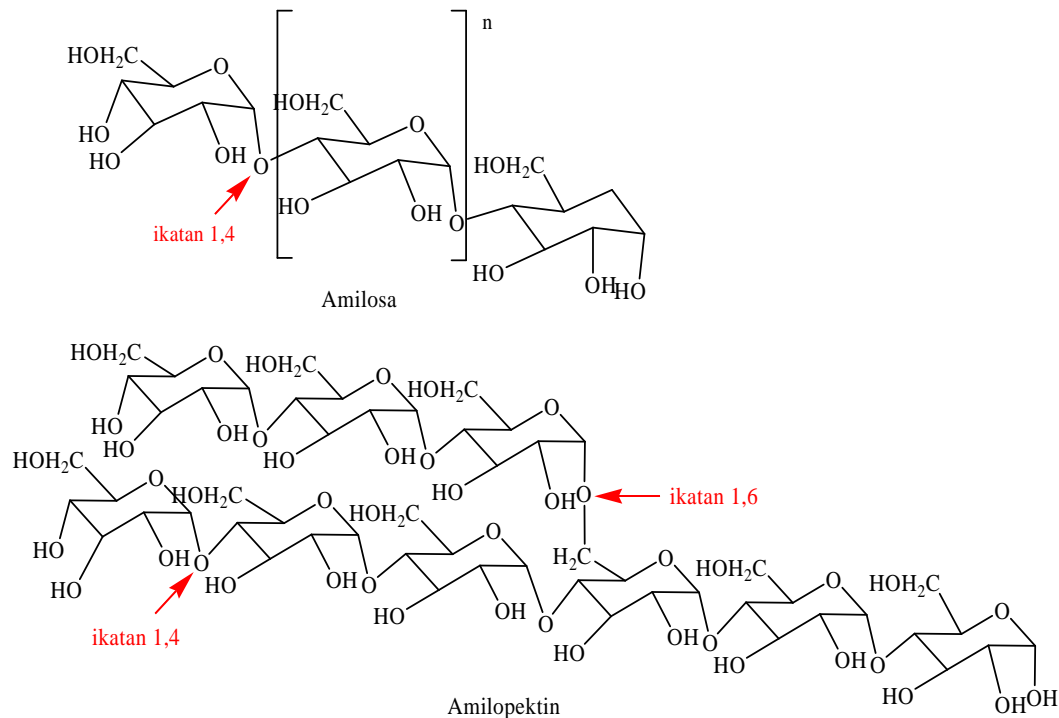
Dibandingkan garam-garam perak lainnya, seperti perak nitrat, perak sulfadiazine dan perak zeolite, nanopartikel perak memiliki sifat antibakteri yang optimum. Hal ini dikarenakan nanopartikel perak memiliki ukuran yang sangat kecil sehingga luas permukaan atau daerah aktivitas nanopartikel akan semakin luas, sehingga berinteraksi dengan permukaan membran bakteri dan menembus membran sel bakteri (Rai dkk., 2009).

Pertama-tama nanopartikel perak akan melekat pada bagian dinding sel atau membran sel bakteri, kemudian melepaskan ion perak yang akan bereaksi dengan gugus tiol (-SH) yang merupakan bagian dari protein termasuk enzim yang terdapat pada membran sel bakteri membentuk S-Ag. Hal ini menyebabkan enzim terdeaktivasi dan protein terdenaturasi sehingga membran sel bakteri

menjadi rusak dan mudah ditembus oleh nanopartikel. Nanopartikel perak yang telah masuk ke dalam bakteri akan mengganggu dan menghambat sistem transport elektron dan respirasi bakteri dalam sitokrom bakteri. Kerja nanopartikel perak tak hanya sampai disitu saja, untuk menghambat pertumbuhan bakteri, ion perak dari nanopartikel akan mengikat gugus posfor yang terdapat pada DNA dan RNA bakteri yang menyebabkan terhambatnya replikasi DNA dan merusak DNA dan RNA (Araujo dkk., 2012; Dunn dan Edwards-Jones, 2004; Feng dkk., 2000; Mittal, 2011; Rai dkk., 2009).

2.7 Amilum sebagai Stabilisator Nanopartikel Perak

Salah satu kelebihan metode *green synthesis* adalah penggunaan polisakarida sebagai agen pelindung sehingga nanopartikel bersifat stabil dan tidak mengalami agregasi yang mampu berdampak pada membesarnya ukuran partikel (Sharma dkk., 2009). Amilum merupakan salah satu contoh polisakarida surfaktan yang sering digunakan dalam sintesis nanopartikel baik sebagai stabilisator, nanopartikel, dan juga mampu berperan sebagai pengreduksi logam (Kumar dkk., 2014; Sharma dkk., 2009).



Gambar 13. Struktur Amilum

Amilum merupakan polimer karbohidrat yang terdiri dari unit anhidroglukosa. Amilum terdapat dalam jaringan tanaman sebagai butiran semikristalin yang memiliki variasi dalam bentuk, ukuran dan struktur. Amilum pada umumnya terdiri dari dua biopolimer yaitu amilosa, yang berantai lurus dan amilopektin yang bercabang (Gambar 13). Amilosa memiliki struktur yang linear yang terdiri atas molekul D-glukosa yang memiliki ikatan 1,4 – glikosidik. Sedangkan amilopektin memiliki ikatan 1,6 – glikosidik (Garcia dkk., 2015)

Keunggulan amilum sebagai agen ialah mampu membentuk kompleks dengan ion perak, hal ini dikarenakan amilum memiliki gugus-gugus hidroksil yang cukup banyak. Selain itu kekuatan ikatan antara amilum dan nanopartikel logam umumnya lebih lemah daripada nanopartikel dengan agen pelindung lainnya yang mengandung gugus tiol, sehingga proteksi nanopartikel logam lebih bersifat reversibel dan juga mampu memfungsikan nanopartikel dengan mudah (Raveendran dkk., 2003).

Beberapa penelitian mengenai penggunaan amilum dalam sintesis nanopartikel perak telah dilaporkan. Mohanty dkk., (2012) mensintesis nanopartikel perak dengan menggunakan amilum sebagai pengreduksi logam dan juga stabilisator. Shervani dkk., (2008) mensintesis nanopartikel perak berbentuk bola dan berukuran 15 dan 34 nm dengan menggunakan amilum sebagai stabilisator. Vasileva dkk., (2011) mensintesis nanopartikel perak berukuran 3.3–14.4 nm menggunakan amilum sebagai stabilisator. Begitu pun juga dengan Kumar dkk., (2014) yang mensintesis nanopartikel perak berukuran 23–97 nm dengan menggunakan amilum sebagai pengreduksi dan stabilisator.

2.8 Karakterisasi Nanopartikel

Karakterisasi nanopartikel merupakan bagian yang sangat penting untuk mengetahui karakter nanopartikel baik bentuk, ukuran, luas permukaan dan beberapa sifat lainnya. Beberapa metode analisis seperti difraksi, spektroskopi dan mikroskopi dapat memberikan kemudahan dalam menyelidiki karakter nanopartikel.

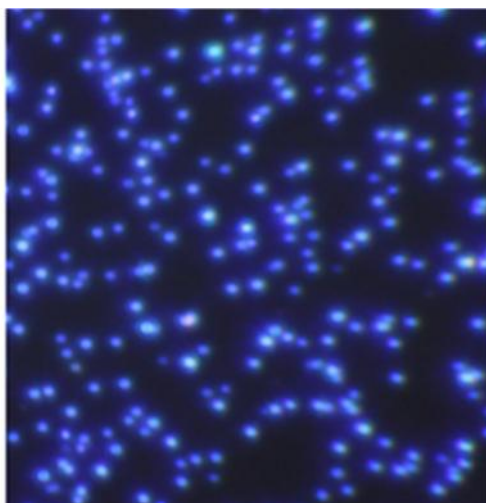
2.8.1 Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi nanopartikel dengan menggunakan instrument UV-Vis diperlukan untuk mengkonfirmasi terbentuknya nanopartikel dan stabilisasi nanopartikel serta memprediksi ukuran dan bentuk serta jumlah nanopartikel berdasarkan nilai absorbansi dan panjang gelombang maksimum sampel (Das dkk., 2009).

Nanopartikel perak mempunyai absorbansi dan transmisi cahaya yang sangat efisien dan spesifik. Nanopartikel perak memiliki warna yang bergantung dari ukuran dan bentuk partikel. Umumnya nanopartikel perak memiliki warna kuning - coklat kemerahan yang gelap. Ketika nanopartikel perak menyerap

cahaya panjang gelombang tertentu, medan elektromagnetik dari cahaya menyebabkan polarisasi elektron pita konduksi (elektron bebas) dan berosilasi secara kolektif permukaan nanopartikel. Fenomena ini diketahui sebagai *localized surface plasmon resonance* (LSPR), osilasi ini menghasilkan sifat absorpsi dan hamburan yang kuat. Sifat unik dari nanopartikel perak berbentuk bulat adalah panjang gelombang dari puncak SPR dapat diatur dari 400 nm hingga 530 nm (Das dkk., 2009; Oldenburg dkk, 2010).

Nanopartikel perak sangat efisien dalam menyerap dan menghamburkan cahaya. Warna yang dimiliki nanopartikel bergantung kepada ukuran dan bentuk partikelnya. Hamburan nanopartikel yang kuat, memungkinkan kita untuk memvisualisasikan nanopartikel yang berukuran dibawah 100 nm. Ketika nanopartikel (berukuran 60 nm dan berbentuk bulat) diterangi dengan cahaya putih, maka nanopartikel perak akan muncul dengan sebagai titik yang menghamburkan cahaya berwarna biru dibawah mikroskop berlatar gelap pada panjang gelombang 450 nm (Gambar 14). Pergeseran yang lebih besar, seperti keluar dari panjang gelombang puncak SPR sehingga berada di wilayah spektrum inframerah dapat dicapai dengan memproduksi nanopartikel perak yang berbentuk batang atau plat (Oldenburg dkk, 2010).



Gambar 14. Nanopartikel perak 60 nm dibawah mikroskop dengan latar gelap (Oldenburg dkk., 2010).

2.8.2 Scanning Electron Microscopy dan Transmission Electron Microscopy

Karakterisasi nanopartikel lainnya ialah dengan menggunakan *scanning electron microscopy* dan *Transmission Electron Microscopy* bertujuan untuk mendapatkan visualisasi morfologi nanopartikel berdasarkan pada mikroskopi elektron. Teknik ini memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dalam analisis ukuran dan bentuk nanopartikel dibandingkan teknik lainnya. Teknik ini memberikan informasi mengenai distribusi ukuran beserta populasi ukuran nanopartikel (Jores dkk., 2004).

Dalam analisis SEM, nanopartikel harus dalam bentuk padatan bubuk yang kering yang ditempatkan pada sampel *holder* yang dilapisi oleh logam penghantar seperti logam emas. Sampel di pindai dengan menggunakan sinar elektron dan menggambarkan permukaan sampel pada setiap titik sehingga, memperoleh gambaran nanopartikel. Sinar elektron yang dipancarkan akan menyebabkan emisi elektron sekunder dari sampel yang kemudian dikoleksi dan dideteksi oleh detektor yang selanjutnya memberikan hasil analisis karakter pada permukaan sampel (Molpeceres, 2000; Jores dkk., 2004; Ünner, 2015).

TEM bekerja dengan prinsip menembakkan elektron ke lapisan tipis sampel. Dengan analisis TEM kita dapat mengetahui komposisi struktur dalam sampel dengan analisis sifat tumbukan, pantulan maupun fase sinar elektron yang menembus lapisan tipis sampel. Dari sifat pantulan sinar elektron kita juga bisa mengetahui struktur kristal maupun arah dari struktur kristal tersebut (Sonia 2012)

Dalam analisis dengan menggunakan instrument TEM, dibutuhkan penipisan sampel hingga memiliki ketebalan 100 nm. Vasileva dkk. (2017)

mengemukakan bahwa larutan nanopartikel diteteskan kedalam *grid* karbon yang dilapisi dengan tembaga yang kemudian dikeringkan dengan suhu kamar sebelum dimasukkan ke dalam alat TEM.

2.8.3 Particle Size Analysis

Analisis nanopartikel lainnya ialah dengan menggunakan instrumen *Particle Size Analysis* (PSA). PSA digunakan untuk mengukur ukuran nanopartikel yang terdistribusi dalam nanopartikel yang terdispersi dalam suatu larutan. PSA mampu mengukur partikel dalam rentang 0,3 nm hingga 8 μm (instrumen Nanopartica SZ-100 Series) (Horiba, 2012).

Prinsip kerja dari alat PSA adalah *dynamic light scattering* (DLS), yaitu suatu metode pengukuran yang memanfaatkan prinsip penghamburan cahaya. Partikel, emulsi dan molekul dalam suspensi pada dasarnya memiliki gerak Brown, yang diinduksi oleh energi termal (Horiba, 2016). Ketika partikel atau molekul disinari cahaya, intensitas dari cahaya yang dihamburkan partikel akan berfluktuasi dengan kecepatan yang bergantung pada ukuran partikel. Semakin kecil partikel tersebut maka semakin cepat berfluktuasi (Skoog dkk., 2007). Hasil utama dari teknik DLS ialah intensitas distribusi dan indeks polidispersitas yang menjabarkan distribusi partikel (Horiba, 2012).

2.8.4 Fourier Transform Infra Red

Analisis spektroskopi inframerah bertujuan untuk mengetahui gugus – gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi logam pada sintesis nanopartikel. Dari analisis gugus fungsi kita dapat mengetahui kelompok senyawa metabolit sekunder apakah yang berperan sebagai agen pengreduksi dalam sintesis nanopartikel.

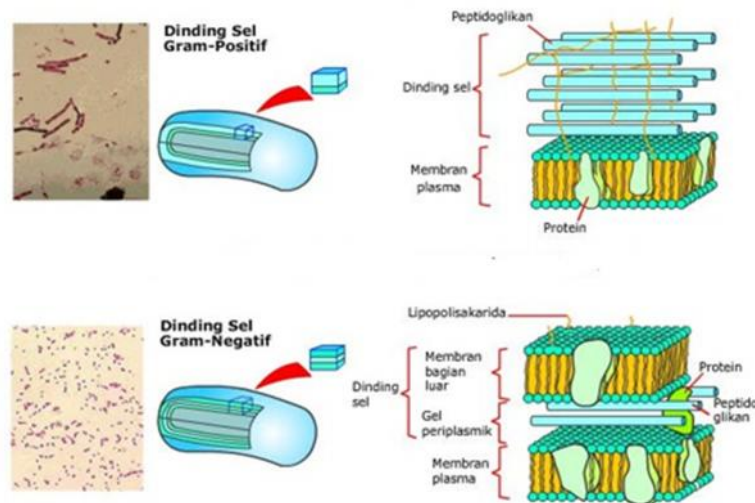
Instrumen analisis berikutnya ialah *Fourier Transform Infrared*, metode ini didasarkan pada ikatan antar dua atom yang bervibrasi dengan frekuensi yang karakteristik dan mampu menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang tertentu. Sinar inframerah yang diserap akan menaikkan amplitudo gerakan vibrasi ikatan dalam molekul dan sinar inframerah yang tidak diserap akan diteruskan dan dideteksi menuju detektor yang kemudian direalisasikan dalam bentuk data spektrum. Dari data spektrum dapat diketahui ikatan-ikatan apa saja yang dihasilkan sampel dan yang berubah karena mengalami reaksi redoks dengan logam perak (Sastrohamidjojo, 2013; Üner, 2015).

2.9 Bakteri Uji

Bakteri merupakan organisme bersel tunggal yang berukuran sangat kecil, yaitu berkisar 0,5 – 3,0 mikrometer. Bakteri tidak memiliki lapisan membran nukleus, sehingga kromosom (DNA dan RNA) terletak pada sitoplasma Bakteri berdasarkan struktur membran selnya diklasifikasikan menjadi dua yaitu bakteri gram negatif dan bakteri gram positif (Gambar 15). Bakteri gram negatif memiliki lipopolisakarida, lapisan membran luar dan lapisan peptidoglikan tipis (2 – 3 nm) yang berada diantara periplasma (diantara lapisan luar dan membran sitoplasmik). Sedangkan bakteri gram positif memiliki dinding sel yang terdiri atas lapisan peptidoglikan yang tebal (20 – 80 nm) dan asam teihoic (Mittal, 2011; Nalawati, 2015).

Bakteri berdasarkan sifatnya diklasifikasikan menjadi dua yaitu bakteri merugikan atau patogen dan bakteri yang menguntungkan. Bakteri patogen sangatlah berbahaya bagi kesehatan manusia hal ini dikarenakan bakteri patogen mampu merusak jaringan tubuh manusia dan membentuk toksin di dalam tubuh manusia (Prescott dkk., 2002). Dalam penelitian ini dilakukan uji antibakteri dari

nanopartikel perak terhadap bakteri patogen bergram negatif *Escherichia coli* dan bakteri patogen bergram positif *Staphylococcus aureus*.



Gambar 15. Dinding sel bakteri gram positif dan bakteri gram negative

2.9.1 *Escherichia coli*

Bakteri *Escherichia coli* merupakan bakteri gram negatif yang ditemukan pada organisme berdarah panas. Bakteri *E. coli* memiliki panjang 2,0 – 6,0 mikron dengan lebar 1,1 – 1,5 mikron. Bakteri ini dipilih karena mudah ditemukan dan ditumbuhkan di laboratorium dalam media tumbuh yang berukuran kecil baik dalam keadaan aerobik maupun anaerobik. Bakteri *E. coli* dapat tumbuh optimum pada suhu 35 – 40 °C pada pH 4,4 dan menggandakan diri setiap 20 menit (Adam 2009; Mittal, 2011).

2.9.2 *Staphylococcus aureus*

Bakteri *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif yang dapat ditemukan pada permukaan kulit, rambut, hidung, mulut dan tenggorokan. Bakteri ini mampu menghasilkan enterotoksin yang menyebabkan keracunan makanan. Bakteri ini mampu tumbuh optimum pada suhu 37 – 40 °C dan pH 6,0 – 8,0 dalam kondisi anaerobik (Adam, 2009).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain statif dan klem, alat-alat gelas yang biasa digunakan di Laboratorium, *magnetic* baar, *magnetic stirrer*, neraca analitik Ohaus AP-110, botol semprot, spektrometer *Fourier Transform Infra Red IRPrestidge-21* Shimadzu, spektrofotometer UV-Vis UV-2600 Shimadzu, Beckman Coulter Delsa Nano C *Particle Size Analysis*, Beckman *Centrifuge J2-HS*, Tomy MX-305 *High Speed Refrigerated Micro Centrifuge*, *Freeze Dry Alpha 1-2 LD Plus*, *Transmission Electron Microscopy Hitachi H-7700*, jarum ose, autoklaf, inkubator, oven, mikropipet, spatula, sendok tanduk, alat-alat gelas yang biasa digunakan di Laboratorium Mikrobiologi.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain Hidroid *Aglaophenia Cuppresina* L. Yang diperoleh dari pulau Samalona, strain bakteri uji *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* yang diperoleh dari Laboratorium Mikrobiologi, akuabides, amilum, *grid* karbon tembaga, cakram disk, plastik wrap, *aluminium foil*, *tissue roll*, kertas saring *Whatman* nomor 1, *ampicilin* dan nutrien agar.

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Februari 2017 sampai dengan September 2017 di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Unhas, Laboratorium Kimia Terpadu Jurusan Kimia Fakultas MIPA Unhas, Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN) ITB Bandung, Laboratorium

Terpadu Fakultas Pertanian Unhas dan Laboratorium Mikrobiologi Science Building.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Sampel

Bahan yang digunakan adalah Hidroid *Aglaophenia Cuppressina* L. dari pulau Samalona. Sampel ditimbang sebanyak 5 gram, kemudian dicuci dengan akuabides dan dibiarkan terendam selama satu malam untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang dapat mengganggu proses sintesis nanopartikel. Selanjutnya air rendaman dibuang dan sampel direbus dengan 100 mL akuabides hingga suhu mencapai 70 – 90 °C. Selanjutnya sampel didinginkan dan disaring dengan menggunakan kertas Whatmann no. 1 untuk mendapatkan ekstrak sampel hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux.

3.4.2 Pembuatan Larutan AgNO₃ 0,001 M untuk Sintesis Nanopartikel

AgNO₃ sebanyak 0,04246 gram dilarutkan dengan akuabides dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. Selanjutnya ditambahkan akuabides hingga tanda batas dan dihomogenkan.

3.4.3 Sintesis Nanopartikel

Optimasi konsentrasi larutan H₂O hidroid dilakukan terlebih dahulu dalam sintesis nanopartikel perak. Prosedur optimasi konsentrasi ekstrak H₂O hidroid dapat dilihat pada Lampiran 1.

Larutan AgNO₃ 1 mM sebanyak 50 mL dimasukkan kedalam Erlenmeyer 125 mL kemudian distirrer dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya ditambahkan tetes demi tetes sampel ekstrak hidroid sebanyak 5 mL dalam keadaan stirring. Sampel distirrer selama 2 jam hingga terjadi perubahan warna menjadi kuning kecoklatan. Larutan nanopartikel perak yang didapatkan,

disentrifuse pada kecepatan 10000 rpm selama 30 menit pada suhu 4 °C sebanyak 2-3 kali, kemudian hasil sentrifuse disuspensikan dalam akuabides dan disentrifuse kembali pada 8000 rpm selama 15 menit. Nanopartikel perak yang telah murni dikeringkan dalam *freeze dried* pada suhu 4 °C untuk selanjutnya karakterisasi (Hamed dan Givianrad, 2015).

Selanjutnya berdasarkan prosedur penelitian yang telah dilakukan oleh Vasileva dkk. (2011), dilakukan sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan amilum sebagai agen pengstabil (Lampiran 2). Sebanyak 32 mL larutan amilum 0.2% dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 mL kemudian disonikasi selama 15 menit, selanjutnya ditambahkan larutan 16 mL AgNO₃ 1 mM dan distirrer dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10 menit. Kemudian ditambahkan ekstrak hidroid sebanyak 1.6 mL dan distirrer selama 2 jam. Larutan nanopartikel perak yang didapatkan, disentrifuse pada kecepatan 10000 rpm selama 30 menit pada suhu 4 °C sebanyak 2-3 kali, kemudian hasil sentrifuse disuspensikan dalam akuabides dan disentrifuse kembali pada 8000 rpm selama 15 menit. Nanopartikel perak yang telah murni dikeringkan dalam *freeze dried* pada suhu 4 °C untuk selanjutnya dikarakterisasi. Prosedur kerja karakterisasi dapat dilihat pada Lampiran 3.

3.4.4 Analisis Spektrofotometer UV-Vis

Karakterisasi hasil sintesis dilakukan dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-2600 Shimadzu yang telah distandarisasi dengan menggunakan larutan blanko, yang merupakan larutan AgNO₃ tanpa sampel hidroid. Larutan yang mengandung nanopartikel perak dimasukkan ke dalam kuvet kemudian dilakukan pengukuran pada panjang gelombang 185 – 700 nm (Inbakandan dkk., 2012; Umayaparvathi dkk., 2013).

3.4.5 Analisis *Particle Size Analyser* (PSA)

Sampel larutan nanopartikel dimasukkan ke dalam kuvet sebanyak 3 mL. Kemudian kuvet dimasukkan ke dalam instrumen dan ditembakkan dengan sinar tampak sehingga terjadi difraksi.

3.4.6 Analisis *Transmission Electron Microscopy*

Nanopartikel dilarutkan dengan n-Heksana, kemudian disonikasi selama 15 menit. Selanjutnya larutan diteteskan kedalam grid karbon tembaga lalu dikeringkan pada suhu kamar. Setelah itu grid ditempatkan dalam holder dan dianalisis dengan TEM.

3.4.7 Analisis FTIR

Sampel disiapkan sebanyak 2 mg , kemudian dicampur dengan 100 mg KBr dan dibuat pelet. Analisis spektrum FTIR dilakukan pada kisaran bilangan gelombang dari 4000 – 400 cm^{-1} .

3.4.9 Persiapan Medium

a. Pembuatan Medium Nutrien Agar Miring

Nutrien Agar ditimbang sebanyak 5 g dan dimasukkan ke dalam gelas kimia, kemudian ditambahkan akuades sebanyak 250 mL. Setelah itu dihomogenkan menggunakan *stirer* di atas penangas air dan diatur pH nya menjadi pH 7, kemudian nutrien agar tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak ± 5 mL, lalu disterilkan di dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Selanjutnya didinginkan pada suhu ruangan hingga memadat pada kemiringan 30°. Medium nutrien agar miring digunakan sebagai medium peremajaan bakteri uji (Lay, 1994).

b. Peremajaan Bakteri Uji

Bakteri uji *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, yang berasal dari biakan murninya, masing-masing diambil sebanyak 1-2 ose lalu diinokulasi dengan cara digores pada medium Nutrien Agar Miring secara aseptis, lalu diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37 °C selama 18-24 jam.

d. Pembuatan Larutan Kontrol Positif dan Kontrol Negatif

Larutan kontrol positif yang digunakan adalah larutan antibiotik ampisilin. Ampisilin sebanyak 0,500 g dilarutkan dalam 20 mL akuabides, kemudian kertas cakram kosong direndam dalam larutan ampisilin selama 15 menit hingga kertas cakram menyerap larutan ampisilin. Selanjutnya cakram yang berisi ampisilin didiamkan selama 15 menit. Sedangkan untuk kontrol negatif digunakan cakram kosong steril.

3.4.9 Uji Bioaktivitas Antibakteri

Biakan bakteri pada media nutrien agar miring diswab merata pada permukaan media Mueller Hinton Agar (MHA) yang terdapat pada cawan petri, kemudian dibiarkan selama 5 menit.

Nanopartikel perak sebanyak 7.2 mg dilarutkan dengan 2 mL akuabides yang sudah steril. Selanjutnya kertas cakram yang kosong yang berbeda direndam dalam larutan nanopartikel, ekstrak hidroid, AgNO₃ dan amilum selama 15 menit. Kemudian kertas cakram yang telah mengandung sampel diletakkan pada cawan petri steril selama 15 menit hingga tidak ada cairan yang menetes.

Selanjutnya kertas cakram yang telah berisi sampel diletakkan pada permukaan MHA ditekan sedikit hingga melekat. Setelah itu media MHA diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37 °C selama 2x24 jam. Diameter hambat yang terbentuk di sekitar lubang diamati. Terbentuknya diameter hambat di sekitar

lubang menunjukkan adanya aktivitas antibakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Diameter hambat yang terbentuk di sekitar lubang diukur menggunakan jangka sorong (Mpila dkk., 2012). Bagan kerja uji antibakteri dapat dilihat lebih jelas pada Lampiran 4.

BAB IV

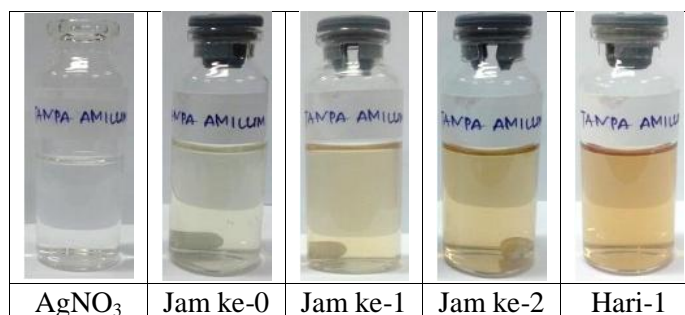
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sintesis Nanopartikel Perak

Sintesis nanopartikel perak dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode reduksi kimia berbasis *green synthesis* yaitu menggunakan larutan H₂O hidroid *Aglaophenia cupressina* yang merupakan hewan invertebrata laut sebagai agen pengreduksi dan AgNO₃ sebagai prekursor logam.

Digunakannya larutan hidroid, yang merupakan organisme laut, dikarenakan hidroid banyak mengandung senyawa-senyawa aktif dengan gugus fungsi tertentu yang mampu mereduksi ion logam seperti alkaloid, flavonoid, protein, dan senyawa metabolit lainnya. Namun pada umumnya senyawa metabolit yang berasal dari organisme laut mengandung unsur-unsur halogen yang mampu mengganggu proses terbentuknya nanopartikel perak. Oleh karena itu dilakukan pencucian dan perendaman hidroid selama satu malam untuk menghilangkan pengotor-pengotor tersebut. Selanjutnya hidroid direbus hingga suhu mencapai 70-90 °C untuk mengoptimalkan proses larutansi dan juga menguapkan pengotor-pengotor yang tersisa.

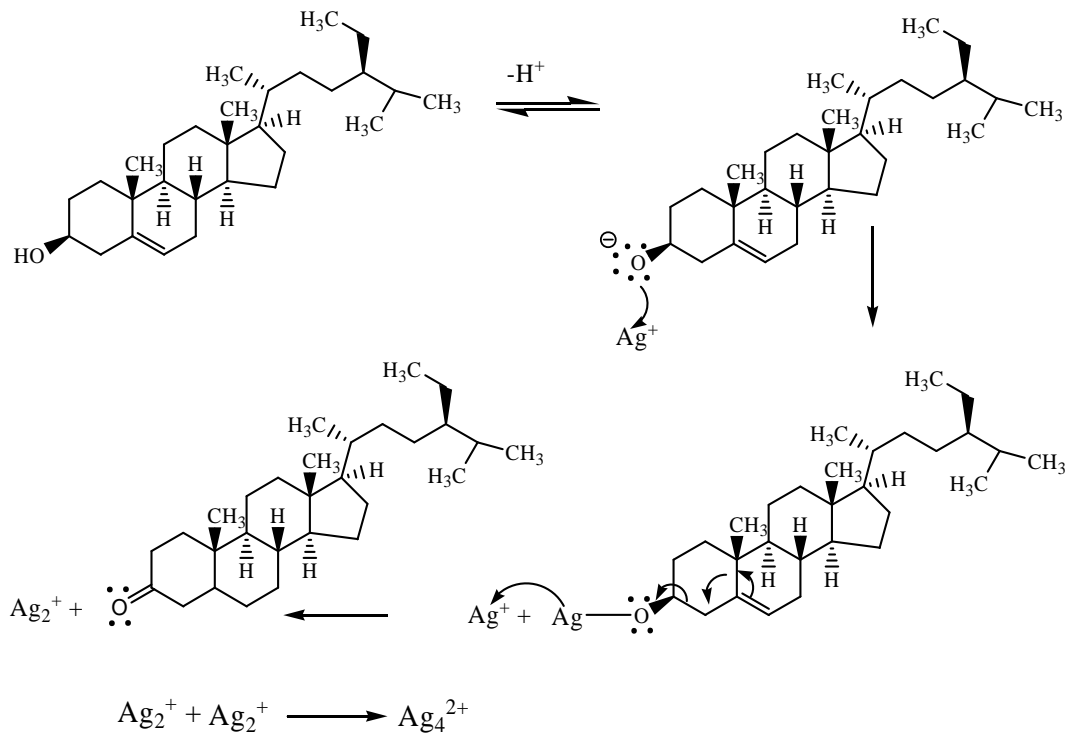
Sintesis nanopartikel dilakukan dengan menambahkan setetes demi setetes larutan H₂O hidroid ke dalam larutan AgNO₃ yang disertai dengan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam untuk menghomogenkan pencampuran larutan sehingga terjadi pembentukan nanopartikel perak yang ditandai dengan warna kuning-kecoklatan.



Gambar 16. Dokumentasi proses terbentuknya nanopartikel perak

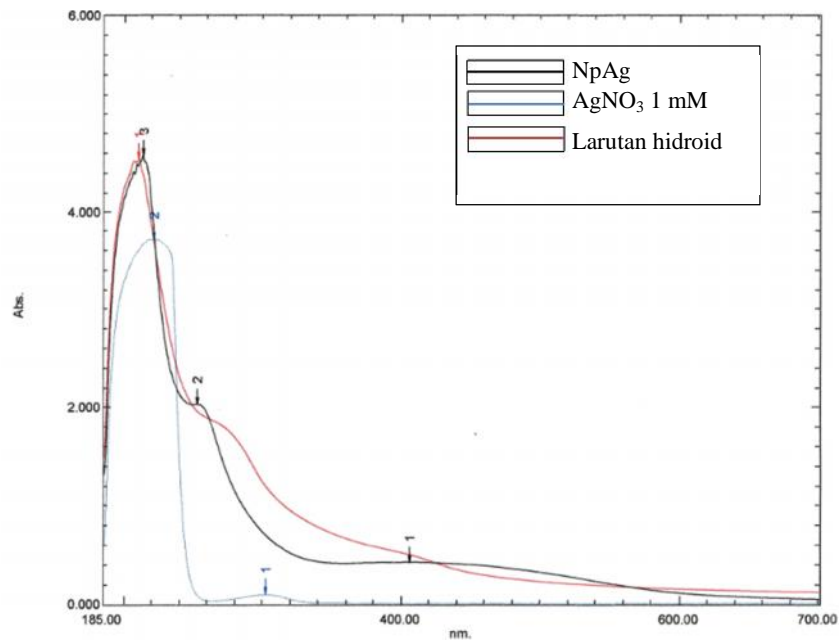
Dapat terlihat dari Gambar 16 telah didapatkan koloid nanopartikel yang berwarna kuning kecoklatan hal ini, menunjukkan bahwa terjadi reaksi antara larutan hidroid dengan AgNO₃, dimana larutan hidroid mampu mereduksi logam Ag dan membentuk nanopartikel.

Ershov & Henglein, (1998) Linnert dkk. (1990) telah melaporkan mekanisme reaksi reduksi ion Ag⁺ oleh natrium borohidrat membentuk *cluster* perak yang berwarna kuning dan stabil pada rentang waktu tertentu. Linnert (1990) menjabarkan bahwa ion Ag⁺ akan tereduksi membentuk Ag⁰ dimana Ag⁰ akan bereaksi kembali dengan ion Ag⁺ lainnya membentuk Ag₂⁺ yang kemudian ion Ag₂⁺ mengalami dimerisasi membentuk Ag₄²⁺. Berdasarkan mekanisme reaksi yang dijabarkan Linnert, Ershov dan Henglein maka dapat digambarkan mekanisme reaksi pembentukan *cluster* nanopartikel perak dengan menggunakan agen pengreduksi senyawa -sitosterol yang merupakan salah satu senyawa yang telah berhasil diisolasi dari hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux oleh Johannes (2009). Mekanisme reaksi ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Mekanisme reaksi pembentukan nanopartikel dengan reduktor betasitosterol (Ershov & Henglein, 1998; Linnert dkk., 1990).

Konfirmasi lainnya yang mengkonfirmasi terbentuknya nanopartikel perak dapat dilihat dari spektrum UV-Vis pada Gambar 18.



Gambar 18. Spektrum Uv-Vis larutan hidroid (hitam), AgNO₃ 1 mM (biru) dan nanopartikel Ag (hijau)

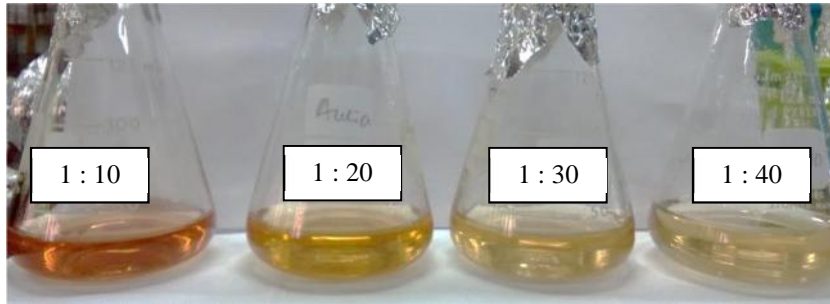
Dapat diketahui berdasarkan Gambar 18 bahwa sebelum nanopartikel perak terbentuk AgNO_3 memiliki panjang gelombang sebesar 221.50 nm dan larutan hidroid sebesar 201.50 nm, tidak memiliki puncak absorbansi pada daerah 400 – 500 nm namun setelah pencampuran keduanya, terdapat puncak pada daerah 440 nm. Hal ini mengkonfirmasi terbentuknya nanopartikel perak. Data absorbansi dan panjang gelombang terlampir pada Lampiran 6.

Nanopartikel perak pada dasarnya memiliki *band gap* energi pita valensi dan pita konduksi yang cukup jauh, ketika dilewatkan cahaya pada panjang gelombang 400-500 elektron valensi pada nanopartikel perak akan mengalami polarisasi dan beresilasi secara kolektif di permukaan atau yang disebut *surface plasmon resonance* (SPR). SPR akan menyebabkan intensitas absorbansi pada daerah panjang gelombang 400-500 meningkat. Oleh karena itu kehadiran puncak absorbansi pada daerah panjang gelombang mengkonfirmasi terbentuknya nanopartikel perak (Das dkk., 2009).

Selain itu pergeseran batokromik dari daerah panjang gelombang 200 nm menjadi 400 nm menunjukkan bahwa kekuatan ikatan cenderung lemah dan menyebabkan energi cahaya yang dilewatkan cenderung kecil.

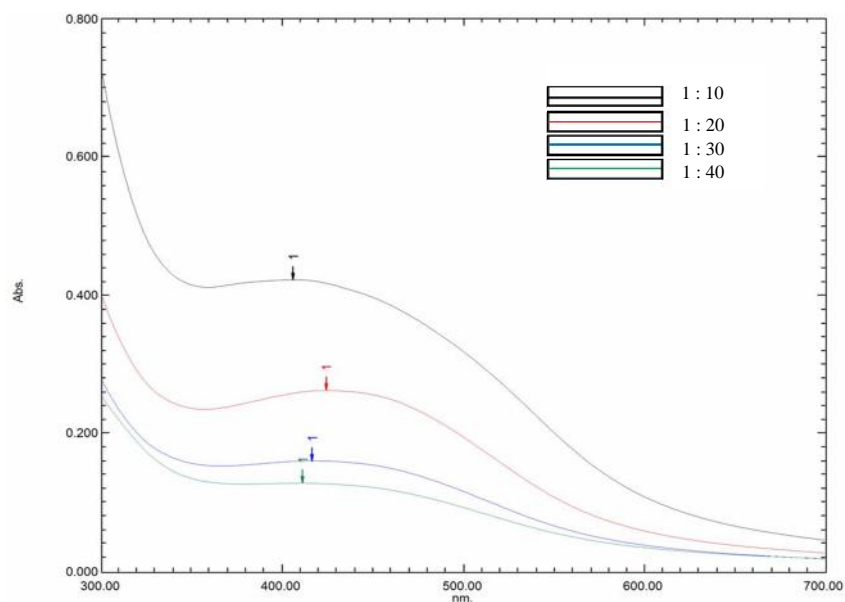
4.1.1 Optimasi Konsentrasi Hidroid

Pembentukan dan karakter nanopartikel sangatlah dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, pH, konsentrasi pengreduksi dan juga konsentrasi AgNO_3 (Das dkk., 2009; Khan dkk., 2013; Shankar dkk., 2004). Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai variasi konsentrasi hidroid untuk mengetahui konsentrasi optimum dalam sintesis nanopartikel. Dalam penelitian ini digunakan variasi perbandingan larutan H_2O hidroid dan AgNO_3 sebesar 1:10, 1:20, 1:30 dan 1:40. Hasil penelitian dapat dilihat pada Gambar 20 yang merupakan koloid nanopartikel perak yang telah berumur 1 hari.



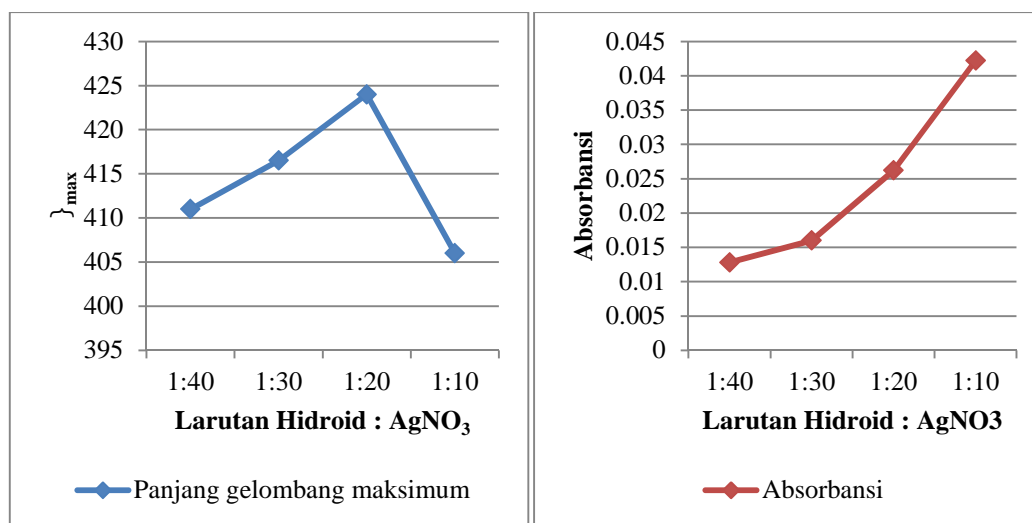
Gambar 19. Nanopartikel perak dengan perbedaan perbandingan konsentrasi larutan hidroid dan AgNO_3 sebesar 9.1% (1:10), 4.8% (1:20), 3.2% (1:30) dan 2.4% (1:40)

Berdasarkan Gambar 19 dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan warna antara keempat sampel nanopartikel yang dibuat dengan perbandingan larutan hidroid dan AgNO_3 berbeda-beda. Nanopartikel yang dibuat pada perbandingan 1:10 memiliki warna coklat kemerahan sedangkan 1:20 memiliki warna kuning terang dan 1:30 serta 1:40 memiliki warna kuning pucat. Perbedaan warna pada keempatnya dianalisis lebih lanjut dengan spektrofotometer UV-Vis hasilnya dapat kita lihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi larutan H_2O hidroid

Nanopartikel perak dengan ukuran terkecil ditandai dengan panjang gelombang kecil. Sesuai dengan fenomena SPR, kecilnya ukuran nanopartikel disertai membesarnya *band gap* energi (Kumar dan Rani, 2013). Hal ini menyebabkan energi yang diperlukan untuk mengeksitasi elektron ke tingkat terluar dari *band gap* nanopartikel perak juga besar. Seperti yang kita ketahui energi berbanding terbalik dengan panjang gelombang, sehingga ukuran nanopartikel yang kecil dapat dilihat dari spektra serapan pada panjang gelombang UV-Vis dengan λ_{\max} paling kecil. Pengaruh konsentrasi terhadap sintesis nanopartikel digambarkan dalam hubungan panjang gelombang dan konsentrasi larutan H₂O hidroid. Data absorbansi dan λ_{\max} dapat dilihat pada Lampiran 6.



Gambar 21. Hubungan panjang gelombang maksimum dan absorbansi dengan konsentrasi larutan H₂O dan panjang

Gambar 21 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi larutan H₂O hidroid maka λ_{\max} nanopartikel perak yang dihasilkan akan semakin kecil. Dimana telah dipaparkan sebelumnya berdasarkan teori SPR bahwa panjang gelombang maksimum yang kecil memperlihatkan ukuran partikel yang kecil. Hal ini dikarenakan konsentrasi larutan hidroid yang semakin besar mampu mereduksi

ion Ag^+ menjadi Ag^0 lebih banyak, dan reaksi redoks yang terjadi cenderung berlangsung terus menerus dan mencegah terjadinya interaksi antarpartikel logam membentuk kumpulan partikel yang lebih besar. Lain halnya dengan konsentrasi larutan hidroid yang kecil, reaksi redoks cenderung lebih cepat selesai dan partikel logam saling berinteraksi membentuk kumpulan yang lebih besar. Banyaknya jumlah nanopartikel Ag yang terbentuk dapat dilihat dari nilai absorbansi. Saeb dkk. (2014) mengemukakan bahwa absorbansi yang semakin tinggi menunjukkan jumlah nanopartikel perak yang semakin banyak

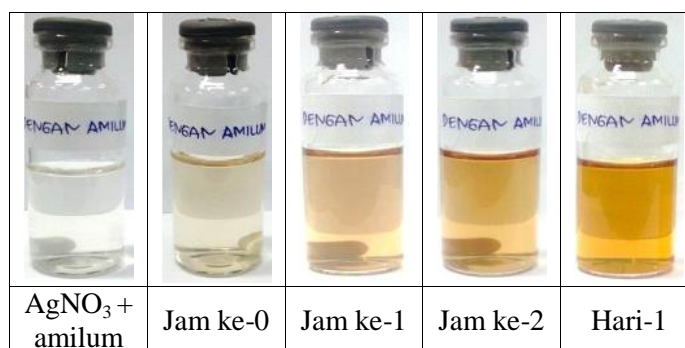
Berdasarkan hasil spektrofotometer UV-Vis yang ditunjukkan pada Gambar 20 dapat diketahui bahwa nanopartikel perak yang disintesis dengan menggunakan perbandingan larutan hidroid : AgNO_3 s 1:10 memiliki absorbansi yang paling tinggi dengan panjang gelombang yang paling pendek dibandingkan dengan panjang gelombang yang lainnya. Oleh karena itu digunakanlah perbandingan larutan hidroid dengan AgNO_3 sebesar 1:10.

4.1.2 Sintesis Nanopartikel Perak dengan Stabilisator

Nanopartikel pada umumnya cenderung berkumpul membentuk aglomerasi yang mana dapat mempengaruhi ukuran nanopartikel. Oleh karena itu dibutuhkan stabilisator atau pelindung yang melindungi permukaan nanopartikel logam dan mencegah terjadinya perkumpulan partikel atau aglomerasi. (El-Nour dkk., 2010; Buzea dkk., 2007). Dalam penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan amilum sebagai stabilisator atau agen pelindung.

Sintesis nanopartikel dengan menggunakan stabilisator amilum dilakukan dengan penyebaran ion perak dalam larutan amilum 0.2% dengan menggunakan magnetik stirrer. Dalam hal ini digunakan amilum dilarutkan dalam air sehingga kandungan utama dalam amilum 0.2 % adalah amilosa (Khan dkk., 2013).

Selanjutnya ditetaskan secara perlahan larutan hidroid kedalam larutan amilum- Ag^+ dalam kondisi pengadukan dengan magnetik stirrer untuk mereduksi logam Ag^+ menjadi Ag^0 . Untuk mempercepat reaksi ditambahkan katalis basa NaOH 0.1 N (Vasileva dkk., 2011). Suasana basa akan menyebabkan lemahnya ikatan hidrogen pada amilum sehingga dapat memperkecil *template* yang mendukung terbentuknya nanopartikel berukuran kecil (Konwarh dkk., 2011; Kumar dkk., 2014). Proses terbentuknya nanopartikel ditandai dengan adanya perubahan warna dari bening menjadi kuning seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22.

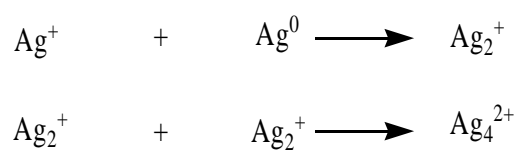
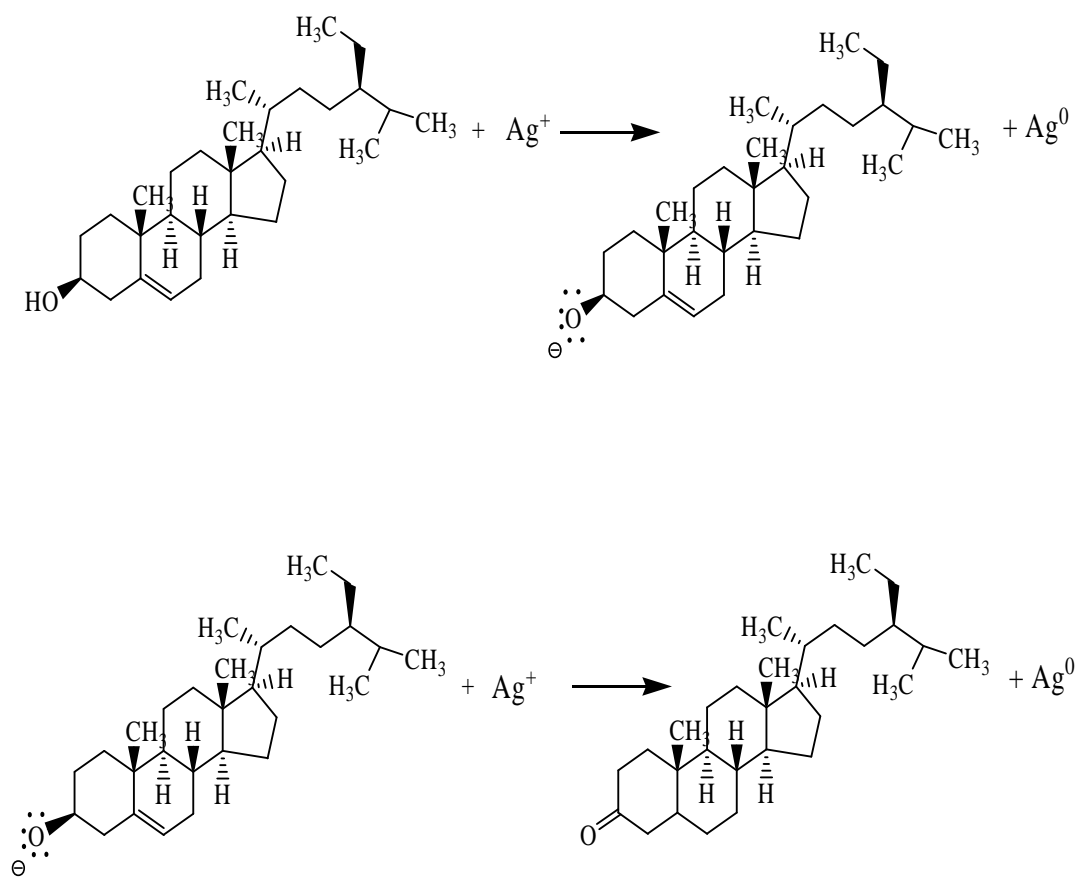


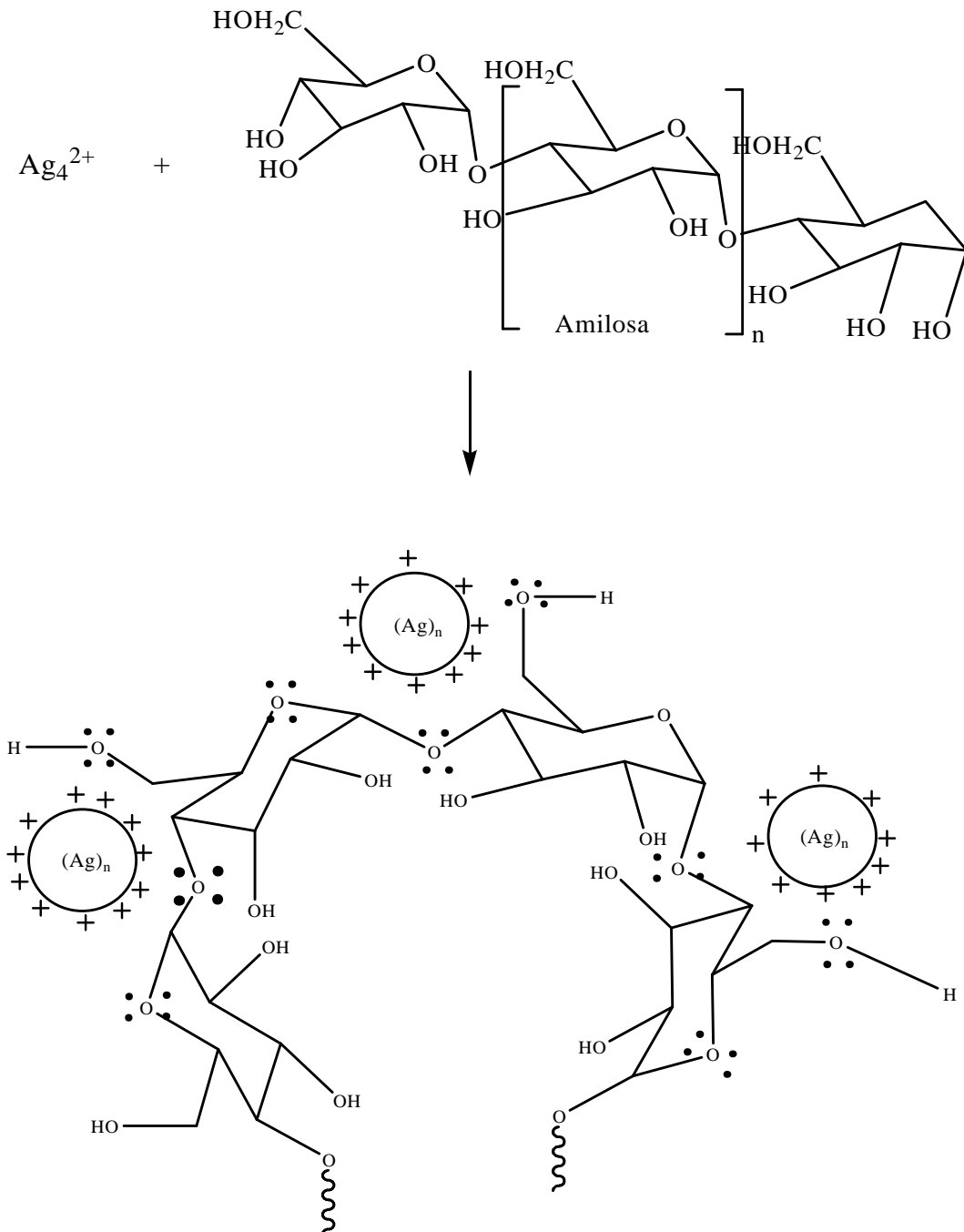
Gambar 22. Dokumentasi terjadinya pembentukan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum

Dapat kita lihat dari Gambar 22 larutan AgNO_3 yang ditambahkan amilum berwarna bening, selanjutnya ditambahkan larutan hidroid dan NaOH larutan mulai berubah warna menjadi agak kekuningan dan pada jam pertama sudah terdapat larutan berwarna kuning agak kecoklatan. Warna larutan berubah menjadi semakin kuning terang seiring bertambahnya waktu.

Adapun penggambaran reaksi pembentukan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum didasarkan pada skema reaksi yang dilaporkan oleh Linnert dkk., (1990) dan Khan dkk. (2013) dengan menggunakan senyawa β -sitosterol yang diisolasi oleh Johanes (2009) pada Gambar 23. Gugus OH pada β -sitosterol mereduksi ion Ag^+ menjadi Ag^0 kemudian Ag^0 bereaksi kembali dengan ion Ag^+

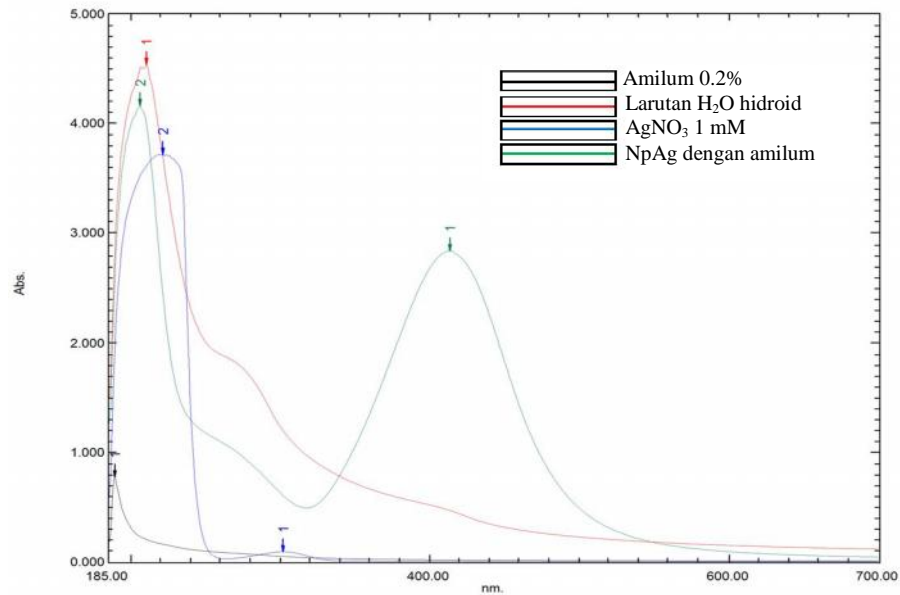
lainnya membentuk ion Ag_2^+ . Ion Ag_2^+ mengalami dimerisasi membentuk Ag_4^{2+} . Selanjutnya ion positif Ag_4^{2+} pada nanopartikel perak membentuk interaksi ionik dengan elektron yang terdapat pada gugus OH pada polimer amilum. Disisi lain adsorpsi nanopartikel Ag terhadap gugus OH pada amilosa melalui interaksi elektrostatik tidak dapat dijelaskan lebih jauh (Khan dkk., 2013). Mekanisme reaksi ditunjukkan pada Gambar 23.





Gambar 23. Mekanisme reaksi pembentukan nanopartikel perak dengan amilum (Khan dkk., 2012)

Pembentukan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum dikonfirmasi dengan analisis spektrofotometer. Hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Spektrum UV-Vis amilum 0.2% (hitam), AgNO₃ 1 mM (biru), larutan hidroid (merah), nanopartikel perak dengan stabilisator amilum (hijau)

Berdasarkan Gambar 24 dapat diketahui bahwa terdapat absorbansi pada panjang gelombang maksimum 413.00 nm setelah dilakukan pencampuran antara amilum, AgNO₃ dan larutan hidroid. Hal ini menunjukkan bahwa telah terbentuk nanopartikel perak. Das dkk., (2009) mengemukakan bahwa adanya puncak absorbansi pada daerah panjang gelombang 400 – 500 nm disebabkan oleh karakter *surface plasmon resonance* yang dimiliki nanopartikel perak, yaitu osilasi elektron di permukaan nanopartikel ketika terkena cahaya dengan panjang gelombang tersebut. Data panjang gelombang maksimum dan absorbansi terlampir pada Lampiran 6.

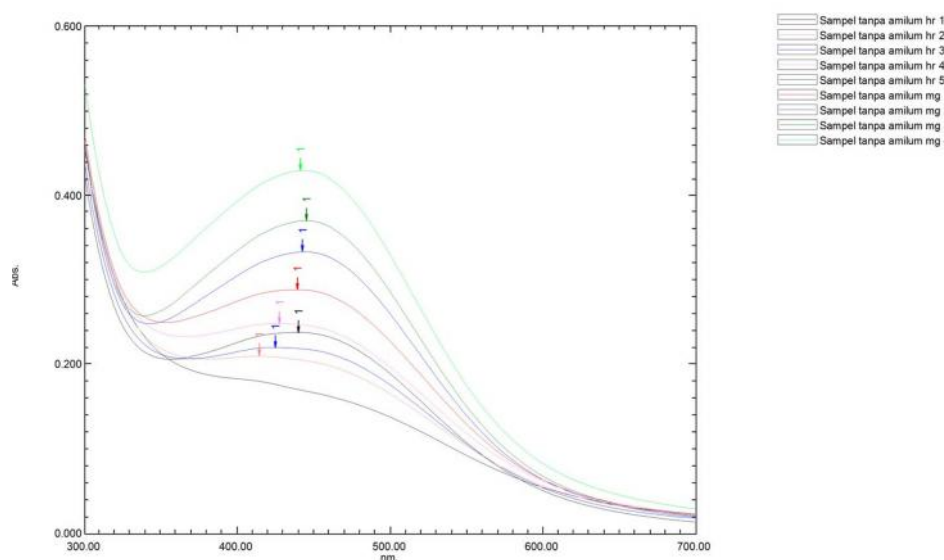
4.2 Karakterisasi Nanopartikel Perak

Dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi nanopartikel perak menggunakan instrumen UV-Vis, PSA, TEM dan FTIR.

4.2.1 Kestabilan Nanopartikel Perak dengan Spektrofotometer UV-Vis

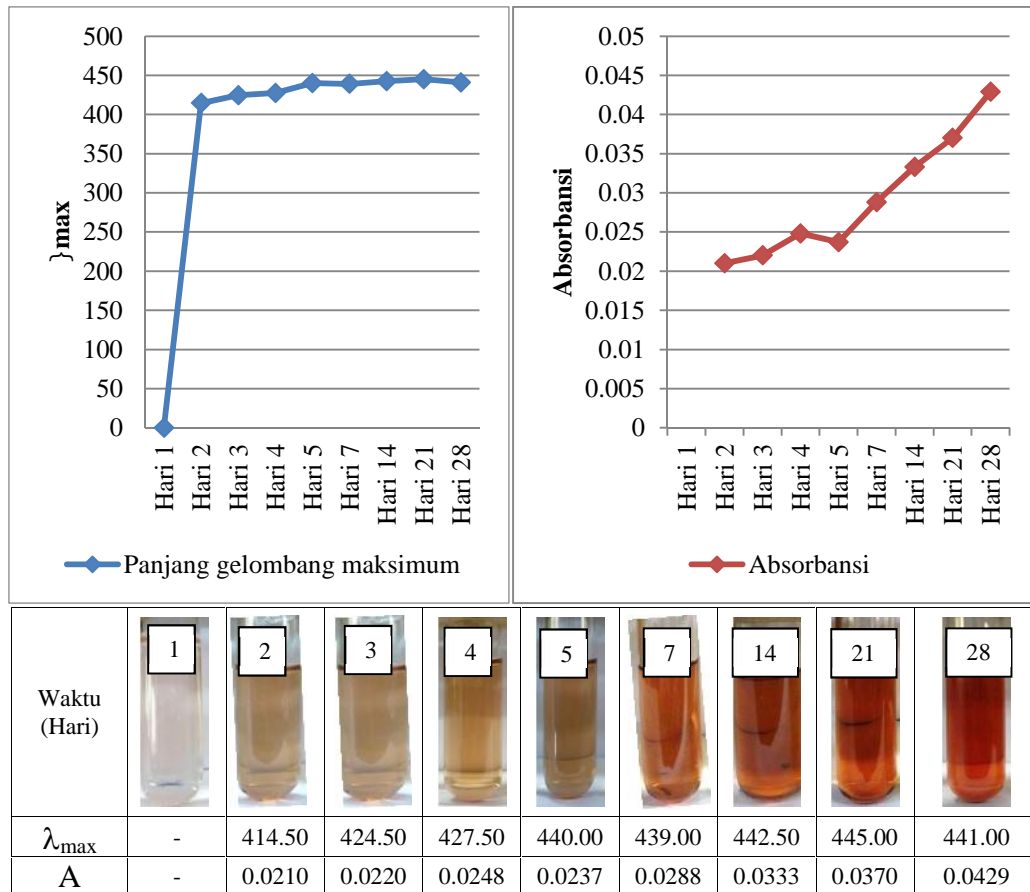
Penelitian dilakukan dengan pengukuran berkala terhadap koloid nanopartikel perak, dimana dalam hal ini dilakukan pengamatan perubahan absorbansi dan panjang gelombang terhadap bertambahnya waktu.

4.2.1.1 Nanopartikel Perak Tanpa Stabilisator



Gambar 25. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak tanpa stabilisator dari hari pertama hingga hari ke 28

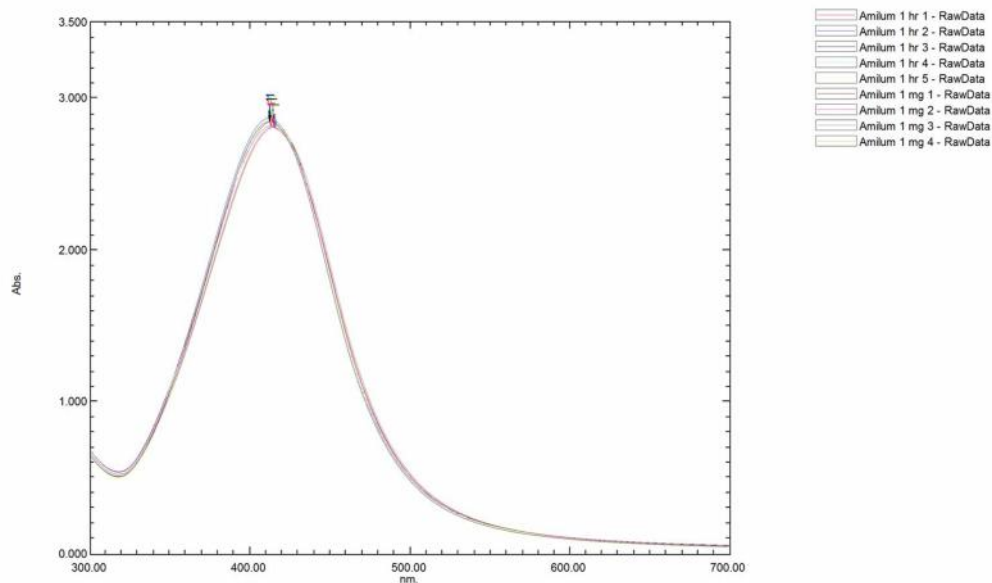
Berdasarkan dari Gambar 25 dapat dilihat bahwa terjadi pergeseran batokromik sejak terbentuknya nanopartikel hingga hari ke-28. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel menyerap radiasi energi yang semakin rendah dibandingkan dengan nanopartikel perak pada hari-hari awal. Pergeseran panjang gelombang disebabkan karena *cluster* nanopartikel mengalami cenderung mengalami aglomerasi sehingga memiliki ukuran partikel yang lebih besar daripada sebelumnya (Gao dkk., 2005).



Gambar 26. Kurva pengaruh waktu terhadap panjang gelombang maksimum dan absorbansi nanopartikel perak

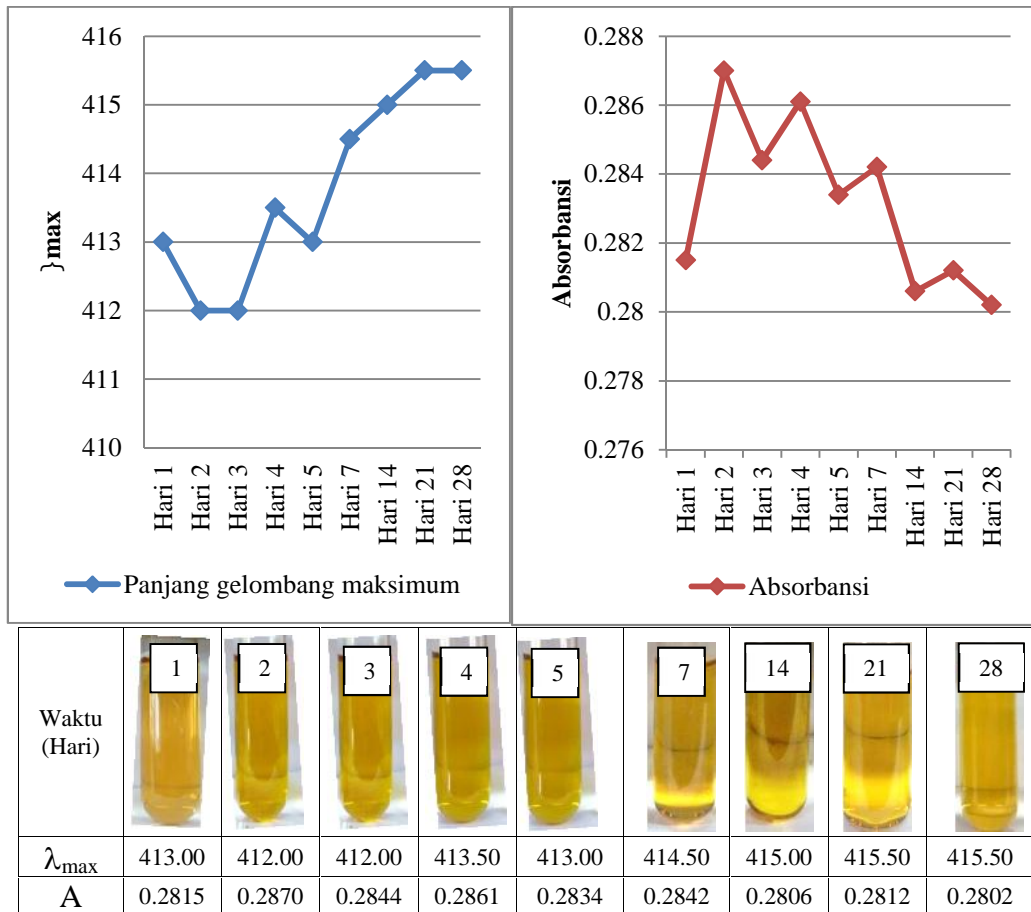
Berdasarkan Gambar 26 diatas dapat diketahui bahwa intensitas absorbansi akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu yang menunjukkan bahwa jumlah nanopartikel yang terbentuk semakin banyak seiring dengan bertambahnya waktu. Selain itu terdapat kurva pengaruh waktu terhadap panjang gelombang maksimum dimana panjang gelombang maksimum akan bergeser ke arah batokromik seiring bertambahnya waktu. Hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel cenderung tidak stabil dan mengalami aglomerasi selama penyimpanan. Nanopartikel Ag memiliki tegangan permukaan yang cukup besar, sehingga tidak stabil dan tidak mampu melawan gaya agregasi.

4.2.1.2 Nanopartikel Perak Dengan Stabilisator



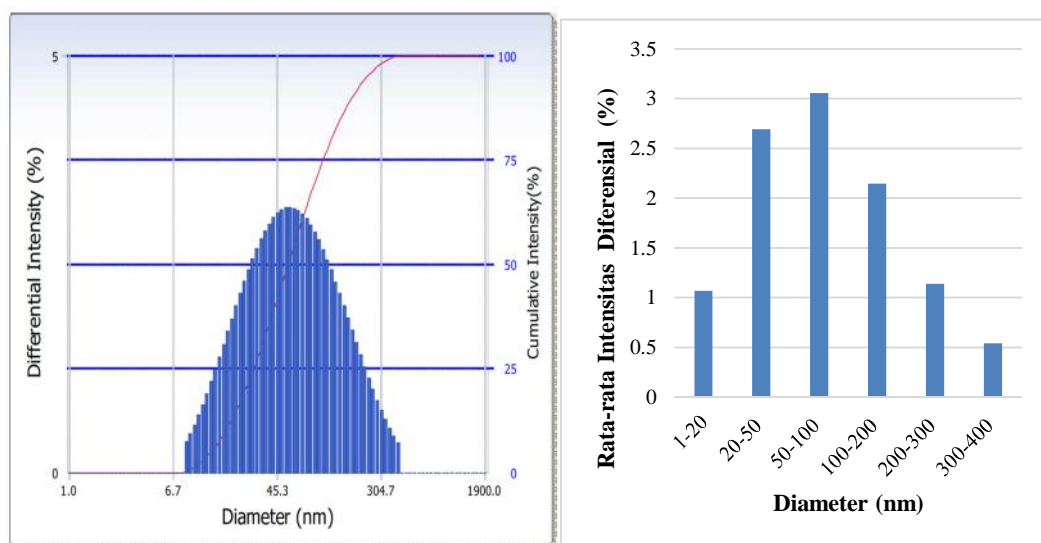
Gambar 27. Spektrum UV-Vis nanopartikel perak dengan stabilisator amilum

Berdasarkan analisis UV-Vis pada Gambar 27 diketahui bahwa nanopartikel perak dengan stabilisator tidak ada mengalami pergeseran panjang gelombang yang signifikan dari hari pertama hingga hari ke-28, hanya berkisar antara 413 – 415.5 nm. Pergeseran batokromik terjadi, namun cenderung cukup lambat. Selain itu perubahan intensitas absorbansi pun tidak terlihat signifikan, absorbansi dari hari pertama hingga hari ke-28 hanya berkisar pada angka 0.28 hal ini menunjukkan bahwa nanopartikel perak cenderung bersifat stabil. Intensitas absorbansi yang naik menunjukkan terjadinya peningkatan jumlah nanopartikel Ag sedangkan menurunnya nilai absorbansi menunjukkan terjadinya pengumpulan partikel atau aglomerasi hal. Jika dibandingkan antara hari pertama dan hari ke 28 terjadi penurunan nilai absorbansi, hal ini dikarenakan partikel mengalami aglomerasi namun tidak secara keseluruhan. Sehingga dapat diketahui bahwa nanopartikel perak yang disintesis menggunakan reduktor larutan hidroid dengan stabilisator amilum bersifat cukup stabil. Pengaruh waktu terhadap panjang gelombang maksimum dan absorbansi ditunjukkan pada Gambar 28.



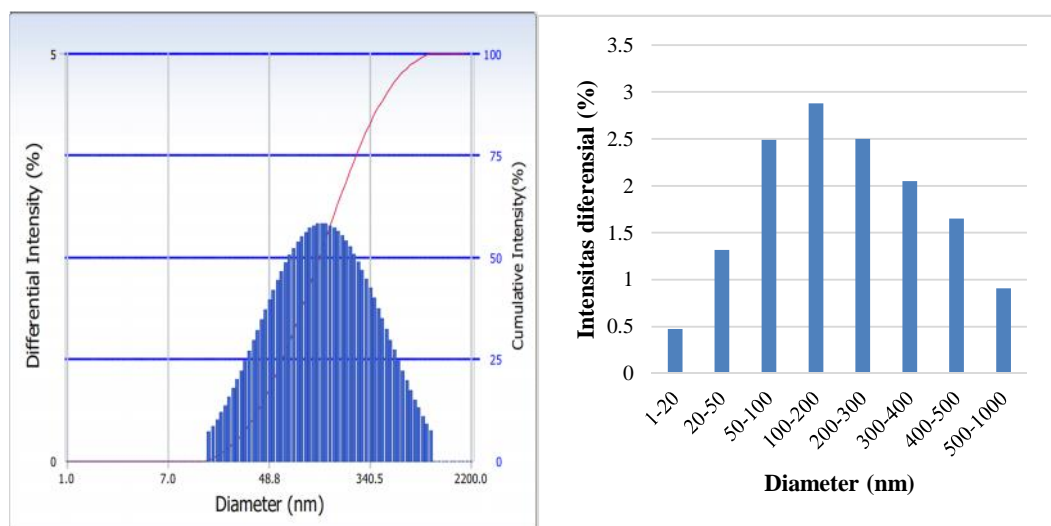
Gambar 28. Hubungan absorbansi dan panjang gelombang maksimum nanopartikel perak dengan amilum terhadap waktu

4.2.2 Ukuran Nanopartikel Perak dengan *Particle Size Analyzer*



Gambar 29. Hasil analisis PSA nanopartikel perak, histogram distribusi nanopartikel (kiri) dan rata-rata intensitas distribusi nanopartikel (kanan)

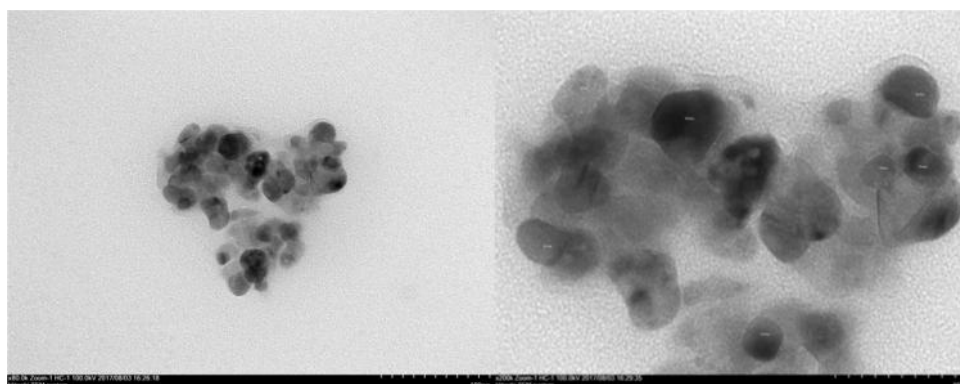
Gambar 29 menunjukkan bahwa nanopartikel perak tanpa menggunakan stabilisator amilum memiliki ukuran nanopartikel dengan diameter rata-rata sebesar 87.9 nm dengan indeks polidispersitas sebesar 0.336. Indeks polidispersitas adalah parameter distribusi massa molekul dalam suatu sampel yang merupakan rasio perhitungan dari berat rata-rata molekul dengan jumlah rata-rata berat molekul. Semakin mendekati 0 berarti distribusinya semakin baik dan menunjukkan kestabilan fisik yang baik jika disimpan cukup lama. *International Organization for Standardization (ISO)* menggolongkan sebuah partikel sebagai nanopartikel jika memiliki diameter berkisar 1-100 nm. Berdasarkan rata-rata intensitas diameter nanopartikel dapat diketahui bahwa ukuran partikel yang digolongkan sebagai nanopartikel berdasarkan definisi ISO memiliki rata-rata intensitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan partikel yang memiliki ukuran diatas 100 nm. Hal ini menunjukkan bahwa hidroid *Aglaophenia cupressina* dapat digunakan untuk mensintesis nanopartikel perak. Data hasil analisis PSA dapat dilihat lebih rinci pada Lampiran 7. Ukuran partikel diatas 100 nm disebabkan terjadinya aglomerasi antarpartikel sehingga menyebabkan partikel memiliki ukuran yang besar.



Gambar 30. Hasil analisis PSA nanopartikel perak dengan stabilisator, histogram distribusi nanopartikel (kiri) dan rata-rata intensitas distribusi nanopartikel (kanan)

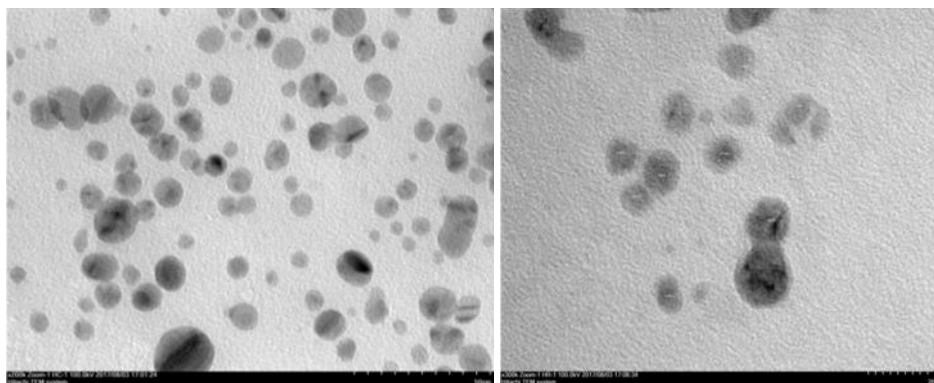
Gambar 30 menunjukkan bahwa nanopartikel perak dengan stabilisator amilum memiliki ukuran partikel dengan diameter rata-rata sebesar 103.0 nm dan polydispersity index sebesar 0.341. Berdasarkan rata-rata intensitas diameter nanopartikel dapat diketahui bahwa ukuran partikel yang digolongkan sebagai nanopartikel berdasarkan definisi ISO memiliki rata-rata intensitas yang lebih rendah dibandingkan dengan partikel yang memiliki ukuran diatas 100 nm. Hal ini dikarenakan nanopartikel dilindungi oleh polimer amilum sehingga menyebabkan ukuran menjadi besar. Amilum disini sangatlah dipengaruhi pH, berdasarkan penelitian yang telah dilaporkan oleh Kumar dkk. (2014) pH sangatlah berpengaruh dalam pembentukan nanopartikel. Konwarh dkk. (2011) mengemukakan bahwa kondisi basa pada medium mampu melemahkan ikatan hidrogen yang terdapat pada matriks amilum (OH pada C6 dan O2), sehingga mampu membentuk *template* yang mendukung kecilnya ukuran nanopartikel. Kumar dkk. (2014) juga menambahkan bahwa naiknya pH dari 5.5 menjadi 8 dalam proses pembuatan nanopartikel mampu memperbesar ukuran nanopartikel, dan larutan dengan pH 8 hingga 11 menyebabkan mengecilnya ukuran partikel. Dalam penelitian ini penambahan NaOH pada sampel hanya meningkatkan pH dari 5 menjadi 7 sehingga tidak mampu untuk memutuskan ikatan hidrogen yang terdapat pada matriks amilum.

4.2.3 Morfologi Nanopartikel Perak dengan TEM



Gambar 31. Hasil analisis TEM nanopartikel perak dengan perbesaran 80 kali (kiri) dan 200 kali (kanan)

Nanopartikel perak tanpa stabilisator amilum memiliki ukuran nanopartikel berkisar antara 10 nm hingga 25 nm dan berbentuk bulat. Dapat dilihat dari Gambar 31 bahwa nanopartikel perak mengalami aglomerasi.



Gambar 32. Hasil analisis TEM nanopartikel perak dengan stabilisator amilum dengan perbesaran 200 kali (kiri) dan perbesaran 300 kali (kanan)

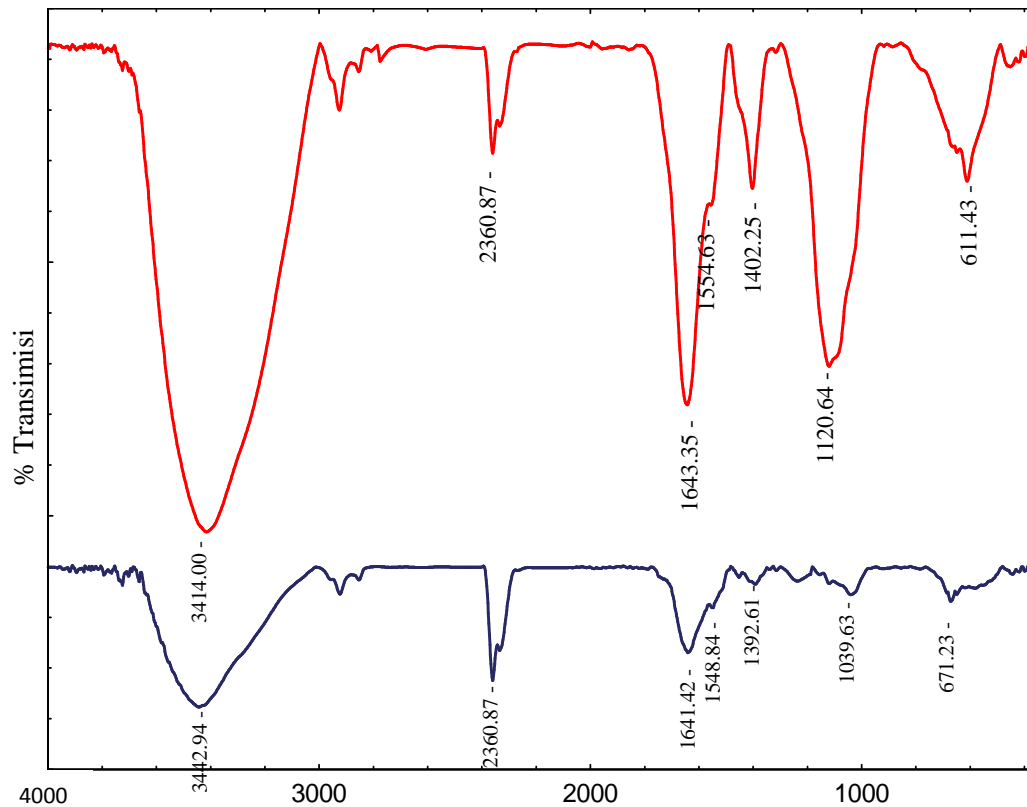
Nanopartikel perak dengan stabilisator amilum memiliki ukuran partikel berkisar 10 nm hingga 25 nm dan berbentuk bulat. Dapat terlihat dari Gambar 32 bahwa nanopartikel perak terdistribusi atau tidak berkumpul membentuk aglomerasi seperti pada nanopartikel perak tanpa stabilisator amilum.

4.2.4 Karakterisasi Nanopartikel dengan FTIR

Karakterisasi selanjutnya ialah analisis infra merah untuk mengetahui gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi logam. Hasil analisis FTIR ditunjukkan pada Gambar 33 dan diringkas dalam Tabel 4.

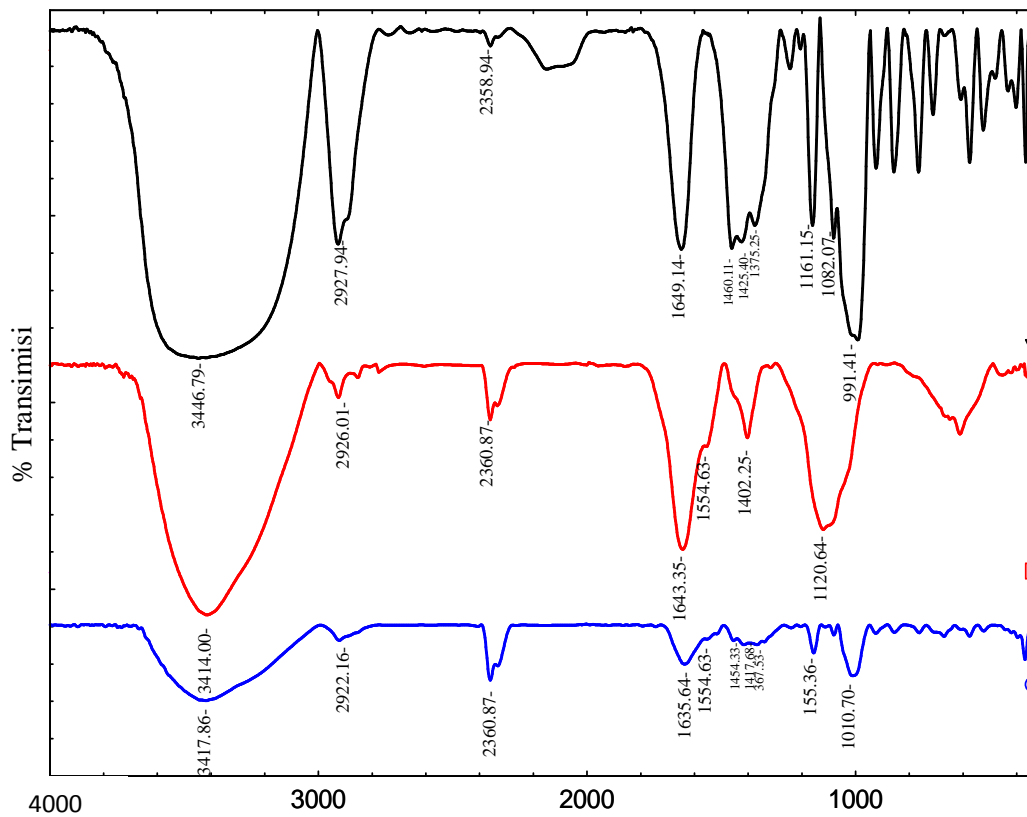
Tabel 4. Perbedaan data FTIR larutan H₂O hidroid dan nanopartikel perak

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi
Larutan H ₂ O hidroid	Nanopartikel Perak	
3414	3442.94	N-H
1643.35	1641.42	C=O amida
1554.63	1548.84	Amida sekunder
1120.64	1039.63	C-N



Gambar 33. Spektrum infra merah larutan hidroid *Aglaophenia cupressina* (merah) dan spektrum infra merah nanopartikel perak dengan menggunakan larutan hidroid (hitam)

Berdasarkan Gambar 33 dan Tabel 4 maka dapat diketahui bahwa terdapat pergeseran spektrum dari larutan hidroid dan nanopartikel perak pada gugus N-H, C=O amida, dan juga C-N yang menunjukkan bahwa gugus-gugus inilah yang berperan dalam reaksi reduksi logam perak. Adanya persamaan bentuk spektrum pada ekstrak hidroid dengan nanopartikel perak menunjukkan bahwa nanopartikel perak berfungsi sebagai *drug carrier* yang membawa atau memiliki ikatan dengan senyawa yang berasal dari ekstrak hidroid.



Gambar 34. Spektrum infra merah amilum (hitam), larutan H₂O hidroid *Aglaophenia cupressina* (merah) dan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum (biru)

Tabel 5. Perbedaan data FTIR amilum, larutan hidroid dan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum

Amilum		Larutan hidroid		Nanopartikel perak	
Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
3446.79	O-H	3414.00	N-H	3417.86	N-H dan O-H
1460.11	CH ₂	1643.35	C=O amida	1635.64	C=O amida
1161.15	C-O eter	1120.64	C-N	1155.36	C-N
991.41	C-O	-	-	1010.70	C-O

Berdasarkan pada Gambar 34 dan Tabel 5 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan transmisi spektra FTIR antara ketiganya, selain itu terdapat perbedaan pergeseran spektrum pada gugus O-H, N-H, C=O amida, C-N dan juga C-O. Pergeseran bilangan gelombang terutama pada gugus NH yang terdapat pada

ekstra hidroid dan nanopartikel perak menunjukkan bahwa gugus NH berperan dalam proses reduksi ion perak.

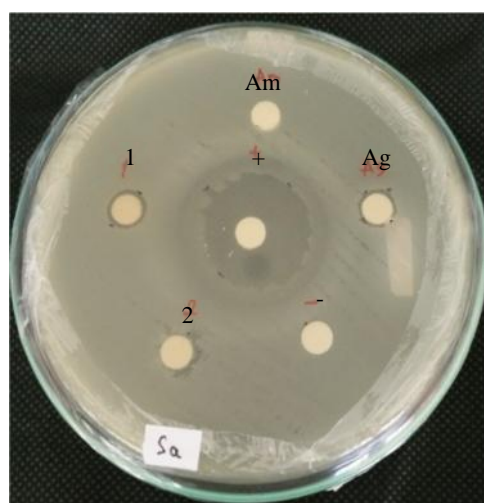
4.3 Uji Aktivitas Antibakteri Nanopartikel Perak

Seperti telah dibahas sebelumnya perak dan kandungan senyawa aktif hidroid yang telah diisolasi sebelumnya mengandung aktifitas terhadap bakteri. Oleh karena itu dilakukan uji aktifitas terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Echerichia coli* untuk mengetahui aktifitas dari nanopartikel perak tanpa dan dengan stabilisator amilum, serta larutan hidroid dan AgNO₃ sebagai pembanding untuk mengetahui apakah nanopartikel mampu dan efektif sebagai antibakteri.

4.3.1 *Staphylococcus aureus*

Tabel 6. Zona hambat sampel terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* setelah 48 jam pada cawan petri A

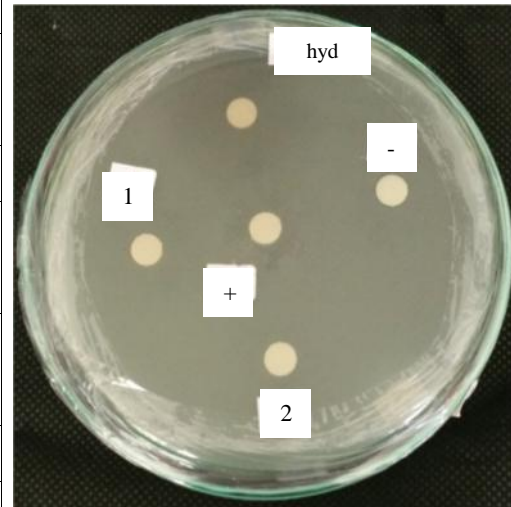
Cawan Petri A	
Sampel	Zona hambat (mm)
NpAg 3.6 mg/mL (1)	8.55
NpAg + amilum 3.6 mg/mL (2)	7.45
AgNO ₃ (Ag)	7.5
Amilum (Am)	5
Ampicilin (+)	21.5
Kontrol (-)	5



Gambar 35. Cawan Petri A

Tabel 7. Zona hambat sampel terhadap terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* setelah 48 jam pada cawan petri B

Cawan Petri B	
Sampel	Zona hambat (mm)
Koloid NpAg (1)	7.45
Koloid NpAg+amilum (2)	7.6
Larutan hidroid (hyd)	21.45
Ampicilin (+)	19.075
Kontrol (-)	5



Gambar 36. Cawan Petri B

Pengujian antibakteri terhadap bakteri *S aureus* dilakukan sebanyak 2 kali. Pertama dilakukan uji nanopartikel dengan konsentrasi 3.6 mg/mL, AgNO₃ 1 mM dan amilum 0.2% (Gambar 35) sedangkan pada percobaan kedua (Gambar 36) dilakukan uji koloid nanopartikel dan larutan hidroid terhadap bakteri. Berdasarkan hasil pengamatan yang terangkum pada Tabel 6 dan Tabel 7 dapat diketahui bahwa nanopartikel dengan konsentrasi 3.6 mg/mL memiliki aktivitas daya hambat yang lebih besar daripada koloid nanopartikel. Selain itu nanopartikel dengan konsentrasi 3.6 mg/mL memiliki zona hambat yang lebih besar dibandingkan dengan nanopartikel perak dengan stabilisator amilum. Berbeda halnya pada koloid nanopartikel, nanopartikel dengan stabilisator amilum memiliki zona hambat yang lebih besar dibandingkan dengan koloid nanopartikel tanpa amilum.

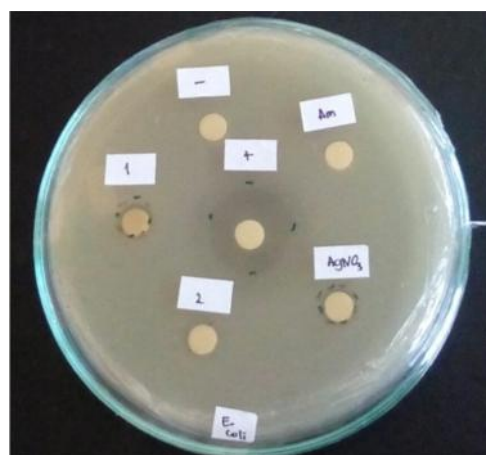
Selain itu zona hambat yang dimiliki nanopartikel perak cenderung lebih besar dibandingkan dengan AgNO₃ semakin kecil nanopartikel maka semakin besar daya hambatnya. Hal ini sesuai dengan teori yang menjelaskan bahwa

nanopartikel berukuran kecil menyebabkan besarnya luas permukaan sehingga memiliki aktifitas yang besar (Nagarajan, 2008). Dilakukan pula uji bakteri terhadap larutan hidroid dan amilum untuk mengetahui apakah keduanya memiliki aktifitas antibakteri atau tidak. Pada larutan hidroid tidak terdapat zona bening melainkan zona samar sebesar 21.45 mm sedangkan amilum tidak memiliki zona hambat sama sekali.

4.3.2 *Echerichia coli*

Tabel 8. Zona hambat sampel terhadap bakteri *Echerichia coli* setelah 48 jam pada cawan petri C

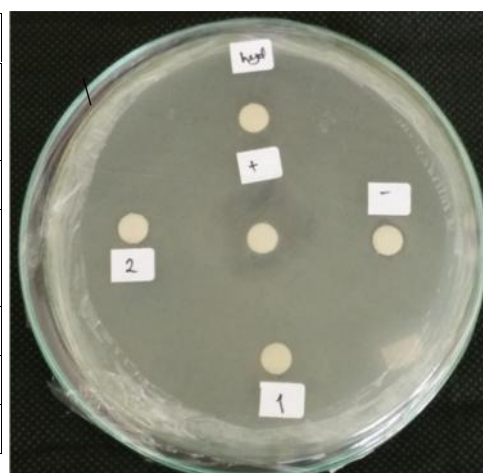
Cawan Petri C	
Sampel	Zona hambat (mm)
NpAg 3.6 mg/mL (1)	7.825
NpAg + amilum 3.6 mg/mL (2)	7
AgNO ₃ (Ag)	7.65
Amilum (Am)	5
Ampicilin (+)	20.5
Kontrol (-)	5



Gambar 37. Cawan petri C

Tabel 9. Zona hambat sampel terhadap bakteri *Echerichia coli* setelah 48 jam pada cawan petri D

Cawan Petri D	
Sampel	Zona hambat (mm)
Koloid NpAg (1)	7.225
Koloid NpAg+amilum (2)	7.65
Larutan hidroid (hyd)	8.55
Ampicilin (+)	19.15
Kontrol (-)	5



Gambar 38. Cawan petri D

Pengujian antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dilakukan sebanyak 2 kali. Pertama dilakukan uji nanopartikel perak dengan konsentrasi 3.6 mg/mL, AgNO₃ 1 mM dan amilum 0.2% (Gambar 37) sedangkan pada percobaan kedua (Gambar 38) dilakukan uji koloid nanopartikel dan larutan H₂O hidroid terhadap bakteri.

Tabel 8 dan Tabel 9 menunjukkan bahwa nanopartikel perak dengan konsentrasi 3.6 mg/mL memiliki aktifitas yang lebih besar dari pada AgNO₃, sedangkan untuk nanopartikel dengan stabilisator aktifitas cenderung lebih lemah dibandingkan dengan AgNO₃. Uji antibakteri terhadap koloid nanopartikel perak, memiliki aktifitas yang cenderung lemah dibandingkan AgNO₃ namun koloid nanopartikel perak dengan stabilisator memiliki aktifitas yang sama besarnya dengan AgNO₃. Pengujian antibakteri juga dilakukan terhadap larutan H₂O hidroid, dan amilum. Larutan H₂O hidroid memiliki daya hambat yang ditandai dengan zona samar sebesar 8.55, sedangkan amilum tidak memiliki daya hambat.

Dapat diketahui bahwa nanopartikel perak dan hidroid memiliki aktifitas yang lebih besar pada bakteri *Staphylococcus aureus* dibandingkan pada bakteri *Echerichia coli*. *Staphylococcus aureus* merupakan bakteri gram positif yang memiliki peptidoglikan (dinding sel) yang lebih tebal dibandingkan bakteri *E.coli* yang merupakan bakteri gram negatif. Namun bakteri gram negatif memiliki dua membran sel yaitu membran bagian luar, peptidoglikan kemudian membran plasma, hal ini

Mekanisme reaksi antara nanopartikel perak dengan bakteri belum dilaporkan, namun beberapa mekanisme telah diperkirakan dengan menggunakan ion perak. Ion perak akan berinteraksi dengan membran sel bakteri yang mengandung protein, khususnya protein yang memiliki gugus SH. Interaksi ion perak dan SH membentuk Ag-S yang merusak protein dan juga menghambat

aktifitas transfer elektron dan pernapasan bakteri. Tak hanya sampai disitu ion perak akan masuk kedalam bakteri dan berinteraksi dengan posfor yang terdapat pada DNA bakteri yang menyebabkan terhambatnya replikasi DNA dan rusaknya DNA dan RNA (Araujo dkk., 2012; Dunn dan Edwards-Jones, 2004; Feng dkk., 2000; Mittal, 2011; Rai dkk., 2009)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ekstrak hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux mampu berfungsi sebagai reduktor dalam proses sintesis nanopartikel perak. Sintesis nanopartikel dengan ekstrak hidroid menghasilkan nanopartikel perak berwarna kuning kecoklatan yang memiliki panjang gelombang 414.50 nm berbentuk bulat yang dengan diameter rata-rata sebesar 87.9 nm. Dilakukan juga sintesis nanopartikel perak dengan ekstrak hidroid dan amilum sebagai stabilisator menghasilkan nanopartikel perak berwarna kuning dengan panjang gelombang berkisar 413 nm berbentuk bulat dengan diameter rata-rata 103 nm. Keduanya memiliki aktifitas terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Echerichia coli*.

5.2 Saran

Disarankan untuk melakukan penelitian mengenai sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan metode sonikasi dan variasi pH serta melakukan uji potensi lainnya seperti antiinflamasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, M., 2009, *Staphylococcus aureus* and Other Pathogenic Gram-Positive cocci, *Foodborne Pathogens, Hazard, Risk Analysis and Control*, Woodhead Publishing Ltd, Oxford, 802-819.
- Aiello, A., Fattorusso, E., Magno, S. dan Mayol, L., 1987, Brominated - Carbolines from the Marine Hidroid *Aglaophenia pluma* Linnaeus, *Tetrahedron*, **43**(24): 5929–5932.
- Anonim, 1922, *Nature: Marine Invertebrates*, **109**(2738): 530–531, (Online), (<https://doi.org/10.1038/109530b0>, diakses 22 Juli 2016).
- Araujo, E. A., Andrade, N. J., Da Silva, L. H., Bernardes, P. C., Teixeira, A. V. N. D. C., De Sa, J. P., Fialho, J. F. Q. dan Fernandes, P. E., 2012, Antimicrobial Effects of Silver Nanoparticles Against Bacterial Cells Adhered to Stainless Steel Surfaces. *Journal of Food Protection*, **75**(4): 701–705.
- Asmathunisha, N. dan Kathiresan, K., 2013, A Review on Biosynthesis of Nanoparticles by Marine Organisms, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **103**: 283–287.
- Balozet, L., Bücherl, W., Klobusitzky, D. De, Valle, J. R., Halstead, B. W. dan Mcmichael, D. F., 1971, *Venomous Animals And Their Venoms*, Vol. III Venomo, New York: Academic Press.
- Bavestrello, G., Puce, S., Cerrano, C., Di Camillo, C., Marques, A. C., 2006, Eudendrium (Cnidaria: Hydrozoa) from Bunaken Marine Park, Sulawesi Sea, Indonesia, *Zoological Studies*, **45**(4): 616 - 625.
- Bendon, Y. T., 2013, *Isolasi dan Identifikasi Metabolit Sekunder Fraksi Etil dari Asetat dari Hidroid Aglaophenia cupressina L.*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Boudreau, M. D., Imam, M. S., Paredes, A. M., Bryant, M. S., Cunningham, C. K., Felton, R. P., Jones, M. Y., Davis, K. J. dan Olson, G. R., 2016, Differential Effects of Silver Nanoparticles and Silver Ions on Tissue Accumulation, Distribution, and Toxicity in the Sprague Dawley Rat Following Daily Oral Gavage Administration for 13 Weeks. *Toxicological Sci.*, **150**(1): 131–160.
- Buzea, C., Pacheco, I. I. dan Robbie, K., 2007, Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity, *Biointerphases*, **2**(4):17-71.
- Chinnappan, R. S., Kandasamy, K., dan Sekar, A., 2015, A Review on Marine Based Nanoparticles and Their Potential Applications, *African Journal of Biotechnology*, **14**(18): 1525–1532.

- D'almeida, C. M. dan Roth, B. J., 2015, *Medical Applications of Nanoparticles*, 1–10.
- Das, R., Nath, S. S., Chakdar, D., & Gope, G., 2009, Preparation of Silver Nanoparticles and Their Characterization Synthesis of Silver Nanoparticles, *Journal of Materials Online*, 1–9.
- Di Camillo, C. G., Bavestrello, G., Valisano, L. dan Puce, S., 2008, Spatial and Temporal Distribution In A Tropical Hidroid Assemblage, *Journal of the Marine Biological Association of The United Kingdom*, **88**(8): 1589–1599.
- Dunn, K., & Edwards-Jones, V., 2004, The Role of Acticoat™ with Nanocrystalline Silver in the Management of Burns, *Burns*, **1**: 1–9.
- El-Nour, K. M. M. A., Eftaiha, A., Al-Warthan, A. dan Ammar, R. A. A., 2010, Synthesis and Application of Silver Nanoparticles, *Arabian Journal of Chemistry*, **3**: 135–140.
- Ershov, B. G. dan Henglein, A., 1998, Reduction of Ag + on Polyacrylate Chains in Aqueous Solution, *Journal Physical Chemistry*, **102**: 10663–10666.
- Fauci, A. dan Boero, F., 2000, Structure of An Epiphytic Hidroid Community on Cystoseira at Two Sites of Different Wave Exposure. *Scientia Marina*, **64**(1), 255–264.
- Feng, Q. L., Wu, J., Chen, G. Q., Cui, F. Z., Kim, T. N. dan Kim, J. O., 2000, A Mechanistic Study of The Antibacterial Effect of Silver Ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, *Journal of Biomedical Materials Research*, **52**(4): 662 - 668.
- Frattoni, A., Pellegrini, N., Nicastro, D. dan De Sanctis, O., 2005, Effect of Amine Groups in the Synthesis of Ag Nanoparticles Using Aminosilanes, *Materials Chemistry and Physics*, **94**(1): 148–152.
- Garcia, N. L., Fama, L., D'Accorso, N. B. dan Goyanes, S., 2015, *Eco-friendly Polymer Nanocomposites: Processing and Properties*, Springer, India.
- Gao, Y., Jiang, P., Song, L., Liu, L. dan Yan, X., 2005, Growth mechanism of silver nanowires synthesized by polyvinylpyrrolidone-assisted polyol, *Journal Of Physics D: Applied Physics*, **38**: 1061-1067.
- Gili, J.-M. dan Hughes, R. G., 1995, The Ecology Of Marine Benthic Hidroids. *Oceanography and Marine Biology an Annual Review*, **33**(1984): 351–426.
- Hamed, M. R. dan Givianrad, M. H., 2015, Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Marine Sponge Haliclona, *Oriental Journal of Chemistry*, **31**(4): 1961–1967.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., Crouch, S. R., *Principles of Instrumental Analysis*, 6th

Edition, Thompson Brooks/Cole, USA, hal: 955-957.

- Horikoshi, S. dan Serpone, N., 2013, Introduction to Nanoparticles, *Microwaves in Nanoparticle Synthesis: Fundamentals and Applications*, 1–24, (Online), (<https://doi.org/10.1002/9783527648122.ch1>, diakses 02 Agustus 2016).
- Horiba Scientific, 2012, *A Guide Book to Particle Size Analysis*, Horiba Instrumen, Inc., Irvine USA, hal: 1-18.
- Inbakandan, D., Sivaleela, G., Peter, D. M., Kiurbagaran, R., Venkatesan, R. dan Khan, S. A., 2012, Marine Sponge Extract Assisted Biosynthesis of Silver Nanoparticles, *Materials Letters*, **87**: 66–68.
- Inbakandan, D., Venkatesan, R. dan Ajmal Khan, S., 2010, Biosynthesis of Gold Nanoparticles Utilizing Marine Sponge *Acanthella elongata* (Dendy, 1905), *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **81**(2): 634–639.
- Johannes, E., Agus, R., Johannes, E., Agus, R. dan Umar, R., 2013, Aktivitas Antimitotik -Sitosterol Isolat dari Hidroid *Aglaophenia Cupressina* Lamoureux Terhadap Pembelahan Awal Sel Zigot Bulu Babi *Tripneustes Gratilla* Linn. *Manasir*, **1**(1): 27–32.
- Johannes, E., Usman, H. dan Ahmad, A., 2009, Isolasi, Karakterisasi, dan Uji Bioaktivitas Metabolit Sekunder dari Hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamoureux Sebagai Bahan Dasar Antimikroba. *Indonesia Chimica Acta*, **2**(1): 1–10.
- Johnson, M. K., Alexander, K. E., Lindquist, N. dan Loo, G., 1999, Potent Antioxidant Activity of a Dithiocarbamate Related Compound from a Marine Hidroid, *Biochemical Pharmacology*, **58**(99): 1313–1319.
- Jores K., Mehnert W., Drecusler M., Bunyes H., Johan C. dan Mader K., 2004, Investigation On The Stricter Of Solid Lipid Nanopartuicles And Oil-Loaded Solid Nanoparticles By Photon Correlation Spectroscopy, Field- Flow Fractionasition And Transmission Electron Microscopy, *Journal Control Release*, (17): 217- 227.
- Kambey, A. D., 2011, Moluska Pada Hidroid (*Aglaophenia cupressina*) di Perairan Barat Pulau Siladen Manado Sulawesi Utara, **7**(1): 17–20.
- Keat, C. L., Aziz, A., Eid, A. M. dan Elmarguzi, N. A., 2015, Biosynthesis of Nanoparticles and Silver Nanoparticles, *Bioresources and Bioprocessing*, **2015**(2): 47–57.
- Khan, Z., Singh, T., Ijaz, J., Yousif, A., Al-thabaiti, S. A. dan El-mossalamy, E. H., 2013, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces Starch-directed green synthesis , characterization and morphology of silver nanoparticles, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **102**: 578–584.

- Konwarh, R., Karak, N., Ermine, C., Baruah, S. dan Mandal, M, 2011, Effect of sonication and aging on the templating attribute of starch for “ green ” silver nanoparticles and their interactions at bio-interface, *Carbohydrate Polymers*, **83**(3): 1245–1252.
- Korsmo, K. A., 2012, *Isolation And Characterization Of Bioactive Compounds From The Marine Hydrozoans Halecium Muricatum And Halecium Beanii*, Tesis tidak diterbitkan, Institute of Pharmacy, Faculty of Health Sciences, University of Tromso.
- Kumar, H., Rani, R., 2013, Structural Characterization of Silver Nanoparticles Synthesized by Micro Emulsion Route, *International Journal of Engineering and Innovate Technology*, **3**(3): 344-349.
- Kumar, B., Smita, K., Cumbal, L., Debut, A. dan Pathak, R. N., 2014, Sonochemical Synthesis of Silver Nanoparticles Using Starch : A Comparison, *Bioinorganic Chemistry and Application*, **2014**: 1-8.
- Lamouroux, J. V. F., 1816. Histoire des Polypiers Coralligènes Flexibles, Vulgairement Nommés Zoophytes, *F. Poisson*, Caen, **34**(19):1 - 560, (Online), (<http://www.biodiversitylibrary.org/item/42840#page/7/mode/1up>, diakses 22 Oktober 2016).
- Lay, B. W., 1994, *Analisis Mikropa di Laboratorium*, Edisi 1, Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Lindquist, N., 1996, Tridentatols A-C , Novel Natural Products of the Marine Hidroid Tridentata marginala, *Tetrahedron Letters*, **37**(51): 9131–9134.
- Lindquist, N., Shigematsu, N. dan Pannell, L., 2000, Koridendramines A and B , Defensive Natural Products of the Marine Hidroid *Corydendrium parasiticum*, *Journal Natural Product*, **63**(252): 1290–1291.
- Linnert, T., Mulvaney, P., Henglein, A. dan Weuer, H., 1990, Long-Lived Nonmetallic Silver Clusters in Aqueous Solution: Preparation and Photolysis, *Journal American Chemical Society*, **112**(8): 4657-4664.
- Logeswari, P., Silambarasan, S. dan Abraham, J, 2013, Ecofriendly Synthesis Of Silver Nanoparticles From Commercially Available Plant Powders And Their Antibacterial Properties, *Scientia Iranica*, **20**(3): 1049–1054.
- Makarov, V. V., Love, A. J., Sinitsyna, O. V, Makarova, S. S. dan Yaminsky, I. V., 2014, “ Green ” Nanotechnologies: Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants, *Acta Naturae*, **6**(20): 35–44.
- McCrea-Hendrick, M. dan Nichols, C. J., 2009, Synthesis of a Model Compound of Koridendramine A via a Julia Coupling, *Synthetic Communications*, **39**(20): 3611–3620.

- Milanowski, D. J., Gustafson, K. R., Rashid, M. A., Pannell, L. K., McMahon, J. B. dan Boyd, M. R., 2004, Gimnangiamid, a Cytotoxic Pentapeptide from the Marine Hidroid Gymnangium Regae, *Journal of Organik Chemistry*, **69**(9): 3036–3042.
- Mittal, D. R., 2011, *Nature of Interaction Between Metal Nanoparticles (Ag) & Bacterial Cell (E. coli)*, Tesis tidak diterbitkan, Departement of Biotechnology and Medical Engineering, National Institute of Technology Rourkela, Rourkela, (Online), (<http://ethesis.nitrkl.ac.in/2544/> diakses 15 Oktober 2016).
- Mohanpuria, P., Rana, N. K. dan Yadav, S. K., 2008, Biosynthesis of nanoparticles: Technological Concepts and Future Applications, *Journal of Nanoparticle Research*, **10**(3): 507–517.
- Mohanty, S., Mishra, S., Jena, P., Jacob, B., Sarkar, B. dan Sonawane, A., 2012, An investigation on the antibacterial , cytotoxic , and antibiofilm efficacy of starch-stabilized silver nanoparticles. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, **8**(6): 916–924.
- Molpeceres, J., Aberturas, M. R. dan Guzman, M., 2000, Biodegradable Nanoparticles As A Delivery System For Cyclosporine: Preparation and Characterization, *Journal Microencapsul*, (17): 599–614.
- Moore, J., 2006, *An Introduction to the Invertebrates*, Second Editon, Cambridge University Press, New York.
- Moura, C. J., Aveiro, U. De, Harris, D. J., Cunha, M. R., Aveiro, U. De. dan Rogers, A. D, 2008, DNA Barcoding Reveals Cryptic Diversity in Marine Hidroids (Cnidaria , Hydrozoa) from Coastal and Deep-Sea Environments, *Zoologica Scripta*, **37**(1): 93–108.
- Mpila, D., Fatimawali, F. dan Wiyono, W., 2012, Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Mayana (*Coleus atropurpureys* [L] Benth) Terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa* secara In-Vitro, *Pharmacon*, **1**(1): 13–21.
- Nagarajan, R., 2008, Nanoparticles: Building Blocks for Nanotechnology. *American Chemistry Society Symposium Series*, **996**: 2–14.
- Nagy, A. dan Mestl, G, 1999, High Temperature Partial Oxidation Reactions Over Silver Catalysts. *Applied Catalysis A: General*, **188**(1–2): 337–353.
- Nalawati, A. N., 2015, *Sintesis Nanopartikel Perak (NPAg) dengan Metode yang Ramah Lingkungan dan Kajian Aktifitasnya dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri Gram Positif dan Bakteri Gram Negatif*, Tesis tidak diterbitkan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Nath, D. dan Banerjee, P., 2013, Green Nanotechnology - A New Hope for

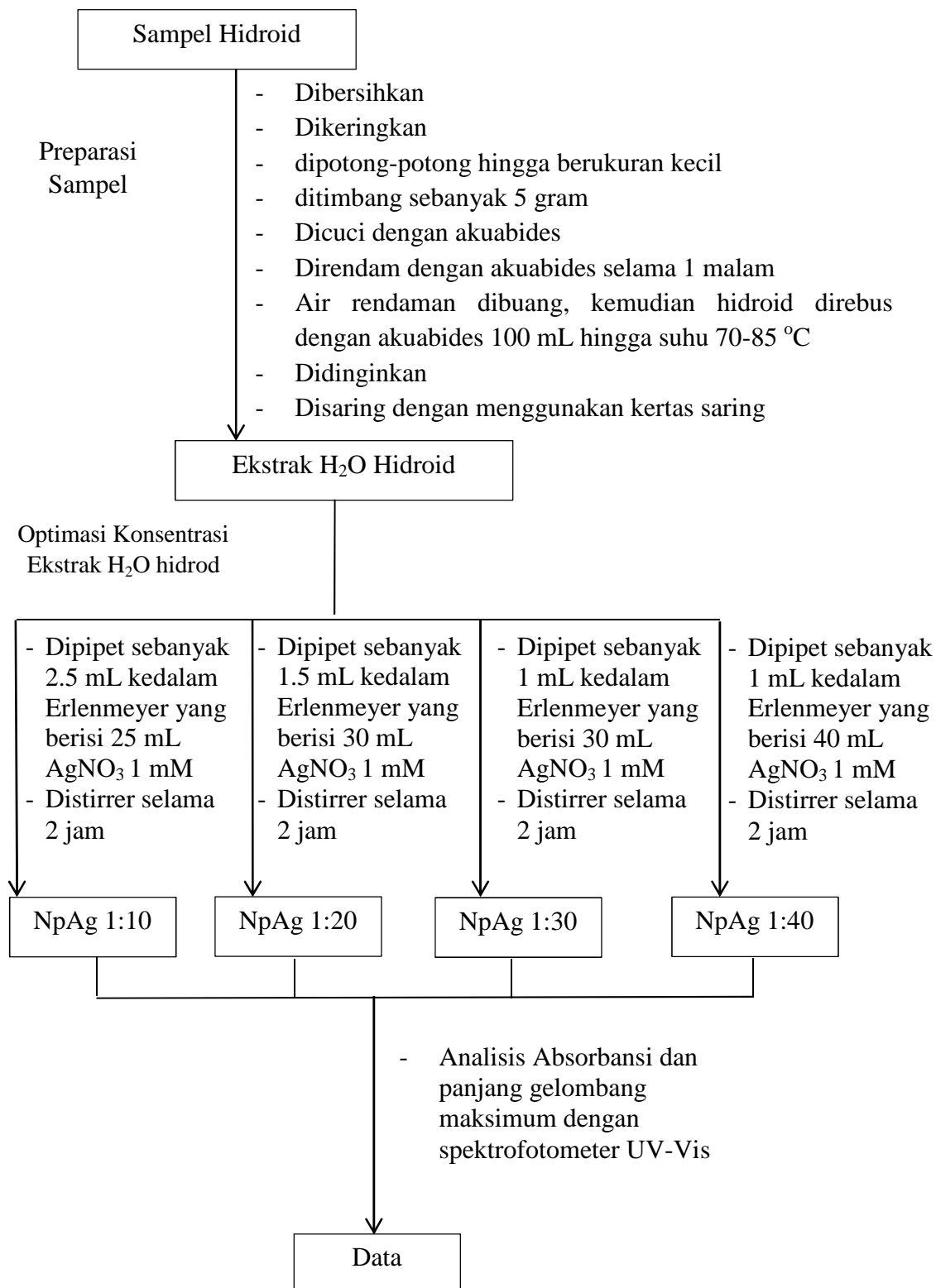
- Medical Biology, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **36**(3): 997–1014.
- Nautiyal, O. H., 2013, Natural Products From Plant, Microbial and Marine Species, *The Experiment International Journal of Science and Technology*, **10**(1): 611–646.
- Nofiani, R., 2008, Artikel Ulas Balik Urgensi dan Mekanisme Biosintesis Metabolit Sekunder Mikroba Laut, *Jurnal Natur Indonesia*, **10**(102): 120–125.
- Lauterwasser, C., 2007, Small sizes that matter: Opportunities and risks of Nanotechnologies, *OECD International Futures Programme*, Allianz Centre for Technology, München, Germany.
- Oldenburg, S., Samberg, Meghan, dan Monteiro-Riviere, N., 2010, Evolution of Silver Nanoparticle Toxicity in Vivo Skin and in Vitro Keratinocytes, *Environmental Health Perspective*, **118**(3): 407-413.
- Pal, S. L., Jana, U., Manna, P. K., Mohanta, G. P. dan Manavalan, R., 2011, Nanoparticle: An Overview of Preparation and Characterization, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, **1**(6): 228–234.
- Prescott, L. M., Harley, J. P. dan, Klein, D. A., 2002, *Microbiology*, 5th Edition, McGraw Hill, Boston.
- Puspitasari, D., Johannes, E. dan Dwyana, Z., 2015, Uji Bioaktivitas Senyawa Asam Heksadekanoat dan -Sitosterol Hasil Isolat Hidroid *Aglaophenia cupressina Lamoureux* sebagai Antijamur Terhadap *Aspergillus fumigatus*, Skripsi tidak diterbitkan, Mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Rai, M., Yadav, A. dan Gade, A., 2009, Silver Nanoparticles As A New Generation of Antimicrobials, *Biotechnology Advances*, **27**(1): 76–83.
- Rath, M., Panda, S. S. dan Dhal, N. K., 2014, Synthesis of Silver Nanoparticles from Plant Extract and its Application on Cancer Treatment: A Review. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, **4**(3): 137–145.
- Raveendran, P., Fu, J., Wallen, S. L., Hill, C. dan Carolina, N., 2003, Completely Green Synthesis and Stabilization of Metal Nanoparticles, *Communication* 13940–13941.
- ezanka, T., Hanuš, L. O., dan Dembitsky, V. M., 2004, Lytophilippines A-C: Novel Macrolactones from the Red Sea Hidroid *Lytocarpus philippinus*, *Tetrahedron*, **60**(52): 12191–12199.
- Ristian, I., 2013, *Kajian Pengaruh Konsentrasi Perak Nitrat (AgNO3) terhadap*

Ukuran Nanopartikel Perak, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.

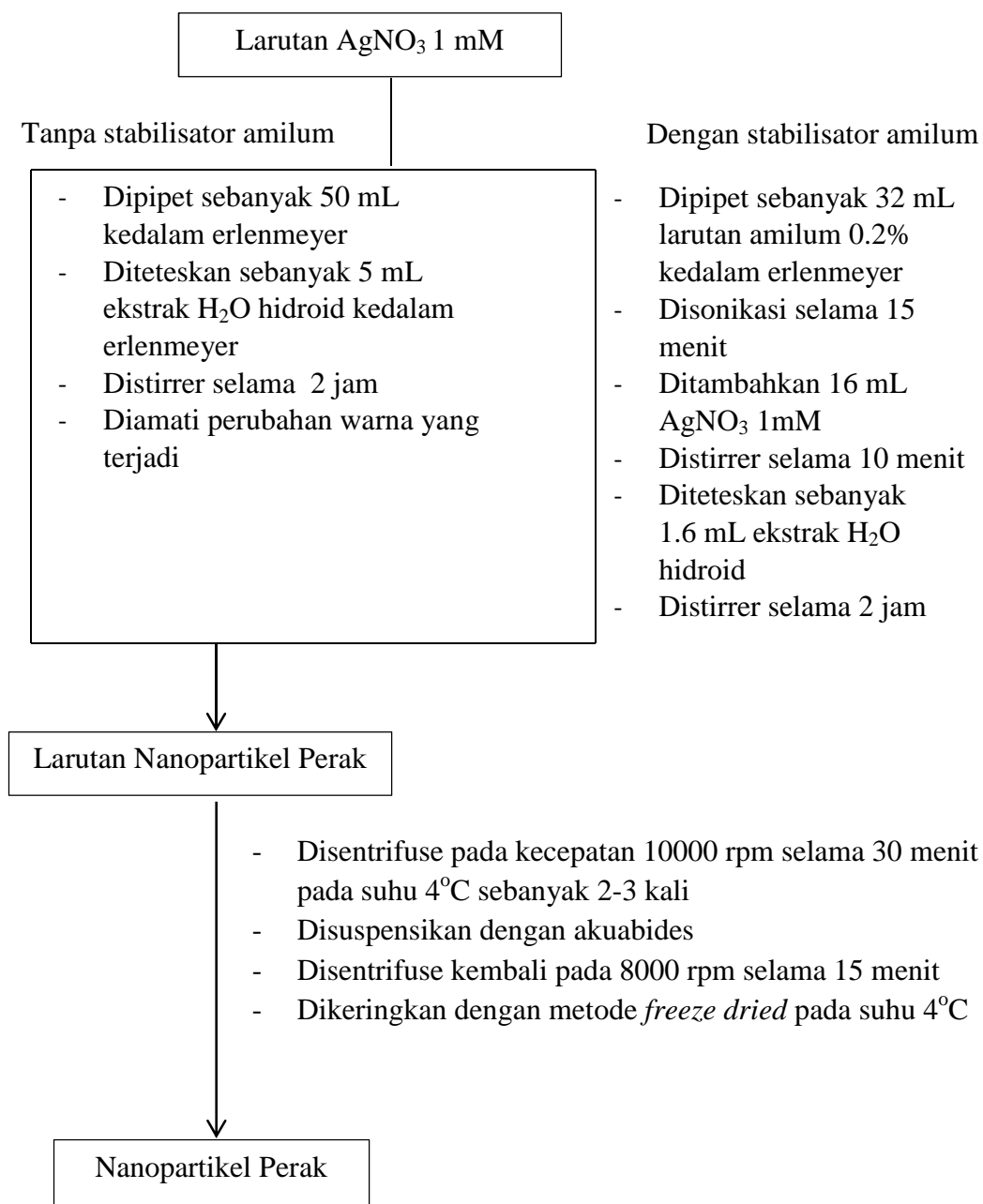
- Rocha, J., Peixe, L., Gomes, N. C. M. dan Calado, R., 2011, Cnidarians As A Source of New Marine Bioactive Compounds — An Overview of the Last Decade and Future Steps for Bioprospecting, *Marine Drugs*, **9**: 1860–1886.
- Saeb, A. T. M., Alshammari, A. S., Al-brahim, H. dan Al-rubeaan, K. A., 2014, Production of Silver Nanoparticles with Strong and Stable Antimicrobial Activity against Highly Pathogenic and Multidrug Resistant Bacteria, *The Scientific Journal*, 1-9.
- Saifudin, A., 2014, *Senyawa Alam Metabolit Sekunder: Teori, Konsep dan Teknik Pemurnian*, Deepublish, Yogyakarta, hal: 2-4.
- Sastrohamidjojo, H., 2013, *Dasar-Dasar Spektroskopi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, hal: 47-107.
- Schmidt, K. F., 2007, Green Nanotechnology: It's Easier Than You Think. *Project on Emerging Nanotechnology, Woodrow Wilson International Center for Scholars*, **8**: 1–36.
- Schuchert, P., 2003, Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) of the Danish Expedition to the Kei Islands, *Steenstrupia*, **27**(2), 137–256.
- Seo, Y., Cho, K. W., Rho, J. R., Shin, J., Kwon, B. M., Bok, S. H. dan Song, J. I., 1996, Solandelactones A-I, Lactonized Cyclopropyl Oxylipins Isolated From The Hydroid *Solanderia secunda*, *Tetrahedron*, **52**(32): 10583–10596.
- Shankar, S. S., Rai, A., Ahmad, A. dan Sastry, M., 2004, Rapid Synthesis of Au, Ag, and Bimetallic Au Core-Ag Shell Nanoparticles Using Neem *Azadirachta indica* Leaf Broth, *Journal of Colloid and Interface Science*, **275**(4): 496–502.
- Sharma, V. K., Yngard, R. A. dan Lin, Y., 2009, Silver Nanoparticles: Green Synthesis and Their Antimicrobial Activities, *Advances in Colloid and Interface Science*, **145**(1–2): 83–96.
- Shervani, Z., Ikushima, Y. dan Sato, M., 2008, Morphology and size-controlled synthesis of silver nanoparticles in aqueous surfactant polymer solutions, *Colloid Polymer Sci.*, **286**:403–410.
- Singh, M. J., 2016, *Green Nano Actinobacteriology – An Interdisciplinary Study*, (Online), (<http://dx.doi.org/10.5772/61308> diakses 25 Oktober 2016).
- Solomon SD, Bahadory, M., Jeyarajasingam, A. V., Rutkowsky, S. A., Boritz, C. dan Mulfinger, L., 2007, Synthesis And Study Of Silver Nanoparticles, *Journal of Chemical Education*, **84**(2): 322-325.

- Sonia, 2012, *Modifikasi Nanopartikel Perak dengan Kitosan sebagai Pendeteksi Ion Logam Berat*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok.
- Stachowicz, J. J., & Lindquist, N., 1997, Chemical Defense Among Hydroids On Pelagic Sargassum: Predator Deterrence And Absorption Of Solar UV Radiation By Secondary Metabolites, *Marine Ecology Progress Series*, **155**: 115–126.
- Suada, I K. dan Sunti, Ni W., 2010, Suppression Ability Of Crude Extract Derived From Marine Biota Against *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*, *Jurnal Biologi*, **14**(1): 7-10.
- Umayaparvathi, S., Arumugam, M., Meenakshi, S. dan Balasubramanian, T., 2013, Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using Oyster *Saccostrea Cucullata* (Born, 1778): Study of in-Vitro Antimicrobial Activity, *International Journal Of Science and Nature*, **4**(1): 199–203.
- Üner, M., 2015, Characterization and Imaging of Solid Lipid Nanoparticles and Nanostructured Lipid Carriers, *Handbook of Nanoparticles*, 117–141.
- Vasileva, P., Donkova, B., Karadjova, I. dan Dushkin, C., 2011, Colloids and Surfaces A : Physicochemical and Engineering Aspects Synthesis of starch-stabilized silver nanoparticles and their application as a surface plasmon resonance-based sensor of hydrogen peroxide, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **382**(1): 203–210.
- Roper, W. L., 1990, *Toxicological Profile For Silver*, Public Health Service, US.
- Wood, C. M., Hogstrand, C., Galvez, F. dan Munger, R. S., 1996, The Physiology of Waterborne Silver Toxicity in Freshwater Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) 1. The Effect of Ionic Ag⁺, *Aquatic Toxicology*, **35**: 93-109.
- Zhang, S., Du, C., Wang, Z., Han, X., Zhang, K. dan Liu, L., 2013, Reduced Cytotoxicity Of Silver Ions To Mammalian Cells At High Concentration Due To The Formation Of Silver Chloride, *Toxicology in Vitro*, **27**(2): 739–744.
- Zhi, P. X., Qing, H. Z., Gao, Q. L. dan Ai, B. Y., 2006, Inorganic Nanoparticles As Carriers For Efficient Cellular Delivery, *Chemical Engineering Science*, **61**: 1027–1040.

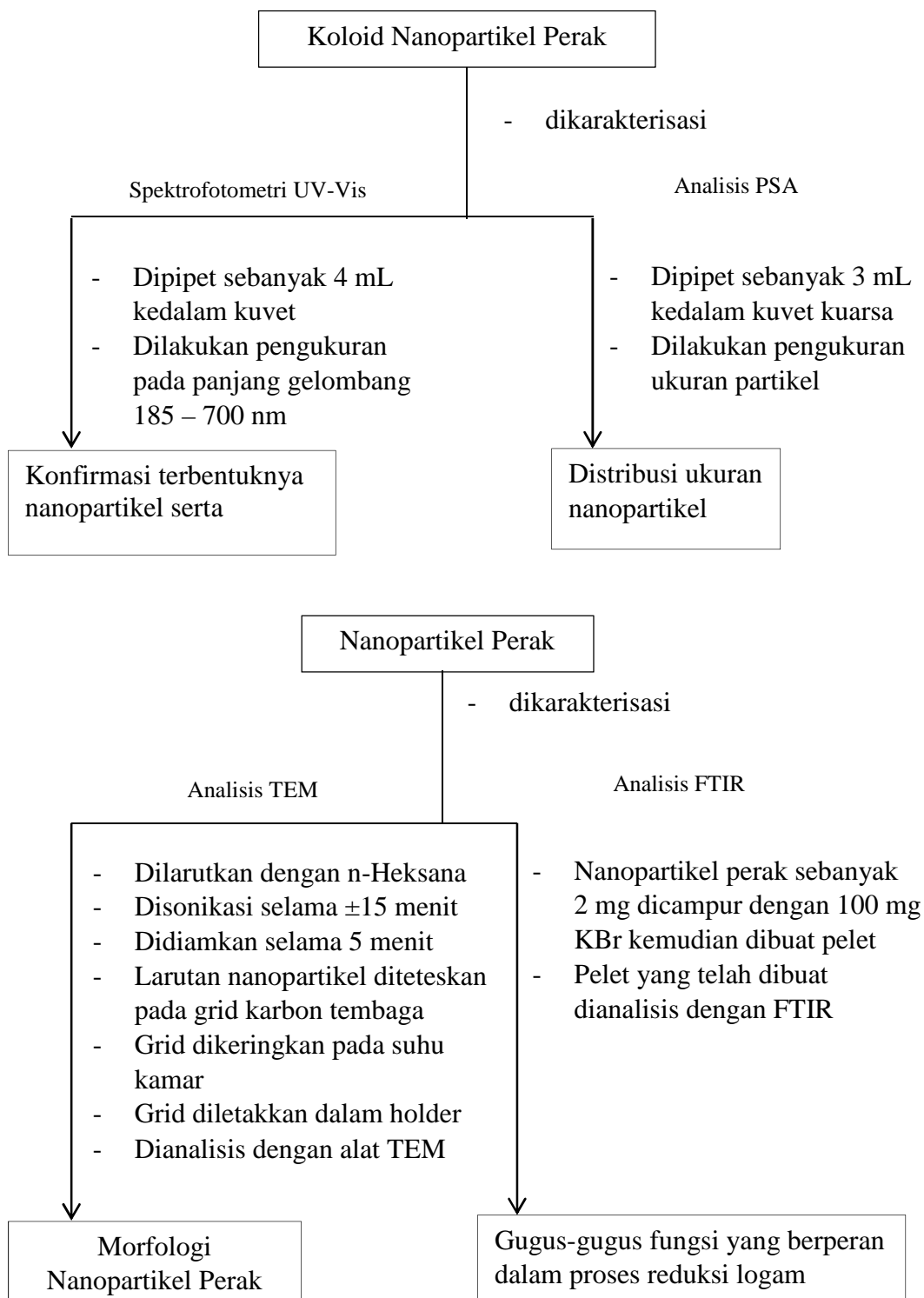
Lampiran 1. Bagan kerja preparasi sampel dan optimasi konsentrasi ekstrak H₂O hidroid



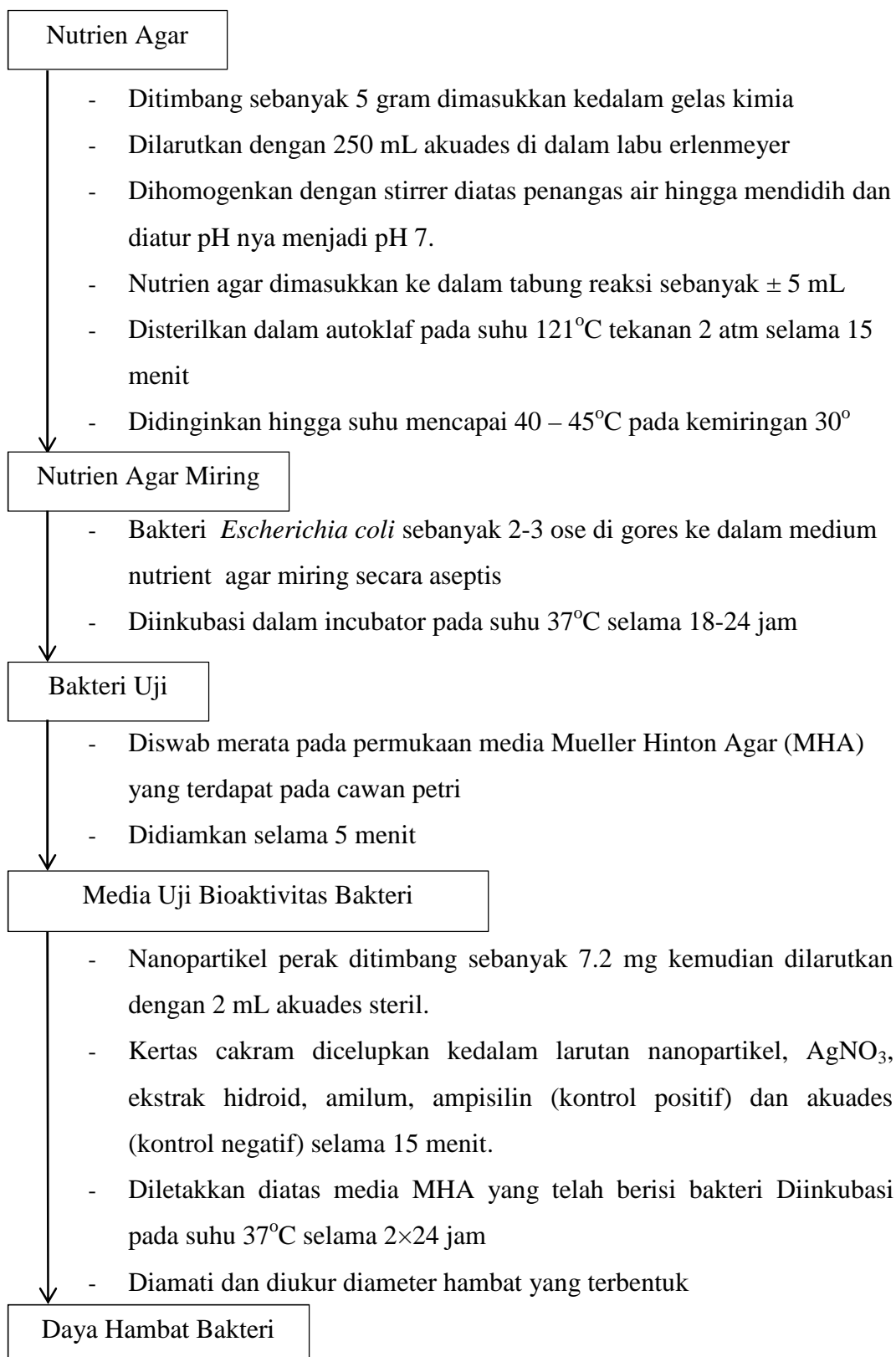
Lampiran 2. Bagan kerja sintesis nanopartikel perak



Lampiran 3. Bagan kerja karakterisasi nanopartikel



Lampiran 4. Bagan kerja uji bioaktivitas antibakteri



Catatan: Diberikan perlakuan yang sama berdasarkan bagan kerja diatas untuk bakteri *Staphylococcus aureus*.

Lampiran 5. Perhitungan

A. Pembuatan Larutan Nanopartikel AgNO₃ 1 Mm

$$\text{Massa AgNO}_3 = V \times M \times \text{Mr}$$

$$= \frac{250 \text{ mL}}{1000} \times 0.001 \text{ M} \times 169.87 \text{ gr/mol}$$

$$= 0.424675$$

B. Konsentrasi Ekstrak H₂O Hidroid *Aglaophenia cupressina* L.

- Perbandingan ekstrak hidroid : AgNO₃ 1:10

$$\% = \frac{\text{Volume ekstrak hidroid}}{\text{Volume ekstrak hidroid} + \text{Volume AgNO}_3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{2.5 \text{ mL}}{2.5 \text{ mL} + 25 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$\% = 9.1\%$$

- Perbandingan ekstrak hidroid : AgNO₃ 1:20

$$\% = \frac{\text{Volume ekstrak hidroid}}{\text{Volume ekstrak hidroid} + \text{Volume AgNO}_3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{1.5 \text{ mL}}{1.5 \text{ mL} + 30 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$\% = 4.8\%$$

- Perbandingan ekstrak hidroid : AgNO₃ 1:30

$$\% = \frac{\text{Volume ekstrak hidroid}}{\text{Volume ekstrak hidroid} + \text{Volume AgNO}_3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{1 \text{ mL}}{1 \text{ mL} + 30 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$\% = 3.23\%$$

- Perbandingan ekstrak hidroid : AgNO₃ 1:10

$$\% = \frac{\text{Volume ekstrak hidroid}}{\text{Volume ekstrak hidroid} + \text{Volume AgNO}_3} \times 100\%$$

$$\% = \frac{1 \text{ mL}}{1 \text{ mL} + 40 \text{ mL}} \times 100\%$$

$$\% = 2.4\%$$

Lampiran 6. Hasil analisis spektrofotometer UV-Vis

1. Panjang gelombang maksimum dan absorbansi AgNO₃, ekstrak H₂O hidroid *Aglaophenia cupressina* dan amilum

	AgNO ₃	Ekstrak H ₂ O hidroid	Amilum
λ_{\max} (nm)	221.50	210.50	189.00
Absorbansi	0.3713	0.4537	0.770

2. Panjang gelombang maksimum dan absorbansi nanopartikel perak dengan variasi konsentrasi ekstrak H₂O hidroid

Ekstrak hidroid : AgNO ₃	% ekstrak H ₂ O hidroid	λ_{\max} (nm)	Absorbansi
1 : 10	9.1	406.00	0.422
1 : 20	4.8	424.00	0.262
1 : 30	3.2	416.50	0.160
1 : 40	2.4	411.00	0.128

2. Panjang gelombang maksimum dan absorbansi nanopartikel perak


Waktu (Hari)	λ_{\max} (nm)	Absorbansi
1	-	-
2	414.50	0.0210
3	424.50	0.0220
4	427.50	0.0248
5	440.00	0.0237
7	439.00	0.0288
14	442.50	0.0333
21	445.00	0.0370
28	441.00	0.0429

3. Panjang gelombang maksimum dan absorbansi nanopartikel perak dengan stabilisator amilum

Waktu (Hari)	λ_{\max} (nm)	Absorbansi
1	413.00	0.2815
2	412.00	0.2870
3	412.00	0.2844
4	413.50	0.2861
5	413.00	0.2834
7	414.50	0.2842
14	415.00	0.2806
21	415.50	0.2812
28	415.50	0.2802

Lampiran 7. Hasil analisis *Particle Size Analyzer*

A. Nanopartikel Perak

	Delsa™ Nano Common	
Condition Summary S/N : 123909		
User : Common	Group :	Repetition : 1/1
Date : 7/20/2017	File Name : sampel 1 no amilum_20170720_093657	
Time : 09:36:57	Sample Information :	
SOP Name : sampel F		Security : No Security
Version 2.31 / 2.03		
<u>Measurement Condition</u>		
Sampling Time	: N/A (μs)	
Correlation Channel	: 440 (ch)	Correlation Method : TD
Accumulation times	: 30 (times)	Attenuator 1 : 65.58 (%)
Cell Center	: Z : 6.050 (mm)	Pinhole : 50 (μm)
	X : 7.450 (mm)	
Scattering Angle	: 165.0 (°)	Temperature : 24.9 (°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	Viscosity : 0.8898 (cP)
Intensity	: 13603 (cps)	
<hr/>		
<u>Cumulants Results</u>		
Mean Diameter (d)	: 87.9 (nm)	Diffusion Constant (D) : 5.582e-008 (cm ² /sec)
Polydispersity Index (P.I.)	: 0.336	Decay Constant (Γ) : 3533.4 (1/sec)
<hr/>		
<u>Fitting Parameter</u>		
Analysis Method	: CONTIN	
Histogram Range	: 10.0 - 4000.0 (nm)	Cut Left : 0 Right : 0
Fitting Range	: 1.003 - 2	
Noise Cut Level	: 0.3 (%)	
Residual	: 1.171e-002 [OK]	

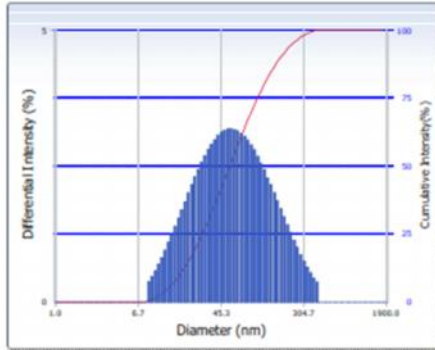
Intensity Distribution

S/N : 123909

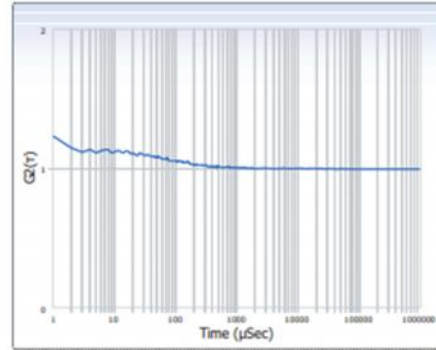
User : Common	Group :	Repetition : 1/1
Date : 7/20/2017	File Name : sampel 1 no amilum_20170720_093657	
Time : 09:36:57	Sample Information :	
SOP Name : sampel F	Security : No Security	

Version 2.31 / 2.03

Intensity Distribution



ACF



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	82.9	74.9
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	82.9	74.9
Residual :	1.171e-002	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 87.9	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 0.336	
Diffusion Const. (D)	: 5.582e-008	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 24.9	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8898	(cP)
Scattering Intensity	: 13603	(cps)

Size Distribution Table

S/N : 123909

User : Common	Group :	Repetition : 1/1
Date : 7/20/2017	File Name : sampel 1 no amilum_20170720_093657	
Time : 09:36:57	Sample Information :	
SOP Name : sampel F	Security : No Security	

Version 2.31 / 2.03

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol.	f(cum.%)Vol.	f(%)No.	f(cum.%)No.
310603.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
287797.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
266666.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
247086.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
228944.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
212135.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
196559.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
182127.2	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
168754.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
156364.2	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
144883.4	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
134245.6	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
124388.8	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
115255.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
106793.3	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
98952.1	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
91686.7	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
84954.7	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
78717.1	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
72937.4	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
67582.1	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
62620.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
58022.2	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
53762.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
49814.6	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
46157.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
42768.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
39627.8	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
36718.2	8.5	0.4	0.4	9.1	9.1	24.25	24.25
34022.2	9.1	0.5	0.8	9.1	18.1	19.31	43.56
31524.2	9.9	0.6	1.4	8.9	27.0	14.99	58.55
29209.6	10.6	0.7	2.1	8.5	35.5	11.40	69.95
27064.9	11.5	0.8	2.9	7.9	43.4	8.51	78.47
25077.7	12.4	1.0	3.9	7.3	50.8	6.26	84.73
23236.4	13.4	1.1	5.0	6.7	57.5	4.54	89.27
21530.3	14.4	1.2	6.2	6.0	63.5	3.26	92.53
19949.5	15.6	1.4	7.6	5.4	68.9	2.31	94.84
18484.7	16.8	1.5	9.2	4.8	73.7	1.62	96.46
17127.5	18.1	1.7	10.9	4.2	77.8	1.13	97.59
15870.0	19.6	1.9	12.7	3.6	81.4	0.78	98.37
14704.7	21.1	2.0	14.7	3.1	84.5	0.53	98.91
13625.1	22.8	2.2	16.9	2.7	87.2	0.36	99.27
12624.7	24.6	2.3	19.2	2.3	89.5	0.25	99.52
11697.7	26.6	2.4	21.6	1.9	91.4	0.16	99.68
10838.8	28.7	2.6	24.2	1.6	93.0	0.11	99.79
10043.0	30.9	2.7	26.9	1.3	94.3	0.07	99.86
9305.6	33.4	2.8	29.7	1.1	95.4	0.05	99.91

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol.	f(cum.%)Vol.	f(%)No.	f(cum.%)No.
8622.4	36.0	2.9	32.6	0.9	96.3	0.03	99.94
7989.3	38.9	3.0	35.5	0.7	97.0	0.02	99.96
7402.7	42.0	3.1	38.6	0.6	97.7	0.01	99.98
6859.1	45.3	3.1	41.7	0.5	98.1	0.01	99.99
6355.5	48.9	3.2	44.9	0.4	98.5	0.01	99.99
5888.9	52.7	3.2	48.0	0.3	98.9	0.00	99.99
5456.5	56.9	3.2	51.2	0.3	99.1	0.00	100.00
5055.9	61.4	3.2	54.4	0.2	99.3	0.00	100.00
4684.6	66.3	3.1	57.6	0.2	99.5	0.00	100.00
4340.7	71.6	3.1	60.7	0.1	99.6	0.00	100.00
4022.0	77.2	3.0	63.7	0.1	99.7	0.00	100.00
3726.7	83.3	3.0	66.7	0.1	99.8	0.00	100.00
3453.0	90.0	2.9	69.6	0.1	99.8	0.00	100.00
3199.5	97.1	2.8	72.4	0.0	99.9	0.00	100.00
2964.6	104.8	2.7	75.0	0.0	99.9	0.00	100.00
2746.9	113.1	2.6	77.6	0.0	99.9	0.00	100.00
2545.2	122.0	2.4	80.0	0.0	99.9	0.00	100.00
2358.3	131.7	2.3	82.3	0.0	100.0	0.00	100.00
2185.2	142.1	2.1	84.5	0.0	100.0	0.00	100.00
2024.7	153.4	2.0	86.5	0.0	100.0	0.00	100.00
1876.1	165.6	1.9	88.3	0.0	100.0	0.00	100.00
1738.3	178.7	1.7	90.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1610.7	192.8	1.6	91.6	0.0	100.0	0.00	100.00
1492.4	208.1	1.4	93.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1382.9	224.6	1.3	94.3	0.0	100.0	0.00	100.00
1281.3	242.4	1.1	95.4	0.0	100.0	0.00	100.00
1187.2	261.6	1.0	96.4	0.0	100.0	0.00	100.00
1100.1	282.3	0.9	97.3	0.0	100.0	0.00	100.00
1019.3	304.7	0.8	98.0	0.0	100.0	0.00	100.00
944.5	328.9	0.6	98.6	0.0	100.0	0.00	100.00
875.1	354.9	0.5	99.2	0.0	100.0	0.00	100.00
810.9	383.1	0.4	99.6	0.0	100.0	0.00	100.00
751.3	413.4	0.4	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
696.2	446.2	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
645.0	481.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
597.7	519.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
553.8	560.9	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
513.1	605.3	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
475.5	653.3	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
440.6	705.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
408.2	760.9	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
378.2	821.2	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
350.5	886.3	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
324.7	956.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
300.9	1032.3	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
278.8	1114.1	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
258.3	1202.4	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
239.4	1297.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
221.8	1400.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
205.5	1511.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
190.4	1631.2	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
176.4	1760.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
163.5	1900.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

B. Nanopartikel Perak dengan Stabilisator Amilum



Delsa™ Nano
Common

Condition Summary		S/N : 123909	
User	: Common	Group	:
Date	: 8/25/2017	File Name	: Aulia Sampel 2_20170825_081153
Time	: 08:11:53	Sample Information	:
SOP Name	: Sampel Uji PSA	Repetition	: 1/1
		Security	: No Security

Version 2.31 / 2.03

Measurement Condition

Sampling Time	: N/A	(μ s)	Correlation Method	: TD	
Correlation Channel	: 440	(ch)	Attenuator 1	: 27.22	(%)
Accumulation times	: 30	(times)	Pinhole	: 50	(μ m)
Cell Center	: Z : 6.050	(mm)	Scattering Angle	: 165.0	($^{\circ}$)
	: X : 7.450	(mm)	Diluent Name	: WATER	
			Refractive Index	: 1.3328	
			Temperature	: 25.0	($^{\circ}$ C)
			Viscosity	: 0.8878	(cP)
Intensity	: 11748	(cps)			

Cumulants Results

Mean Diameter (d)	: 103.0	(nm)	Diffusion Constant (D)	: 4.778e-008	(cm^2/sec)
Polydispersity Index (P.I.)	: 0.341		Decay Constant (Γ)	: 3024.3	(1/sec)

Fitting Parameter

Analysis Method	: CONTIN				
Histogram Range	: 10.0 - 4000.0	(nm)	Cut	Left : 0	Right : 0
Fitting Range	: 1.003 - 2				
Noise Cut Level	: 0.3	(%)			
Residual	: 5.952e-003	[OK]			

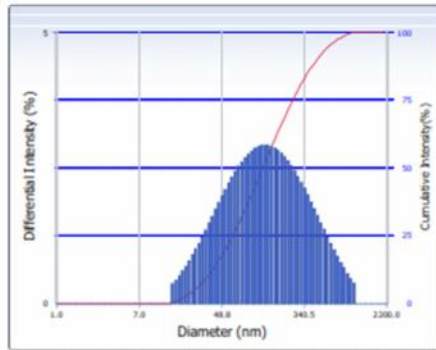
Intensity Distribution

S/N : 123909

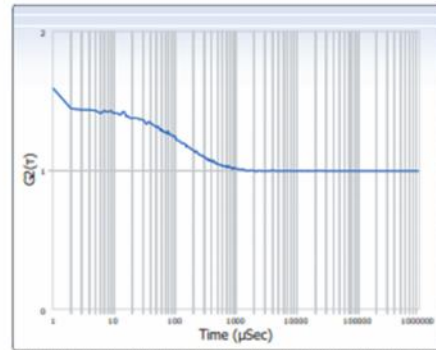
User : Common	Group :	Repetition : 1/1
Date : 8/25/2017	File Name : Aulia Sampel 2_20170825_081153	
Time : 08:11:53	Sample Information :	
SOP Name : Sampel Uji PSA	Security : No Security	

Version 2.31 / 2.03

Intensity Distribution



ACF



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	204.4	200.5
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	204.4	200.5

Residual : 5.952e-003 (O.K)

Cumulants Results

Diameter (d) : 103.0 (nm)
 Polydispersity Index (P.I.) : 0.341
 Diffusion Const. (D) : 4.778e-008 (cm²/sec)

Measurement Condition

Temperature : 25.0 (°C)
 Diluent Name : WATER
 Refractive Index : 1.3328
 Viscosity : 0.8878 (cP)
 Scattering Intensity : 11748 (cps)



Size Distribution Table

S/N : 123909

User : Common	Group :	Repetition : 1/1
Date : 8/25/2017	File Name : Aulia Sampel 2_20170825_081153	
Time : 08:11:53	Sample Information :	
SOP Name : Sampel Uji PSA	Security : No Security	

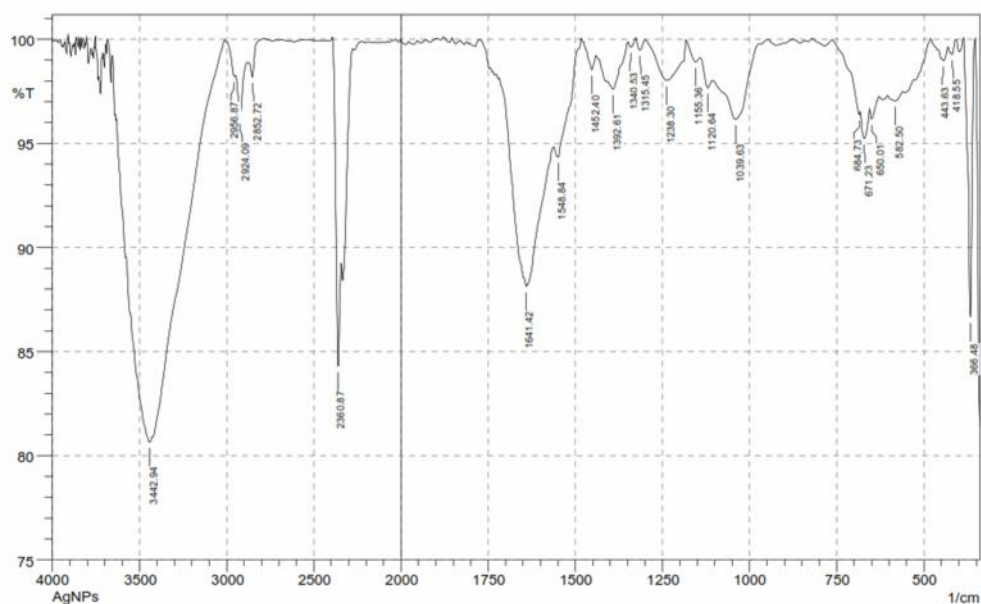
Version 2.31 / 2.03

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol.	f(cum.%)Vol.	f(%)No.	f(cum.%)No.
311407.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
288115.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
266566.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
246628.5	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
228182.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
211115.2	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
195325.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
180715.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
167199.1	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
154693.5	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
143123.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
132418.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
122514.3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
113350.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
104872.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
97028.9	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
89771.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
83057.2	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
76845.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
71097.4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
65779.7	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
60859.7	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
56307.8	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
52096.2	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
48199.7	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
44594.6	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
41259.2	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
38173.2	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
35318.1	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
32676.5	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
30232.5	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
27971.2	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
25879.1	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
23943.5	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
22152.7	14.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
20495.8	15.2	0.4	0.4	10.7	10.7	27.10	27.10
18962.8	16.4	0.4	0.8	10.1	20.7	20.26	47.35
17544.5	17.7	0.5	1.3	9.4	30.1	14.96	62.32
16232.3	19.2	0.6	1.9	8.7	38.8	10.93	73.25
15018.2	20.7	0.7	2.6	7.9	46.7	7.91	81.16
13894.9	22.4	0.8	3.4	7.2	53.9	5.67	86.83
12855.6	24.2	0.9	4.3	6.4	60.3	4.03	90.86
11894.1	26.2	1.0	5.3	5.7	66.0	2.84	93.70
11004.5	28.3	1.1	6.4	5.1	71.1	1.98	95.68
10181.4	30.6	1.2	7.6	4.4	75.5	1.38	97.06
9419.9	33.1	1.4	9.0	3.9	79.4	0.95	98.01
8715.3	35.7	1.5	10.4	3.3	82.7	0.65	98.66

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol.	f(cum.%)Vol.	f(%)No.	f(cum.%)No.
8063.5	38.6	1.6	12.1	2.9	85.6	0.44	99.10
7460.4	41.7	1.7	13.8	2.4	88.0	0.30	99.40
6902.4	45.1	1.9	15.6	2.1	90.1	0.20	99.60
6386.1	48.8	2.0	17.6	1.8	91.8	0.13	99.74
5908.5	52.7	2.1	19.7	1.5	93.3	0.09	99.83
5466.5	57.0	2.2	21.9	1.2	94.6	0.06	99.89
5057.7	61.6	2.3	24.3	1.0	95.6	0.04	99.93
4679.4	66.5	2.4	26.7	0.8	96.4	0.03	99.95
4329.4	71.9	2.5	29.2	0.7	97.1	0.02	99.97
4005.6	77.7	2.6	31.8	0.6	97.7	0.01	99.98
3706.0	84.0	2.7	34.5	0.5	98.2	0.01	99.99
3428.8	90.8	2.8	37.3	0.4	98.5	0.00	99.99
3172.3	98.2	2.8	40.1	0.3	98.8	0.00	100.00
2935.1	106.1	2.9	42.9	0.2	99.1	0.00	100.00
2715.5	114.7	2.9	45.8	0.2	99.3	0.00	100.00
2512.4	123.9	2.9	48.7	0.2	99.4	0.00	100.00
2324.5	134.0	2.9	51.7	0.1	99.6	0.00	100.00
2150.7	144.8	2.9	54.6	0.1	99.7	0.00	100.00
1989.8	156.5	2.9	57.5	0.1	99.7	0.00	100.00
1841.0	169.2	2.9	60.3	0.1	99.8	0.00	100.00
1703.3	182.8	2.8	63.1	0.0	99.8	0.00	100.00
1575.9	197.6	2.8	65.9	0.0	99.9	0.00	100.00
1458.0	213.6	2.7	68.6	0.0	99.9	0.00	100.00
1349.0	230.8	2.6	71.2	0.0	99.9	0.00	100.00
1248.1	249.5	2.5	73.8	0.0	99.9	0.00	100.00
1154.7	269.7	2.4	76.2	0.0	100.0	0.00	100.00
1068.4	291.5	2.3	78.6	0.0	100.0	0.00	100.00
988.4	315.0	2.2	80.8	0.0	100.0	0.00	100.00
914.5	340.5	2.1	82.9	0.0	100.0	0.00	100.00
846.1	368.0	2.0	84.9	0.0	100.0	0.00	100.00
782.8	397.8	1.9	86.8	0.0	100.0	0.00	100.00
724.3	430.0	1.7	88.6	0.0	100.0	0.00	100.00
670.1	464.7	1.6	90.2	0.0	100.0	0.00	100.00
620.0	502.3	1.5	91.7	0.0	100.0	0.00	100.00
573.6	542.9	1.4	93.0	0.0	100.0	0.00	100.00
530.7	586.8	1.2	94.3	0.0	100.0	0.00	100.00
491.0	634.2	1.1	95.4	0.0	100.0	0.00	100.00
454.3	685.5	1.0	96.3	0.0	100.0	0.00	100.00
420.3	740.9	0.9	97.2	0.0	100.0	0.00	100.00
388.9	800.8	0.8	98.0	0.0	100.0	0.00	100.00
359.8	865.5	0.6	98.6	0.0	100.0	0.00	100.00
332.9	935.5	0.6	99.2	0.0	100.0	0.00	100.00
308.0	1011.1	0.5	99.6	0.0	100.0	0.00	100.00
284.9	1092.9	0.4	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
263.6	1181.2	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
243.9	1276.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
225.7	1379.9	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
208.8	1491.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
193.2	1612.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
178.7	1742.4	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
165.4	1883.2	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
153.0	2035.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
141.5	2200.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

Lampiran 8. Spektrum FTIR

A. Nanopartikel Perak

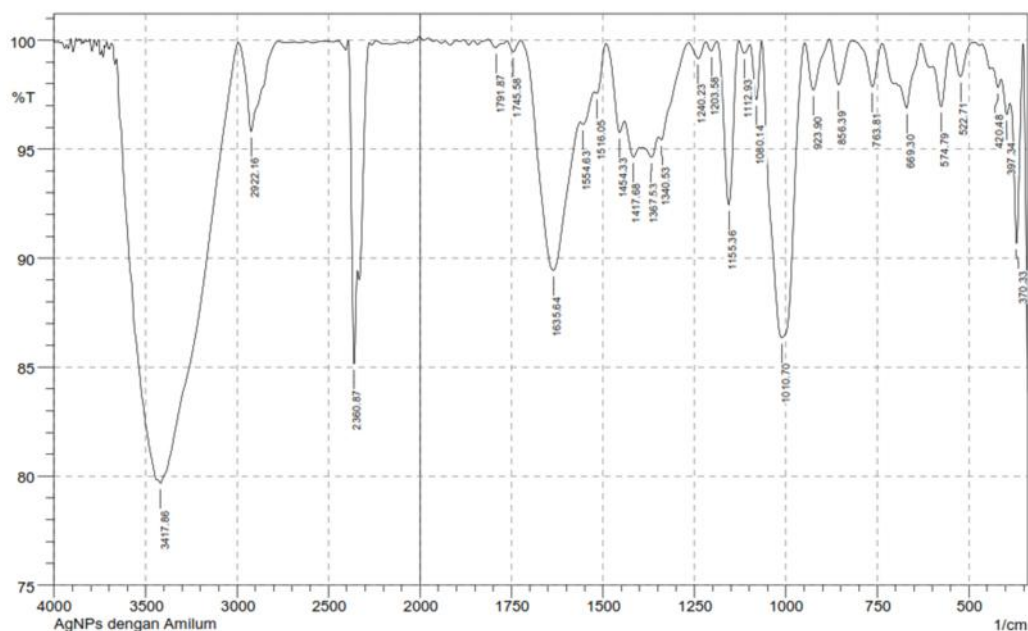


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	366.48	86.647	13.336	385.76	354.9	0.818	0.817
2	418.55	99.277	0.543	432.05	406.98	0.049	0.028
3	443.63	98.977	0.601	459.06	432.05	0.095	0.044
4	582.5	97.035	0.355	603.72	559.36	0.55	0.042
5	650.01	96.168	0.62	655.8	628.79	0.398	0.036
6	671.23	95.225	1.356	682.8	655.8	0.51	0.103
7	684.73	96.365	0.239	763.81	682.8	0.496	-0.133
8	1039.63	96.157	2.747	1107.14	972.12	1.438	0.79
9	1120.64	97.669	0.775	1141.86	1107.14	0.275	0.057
10	1155.36	98.913	0.486	1182.36	1141.86	0.129	0.049
11	1238.3	98.022	1.948	1300.02	1182.36	0.62	0.604
12	1315.45	99.478	0.548	1327.03	1300.02	0.033	0.035
13	1340.53	99.625	0.328	1350.17	1327.03	0.023	0.02
14	1392.61	97.596	0.935	1409.96	1350.17	0.424	0.142
15	1452.4	98.535	0.895	1475.54	1440.83	0.142	0.072
16	1548.84	94.354	0.188	1550.77	1483.26	0.876	0.035
17	1641.42	88.127	0.244	1647.21	1637.56	0.522	0.006
18	2360.87	84.297	8.697	2393.66	2343.51	2.113	0.857
19	2852.72	98.184	1.068	2881.65	2791	0.27	0.055
20	2924.09	96.232	2.262	2949.16	2881.65	0.685	0.264
21	2956.87	98.215	0.252	3012.81	2949.16	0.22	-0.027
22	3442.94	80.644	1.034	3577.95	3429.43	11.589	1.149

Comment;
AgNPs

Date/Time; 9/19/2017 9:37:40 AM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

B. Nanopartikel Perak dengan Stabilisator Amilum

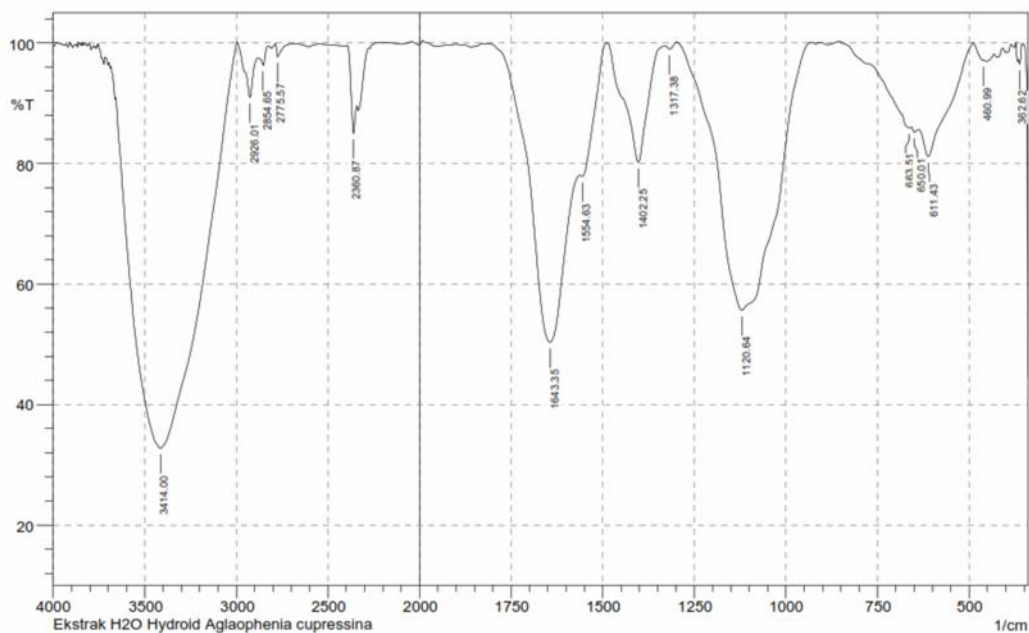


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	370.33	90.69	7.702	387.69	351.04	0.828	0.581
2	397.34	96.582	0.94	412.77	387.69	0.302	0.043
3	420.48	97.828	0.539	437.84	412.77	0.19	0.022
4	522.71	98.335	1.545	545.85	489.92	0.193	0.164
5	574.79	96.959	2.34	599.86	545.85	0.387	0.23
6	669.3	96.886	1.725	690.52	630.72	0.486	0.195
7	763.81	97.86	2.032	819.75	736.81	0.286	0.255
8	856.39	97.964	2.053	881.47	819.75	0.262	0.265
9	923.9	97.717	2.227	948.98	881.47	0.317	0.306
10	1010.7	86.353	13.536	1064.71	948.98	4.308	4.252
11	1080.14	97.274	2.618	1099.43	1066.64	0.199	0.182
12	1112.93	99.404	0.48	1128.36	1099.43	0.049	0.035
13	1155.36	92.45	7.51	1188.15	1128.36	0.911	0.9
14	1203.58	99.506	0.434	1219.01	1188.15	0.037	0.029
15	1240.23	99.161	0.749	1267.23	1219.01	0.098	0.078
16	1340.53	95.43	0.538	1348.24	1267.23	0.851	0.03
17	1367.53	94.637	0.703	1390.68	1348.24	0.95	0.066
18	1417.68	94.644	0.954	1440.83	1400.32	0.867	0.09
19	1454.33	95.758	1.488	1490.97	1440.83	0.558	0.129
20	1516.05	97.561	0.584	1523.76	1490.97	0.218	0.036
21	1554.63	96.145	0.374	1562.34	1523.76	0.563	0.041
22	1635.64	89.438	8.483	1726.29	1562.34	4.398	3.033
23	1745.58	99.473	0.516	1762.94	1726.29	0.044	0.042
24	1791.87	99.659	0.356	1813.09	1762.94	0.037	0.039
25	2360.87	85.163	8.021	2391.73	2343.51	2.031	0.816
26	2922.16	95.817	4.085	2991.59	2773.64	1.688	1.604
27	3417.86	79.676	0.858	3433.29	2993.52	24.083	2.644

Comment;
AgNPs dengan Amilum

Date/Time; 9/19/2017 9:44:20 AM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

C. Ekstrak H₂O Hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux

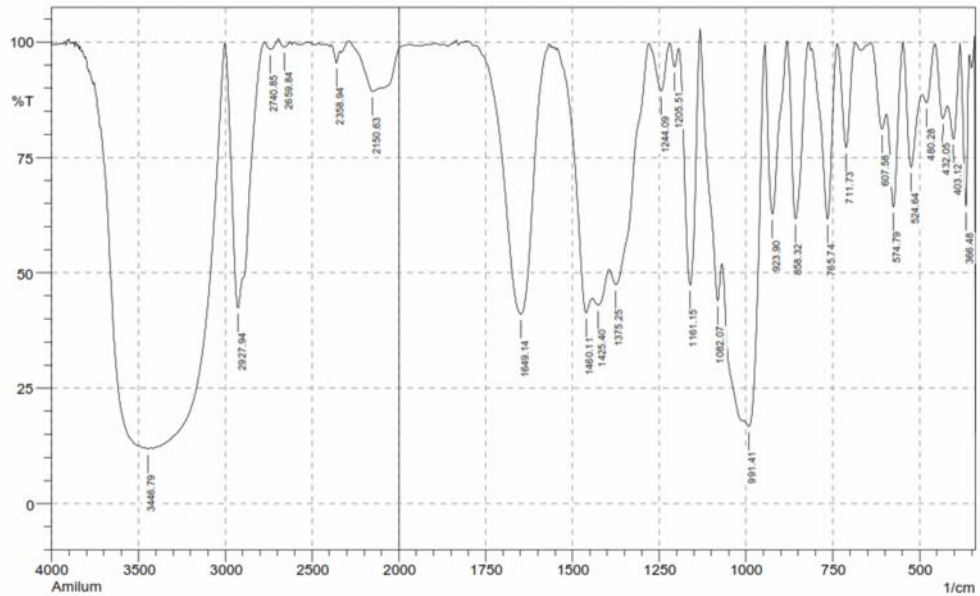


	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	362.62	96.489	1.726	366.48	356.83	0.112	0.047
2	460.99	97.062	0.38	487.99	457.13	0.251	0.055
3	611.43	81.167	6.886	636.51	489.92	7.28	2.385
4	650.01	85.16	0.712	655.8	638.44	1.189	0.033
5	663.51	85.904	0.508	854.47	657.73	5.244	0.053
6	1120.64	55.642	44.472	1298.09	933.55	41.689	41.867
7	1317.38	98.958	0.774	1328.95	1298.09	0.079	0.054
8	1402.25	80.188	19.532	1489.05	1328.95	6.286	6.103
9	1554.63	77.866	1.991	1560.41	1490.97	3.925	0.404
10	1643.35	50.315	35.085	1801.51	1562.34	31.994	19.042
11	2360.87	85.01	8.035	2393.66	2343.51	2.049	0.783
12	2775.57	97.698	2.217	2785.21	2684.91	0.329	0.292
13	2854.65	96.295	2.208	2883.58	2827.64	0.59	0.214
14	2926.01	90.981	7.502	2997.38	2883.58	2.199	1.607
15	3414	32.789	61.51	3658.96	2997.38	176.235	162.716

Comment;
Ekstrak H₂O Hidroid *Aglaophenia cupressina*

Date/Time; 9/19/2017 9:24:56 AM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

D. Amilum



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	366.48	64.354	33.787	383.83	356.83	2.487	2.299
2	403.12	79.037	12.554	418.55	385.76	2.336	1.163
3	432.05	83.442	7.15	455.2	420.48	1.886	0.668
4	480.28	86.835	5.411	491.85	457.13	1.392	0.494
5	524.64	72.883	22.208	547.78	493.78	4.403	2.926
6	574.79	64.261	26.393	594.08	549.71	4.834	3.155
7	607.58	81.161	7.234	640.37	596	2.446	0.76
8	711.73	77.094	22.652	736.81	686.66	2.703	2.648
9	765.74	61.648	37.432	810.1	738.74	6.587	6.267
10	858.32	61.713	38.38	881.47	819.75	6.345	6.36
11	923.9	62.723	37.026	945.12	883.4	6.292	6.248
12	991.41	16.759	64.679	1068.56	947.05	64.835	47.392
13	1082.07	43.965	17.419	1132.21	1070.49	12.283	3.566
14	1161.15	47.394	52.52	1193.94	1134.14	9.66	9.616
15	1205.51	94.617	4.549	1219.01	1193.94	0.35	0.264
16	1244.09	89.377	10.411	1278.81	1219.01	1.449	1.391
17	1375.25	47.425	10.829	1392.61	1280.73	20.983	4.681
18	1425.4	42.986	3.573	1440.83	1394.53	15.851	0.946
19	1460.11	41.306	12.542	1543.05	1442.75	17.979	2.143
20	1649.14	41.017	58.422	1776.44	1568.13	31.16	30.606
21	2150.63	89.25	3.305	2283.72	2106.27	4.902	0.913
22	2358.94	95.465	3.075	2387.87	2339.65	0.577	0.3
23	2659.84	98.934	1.434	2694.56	2625.12	0.151	0.262
24	2740.85	98.425	1.845	2775.57	2694.56	0.279	0.393
25	2927.94	42.427	57.155	3001.24	2775.57	37.172	36.856
26	3446.79	11.853	0.277	3468.01	3431.36	33.752	0.184

Comment;
Amilum

Date/Time; 9/19/2017 8:26:25 AM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

Lampiran 9. Dokumentasi penelitian



Foto 1. Perebusan hidroid *Aglaophenia cupressina* Lamouroux



Foto 2. Sintesis nanopartikel perak dengan menggunakan *magnetic stirrer*



Foto 3. Hasil sentrifugasi nanopartikel perak dengan kecepatan 10000 rpm pada suhu 4°C

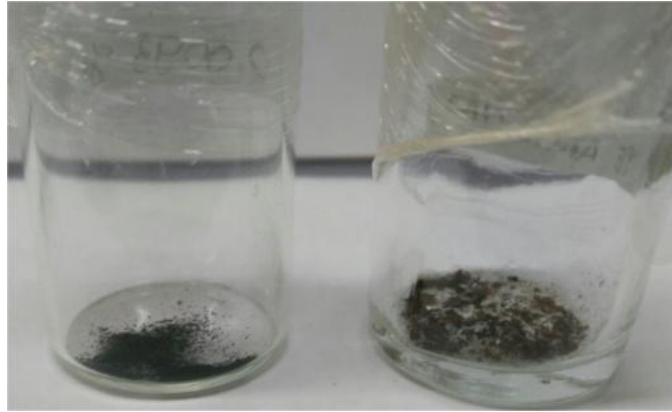


Foto 4. Nanopartikel perak tanpa amilum (kiri) dan nanopartikel perak dengan amilum (kanan)



Foto 5. Alat sentrifugasi Tomi MX-305 (kiri) dan *freeze dryer* Alpha 1-2 LD Plus (kanan)



Foto 4. Instrumen *particle size analyzer* Beckman Coulter Delta Nano C Particle Analyzer

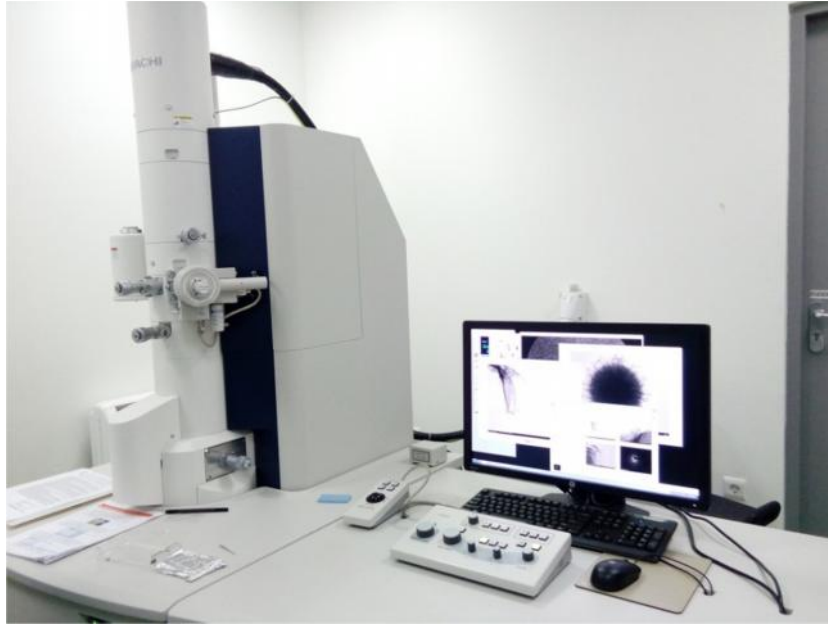


Foto 5. *Transmission Electron Microscopy* Hitachi H-7700



Foto 6. Grid karbon tembaga dalam holder TEM

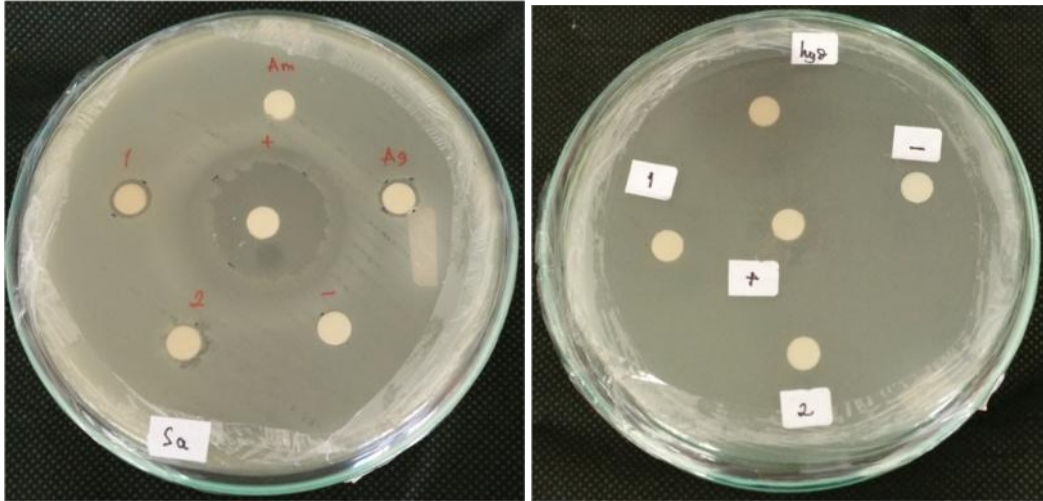


Foto 7. Zona hambat nanopartikel tanpa dan dengan stabilisator, ekstrak hidroid, amilum dan AgNO_3 1 mM pada bakteri *Staphylococcus aureus*

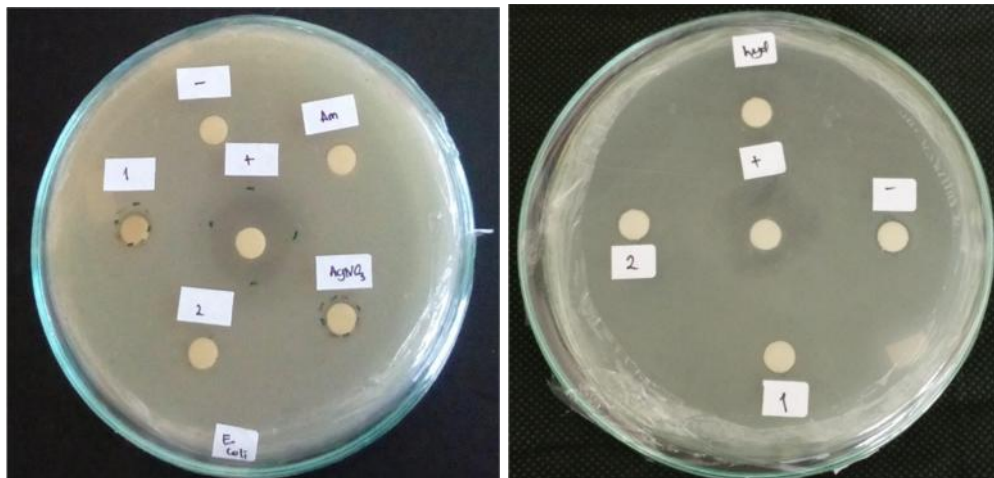


Foto 8. Zona hambat nanopartikel tanpa dan dengan stabilisator, ekstrak hidroid, amilum dan AgNO_3 1 mM pada bakteri *Echerichia coli*