BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) EKSTRAK BUAH TIN (*Ficus carica* L.) TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN TOKSISITAS LARVA *Artemia salina*

SKRIPSI

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh :

NURUL ILMI FAIDAH
NIM : H01215009

PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2019

BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) EKSTRAK BUAH TIN (*Ficus carica* L.) TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN TOKSISITAS LARVA *Artemia salina*

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si) Pada Program Studi Biologi

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

Disusun Oleh :

NURUL ILMI FAIDAH
NIM : H01215009

PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2019

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi oleh

NAMA : NURUL ILMI FAIDAH

NIM : H01215009

JUDUL : BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) EKSTRAK BUAH TIN (*Ficus carica* L.) TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN TOKSISITAS LARVA *Artemia salina*

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 29 Juli 2019

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Eva Agustina, M.Si)	(Nova Lusiana, M.Keb)
NIP. 198908302014032008	NIP. 198111022014032001

PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Nurul Ilmi Faidah ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 29 Juli 2019

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Penguji I	Penguji II
(Eva Agustina, M.Si)	(Nova Lusiana, M.Keb)
NIP. 198908302014032008	NIP. 198111022014032001
Penguji III	**Penguji IV**
(Saiful Bahri, M.Si)	(Dr. Moh. Hafiyusholeh, M.Si)
NIP. 198804202018011002	NIP. 198002042014031001

Mengetahui
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

(Dr. Evi Poriwati, M.Ag)
NIP. 196812211990022001

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama	: Nurul Ilmi Faidah
NIM	: H01215009
Program Studi	: Biologi
Angkatan	: 2015

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul : " BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) EKSTRAK BUAH TIN (*Ficus carica* L.) TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN TOKSISITAS LARVA *Artemia salina* ". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian penyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 20 Juli 2019

Yang menyatakan,

(Nurul Ilmi Faidah)

NIM. H01215009

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama	: NURUL ILMI FAIDAH
NIM	: H01215009
Fakultas/Jurusan	: SAINTEK/ BIOLOGI
E-mail address	: nilmifaidah18@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :

BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) EKSTRAK BUAH TIN (*Ficus carica* L.)

TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN TOKSISITAS LARVA *Artemia salina*

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 29 Juli 2019

Penulis

(NURUL ILMI FAIDAH)

ABSTRAK

BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) EKSTRAK BUAH TIN (*Ficus carica* L.) TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN TOKSISITAS LARVA *Artemia salina*

Kemajuan nanoteknologi yang sedang berkembang memiliki potensi pada bidang penghantaran obat. Buah tin dapat digunakan sebagai agen pereduksi perak nitrat sehingga dapat menghasilkan partikel berukuran nano. Proses pembentukan nano dengan perbandingan 1:6 1:9 dan 1:12 terbentuk setelah 7 hari ditandai dengan perubahan warna dari kuning menjadi coklat kemerahan dan panjang gelombang berkisar antara 400-450 nm. Karakterisasi lanjutan yang dilakukan hanya pada perbandingan 1:12 yang memiliki panjang gelombang konstan selama 32 hari sebesar 435 nm. Hasil FTIR yang terbentuk pada nanopartikel perak ekstrak buah tin adalah gugus fungsi O-H, C=C, C=O dan C-H. Pengujian XRD didapatkan nilai hkl secara berurutan (111), (200) (202), (311), dan (222) dan nilai tersebut menandakan bahwa struktur kristal pada nanopartikel perak ekstrak buah tin berbentuk *Cubic closest packed*. Ukuran partikel yang terbentuk sebesar 49,19 nm dengan nilai PI 0,449. Pengaplikasian nanopartikel perak ekstrak buah tin berpotensi terhadap aktivitas antioksidan yang tergolong sangat kuat dengan nilai IC_{50} sebesar 21,168 ppm dan tidak berpotensi pada toksisitas larva *Artemia salina* yang tergolong tidak toksik dengan nilai LC_{50} sebesar 1163,322 ppm.

Kata kunci : *Nanopartikel, buah tin, antioksidan, toksisitas*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

BIOSINTESIS NANOPARTIKEL PERAK (AgNP) EKSTRAK BUAH TIN (*Ficus carica* L.) TERHADAP AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN TOKSISITAS LARVA *Artemia salina*

The progress of developing nanotechnology has great potential in the field of drug delivery. In this case, fig was used as reducing agent for silver nitrate compound to produce nanoparticles. The nanoparticles formation process with the following ratios of 1:6, 1:9, and 1:12 was completed after 7 days, marked by the color change from yellow to reddish brown and wavelengths ranging from 400-450 nm. Advanced characterization carried out only in the ratio of 1:12 resulted to a constant wavelength of 435 nm during the 32-day-long period of observation. FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) results formed on silver nanoparticles of fig extract are functional groups of O-H, C = C, C = O and C-H. From XRD (X-Ray Diffraction) test, it was obtained that the values of hkl sequentially (111), (200) (202), (311), and (222) and these values indicate that the crystal structure of silver nanoparticles of fig extract is Cubic closest packed. The size of the particle formed was 49.19 nm with a PI value of 0.449. The application of silver nanoparticles of fig extract potentially has high antioxidant activity with an IC_{50} value of 21.168 ppm and doesn't potentially affect the toxicity of *Artemia salina* larvae which is proven to have LC_{50} value of 1163,322 ppm.

Keywords : *Nanoparticle, fig fruit, antioxidant, toxicity*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH iv
LEMBAR PENYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI v
HALAMAN MOTTO/PERSEMBAHAN vi
ABSTRAK viii
KATA PENGANTAR x
DAFTAR ISI xii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR GAMBAR xvi
DAFTAR LAMPIRAN xviii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II KAJIAN PUSTAKA 6
2.1 Nanopartikel 6
2.2 Tanaman Tin 9
2.2.1 Deskripsi 9
2.2.2 Klasifikasi Tanaman Tin 10
2.2.3 Kandungan Senyawa Bioaktif 10
2.2.4 Integrasi Tin 13
2.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak 16
2.3.1 Spektrofotometer UV-Vis 16
2.3.2 Spektrofotometer FTIR 17
2.3.3 *X-Ray Difraction* (XRD) 19
2.3.4 PSA (*Particle Size Analyze*) 20

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4 Antioksidan 21
2.4.1 Definisi 21
2.4.2 Macam-Macam Antioksidan 21
2.4.3 Radikal Bebas 22
2.4.4 Metode DPPH 23
2.5 Toksisitas 24
2.6 *Artemia salina* 25
2.6.1 Deskripsi 25
2.6.2 Klasifikasi Larva *Artemia salina* 27
2.6.3 Siklus Hidup 28
2.6.4 Uji Toksisitas terhadap Larva *Artemia salina* dengan Metode BSLT 29
2.7 Penelitian Terdahulu 32
BAB III METODE PENELITIAN 33
3.1 Rancangan Penelitian 33
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 33
3.3 Alat dan Bahan 34
3.4 Variabel Penelitian 34
3.4.1 Variabel Bebas 34
3.4.2 Variabel Terikat 34
3.4.3 Variabel Kontrol 34
3.5 Prosedur Penelitian 34
3.5.1 Preparasi Buah Tin 34
3.5.2 Biosintesis Nanopartikel Perak Ekstrak Buah Tin 35
3.5.3 Karakterisasi Biosintesis Nanopartikel Perak 35
3.5.4 Antioksidan (Metode DPPH) 36
3.5.5 Uji Toksisitas Nanopartikel Perak terhadap Larva *Artemia salina* 37
3.6 Analisis Data 38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 39
4.1 Karakterisasi Nanopartikel 39
4.2 Aktivitas Antioksidan 48

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.3 Toksisitas Larva *Artemia salina* 54
BAB V PENUTUP.....59
5.1 Simpulan.....59
5.2 Saran 59
DAFTAR PUSTAKA 60
LAMPIRAN.....69

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat antioksidan berdasarkan nilai LC_{50} 24
Tabel 2.2 Kategori toksisitas bahan 24
Tabel 2.3 Modalitas reproduksi *Artemia salina*.....27
Tabel 2.4 Penelitian terdahulu.....32
Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian 33
Tabel 4.1 Hasil spektro uv-vis antioksidan nanopartikel perak 51
Tabel 4.2 Hasil spektro uv-vis antioksidan ekstrak buah tin 51
Tabel 4.3 Rata-rata mortalitas larva Artemia salina setelah 24 jam 55
Tabel 4.4 Hasil perhitungan LC_{50} 57

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengaplikasian nanopartikel.....6
Gambar 2.2 Metode sintesis secara fisik dan secara kimia.....7
Gambar 2.3 Prekursor garam perak pada sintesis nanopartikel.....7
Gambar 2.4 Proses pembentukan nanopartikel.....8
Gambar 2.5 Mekanisme reaksi reduksi ion Ag^+ menjadi Ag oleh senyawa bioaktif pinitol dan alantoin.....9
Gambar 2.6 Tanaman tin.....10
Gambar 2.7 Senyawa bioaktif pada *Ficus carica* L.....12
Gambar 2.8 Skema kerja spektrofotometer UV-Vis.....16
Gambar 2.9 Spektrum UV-Vis pada biosintesis nanopartikel perak daun sambiloto.....17
Gambar 2.10 Spektrum FTIR pada biosintesis nanopartikel perak daun tembakau.....18
Gambar 2.11 Skema kerja XRD.....19
Gambar 2.12 Karakterisasi XRD dari biosintesis nanopartikel perak daun sambiloto.....20
Gambar 2.13 Mekanisme reaksi DPPH.....23
Gambar 2.14 *Artemia salina* dewasa.....26
Gambar 2.15 *Artemia salina*.....27
Gambar 2.16 Siklus hidup *Artemia salina*.....29
Gambar 4.1 Kenampakan warna larutan.....39
Gambar 4.2 Hasil spektrofotometer uv-vis filtrat buah tin.....40
Gambar 4.3 Hasil spektrofotometer uv-vis nanopartikel perak.....40
Gambar 4.4 Hasil spektrofotometer uv-vis nanopartikel perak beberapa hari.....41
Gambar 4.5 Grafik hasil spektrofotometer uv vis.....42
Gambar 4.6 Proses pembentukan nanopartikel perak dengan pereduksi pinitol dan allantoin.....43
Gambar 4.7 Proses pembentukan nanopartikel perak dengan pereduksi daun paliasa.....44

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.8 Hasil pengujian FTIR pada filtrat buah tin 45
Gambar 4.9 Hasil pengujian FTIR pada nanopartikel perak.....45
Gambar 4.10 Hasil pengujian XRD 46
Gambar 4.11 Struktur CCP 47
Gambar 4.12 Hasil pengujian PSA 48
Gambar 4.13 Gugus kromofor dan gugus auksokrom pada DPPH 49
Gambar 4.14 Mekanisme penghambatan radikal bebas.....49
Gambar 4.15 Perubahan intensitas warna DPPH ketika bereaksi 50
Gambar 4.16 Grafik % inhibisi dan konsentrasi pada nanopartikel perak.....52
Gambar 4.17 Grafik % inhibisi dan konsentrasi pada ekstrak buah tin.....52
Gambar 4.18 Struktur quercetin.....54
Gambar 4.19 Nanopartikel perak ekstrak buah tin dengan air laut 56
Gambar 4.20 Grafik regresi linier nanopartikel perak 57

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Preparasi larutan $AgNO_3$ 69
Lampiran 2 Preparasi ekstrak buah tin.....70
Lampiran 3 Pembuatan nanopartikel perak ekstrak buah tin.....72
Lampiran 4 Karakterisasi nanopartikel perak ekstrak buah tin.....73
Lampiran 5 Penetasan Larva *Artemia salina* 75
Lampiran 6 Database AMCSD untuk XRD.....76
Lampiran 6 Identifikasi Tin 77

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Obat adalah suatu substansi sebagai pembawa perubahan dalam fungsi biologi melalui efek kimia yang diberikan. Molekul obat berinteraksi dengan reseptor yang berperan sebagai pengatur yakni molekul khusus dalam sistem biologi. Interaksi secara kimia dapat terjadi dengan reseptor jika molekul obat memiliki ukuran dan komposisi atom yang sesuai. Jaringan yang kompleks pada suatu organisme mengakibatkan molekul obat sangat sulit mencapai target/sasaran yang diinginkan. Sebagian besar efektivitas obat memiliki kemampuan yang terbatas dalam mencapai sel target (Tiyaboonchai, 2003). Oleh karena itu, sistem penghantaran obat semakin berkembang dari segi formulasi dalam pengoptimalan penggunaan zat tambahan sehingga akan tercipta suatu sediaan obat dengan sistem penghantaran yang baik.

Pengembangan sistem penghantaran tertarget bertujuan dalam peningkatan kontrol dosis obat pada tempat spesifik seperti sel, jaringan dan organ, sehingga dapat meminimalisir adanya efek samping pada bagian organ non-target. Kemajuan nanoteknologi yang sedang berkembang memiliki potensi pada bidang penghantaran obat. Hal ini, mendorong adanya suatu formulasi dalam penghantaran obat yang akan dikembangkan menggunakan nanopartikel.

Nanopartikel adalah partikel yang berukuran 1-100 nm (Siregar, 2009). Nanopartikel menunjukkan adanya potensi baru dalam pengembangannya berdasarkan ukuran, distribusi, dan morfologi (Jae and Beom, 2009). Selain dapat memodifikasi sistem penghantaran obat, penggunaan nanopartikel dapat mengatasi kelarutan zat aktif yang sukar larut dan meningkatkan stabilitas zat aktif dari degradasi lingkungan (Mohanraj and Chen, 2006). Pembuatan nanopartikel sendiri dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti reduksi kimia, radiasi, elektrokimia, sonokimia, dan microwave (Nadagauda *et al*., 2011). Metode yang paling efektif diantara metode tersebut dalam menghasilkan nanopartikel yaitu metode reduksi kimia. Hal

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ini didasarkan pada cepat dan mudah dalam proses pengerjaan, penggunaan peralatan sederhana serta biaya murah (Mailu *et al*., 2010). Metode reduksi kimia adalah suatu proses reaksi reduksi ion logam dari garam perak oleh agen pereduksi dengan penambahan agen penstabil. Pengkarakterisasian dan pengaplikasian nanopartikel sangat bergantung pada stabilitas nanopartikel (Haryono *et al*., 2008).

Nanopartikel yang paling sering digunakan saat ini berasal dari logam mulia, khususnya Ag, Pt, Au, dan Pd (Sulaiman *et al*., 2013). Salah satu logam yang menarik untuk digunakan dalam pembuatan nanopartikel yakni perak. Perak memiliki nomor atom 47, konfigurasi elektron [Kr] $5s^1 4d^{10}$, kerapatan tinggi 10,50 g/mL, massa atom 107,87 g/mol, massa jenis 10,49 g/cm^3 dan titik lebur pada suhu 960,50 °C. Nanopartikel perak (AgNP) memiliki luas area permukaan besar dan reaktivitas tinggi dibandingkan dengan *solid bulk*. Oleh karena itu, AgNP menunjukkan sifat fisik, kimia, dan biologis yang baik seperti peningkatan aktivitas katalitik karena sangat reaktif (Morones *et al*., 2005).

Agen pereduksi dari sintesis nanopartikel dapat dibagi menjadi dua yaitu non-biodegradable dan biodegradable (biosintesis). Penggunaan non-biodegradable dalam sintesis nanopartikel dapat menimbulkan bahaya bagi lingkungan dan sistem biologis (Phull *et al*., 2016). Biosintesis nanopartikel dapat menggunakan mikroorganisme, ekstrak tumbuhan dan enzim (Schneidewind *et al*., 2012). Diantara ketiga biosintesis tersebut yang paling umum digunakan yaitu ekstrak tumbuhan. Hal ini didasari karena biaya yang murah, sumber daya yang melimpah dan ramah lingkungan (Sulaiman *et al*., 2013). Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai biosintesis nanopartikel yaitu buah tin (*Ficus carica* L.).

Buah tin (*Ficus carica* L.) yang biasa disebut tanaman "ara" dilaporkan memiliki manfaat terhadap kesehatan termasuk sifat anti-diabetes, penyakit tenggorokan, sembelit, wasir dan kolesterol tinggi. Beberapa peneliti menunjukkan pemanfaatan buah tin sebagai antioksidan (Gond and Khadabadi, 2008), antidiabetes (Patil *et al*., 2010), hepatoprotektif (Jeong *et al*., 2009), antipereutik (Rubnov *et al*., 2001), antimikroba (Aref *et al*.,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2011), dapat menekan proliferasi sel kanker dan berpotensi sebagai antivirus (Shankar, 2004). Buah tin (*Ficus carica* L.) mengandung flavonoid, gula, vitamin A dan B, asam dan enzim (Kalaskar *et al*., 2010). Senyawa bioaktif flavonoid sendiri yang terkandung di dalam ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) seperti quercetin, luteolin dan senyawa 6-O-asil-β-d-glukosil-β-sitosterol (Vava *et al*., 2006). Selain flavonoid buah tin (*Ficus carica* L.) juga kaya akan senyawa bioaktif seperti fenol, benzaldehid, terpenoid, dan alkaloid (Joseph and Raj, 2011).

Nanopartikel selain berpotensi sebagai antibakteri, antifungi, larvasida, dan degradasi logam juga berpotensi sebagai antioksidan dan toksisitas. Berkaitan dengan obat, Antioksidan merupakan suatu bahan yang dapat digunakan sebagai penangkal radikal bebas. Satu atau lebih elektron tak berpasangan pada orbit terluarnya yang dimiliki oleh atom dan bersifat reaktif merupakan radikal bebas. Jika jumlah radikal bebas berlebih dapat menyebabkan peningkatan stress oksidatif sehingga dapat memicu kanker, dimana sel-sel tak terkendali dan memiliki kemampuan merusak jaringan yang lain (Meiyanto *et al*., 2006). Sedangkan pada toksisitas, jika suatu bahan masuk ke dalam tubuh maka dapat menimbulkan efek toksik pada sel target tertentu. Salah satu metode dalam pengujian toksisitas larva *Artemia salina* yakni BSLT *(Brine Shrimp Lethality Test*) yang digunakan untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai antikanker (Sukardiman dan Pratiwi , 2004). Skrining awal dengan metode ini dipilih karena biaya relatif murah dan proses pengerjaan yang cepat.

Penelitian yang terkait penggunaan ekstrak tanaman sebagai biosintesis nanopartikel yakni Phull *et al.* (2016) melaporkan bahwa biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak *Bergenia ciliata* menunjukkan aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (*1,1-difenil-2-picrylhydrazyl*) sebesar 59,31% dan memiliki efek toksik *Artemia salina* (*Brine shrimp*) pada LD_{50} sebesar 33,92 µg/ml. Kumar *et al*. (2012) melaporkan pada biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak *Sargassum ilicifolium* menunjukkan efek toksisitas *Artemia salina* pada LD_{50} sebesar 10 nM . Niraimathi *et al.* (2013) melaporkan bahwa biosintesis nanopartikel perak

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menggunakan ekstrak *Alternanthera sessilis* (Linn.) menunjukkan aktivitas antioksidan dengan menggunakan metode DPPH (*1,1-difenil-2-picrylhydrazyl*) sebesar 62% pada 500 µg/ml.

Berdasarkan ulasan diatas, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) terhadap aktivitas antioksidan dan toksisitas larva *Artemia salina.*

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini yaitu :

a. Bagaimana biosintesis dan karakterisasi pembentukan nanopartikel perak ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) dengan menggunakan Spektofotometer UV-Vis, Spektofotometer FTIR, XRD dan PSA?
b. Bagaimana pengaruh biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) terhadap aktivitas antioksidan dan toksisitas larva *Artemia salina*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu :

a. Mengetahui biosintesis dan karakterisasi pembentukan nanopartikel perak ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) dengan menggunakan Spektofotometer UV-Vis, Spektofotometer FTIR, XRD dan PSA.
b. Mengetahui pengaruh biosintesis nanopartikel perak menggunakan ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) terhadap aktivitas antioksidan dan toksisitas larva *Artemia salina*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu :

1.4.1 Peneliti

a. Mendapat wawasan tentang penggunaan biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) dengan karakterisasi yang telah dihasilkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Mendapat wawasan tentang pengaruh pemberian biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) terhadap aktivitas antioksidan dan toksisitas larva *Artemia salina*.

1.4.2 Instansi

Meningkatkan mutu laboratorium, karna dengan adanya penelitian mengenai biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) terhadap aktivitas antioksidan dan toksisitas larva *Artemia salina* laboratorium dijadikan sebagai tempat pengujian sehingga dapat dikembangkan untuk dikomersialkan.

1.5 Batasan Penelitian

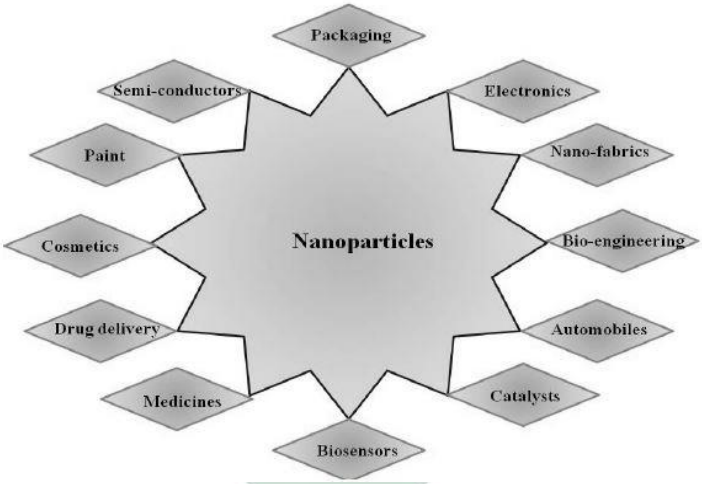
Penelitian ini mengenai biosintesis nanopartikel menggunakan ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) sebagai agen pereduksi. Dimana jenis logam dalam nanopartikel yang digunakan yakni perak. Biosintesis dan karakterisasi pembentukan nanopartikel perak dapat diketahui dengan Spektofotometer UV-Vis, Spektofotometer FTIR, XRD dan PSA. Pengujian biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah tin terhadap aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH dan toksisitas larva *Artemia salina* menggunakan metode BLST.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Nanopartikel

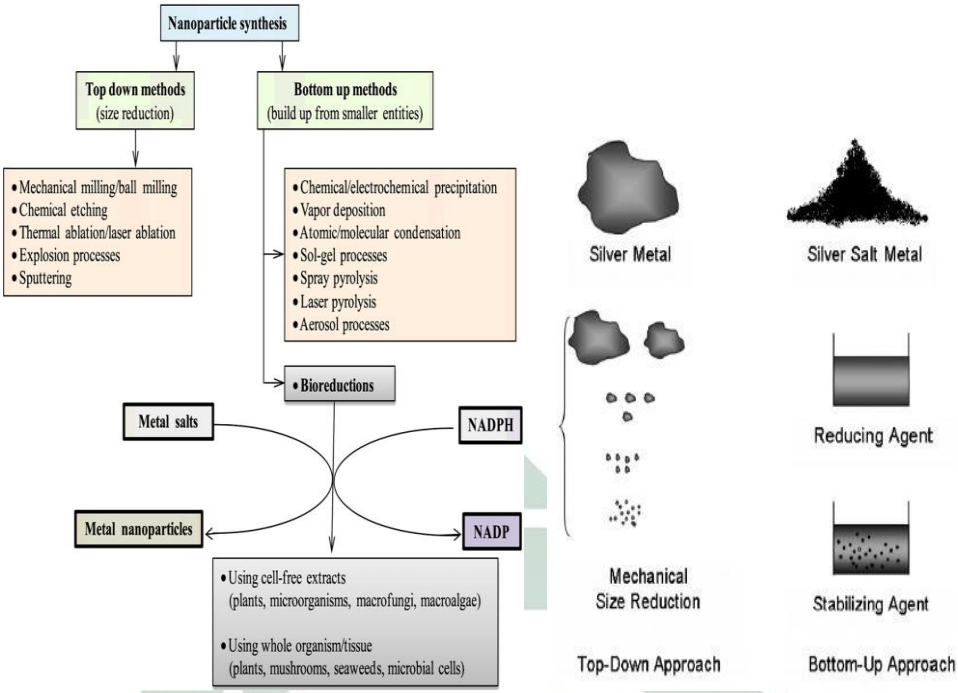
Nano memiliki arti sesuatu yang sangat kecil atau dapat dilambangkan dengan 10^{-9} (satu per satu milyar). Nanopartikel yakni suatu partikel yang berukuran 1-100 nm (Siregar, 2009). Menurut Winarno dan Fernandez (2010) melaporkan bahwa nanopartikel memiliki sifat yang lebih spesifik daripada material besar (bulk). Beberapa kelebihan dari nanopartikel yaitu kemampuannya yang dapat menembus ruang-ruang antar sel baik secara difusi maupun opsonifikasi (Buzea *et al.*, 2007). Nanopartikel memiliki beberapa pemanfaatan yang dapat diaplikasikan (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Pengaplikasian nanopartikel
Sumber : Kavitha *et al*., 2013

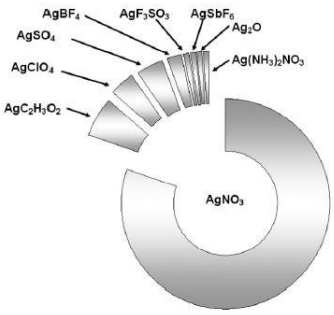
Metode secara umum dalam pembuatan sintesis nanopartikel dibedakan menjadi dua yaitu secara fisik (*top down*) dan secara kimia (*buttom up*). Sintesis secara fisik (*top down*), reaksi kimia tidak terlibat tetapi partikel ukuran nano didapatkan dari pemecahan material besar biasanya dapat dilakukan dengan cara grinding sedangkan pada sintesis secara kimia (*buttom up*) melibatkan reaksi kimia yakni garam dari logam dilarutkan dalam suatu pelarut dengan menambahkan agen pereduksi dan agen penstabil.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.2 Metode sintesis secara fisik (*top down*) dan secara kimia (*buttom up*)
Sumber : Vijayaraghavan and kamala, 2010

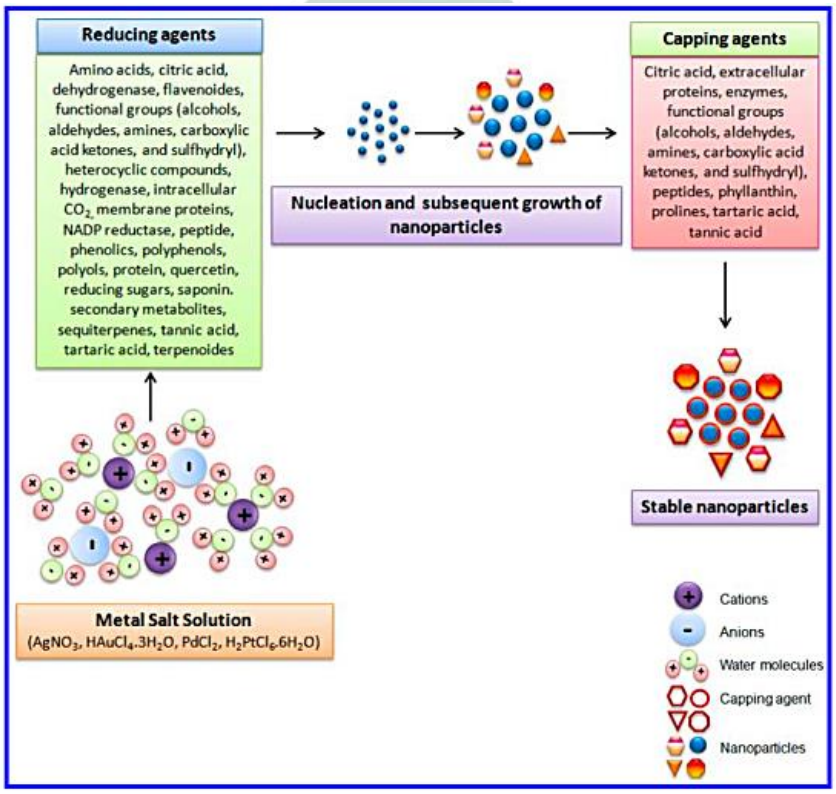
Salah satu nanopartikel yang sering digunakan yaitu nanopartikel perak. Nanopartikel perak (AgNP) memiliki luas area permukaan besar dan reaktivitas tinggi dibandingkan dengan solid bulk. Oleh karena itu, Nanopartikel perak (AgNP) menunjukkan sifat fisik, kimia, dan biologis yang baik seperti peningkatan aktivitas katalitik karena sangat reaktif (Morones *et al*., 2005). Garam perak yang sering digunakan yakni $AgNO_3$ karena memiliki stabilitas tinggi dan biaya rendah (Lee *et al*., 2007).



Gambar 2.3 Prekursor garam perak pada sintesis nanopartikel
Sumber : Vijayaraghavan and kamala, 2010

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Agen pereduksi dari sintesis nanopartikel dapat dibagi menjadi dua yaitu non-biodegradable dan biodegradable atau biasa disebut sebagai biosintesis. Pada non-biodegradable dalam mensintesis menggunakan bahan kimia sedangkan pada biodegradable menggunakan bahan alam yang umum digunakan yaitu ekstrak tumbuhan. Proses pembentukan nanopartikel menggunakan metode biosintesis sangat berhubungan dengan keberadaan gugus fungsi pada metabolit sekunder ekstrak tumbuhan.



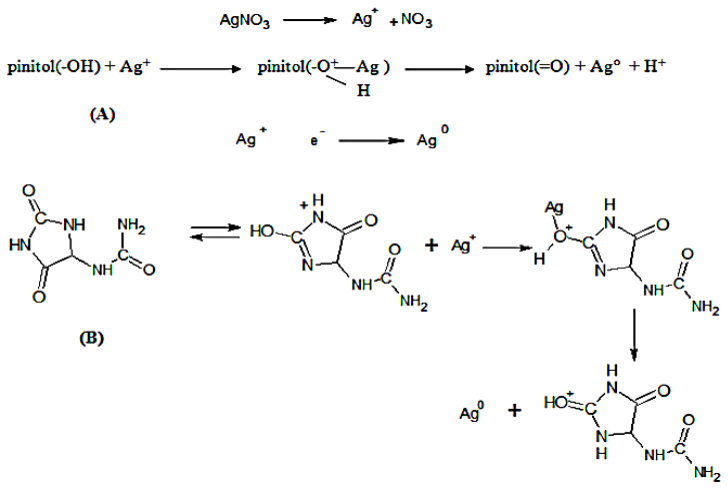
Gambar 2.4 Proses pembentukan nanopartikel

Sumber : Akhtar *et al*., 2013

Pada nanopartikel perak, reaksi redoks dari ion Ag^+ yang berasal dari larutan $AgNO_3$ dapat berubah menjadi Ag. Hal ini disebabkan keberadaan gugus fungsi yang terdapat pada metabolit sekunder ekstrak tumbuhan dengan cara mendonorkan elektron ke ion Ag^+ sehingga terbentuklah partikel yang memiliki ukuran nano. Firdhouse dkk (2012) yang mengungkapkan mekanisme reaksi dalam pembentukan nanopartikel terjadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

antara pinitol dan alantoin dengan $AgNO_3$ yang dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Mekanisme reaksi reduksi ion Ag^+ menjadi Ag oleh senyawa bioaktif Pinitol (A) dan Alantoin (B)
Sumber : Firdhouse dkk, 2012

2.2 Tanaman Tin

2.2.1 Deskripsi

Tanaman tin (*Ficus carica* L.) atau lebih dikenal sebagai tanaman ara dapat tumbuh tinggi bekisar antara 5-9 m. Daun bewarna hijau sedikit tebal dan pada bagian tepinya bergerigi. Kulit pada batang halus bewarna abu-abu atau putih kusam, ranting muda berbulu halus. Tanaman ini berasal dari Asia Barat yaitu pantai Balkan sampai Afganistan daerah pertumbuhannya. Tanaman tin di Asia Tenggara dapat tumbuh dengan kondisi kering dan -9°C pada suhu dingin, ketercukupan unsur-unsur hara dan pencahayaan yang baik serta kelembapan rata-rata hingga kering (Refli, 2012).

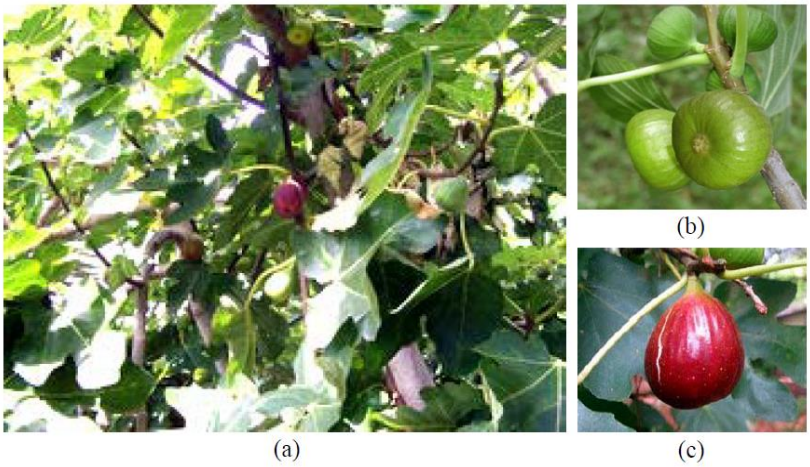
Secara tradisional tanaman tin dapat digunakan sebagai obat wasir, sengatan serangga, asam urat, bisul, infeksi kulit, nutrisi untuk kehamilan dan kelelahan fisik. Tanaman ini dianggap pula sebagai antiperitik, diuretik, anti-inflamasi serta untuk pengobatan faringitis, gastritis, bronkitis, batuk disertai iritasi dan nyeri didada. (Park *et al*., 2013)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.2.2 Klasifikasi Tanaman Tin

Menurut Joseph and Raj (2011), Klasifikasi tanaman tin adalah sebagai berikut :

Regnum : Plantae
Division : Magnoliophyta
Class : Magnoliopsida
Order : Urticales
Family : Moraceae
Genus : *Ficus*
Species : *Ficus carica* L.

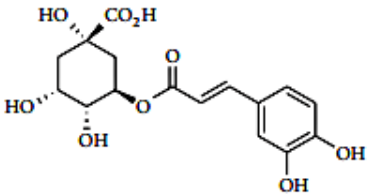


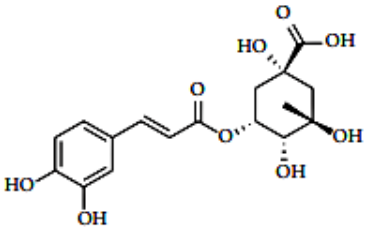
Gambar 2.6 (a) Pohon tanaman tin; (b) buah tin muda; (c) buah tin matang
(Sumber : Refli, 2012)

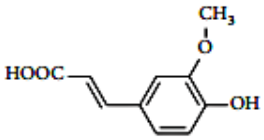
2.2.3 Kandungan Senyawa Bioaktif

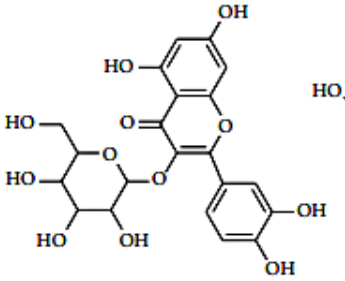
Studi fitokimia pada tanaman tin (*Ficus carica* L.) mengandung berbagai senyawa bioaktif. Senyawa bioaktif tersebut seperti senyawa fenolik, pitosterol, asam organik, antosianin, triterpenoid, coumarin, senyawa volatil seperti hidrokarbon, alkohol alifatik dan beberapa lainnya dari berbagai bagian tanaman tin (*Ficus carica* L.) (Gambar 2.7) (Mawa *et al.*, 2013).

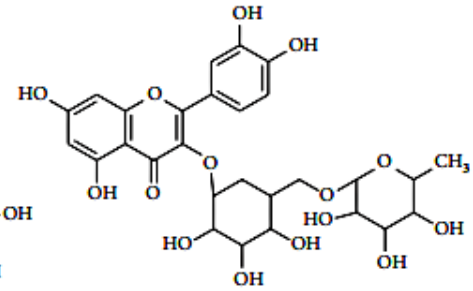
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

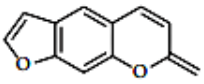

3-*O*-caffeoylquinic acids (1)

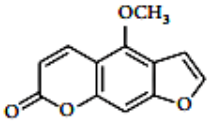

5-*O*-caffeoylquinic acids (2)

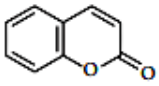

Ferulic acid (3)

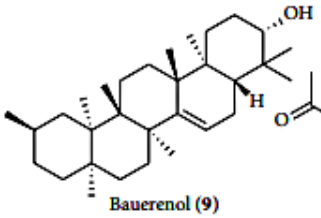

Quercetin-3-*O*-glucoside (4)

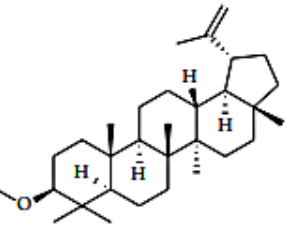

Quercetin-3-*O*-rutinoside (5)

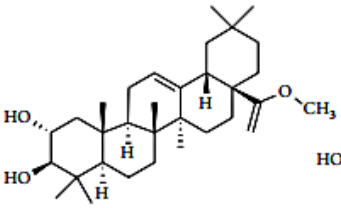

Psoralen (6)

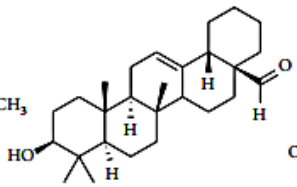

Bergapten (7)

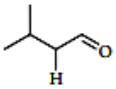

Coumarin (8)

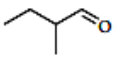

Bauerenol (9)


Lupeol acetate (10)

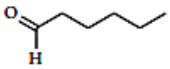

Methyl maslinate (11)

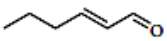

Oleanolic acid (12)

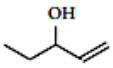

Methylbutanal (13)

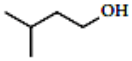

2-Methylbutanal (14)

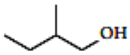
(*E*)-2-Pentanal (15)


Hexanal (16)

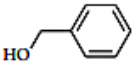

(*E*)-2-Hexanal (17)

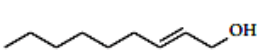

1-Penten-3-ol (18)

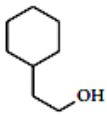

3-Methylbutanol (19)

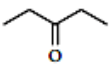

2-Methylbutanol (20)

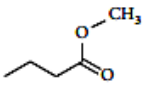
Heptanol (21)


Benzyl alcohol (22)

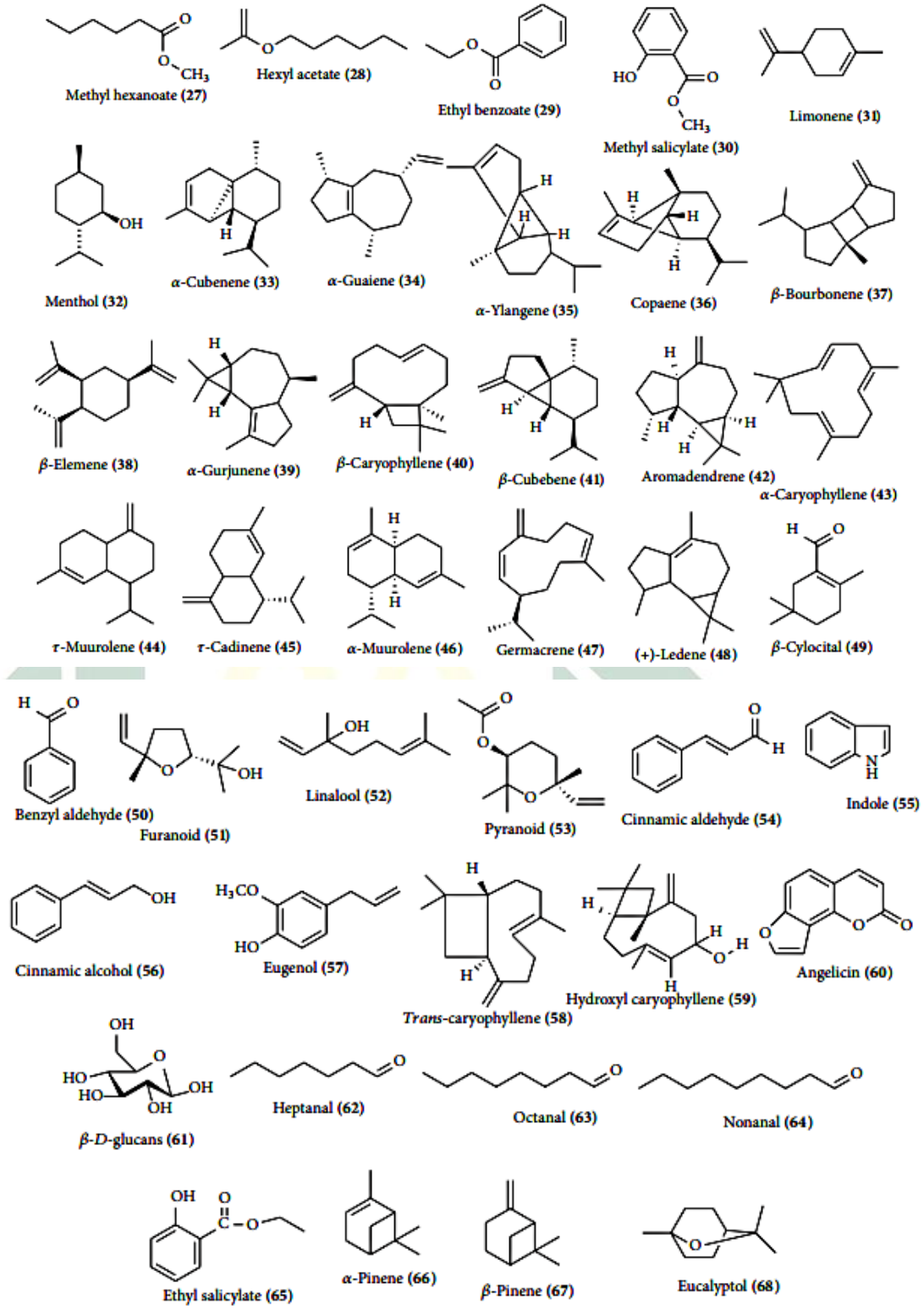

(*E*)-2-Nonenol (23)


Phenylethyl alcohol (24)


3-Pentanone (25)


Methyl butanoate (26)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.7 Senyawa bioaktif pada *Ficus carica* L.

Sumber : Mawa *et al.*, 2013

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.2.4 Integrasi Tin

Allah SWT dalam menciptakan segala sesuatu pasti membawa manfaat, baik yang dapat dirasakan secara langsung maupun belum diketahui manfaat yang terkandung didalamnya. Salah satu penciptaan-Nya yakni tumbuhan, dimana berbagai macam tumbuhan yang baik diciptakan oleh Allah SWT dapat diambil manfaatnya sebagaimana firman Allah SWT dalam QS. Syuara : 7 yang berbunyi :

أَوَ لَمۡ يَرَوۡاْ إِلَى ٱلۡأَرۡضِ كَمۡ أَنۢبَتۡنَا فِيهَا مِن كُلِّ زَوۡجٖ كَرِيمٍ ٧

Artinya :

"Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?". (QS. As-Syua'ra : 7)

Berbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik disinggung juga dalam Al-Qur'an seperti buah tin dan buah zaitun dalam Q.S At-Tin : 1-8 yang berbunyi :

وَالتِّيْنِ وَالزَّيْتُوْنِ ۞ وَطُوْرِسِيْنِيْنَ ۞ وَهٰذَاالْبَلَدِالْاَمِيْنِ ۞ لَقَدْ خَلَقْنَاالْاِنْسَانَفِيْ
اَحْسَنِ تَقْوِيْمٍ ۞ ثُمَّ رَدَدْنٰهُ اَسْفَلَ سَافِلِيْنَ ۞ اِلَّاالَّذِنَ اٰمَنُوْا وَعَمِلُ الصّٰلِحٰتِ فَلَهُمْ
اَجْرٌغَيْرُ مَمْنُوْنٍ ۞ فَمَايُكَذِّبُكَ بَعْدُ بِالدِّيْنِ ۞ اَلَيْسَ اللهُ بِاَحْكَمِ الْحٰكِمِيْنَ ۞

Artinya :

Demi (buah) tin dan (buah) zaitun (1) dan demi bukit sinai (2) dan demi kota (Mekah) yang aman ini (3) Sesungguhnya Kami telah menciptakan manusiia dalam bentuk yang sebaik-baiknya (4) kemudian Kami kembalikan dia ke tempat yang serendah-rendahnya (neraka) (5) kecuali orang-orang yang beriman dan mengerjakan amal shaleh; maka bagi mereka pahala yang tiada putus-putusnya (6) Maka apakah yang menyebabkan kamu mendustakan (hari) pembalasan sesudah (adanya keterangan-keterangan) itu? (7) Bukankah Allah hakim yang seadil-adilnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Fokus penelitian ini terdapat pada ayat pertama sehingga penafsiran akan difokuskan pada ayat pertama saja. Menurut pendapat beberapa mufassir Q.S At-tin mengandung tafsiran sebagai berikut :

a. Menurut Al-Qasimi dalam tafsir Mahasin At-Ta'wil bahwa at-tin adalah nama pohon di tempat orang budha yang mendapat bimbingan Ilahi. Orang budha menamai pohon tersebut dengan sebutan pohon ara suci atau pohon bodhi (*Ficus religiosa*) yang terdapat di kota kecil Gaya tepatnya di daerah Bihar.
b. Menurut Al-Qurtubi dalam tafsir Al-Qurtubi bahwa tin adalah masjid Ashabul kahfi yang didirikan diatas gunung judiy dan zaitun adalah Baitul Maqdis.
c. Menurut Ash-Shabuni (2011) dalam tafsir Shafwatut Tafasir mengemukakan bahwa tin merupakan tempat tinggal Nabi Nuh yang tidak lain adalah Damaskus yang banyak ditumbuhi oleh pohon tin dan zaitun adalah Baitul Maqdis yang banyak ditumbuhi pohon zaitun.
d. Menurut Sayyid (2013) dalam tafsir Fi Dzilal Al-Qur'an bahwa surat at tin pada ayat pertama kata tin dan zaitun menunjukkan sebuah buah yang memiliki manfaat. Dari manfaat yang dimiliki tersebut Allah SWT menjadikan kedua buah tersebut sebagai sumpah yang tertera pada ayat pertama (demi buah tin dan buah zaitun).

Pada Q.S at-tin ayat pertama memiliki arti "Demi (buah) tin dan (buah) zaitun. Kata "Demi" pada ayat tersebut yang diyakini bahwa Allah SWT menjadikan tin dan zaitun sebagai sumpah. Hal tersebut disebabkan karena tin dan zaitun memiliki manfaat yang luar biasa. Jadi kata tin dan zaitun tidak lain adalah sebutan untuk nama buah, diperkuat dalam Jami' Al-Bayan yang tertulis didalamnya bahwa pendapat yang benar mengenai ayat pertama dalam Q.S. At-Tin tidak lain adalah kata tin termasuk buah yang dapat dimakan sedangkan kata zaitun termasuk buah yang diperas untuk dijadikan minyak..

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada penelitian ini menggunakan buah tin sehingga penjelasan hanya pada manfaat buah tin tidak pada buah zaitun. Menurut beberapa penelitian manfaat dari buah tin adalah sebagai berikut :

a. Konsumsi buah tin dapat mengurangi resiko penyakit kanker karena memiliki kandungan polifenol tinggi yang berfungsi sebagai antioksidan (Gond and Khadabadi, 2008).
b. Dapat digunakan sebagai antimikroba (Aref *et al*., 2011).
c. Dapat digunakan sebagai antivirus (Shankar, 2004).
d. Serat yang tinggi dan karbohidrat dalam bentuk fruktosa dan glukosa dapat mengontrol kadar gula seseorang (Patil *et al*., 2001).

Beberapa pemanfaatan buah tin yang sudah dijabarkan, bahwa Allah SWT menurunkan sebuah penyakit beserta obatnya sebagaimana diriwayatkan oleh Muslim dari Jabir r.a bahwa Rasulullah SAW bersabda :

عَنْ جَابَرٍ عَنْ رَسُول اللهِ صَلَّ اللهُ عَلَيْهِ وَسَلَّم اَنَّهُ قَال : لِكُلِّ دَاءٍدَوَاءٌ فَاِذَا اصِيْبَ دَوَاءُ الدَّءِ بَرَأ بِاِذْنِ اللهِ عَزَّ وَجَلَّ (رواه مسلم)

Artinya :

Dari Jabir r.a Rasulullah SAW bersabda : setiap penyakit ada obatnya dan jika suatu obat mengenai tepat pada penyakitnya, ia akan sembuh dengan izin Allah azza wa jalla (HR. Muslim)

Ayat tersebut menjelaskan bahwasannya setiap penyakit ada obatnya. Obat tersebut dapat berasal dari tumbuhan yang memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder. Dimana kandungan tersebut dapat menyembuhkan berbagai penyakit. Salah satu tumbuhan yang dapat dijadikan sebuah obat yaitu buah tin. Oleh karena itu penggunaan buah tin dalam penelitian ini yang akan dilakukan untuk mengetahui manfaatnya sebagai agen pereduksi nanopartikel perak yang kemudian diaplikasikan dalam melihat aktivitas antioksidan

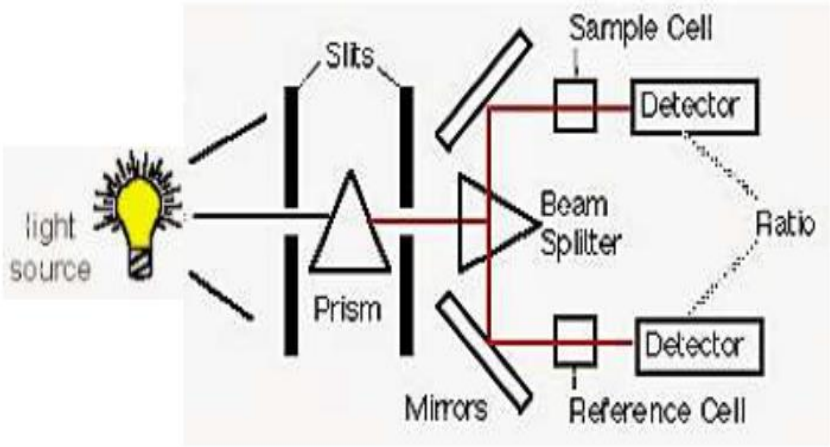
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dengan metode DPPH dan toksisitas larva *Artemia salina* dengan metode BSLT.

2.3 Karakterisasi Nanopartikel Perak

2.3.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis adalah sebuah alat yang berguna untuk menentukan komposisi suatu sampel berdasarkan interaksi antara materi dengan cahaya. Serapan cahaya pada daerah ultraviolet dengan ukuran 200-350 nm dan sinar tampak pada ukuran 350-800 nm, serapan cahaya ini akan mengakibatkan transisi elektronik.

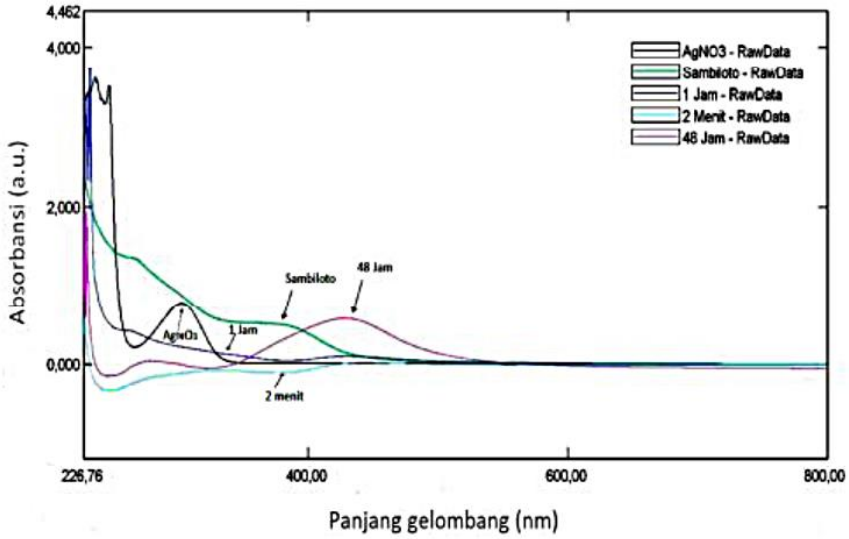


Gambar 2.8 Skema kerja spektrofotometer UV-Vis
Sumber : Sharma, 2015

Skema kerja spektrofotometri UV-Vis pada Gambar 2.8 terlihat bahwa sumber radiasi berupa seberkas cahaya yang melewati celah dan diteruskan menuju prisma. Cahaya yang berasal dari prisma akan dilewatkan pada celah dan melewati panjang gelombang tertentu. Setelah itu, karena adanya *beam splitter* berkas cahaya terbagi menjadi dua arah. Berkas cahaya dipantulkan dengan melewati kuvet larutan referensi dan kuvet larutan uji serta dari masing-masing akan dideteksi oleh detektor. Detektor berfungsi sebagai penangkap cahaya dan cahaya tersebut akan diubah menjadi spektrum dalam bentuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

puncak pada panjang gelombang tertentu. (Sastrohamidjojo, 2013). Menurut Purnomo dkk (2017) menunjukkan bahwa larutan $AgNO_3$ memiliki puncak absorbsansi sekitar 228 nm, ekstrak daun sambiloto dengan puncak absorbansi sekitar 212,5 nm, sedangkan koloid nanopartikel perak puncak absorbansi sebesar 423 nm untuk waktu sintesis 48 jam (Gambar 2.9).



Gambar 2.9 Spektrum UV-Vis dari larutan $AgNO_3$, ekstrak daun sambiloto dan koloid nanopartikel perak dengan berbagai waktu setelah 2 menit, 1 jam dan 48 jam.
Sumber : Purnomo dkk, 2017

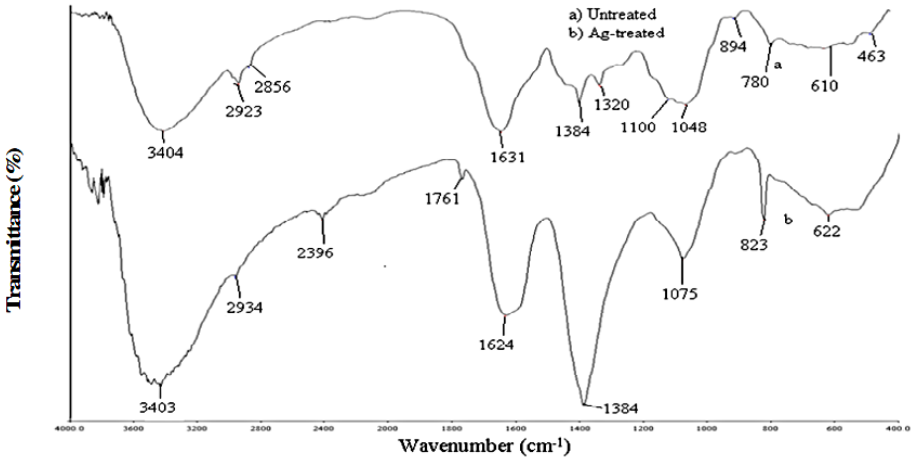
2.3.2 Spektrofotometer FTIR

Spektofotometer FTIR adalah sebuah alat yang berguna untuk mengidentifikasi suatu senyawa tertentu. Bentuk spektrum yakni puncak-puncak spesifik dari gugus fungsi yang dimiliki oleh senyawa tersebut merupakan analisis secara kualitatif. Sedangkan analisis secara kuantitatif yakni penggunaan senyawa standar dengan pembuatan spektrum pada berbagai konsentrasi.

Prinsip kerja spektrofotometer FTIR yaitu sinar datang dari sumber sinar diteruskan dan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian yang saling tegak lurus kemudian pemantulan sinar oleh dua cermin (cermin diam dan cermin bergerak). Setelah sinar dipantulkan,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sinar hasil pantulan tersebut dipantulkan kembali ke pemecah sinar agar saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar menuju sumber dan sebagian sinar menuju cuplikan. Fluktuasi terjadi pada sinar yang sampai pada detektor dan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut dengan interferogram. Interferogram akan mengalami pengubahan menjadi spektra IR (Tahid, 1994).



Gambar 2.10 (a) Spektrum FTIR daun tembakau tanpa penambahan $AgNO_3$ (b) Spektrum FTIR daun tembakau dengan penambahan $AgNO_3$
Sumber : Prasad *et al*., 2011

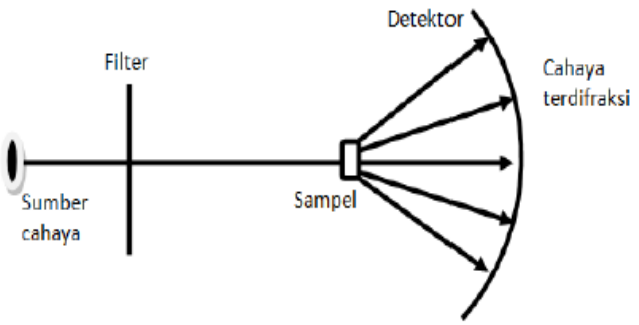
Perbedaan yang tidak signifikan antara hasil tanpa atau dengan penambahan $AgNO_3$ yakni spektra pada Gambar 2.10 (a) menunjukkan peak 3404, 2923, 2856, 1631, 1384, 1320, 1100, 894, 780, 610 dan 463 cm^{-1} sedangkan (b) menunjukkan peak 3403, 2934, 2396, 1761, 1624, 1384, 1075, 823 dan 622 cm^{-1}. Penyerapan pada peak sekitar 823-1075 cm^{-1} adalah –C-O-C , 1384 cm^{-1} adalah NO_3^- , 1624 – 1631 cm^{-1} adalah kelompok karboksil (–C=O), 2925 – 2934 cm^{-1} adalah C-H , 3403 – 3404 cm^{-1} adalah hidroksil (–OH) atau kelompok amine (–NH). (Prasad *et al*., 2011)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.3.3 XRD (*X-Ray Difraction*)

X-Ray Difraction termasuk dalam metode pengkarakterisasian material. Penggunaan metode *X-Ray Difraction* ini untuk mengetahui suatu struktur Kristal material logam maupun paduan, polimer, material organik, superkonduktor dan mineral (Suharyana, 2012). Data berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi adalah data yang dihasilkan oleh *X-Ray Difraction*. Satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu diwakili tiap pola pada XRD (Widyawati, 2012).

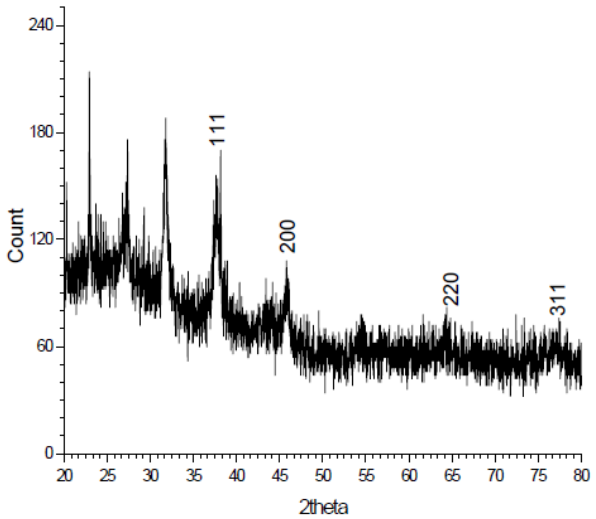
Penentuan struktur kristal material dengan XRD menggunakan suatu metode yang didasarkan pada hukum Bragg. Hukum Bragg menyatakan bahwa seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan antar kisi dalam bidang tersebut (Wulandary, 2010). Menurut Purnomo dkk (2017) berdasarkan puncak-puncak yang terbentuk dengan sudut 2θ adalah 38,18° , 45,81° dan 64,87° menandakan bahwa sampel sudah terbentuk nanopartikel perak dengan struktur *Face Centre Cubic* (FCC) (Gambar 2.12).



Gambar 2.11 Skema kerja XRD

Sumber : Balaz, 2008

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.12 Karakterisasi XRD dari nanopartikel perak hasil biosintesis menggunakan daun sambiloto

Sumber : Purnomo dkk, 2017

2.3.4 PSA (*Particle Size Analyze*)

Particle Size Analyze adalah suatu alat yang bertujuan untuk mengetahui ukuran partikel dan distribusi. Kisaran pengukuran PSA dari 0,6 nm – 7 μm. Pengujian PSA lebih akurat menggunakan metode basah daripada metode kering, terlebih untuk sampel nanometer yang dapat mengalami aglomerasi. Dengan penggunaan metode basah partikel tidak saling beraglomerasi, hal ini dipengaruhi oleh partikel yang didispersikan ke media. Sehingga akan dihasilkan ukuran partikel dari partikel tunggal. Selain dalam hal ukuran, pengukuran PSA menunjukkan distribusi partikel yang menggambarkan keseluruhan kondisi sampel.

Prinsip dasar dari PSA adalah sinar laser dilewati oleh partikel-partikel dan partikel tersebut menghamburkan cahaya. Penghamburan intensitas yang terdistribusi akan dianalisis oleh komputer, analisis tersebut merupakan hasil dari distribusi ukuran partikel (Lusi, 2011).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4 Antioksidan

2.4.1 Definisi

Definisi antioksidan menurut Halliwell dan Gutteridge (1997) adalah bahan yang dapat mengeliminasi radikal bebas, protein yang dapat meminimalisir sifat prooksidan, protein sebagai pelindung biomolekul dan bahan yang dapat menangkal sifat reaktif dari oksigen dan nitrogen.

2.4.2 Macam-Macam Antioksidan

Penggolongan antioksidan didasarkan pada berbagai aspek adalah sebagai berikut :

a. Berdasarkan mekanisme kerjanya, yaitu :

1) Antioksidan primer

Antioksidan yang bekerja dengan cara senyawa radikal bebas mendapatkan atom hidrogen sehingga senyawa tersebut mengalami perubahan menjadi kurang reaktif (lebih stabil) atau dapat melakukan pencegahan dalam pembentukan senyawa radikal bebas baru. Contohnya seperti katalase, *glutation peroksidase* (GSH-PX), *glutation reductase* (GSH-R) dan *superoksida dismutase* (SOD). (Winarsi, 2007)

2) Antioksidan sekunder

Antioksidan yang bekerja dengan cara penangkapan radikal bebas yakni memutuskan reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas. Contohnya seperti vitamin C, bilirubin, albumin dan vitamin E, flavonoid, antosianin, β-karoten, dll.

3) Antioksidan tersier

Antioksidan yang bekerja dengan cara melakukan perbaikan terhadap sel-sel maupun jaringan yang rusak akibat radikal bebas (Kumalaningsih, 2008). Contohnya seperti DNA-repair dan metionin sulfoksida reductase.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Berdasarkan sifat fisiko-kimianya, yaitu :

1) Antioksidan hidrofilik

Antioksidan yang dapat larut dalam air. Contohnya seperti vitamin C, glutein, dan sistein.

2) Antioksidan lipofilik

Antioksidan yang dapat larut dalam lipid. Contohnya seperti α-tokoferol dan β-karoten.

c. Berdasarkan sumbernya, yaitu :

1) Antioksidan alami

Antioksidan yang berasal dari hewan atau tumbuhan. Contohnya seperti vitamin C, β-carotene, senyawa fenolik, tokoferol, dan flavonoid.

2) Antioksidan sintesis

Antioksidan yang berasal dari bahan kimia. Contohnya seperti Butil Hidroksi Toluena (BHT), t-butilhidrokuinon (TBHQ), asam norhidroguairerat (NDGA), Butil Hidroksi Anisol (BHA), dan propel galat (PG).

2.4.3 Radikal Bebas

Radikal bebas merupakan suatu atom atau molekul yang memiliki elektron tak berpasangan dan bersifat reaktif (tak stabil) (Robert, 2008). Electron yang reaktif ini dapat bereaksi dengan karbohidrat, lipid, DNA dan protein yang akhirnya berdampak pada perubahan fungsi dan struktur sel. Radikal bebas dalam tubuh dapat memicu reaksi berantai dan menghasilkan radikal bebas baru. Pemberian elektron dari suatu molekul kepada radikal bebas yang akan membentuk ikatan non-radikal (Kartika, 2010).

Sumber radikal bebas berasal dari dalam maupun luar tubuh. Sumber dari dalam tubuh meliputi segala proses yang berlebihan seperti proses oksidasi, olahraga, stress berat dan lain-lain. Sedangkan sumber dari luar tubuh meliputi udara yang tercemar, radiasi matahari, asap rokok, konsumsi obat-obatan dan pestisida.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menurut Rizqiana (2012) Mekanisme reaksi pembentukan radikal bebas terbagi menjadi 3 tahapan, yakni :

a. Inisiasi

$RH + OH \rightarrow R^{\cdot} + H_2O$

b. Propagasi

$R^{\cdot} + O_2 \rightarrow ROO^{\cdot}$

$ROO^{\cdot} + RH \rightarrow ROOH + R^{\cdot}$

c. Terminasi

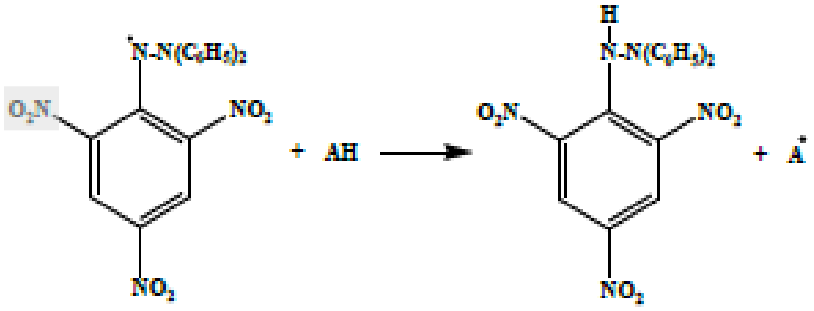
$ROO^{\cdot} + ROO^{\cdot} \rightarrow ROOR + O_2$

$ROO^{\cdot} + R^{\cdot} \rightarrow ROOR$

$R^{\cdot} + R^{\cdot} \rightarrow RR$

2.4.4 Metode DPPH (1,1-difenil-2-picrylhdrazyl)

Metode DPPH yaitu sebuah metode untuk mengetahui aktivitas antioksidan secara cepat, sederhana dan tidak menggunakan banyak reagen. 1,1-difenil-2-picrylhdrazyl berperan sebagai radikal bebas yang bewarna ungu. Menurut Juniarti *et al*. (2009) mekanisme reaksi DPPH dengan antioksidan dapat mengakibatkan perubahan warna DPPH dari ungu menjadi kuning. Perubahan warna mengindikasikan kemampuan antioksidan dalam menangkap radikal bebas, hal ini berhubungan dengan elektron pada DPPH yang dapat menangkap atom hidrogen.



Gambar 2.13 Mekanisme reaksi DPPH

Sumber : Molyneux, 2004

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.1. Sifat antioksidan berdasarkan nilai IC_{50}

Sifat antioksidan	IC_{50} (ppm)
Sangat kuat	< 50
Kuat	50-100
Sedang	100-150
Lemah	150-200

Sumber : Tristantini dkk, 2016

2.5 Toksisitas

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara sistem biologi dan zat kimia (Priyanto, 2009). Selanjutnya, dalam mengevaluasi suatu zat kimia diperlukan adanya pemahaman tentang suatu mekanisme, wujud, kondisi, dan efek toksik suatu zat. Evaluasi tersebut dapat dipergunakan sebagai penentu suatu batas keamanan dalam penggunaan zat untuk efek toksik yang diperlihatkan (Priyanto, 2009). Uji toksisitas adalah salah satu metode bidang toksikologi yang dapat dipergunakan. Toksisitas dapat diartikan sebagai suatu kemampuan bahan kimia yang bersifat racun jika masuk dalam tubuh organisme (Soemirat, 2005).

Uji toksisitas pada larva udang *Artemia salina* termasuk uji pendahuluan pada penelitian yang mengarah pada uji sitotoksik. Hubungan antara uji sitotoksik dengan uji toksisitas akut yakni apabila mortalitas pada larva *Artemia salina* memiliki nilai LC_{50} < 1000 µg/ml. LC_{50} artinya konsentrasi minimum yang dapat menyebabkan mortalitas sebesar 50% pada organisme uji setelah terpapar suatu zat kimia dalam waktu tertentu (Cahyono, 2004).

Tabel 2.2 Kategori toksisitas bahan

Kategori	LC_{50} (µg/ml)
Sangat toksik	< 30
Toksik	30 – 1000
Tidak toksik	> 1000

Sumber : Meyer *et al*., 1982

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menurut Harmita (2006) uji toksisitas terbagi menjadi 3 kategori, diantaranya sebagai berikut :

a. Uji toksisitas akut, efek toksik dapat diketahui ketika pemberian suatu konsentrasi tunggal senyawa uji pada organisme uji dengan waktu yang singkat. Konsentrasi yang disarankan paling tidak terdapat 4 konsentrasi yakni dari konsentrasi terendah (hampir tidak mematikan), mematikan sebagian, hampir mematikan keseluruhan hingga konsentrasi tinggi yang mematikan keseluruhan organisme uji. Biasanya dalam uji ini pengamatan dilakukan selama 1 hari yakni 24 jam dan paling lama 7-14 hari pada kasus tertentu.
b. Uji toksisitas subakut atau subkronis, efek toksik dapat diketahui ketika pemberian suatu senyawa uji dilakukan secara berulang-ulang pada organisme uji selama < 3 bulan. Uji ini bertujuan untuk memperlihatkan spektrum efek toksik senyawa uji dan ikatan antara spectrum toksik dengan takaran konsentrasi.
c. Uji toksisitas kronis, efek toksik dapat diketahui ketika pemberian suatu senyawa uji dilakukan secara berulang-ulang pada organisme uji selama >3 bulan. Dalam uji ini waktu yang dipergunakan dalam penelitian lebih pendek tapi lebih lambat dibanding uji toksisitas akut ataupun subakut.

2.6 *Artemia salina*

2.6.1 Deskripsi

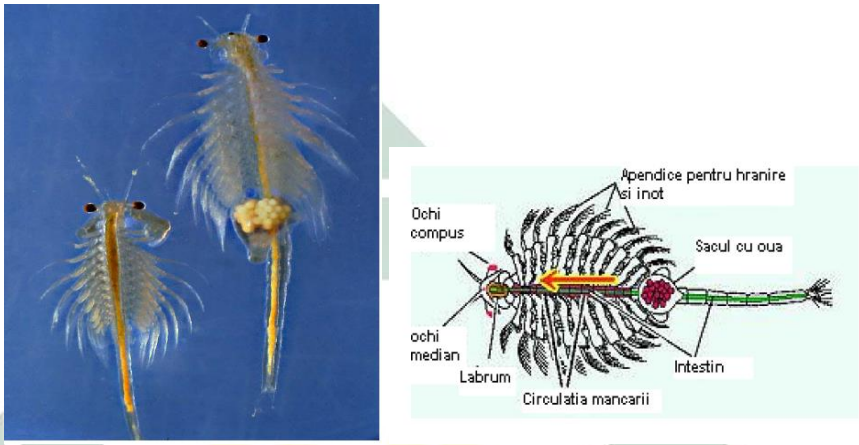
a. Secara Umum

Terdapat 3 segmen pada tubuhnya yakni kepala, thorax dan abdomen. Morfologi utama perbedaan antara jantan dan betina dapat diamati jarak maksimum antara mata majemuk, diameter mata majemuk, panjang antenna pertama, lebar segmen abdomen ketiga, panjang total dan panjang abdomen. Panjang jantan dewasa mencapai 8-10 mm dan betina 10-12 mm. Makanan *Artemia salina* berupa algae, protozoa dan detritus. (Dumitrascu, 2011)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

b. Secara Khusus

Artemia salina dewasa memiliki 3 mata (1 mata median dan 2 mata majemuk lateral) dan 11 pasang kaki. Warna pada *Artemia salina* dewasa bervariasi tergantung pada konsentrasi garam dalam air. (Dumitrascu, 2011)



(a) (b)

Gambar 2.14 (a) *Artemia salina* dewasa; (b) anatomi *Artemia salina* dewasa
Sumber : Dumitrascu, 2011

Pada *Artemia salina* betina organ uterus dapat berisi hingga 200 telur, baik ovipar ataupun ovovivipar. Pada ovovivipar anakan yang keluar dari induknya berupa nauplia (larva) dan pada ovipar yang keluar dari induknya berupa kista (telur bercangkang tebal). Kista merupakan bentuk dorman dan dapat bertahan lama dalam keadaan kering, tetapi kista akan menetas bila kondisi yang baik menjadi nauplia (Dumitrascu, 2011). Menurut Mudjiman (1995) dan Kanwar (2007) Reproduksi ovipar maupun ovovivipar tergantung pada kondisi lingkungan, jika kondisi lingkungan memungkinkan maka tergolong pada ovovivipar dan sebaliknya jika lingkungan tidak memungkinkan maka tergolong pada ovipar. Faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi cara reproduksi *Artemia salina* yakni fluktuasi, jenis makanan, konsentrasi oksigen dalam air dan kadar garam dapat dilihat pada Tabel 2.3.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.3 Modalitas reproduksi *Artemia salina*

No.	Ovipar	Ovovivipar
1.	Fluktuasi O_2 kuat	Fluktuasi O_2 rendah
2.	Makanan mengandung banyak Fe (seperti alga hijau)	Makanan mengandung sedikit Fe (seperti debris organik)
3.	Kandungan O_2 rendah (misalnya pada salinitas/kadar garam tinggi antara 150-200 pt)	Kandungan O_2 tinggi (misalnya pada salinitas/kadar garam rendah < 150 pt)

Sumber : Dumitrascu, 2011

2.6.2 Klasifikasi Larva *Artemia salina*

Menurut Dumitrascu (2011), Klasifikasi larva *Artemia salina* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
Phylum : Arthropoda
Class : Crustacea
Subclass : Branchiopoda
Order : Anostraca
Family : Artemiidae
Genus : *Artemia*
Species : *Artemia salina*

Gambar 2.15 *Artemia salina*
Sumber : Dumitrascu, 2011

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6.3 Siklus Hidup

Artemia salina yang telah tumbuh dan berkembang dapat bertahan hidup sampai enam bulan. Induk betina mengalami ovovivipar atau ovipar setiap 4-5 hari dengan menghasilkan telur nonaktif (kista) ataupun nauplia. Setelah umur 14 hari nauplia akan menjadi dewasa dan siap untuk berkembang biak (Mudjiman, 1995).

Telur pada *Artemia salina* yang berada pada fase istirahat (nonaktif) disebut sebagai kista. Bentuk kista berupa bulatan kecil warna coklat dengan ukuran 0,2-0,3 mm dan diameter 200-300 mikron. Kista yang baik hanya dengan waktu 18-24 jam dapat menetas jika diinkubasi dalam air dengan kadar garam 5-70 permil. Kista dapat bertahan hidup pada suhu ekstrim mencapai 80°C (Dumitrascu, 2011). Dalam penetasan telur *Artemia salina* terdapat tiga tahapan yaitu :

a. Tahap hidrasi, dialami oleh kista yang diawetkan dan dapat mengalami penyerapan air sehingga dapat aktif bermetabolisme. Pada suhu 0°C dan diatas 40°C kista dalam tahap hidrasi ini akan mati serta tidak dapat tumbuh pada kadar garam tinggi > 70 ppt. Ukuran kista dalam tahap ini sebesar 200-270 µm dengan berat 3,5 µg. (Dumitrascu, 2011)
b. Tahap pecahnya cangkang. (Isnansetyo dan Kurniastuti, 1995).
c. Tahap pengeluaran, tahap dimana nauplia keluar dari cangkang (Isnansetyo dan Kurniastuti, 1995).

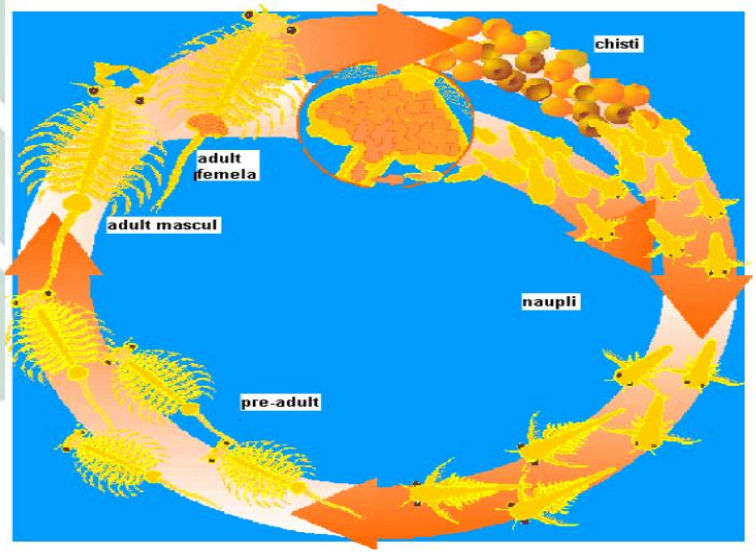
Diantara faktor yang mendukung dalam penentasan yakni pH, cahaya dan oksigen. Kisaran pH yang baik antara 8-9 dan tidak baik pada 5 atau > 10. Cahaya dapat diperoleh cukup dengan menggunakan lampu standar *grow-lite* guna mendukung proses penetasan yang baik. Kadar oksigen yang baik akan membuat *Artemia salina* bewarna merah jambu atau kuning.

Setelah telur menetas maka akan berkembang menjadi nauplia. Pertumbuhan optimal yang dialami oleh nauplia terjadi pada suhu 28°C dengan 35 ppt. Sedangkan pada suhu 0°C dan 37-38°C nauplia

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

akan mati. Beberapa ciri fisik yang dimiliki oleh nauplia yakni memiliki 1 mata sebagai fotoreseptor yang dapat berkembang menjadi 3 mata, rahang yang berfungsi untuk menyaring air dan fitoplankton serta memiliki antenna yang digunakan untuk berenang. (Dumitrascu, 2011)

Nauplia (larva) memiliki 15 tingkatan atau 15 instar. Instar I atau larva yang baru menetas dengan bentuk bulat lonjong bekisar 400 µm panjangnya dan 15 µg beratnya, bewarna kemerah-merahan, mulut dan anus belum terbentuk sempurna dan pada fase ini larva tidak makan. Setelah berumur 1 hari setelah menetas menjadi Instar II dengan ukuran panjang bekisar 600 µm, mulut dan saluran pencernaan sudah terbentuk sempurna sehingga pada fase ini larva dapat makan karna berkurangnya cadangan makanan. (Panjaitan, 2011)



Gambar 2.16 Siklus hidup *Artemia salina*

Sumber : Dumitrascu, 2011

2.6.4 Uji Toksisitas terhadap Larva *Artemia salina* dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT)

Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) adalah metode pengujian senyawa suatu ekstrak secara umum dalam mendeteksi sifat toksik yang dimiliki oleh senyawa tersebut (Sukardiman, 2004). Ditemukan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

adanya hubungan positif antara sitotoksik dengan metode BSLT. Metode BSLT digunakan sebagai tahap praskrining seperti yang dilakukan di Laboratorium *Purdue Cancer Center* pada enam jenis kultur sel line tumor pada manusia. Obat antikanker yang diuji dengan metode BSLT yaitu adriamisin dan podofilotoksin. Dimana Adriamisin memiliki nilai LC_{50} sebesar 0,08 µg/ml (Gu *et al*., 1995) sedangkan Podofilotoksin memiliki nilai LC_{50} sebesar 2,4 µg/ml (Meyer *et al*., 1982; Cutler and Cutler, 2000; Carballo *et al*., 2002).

Artemia salina (Brine Shrimp) mempunyai kesamaan dengan mamalia berupa respon terhadap senyawa kimia seperti pada tipe *DNA-dependent RNA polymerase* dan organisme ini mempunyai *ouabaine-sensitive* Na^+ dan K^+ *dependent ATPase*. Peran dari *DNA-dependent RNA polymerase* yaitu menggabungkan nukleotida-nukleotida RNA ketika membentuk pasangan basa di sepanjang cetakan DNA dan memisahkan kedua untai DNA. *Artemia salina* dapat mengalami kematian berawal dari sintesis RNA yang tidak dapat dilakukan oleh DNA karena dipengaruhi oleh suatu senyawa sehingga sintesis protein yang sedang berlangsung terganggu dan akan berakibat pada metabolisme sel (Solis *et al*., 1993).

Na^+ dan K^+ *dependent ATPase* adalah enzim yang berperan dalam menghidrolisis ATP menjadi ADP dan pengeluaran $3Na^+$ ke luar sel dan pengambilan $2K^+$ ke dalam sel dengan menggunakan energi. Inhibisi dari Na^+ dan K^+ *dependent ATPase* dan mempengaruhi proiferasi sel adalah fungsi dari *ouabaine*. Jika *ouabaine* dipengaruhi oleh suatu senyawa maka proliferasi sel akan terganggu dan berakibat pada kematian larva *Artemia salina* (Barret *et al*., 2010).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Beberapa alasan dalam penggunaan *Artemia salina* sebagai hewan uji, antara lain sebagai berikut :

a. Memiliki kesamaan dengan manusia seperti :
   1) Respon stress, Dalam hal ini respon yang dimaksud yakni terhadap situasi penuh tekanan yang mempengaruhi pada kemampuan reproduksi, pertahanan dan perilaku. (Gojardo and Beardmore, 2012)
   2) Kemampuan dalam memilah dan mengenali antar sesama sebagai cara untuk mempertahankan adaptasi ekologi. (Gojardo and Beardmore, 2012)
   3) Secara fisiologi seperti sistem saraf pusat, vaskular dan pencernaan sama dengan manusia. (Hayden, 2003)
b. Kematian yang disebabkan efek toksik dari senyawa bioaktif terhadap *Artemia salina* yang memiliki membran kulit tipis dianalogikan sebagai kematian suatu sel pada organisme. (Fenton, 2001)
c. Telur dalam kondisi kering dapat bertahan selama bertahun-tahun dan sangat mudah pula dalam hal penetasan yang hanya membutuhkan waktu selama 48 jam saja. (Kurniawan, 2011)

Dalam hal ini metode BLST merupakan tahap awal dalam mendeteksi keberadaan suatu senyawa bioaktif yang bersifat toksik sehingga dapat dijadikan suatu acuan untuk layak atau tidak suatu senyawa tersebut berpotensi sebagai antikanker. Kelebihan pada uji bioaktivitas dengan metode BLST meggunakan larva *Artemia salina* yakni tidak mahal, organisme mudah didapatkan, waktu pengujian sederhana, cepat, dan dengan sedikit sampel dapat memenuhi kebutuhan validasi statistik (Meyer *et al*., 1982).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.7 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu terkait biosintesis nanopartikel perak adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Hasil
Yalkin Masakke, Sulfikar, Muhaedah Rasyid	2015	Biosintesis Partikel-Nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana* L.)	Waktu reaksi optimum adalah 60 menit, partikel nano yang dihasilkan berbentuk acak dan cenderung untuk beragregrasi dengan distribusi ukuran antara 204,23 nm – 562,49 nm dan diameter rata-rata 339,44 nm.
Arumugam Sudha, Jeyaraman Jeyakanthan, Pappu Srinivasan	2017	Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Lippia nodiflora* Aerial Extract and Evaluation of Their Antioxidant, Antibacterial, and Cytotoxic Effects	Nanopartikel perak memiliki nilai puncak absorbansi pada 442 nm (suhu 95°C), dihasilkan struktur face center cubic dari karakterisasi XRD dan distribusi ukuran partikel antara 30-60 nm pada TEM. Pada FTIR gugus fungsi yang terlihat yakni phenolic groups, amide groups, aliphatic amines, alcohols. Aktivitas antibakteri pada konsentrasi 50 µg/ml AgNp menghasilkan zona hambat sebesar 24,1 mm pada S. *pneumonia*, 22 mm pada *E.coli*, 20,4 mm pada *K. pneumonia* dan 18,2 mm pada *S. mutans*. Aktivitas antioksidan pada metode DPPH dengan presentase 67% pada 500 µg/ml. Sitotoksik pada sel kanker didapatkan nilai Lc_{50} pada konsentrasi AgNP 40 µg/ml setelah perlakuan selama 24 jam.
Septiana Ribka Purnomo, Ni Nyoman Rupiasih dan Made Sumadiyasa	2017	Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Biologi Menggunakan Ekstrak Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness)	Nanopartikel perak memiliki nilai puncak absorbansi pada 423 nm, dihasilkan struktur face center cubic dari karakterisasi XRD dan distribusi ukuran partikel antara 10-30 nm pada TEM.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini mengenai biosintesis nanopartikel perak (AgNP) menggunakan ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.). Ekstrak buah tin sebagai agen pereduksi dari logam perak nitrat ($AgNO_3$). Nanopartikel perak yang terbentuk akan diaplikasikan untuk aktivitas antioksidan dengan mencari IC_{50} yang dihasilkan dari persamaan regresi linier dan toksisitas larva *Artemia salina* dengan mencari nilai LC_{50} yang dihasilkan dari persamaan regresi polinomial.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2018 – Mei 2019 bertempat di Laboratorium Kimia Organik Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Universitas Negeri Surabaya dan ULP Universitas Airlangga. Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) terhadap aktivitas antioksidan dan toksisitas *Artemia salina*

No.	Kegiatan	Bulan															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	Persiapan	■															
2.	Pembuatan proposal skripsi		■	■	■	■	■	■									
3.	Seminar proposal								■								
4.	Pengamatan di Laboratorium										■	■	■	■	■		
5.	Analisis data												■	■	■		
6.	Pembuatan draft skripsi													■	■	■	
7.	Seminar hasil penelitian																■

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi $AgNO_3$, buah tin (*Ficus carica*), aquades, metanol, DPPH, telur *Artemia salina*, air laut, dan plastik wrap.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gelas beker, erlenmeyer, spatula, magnetic stirrer, pipet tetes, gelas ukur, hot plate, blender, oven termo, termometer, pisau, loyang besar, baskom, talenan, timbangan analitik, aerator, botol vial, Freeze dryer, Spektrofotometer UV-Vis, Spektrofotometer FTIR, XRD dan PSA.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi antara ekstrak tin dan $AgNO_3$ dalam biosintesis nanopartikel perak (AgNP) ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) yang digunakan untuk aktivitas antioksidan dan toksisitas larva *Artemia salina*.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah aktivitas antioksidan dan toksisitas larva *Artemia salina*.

3.4.3 Variabel Kontrol

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah waktu pengamatan pembuatan AgNP ekstrak buah tin (*Ficus carica*) yakni 30 menit, 1 jam, 3 jam, 6 jam, 1 hari, 2 hari, 7 hari, 11 hari, 15 hari, 17 hari, 22 hari, 29 hari dan 32 hari.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Preparasi Buah Tin (*Ficus carica* L.)

Sebanyak 1 kg buah tin (*Ficus carica* L.) dipotong menjadi bagian yang lebih kecil dan diletakkan pada loyang besar. Dimasukkan ke dalam oven selama 5 hari dengan suhu 60°C. Setelah kering, buah tin (*Ficus carica* L.) diblender hingga menjadi serbuk halus.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.2 Biosintesis Nanopartikel Perak (AgNP) Ekstrak Buah Tin (*Ficus carica* L.)

Sebanyak 5 gr serbuk buah tin (*Ficus carica* L.) ditambahkan 100 ml aquades dan dididihkan selama 30 menit. Kemudian disaring dengan kertas saring. Filtrat ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) dicampurkan dengan larutan $AgNO_3$ 1 mM sesuai dengan perbandingan yang digunakan yakni 1:3, 1:6 dan 1:9. Masing-masing dari perbandingan tersebut diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit dan disimpan dalam suhu ruang ditempat gelap.

3.5.3 Karakterisasi Biosintesis Nanopartikel Perak (AgNP) Ekstrak Buah Tin (*Ficus carica* L.)

a. Spektofotometer UV-Vis

Karakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk menentukan nilai puncak absorbansi pada serapan panjang gelombang yang mengindikasikan telah terbentuk nanopartikel perak yakni berkisar antara 400-450 nm.

b. Spektofotometer FTIR

Karakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara gugus fungsi dari metabolit sekunder pada ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) murni dengan gugus fungsi dari metabolit sekunder pada ekstrak buah tin (*Ficus carica* L.) yang berikatan dengan larutan $AgNO_3$ sehingga terbentuk nanopartikel perak.

c. XRD (*X-Ray Power Diffraction*)

Karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Power Diffraction*) bertujuan untuk mengetahui struktur kristal dari suatu bahan dengan cara melihat puncak-puncak yang dihasilkan secara spesifik.

d. PSA (*Particle Size Analyze*)

Karakterisasi menggunakan PSA (*Particle Size Analyze)* bertujuan untuk mengetahui ukuran dan distribusi partikel yang telah terbentuk.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.5.4 Antioksidan (Metode DPPH)

Pembuatan larutan stok 1000 ppm dengan masing-masing menimbang 25 mg nanopartikel perak dan ekstrak buah tin kemudian dilarutkan dalam 25 ml aquades. Masing-masing dari larutan stok diencerkan dengan aquades hingga mendapatkan konsentrasi 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm.

1 ml dari masing-masing konsentrasi ditambahkan 2 ml metanol dan 1 ml DPPH 0,1 mM dalam metanol. Setelah itu divorteks dan dibiarkan selama 30 menit dalam suhu ruang ditempat gelap (Thilagavathi *et al*., 2016). Absorbansi diukur pada 517 nm (Niraimathi *et al*., 2012). Blanko menggunakan aquades sedangkan kontrol menggunakan 1 ml DPPH 0,1 mM dan ditambahkan dengan 2 ml metanol.

Perhitungan presentase inhibisi serapan DPPH dengan menggunakan rumus Menurut Molyneux (2004) :

$$\%\ Inhibisi = \frac{Absorbansi\ kontrol - Absorbansi\ sampel}{Absorbansi\ kontrol}\ x\ 100\%$$

Keterangan :

Absorbansi kontrol : Serapan radikal DPPH

Absorbansi sampel : Serapan sampel dalam radikal DPPH

Selanjutnya, perhitungan nilai IC_{50} dari tiap-tiap konsentrasi menggunakan persamaan regresi linier :

$$y = a + bx$$

Keterangan :

y = % inhibisi

a = Intercept

x = Konsentrasi

b = Nilai slope

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Nilai IC_{50} merupakan konsentrasi yang diperoleh pada saat % inhibisi sebesar 50. Maka, rumus untuk menghitung nilai IC_{50} persamaannya menjadi :

$$50 = a + bx$$

Sehingga diperoleh x sebagai nilai IC_{50}.

3.5.5 Uji Toksisitas Nanopartikel Perak terhadap Larva *Artemia salina*

Sebanyak 1 gr telur artemia ditetaskan menggunakan air laut didalam baskom dan diaerasi menggunakan aerator, dibiarkan selama 2 hari dengan suhu 25-29°C (Kumar *et al*., 2012). Konsentrasi nanopartikel perak yang digunakan yaitu 1000 ppm, 500 ppm, 100 ppm, 80 ppm, 40 ppm, 20 ppm dan 10 ppm. Botol vial yang telah berisi nanopartikel perak sesuai dengan konsentrasi masing-masing ditambahkan air laut hingga 10 ml (Supriningrum dkk, 2016) dan dimasukkan sebanyak 10 telur *Artemia salina* yang sudah ditetaskan ke dalamnya. Setiap konsentrasi dilakukan dengan 3 kali pengulangan (Rahayu dkk., 2013). Diamati kematian *Artemia salina* selama 15, 30, 45, 60, 120, 1440 menit.

Perhitungan presentase mortalitas larva pada tiap konsentrasi Menurut Meyer *et al.*, (1982) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Persentase\ mortalitas = \frac{Jumlah\ larva\ mati}{Jumlah\ larva\ total}\ x\ 100\%$$

Setelah mendapatkan presentase mortalitas, menentukan nilai probit dengan mencocokkan tabel probit. Lalu, menentukan log konsentrasi dengan cara membuat grafik dengan persamaan regresi polynomial :

$$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Selanjutnya, penentuan nilai LC_{50} dapat diketahui dengan menghitung dari persamaan garis lurus dengan memasukkan nilai 5 sebagai y (probit 50% mortalitas hewan uji) sehingga dihasilkan nilai x sebagai log konsentrasi. Antilog nilai x tersebut merupakan nilai LC_{50}. (Priyanto, 2009)

3.6 Analisis Data

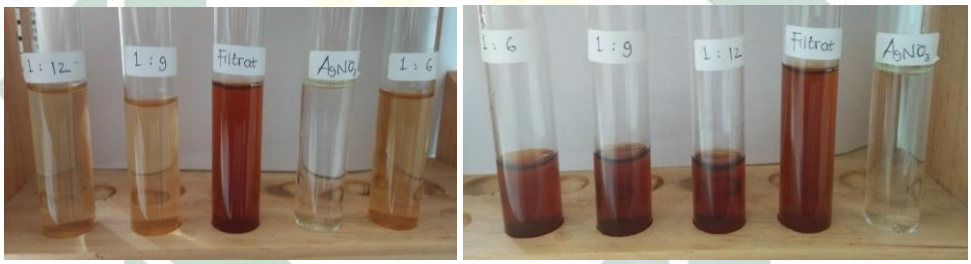
Analisis data yang digunakan dalam penentuan aktivitas antioksidan dengan analisis regresi linier dan toksisitas larva *Artemia salina* dengan analisis regresi polinomial, pengolahan data baik pada antioksidan dan toksisitas larva *Artemia salina* menggunakan Microsoft Excel.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Nanopartikel

Pembentukan nanopartikel perak dapat diketahui secara kualitatif dengan melihat warna larutan mengalami perubahan dan secara kuantitatif melalui karakterisasi larutan yang dilakukan dengan 4 pengujian yaitu spektrofotometer uv-vis, spektrofotometer FTIR, XRD (*X-Ray Difraction*) dan PSA (*Particle Size Analyze*). Perubahan warna pada suatu larutan dipengaruhi oleh adanya proses reduksi ion perak dari senyawa organik pada tanaman (Elumalai *et al.*, 2011). Warna yang mengindikasikan telah terbentuk nanopartikel menurut Thirumurgan *et al*. (2010) dan Shankar *et al*. (2004) adalah kekuning-kuningan hingga coklat.

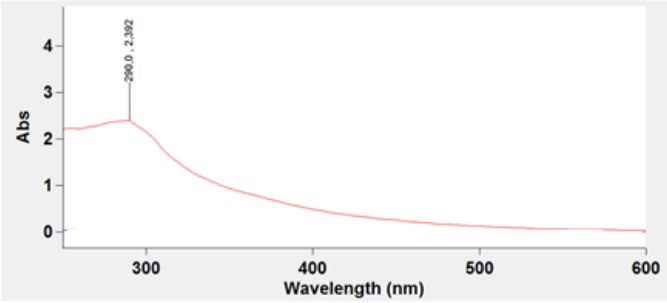


(a) (b)

Gambar 4.1 Kenampakan warna larutan (a) sebelum bereaksi (b) sesudah bereaksi
Sumber : Dokumentasi Pribadi

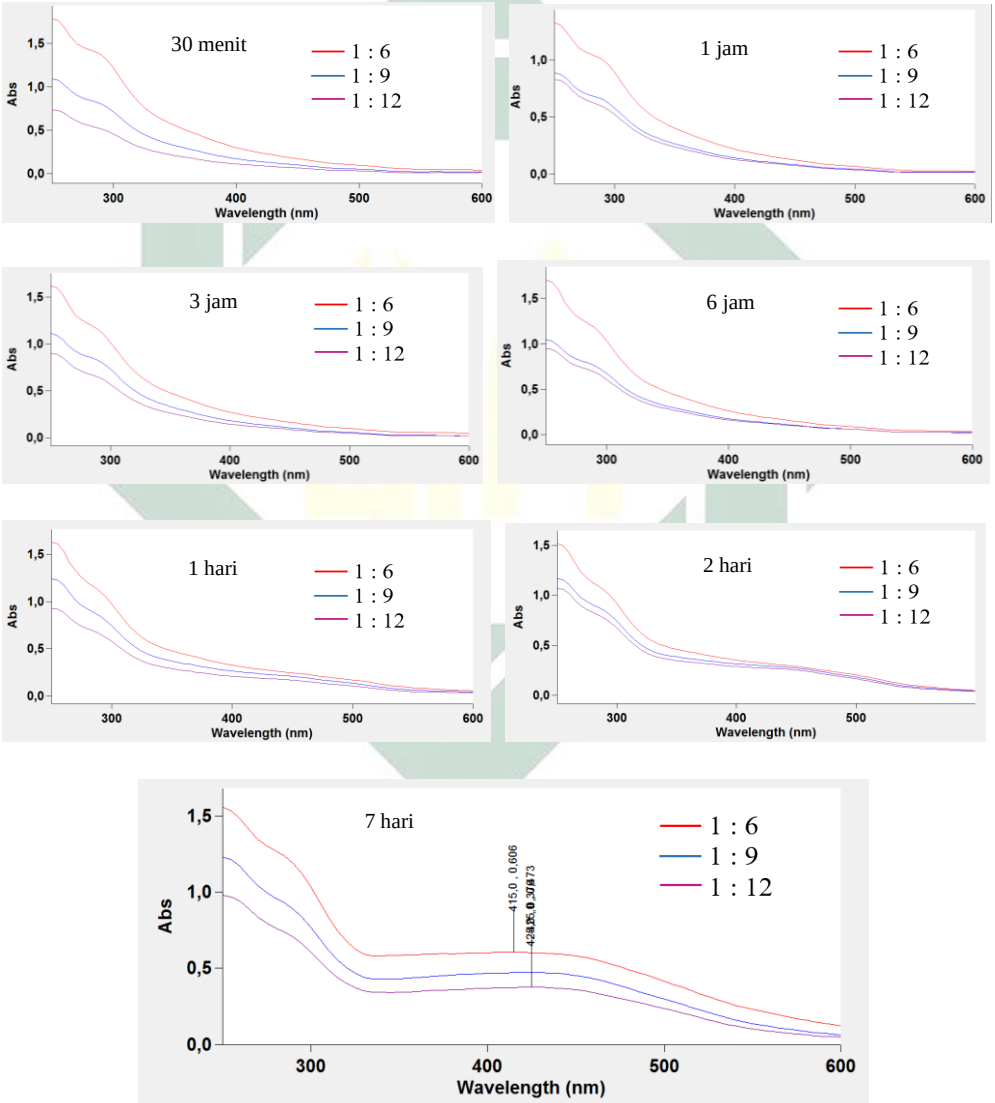
Pada nanopartikel perak ekstrak buah tin pada masing-masing perbandingan baik 1:6, 1:9 maupun 1:12 warna yang terbentuk berawal dari kuning menjadi coklat kemerahan. Warna pada larutan ini yang mengalami perubahan telah mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak ekstrak buah tin. Pada penelitian Ahmed *et al.* (2015) larutan berubah warna dari kuning kecoklatan menjadi coklat pada nanopartikel perak ekstrak *Azadirachta indica*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.2 Hasil spektrofotometer uv-vis filtrat buah tin

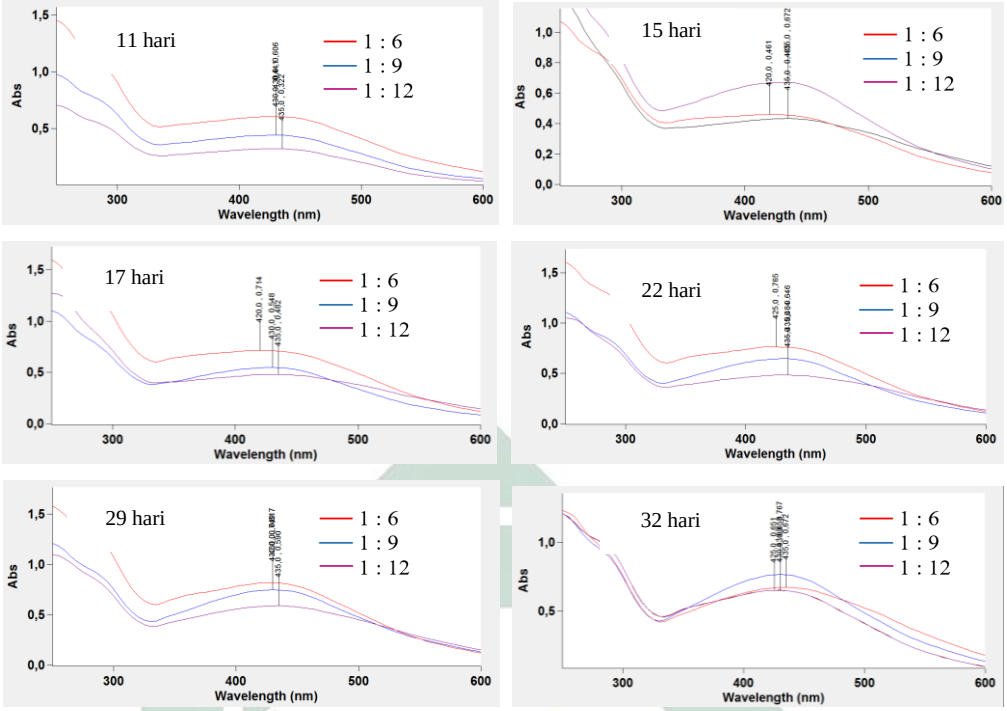
Sumber : Dokumentasi Pribadi



Gambar 4.3 Hasil spektrofotometer uv-vis dengan panjang gelombang 250 nm-600 nm pada nanopartikel perak ekstrak buah tin perbandingan 1:6, 1:9 dan 1:12

Sumber : Dokumentasi Pribadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.4 Hasil spektrofotometer uv-vis dengan panjang gelombang 250 nm – 600 nm pada masing-masing perbandingan selama beberapa hari
Sumber : Dokumentasi Pribadi

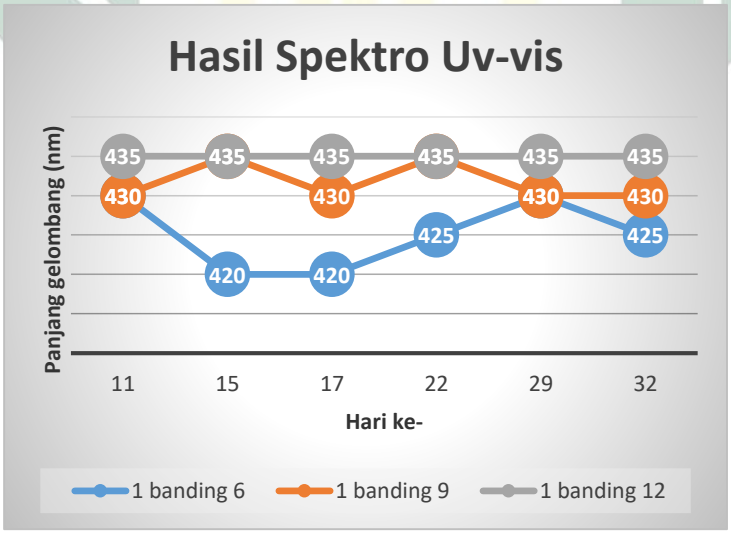
Karakterisasi awal dengan melakukan pengujian spektrofotometer uv-vis pada panjang gelombang 250 nm – 600 nm untuk filtrat buah tin dan larutan nanopartikel perak setiap 30 menit, 1 jam, 3 jam, 6 jam, 1 hari dan 2 hari pada masing-masing perbandingan larutan. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu pembentukan nanopartikel perak ekstrak buah tin. Dari hasil pengukuran panjang gelombang yang dihasilkan oleh filtrat buah tin adalah 290 nm dengan nilai absorbansi 2,392 yang dapat dilihat pada gambar 4.2.

Gambar 4.3 Hasil spektrofotometer uv-vis dengan waktu 30 menit, 1 jam, 3 jam, 6 jam, 1 hari dan 2 hari pada masing-masing perbandingan larutan belum mengindikasikan terbentuknya nanopartikel perak dan setelah diujikan pada hari ke-7 nanopartikel perak telah terbentuk dimana pada perbandingan 1:6 memiliki panjang gelombang 415 nm, perbandingan 1:9 dan 1:12 memiliki panjang gelombang yang sama yaitu 425 nm. Panjang gelombang tersebut merupakan panjang gelombang yang mengindikasikan telah terbentuknya nanopartikel perak dengan panjang gelombang berkisar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

antara 400 – 450 nm (Bakir, 2011). Penelitian Azmi and Norhidayah (2015) pada nanopartikel perak ekstrak *Alpinia galanga* menghasilkan puncak serapan pada panjang gelombang 430 nm. Hal ini juga serupa dengan penelitian Firdhouse (2012) pada nanopartikel perak ekstrak metanol daun *Pisonia grandis* (R.Br) menghasilkan puncak serapan pada panjang gelombang 421 nm.

Perbandingan 1:6, 1:9 dan 1:12 selama beberapa hari tetap dilakukan pengujian spektrofotometer uv-vis dengan tujuan untuk mengetahui kestabilan dari nanopartikel perak yang terbentuk sebelum dilakukan karakterisasi lanjutan. Kestabilan tersebut dilihat dari dua hal yakni ketahanan larutan dalam mempertahankan terbentuknya nanopartikel yang tetap berada pada panjang gelombang antara 400-450 nm sehingga dapat dipastikan bahwa partikel pada larutan tidak mengalami aglomerasi dan panjang gelombang yang dihasilkan konstan. Pada gambar 4.4 adalah hasil spektrofotometer uv-vis selama beberapa hari pada masing-masing perbandingan dapat dilihat pada gambar 4.5.



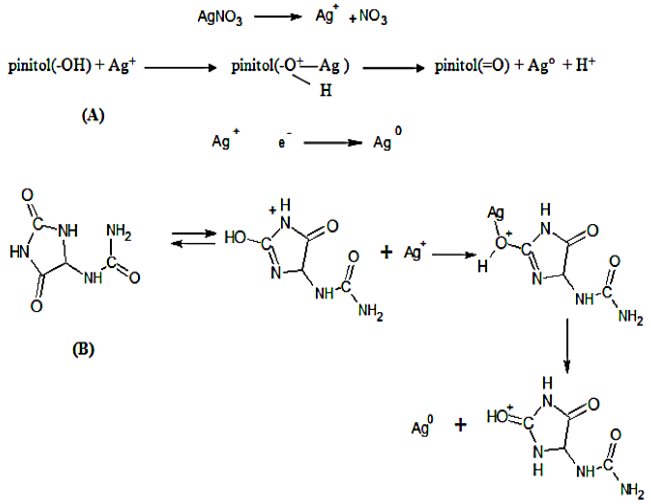
Gambar 4.5 Grafik hasil spektrofotometer selama beberapa hari
Sumber : Dokumentasi Pribadi

Grafik pada gambar 4.5 menunjukkan bahwa dari ketahanan larutan dalam mempertahankan terbentuknya nanopartikel pada ketiga perbandingan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

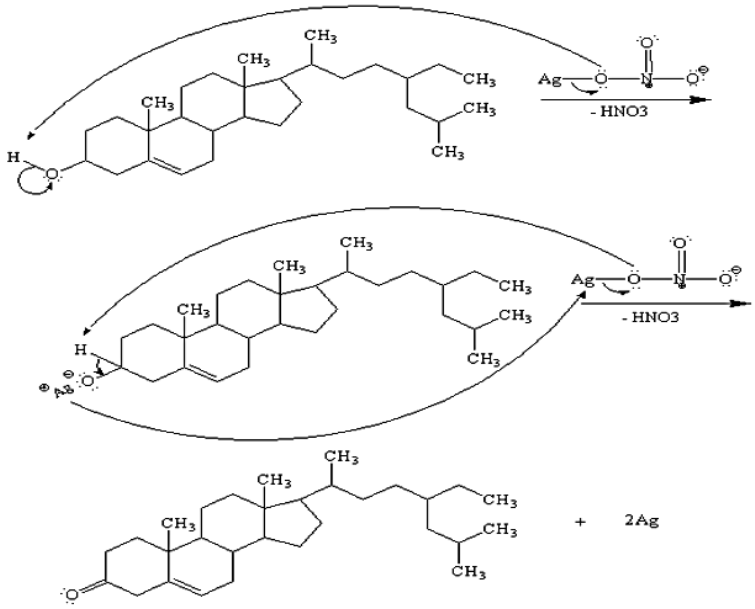
tersebut panjang gelombang yang dihasilkan sampai pada hari ke-32 berada diantara 400-450 nm yang artinya larutan tetap terbentuk nanopartikel. Sedangkan pada kestabilan panjang gelombang yang konstan terdapat pada perbandingan 1:12 yakni 435 nm. Kestabilan larutan disebabkan ekstrak buah tin tidak hanya berperan sebagai agen pereduksi tetapi juga sebagai agen penstabil. Berdasarkan data pengamatan tersebut maka perbandingan 1:12 akan dikarakterisasi melalui pengujian pada tahap selanjutnya.

Karakterisasi selanjutnya dengan melakukan pengujian FTIR yang mana pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi pada senyawa metabolit sekunder. Menurut Yalkhin (2014) Proses reduksi hingga terbentuk nanopartikel tidak terlepas dari peran metabolit sekunder, dimana gugus fungsi dalam senyawa metabolit sekunder tersebut yang akan bekerja dengan cara mendonorkan elektron ke ion Ag^+ sehingga ion Ag^+ menjadi Ag^0 (tidak bermuatan). Namun menurut Bakir (2011) reaksi yang terjadi antara gugus fungsi dari senyawa metabolit sekunder dengan logam Ag belum diketahui secara pasti sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan. Pada penelitian Firdhouse dkk (2012) dan Zakir dkk (2014) memperkirakan reaksi biosintesis yang terjadi antara senyawa metabolit dengan perak nitrat ($AgNO_3$) sehingga dapat menghasilkan nanopartikel perak yang dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6 Proses pembentukan nanopartikel perak dengan pereduksi senyawa pinitol (A) dan allantoin (B) yang terdapat pada *Pisonia grandis*
Sumber : Firdhouse dkk, 2012

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

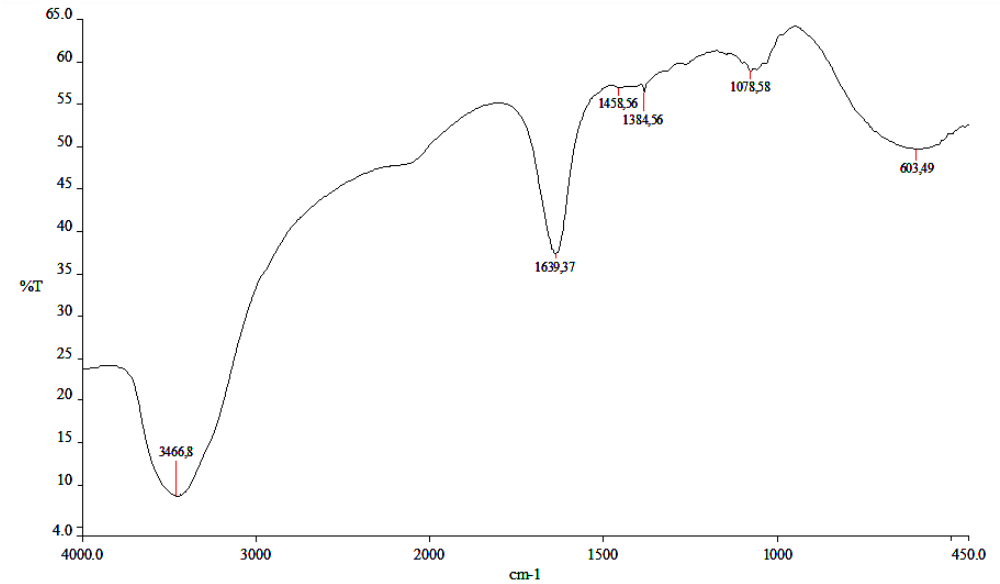


Gambar 4.7 Proses pembentukan nanopartikel perak dengan pereduksi ekstrak daun paliasa (*Kleinhovia hospita* Linn.)
Sumber : Zakir dkk, 2014

Pengujian FTIR dilakukan pada filtrat buah tin dan larutan nanopartikel perak ekstrak buah tin dengan tujuan untuk membandingkan gugus fungsi dari senyawa metabolit sekunder. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari metabolit sekunder apa saja yang terdapat pada filtrat buah tin yang berikatan dengan $AgNO_3$ sehingga dapat membentuk nanopartikel perak ekstrak buah tin. Pada gambar 4.8 adalah hasil pengujian FTIR filtrat buah tin dengan menghasilkan bilangan gelombang 3466,8 cm^{-1} dengan gugus fungsi O-H yakni termasuk dalam senyawa alkohol. Pada bilangan gelombang 1639,37 cm^{-1} dengan gugus fungsi C=C yakni senyawa alkena, 1458,56 cm^{-1} dengan gugus fungsi C=C yakni senyawa aromatik, 1384,56 cm^{-1} dengan gugus fungsi C-H yakni senyawa alkana, 1078,58 cm^{-1} dengan gugus fungsi C-O yakni senyawa asam karboksilat serta bilangan gelombang 603,49 cm^{-1} dengan gugus fungsi O-H yakni senyawa asam karboksilat. Sedangkan pada gambar 4.9 adalah hasil pengujian FTIR larutan nanopartikel perak ekstrak buah tin dengan menghasilkan bilangan gelombang 3454,15 cm^{-1} dengan gugus fungsi O-H

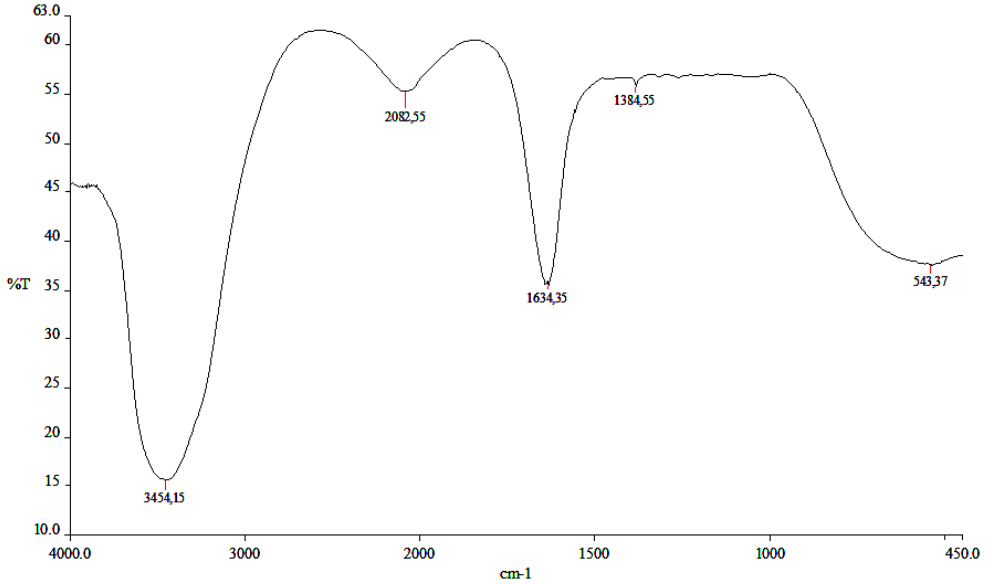
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yakni tergolong senyawa alkohol, 2082,55 cm^{-1} dengan gugus fungsi C=C yakni senyawa alkin, 1634,35 cm^{-1} dengan gugus fungsi C=O yakni senyawa amida, 1384,55 cm^{-1} dengan gugus fungsi C-H yakni senyawa alkana dan 543,37 cm^{-1} dengan gugus fungsi O-H yakni senyawa asam karboksilat.



Gambar 4.8 Hasil pengujian FTIR pada filtrat buah tin

Sumber : Dokumentasi Pribadi



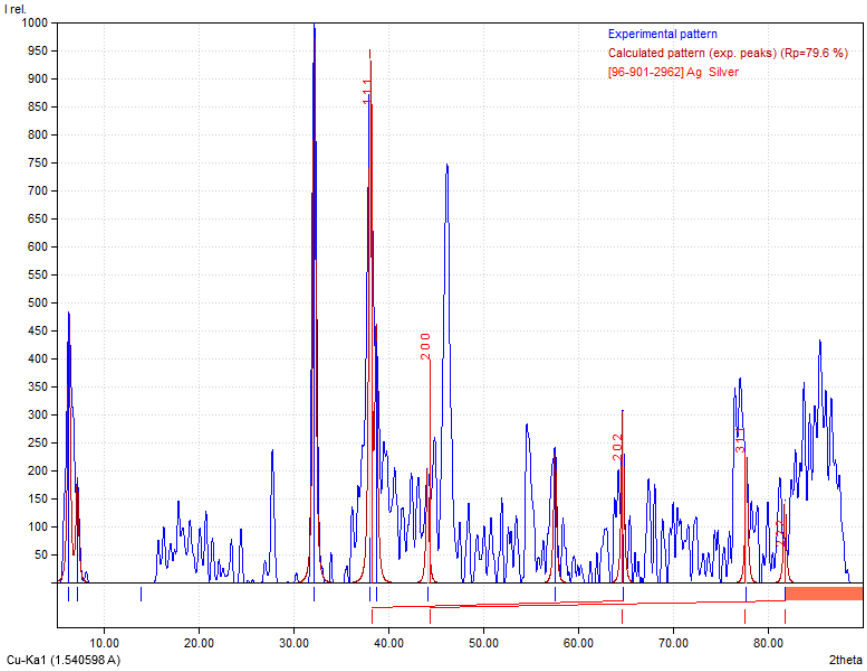
Gambar 4.9 Hasil pengujian FTIR pada larutan nanopartikel perak ekstrak buah tin

Sumber : Dokumentasi Pribadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan gugus fungsi yang telah teridentifikasi dari kedua perbandingan tersebut maka tidak semua gugus fungsi pada filtrat buah tin berikatan dengan $AgNO_3$. Dikatakan dalam penelitian Shankar *et al.* (2004) yang menyatakan bahwa beberapa senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan yang berperan dalam mereduksi Ag^+ seperti flavonoid, fenolik dan terpenoid dengan memiliki gugus fungsi amida, aldehid dan asam karboksilatat.

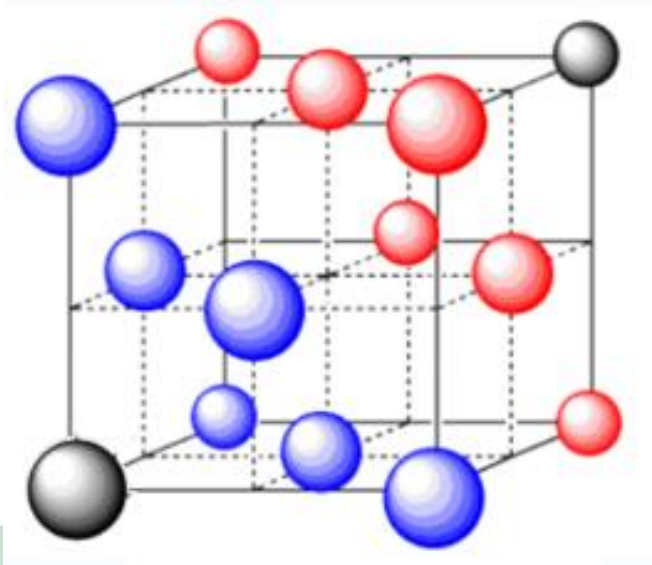
Karakterisasi ketiga yaitu melakukan pengujian XRD. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari nanopartikel perak ekstrak buah tin yang telah terbentuk. Pada penelitian ini berdasarkan AMCSD (*American Mineralogist Crystal Structure Database*) No. 001113 puncak-puncak 2θ yang dihasilkan menandakan adanya Ag yaitu 37,9° ; 44,05° ; 64,25° ; 76,9° dan 81,3° dengan masing-masing nilai hkl secara berurutan (111), (200) (202), (311), dan (222) dapat dikatakan bahwa struktur kristal pada nanopartikel perak ekstrak buah tin berbentuk *Cubic closest packed* (CCP).



Gambar 4.10 Hasil pengujian *X-Ray Diffraction*

Sumber : Dokumentasi pribadi

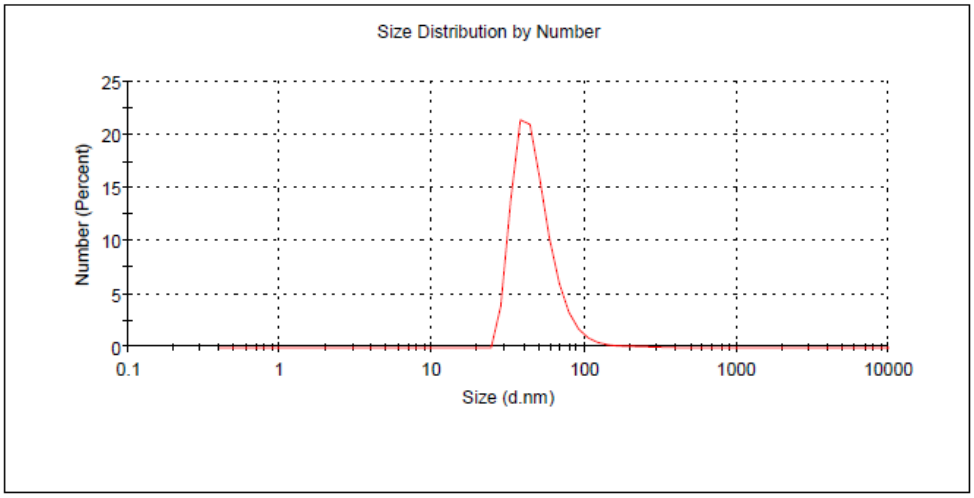
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.11 *Cubic closest packed* (CCP)
Sumber : Shapley, 2012

Karakteristik terakhir yaitu pengujian PSA (*Particle Size Analyze*), pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel yang telah terbentuk. Ukuran nanopartikel berkisar antara 1-100 (Sharma dkk, 2009). Ukuran partikel yang terbentuk pada penelitian ini yaitu 49,19 nm dimana hal ini membuktikan bahwa larutan telah terbentuk ukuran nano. Selain itu, terdapat nilai PI (*Polydispersity index*) dimana nilai PI merupakan nilai dari sebaran ukuran partikel yang terbentuk. Menurut Nengsih dkk (2013) nilai PI lebih besar dari 1,0 artinya ukuran partikel tidak homogen sedangkan nilai PI lebih kecil dari 1,0 artinya ukuran partikel homogen. Hasil penelitian menunjukkan nilai PI sebesar 0,449 dengan kata lain ukuran partikel yang telah terbentuk homogen (seragam) karena nilai PI kurang dari 1,0. Sehingga dapat dikatakan bahwa ukuran yang terbentuk memiliki kualitas yang baik dimana satu sisi ukuran yang terbentuk antara 1-100 nm yakni 49,19 nm dengan nilai PI yang menunjukkan sebaran partikel yang seragam.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



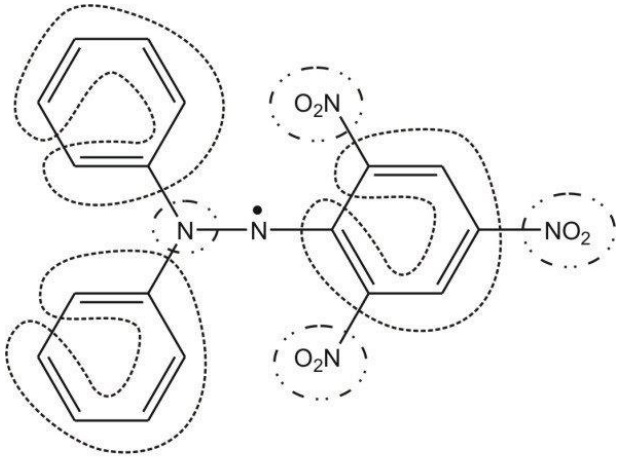
Gambar 4.12 Hasil pengujian *particle size analyze*

Sumber : Dokumentasi pribadi

4.2 Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan dapat diketahui melalui metode uji DPPH. *1,1-difenil-2-picrylhdrazyl* adalah radikal bebas yang membutuhkan donor elektron dari suatu senyawa pada tanaman. Tujuan metode uji ini tidak lain untuk melihat nilai IC_{50} dimana nilai ini memperlihatkan konsentrasi senyawa yang berpotensi sebagai antioksidan dengan kadar 50% untuk dapat menangkap radikal bebas. *1,1-difenil-2-picrylhdrazyl* berwarna violet, warna ini berasal dari gugus kromofor dan gugus auksokrom yang dimiliki oleh DPPH. Gugus kromofor adalah suatu gugus fungsi yang tidak terhubung dengan gugus lain ataupun gugus senyawa yang terdiri dari ikatan rangkap terkonjugasi yang mengandung elektron terdelokalisasi. Contoh gugus kromofor seperti benzena, azo, etilen, karbonil, aldehid, asetilen dan lain-lain. Sedangkan gugus auksokrom adalah suatu gugus yang terionisasi sehingga absorpsi mengalami peningkatan dan kekuatan ikatan pada suatu senyawa. Contoh gugus auksokrom seperti $–NH_3$, -COOH, -OH, $-HSO_3$ (Al-Ghouti, 2004).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.13 Gugus Kromofor dan gugus auksokrom pada DPPH

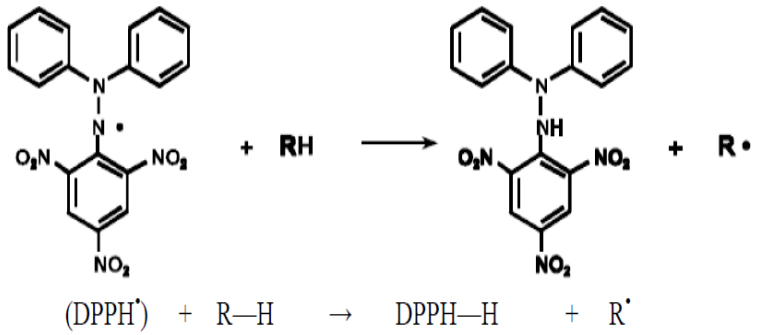
Keterangan :

---------- = gugus kromofor

– ·· – ·· – ·· = gugus auksokrom

Sumber : Edhisambada, 2011

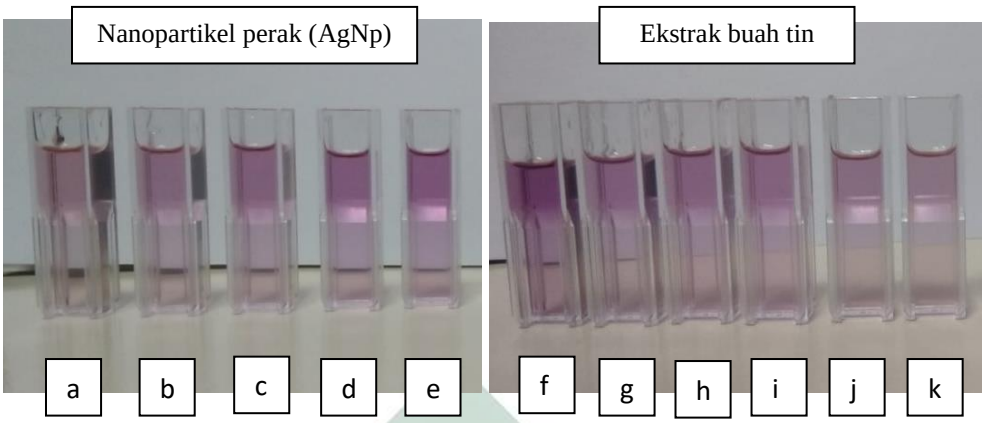
Keberadaan senyawa antioksidan menyebabkan perubahan warna pada DPPH. Menurut Dehpour *et al.* (2009) metabolit sekunder pada tanaman yang berperan sebagai pendonor elektron pada DPPH ketika direaksikan maka akan menghasilkan perubahan intensitas warna, warna ungu DPPH berubah menjadi ungu muda hingga kuning. Pada penelitian ini DPPH berwarna violet tetapi pada konsentrasi sampel semakin tinggi maka intensitas warna semakin pudar dapat dilihat pada gambar 4.14. Perubahan intensitas warna dapat terjadi karena DPPH menangkap atom hidrogen dari senyawa antioksidan sehingga DPPH mengalami reduksi menjadi DPPH-H (Szabo *et al.*, 2006).



Gambar 4.14 Mekanisme penghambatan radikal bebas oleh senyawa antioksidan

Sumber : Liang and Kitts, 2014

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.15 Perubahan intensitas warna DPPH ketika bereaksi dengan senyawa antioksidan

Keterangan :

(a) 200 ppm AgNP + DPPH (b) 150 ppm AgNP + DPPH (c) 100 ppm AgNP + DPPH (d) 50 PPM AgNP + DPPH (e) 25 ppm AgNP + DPPH (f) DPPH 0,1 mM (g) 25 ppm ekstrak buah tin + DPPH (h) 50 ppm ekstrak buah tin + DPPH (i) 100 ppm ekstrak buah tin + DPPH (j) 150 ppm ekstrak buah tin + DPPH (k) 200 ppm ekstrak buah tin + DPPH

Sumber : Dokumentasi pribadi

Selain pengamatan secara fisik, aktivitas antioksidan diuji menggunakan spektrofotometer uv-vis. Panjang gelombang yang digunakan yaitu 517 nm, hal ini didasarkan karena nilai tersebut merupakan serapan tertinggi DPPH (Kedare and Singh, 2011). Blanko menggunakan aquades yang berfungsi sebagai kalibrasi alat sehingga nilai menjadi 0. Kontrol pada penelitian ini adalah DPPH 0,1 mM dalam metanol. Metanol merupakan pelarut yang baik untuk DPPH karna tidak mempengaruhi reaksi DPPH dan pengukuran absorbansi (Molyneux, 2004). Hasil dari pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan spektrofotometer uv-vis dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.1 Hasil spektrofotometer uv-vis untuk pengujian aktivitas antioksidan pada nanopartikel perak ekstrak buah tin

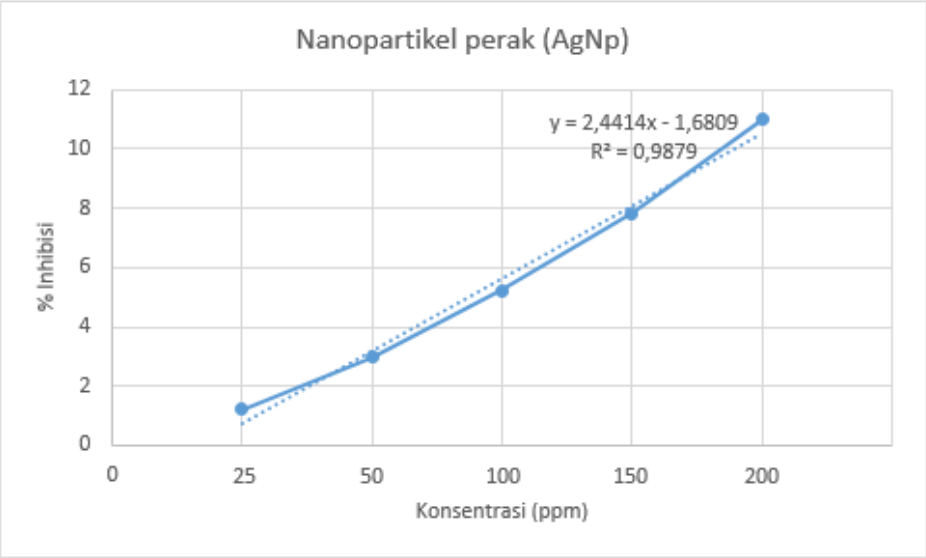
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	% inhibisi	IC_{50}	Aktivitas Antioksidan
200	0,3230	10,99476	21,168 ppm	Sangat kuat IC_{50} < 50 ppm
150	0,3345	7,825847		
100	0,3440	5,208046		
50	0,3521	2,976026		
25	0,3585	1,212455		
Kontrol (DPPH)	0,3629	-		

Tabel 4.2 Hasil spektrofotometer uv-vis untuk pengujian aktivitas antioksidan pada ekstrak buah tin

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	% inhibisi	IC_{50}	Aktivitas Antioksidan
200	0,3144	13,36456	35,635 ppm	Sangat kuat IC_{50} < 50 ppm
150	0,3146	13,30945		
100	0,3185	12,23478		
50	0,3269	9,920088		
25	0,3296	9,176082		
Kontrol (DPPH)	0,3629	-		

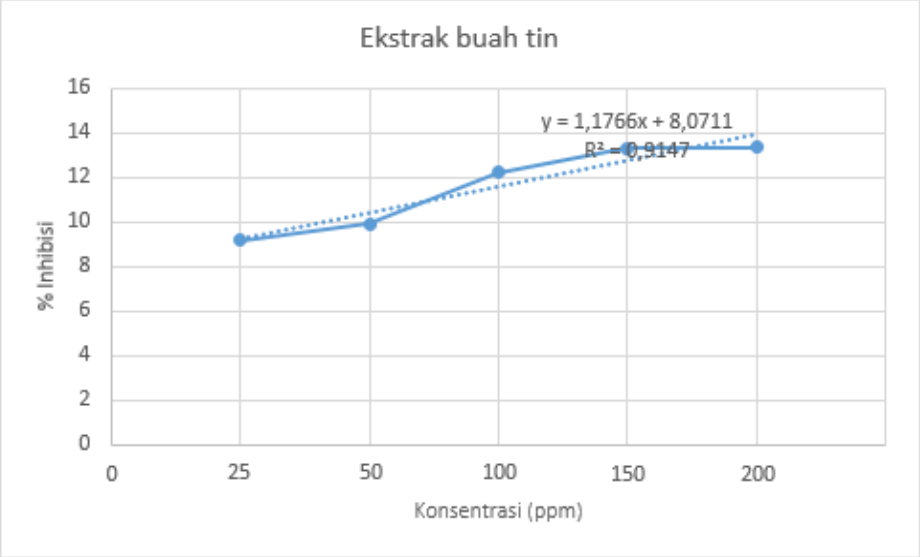
Berdasarkan tabel 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa semakin rendah konsentrasi sampel maka nilai absorbansi semakin tinggi dan diikuti dengan % inhibisi semakin rendah. Kenaikan nilai absorbansi dan penurunan % inhibisi dipicu oleh reduksi DPPH sehingga elektron berpasangan dengan atom hidrogen pada nanopartikel perak ekstrak buah tin. Besarnya nilai IC_{50} dalam penelitian ini adalah 21,168 ppm pada nanopartikel perak dan 35,635 ppm pada ekstrak buah tin, artinya konsentrasi senyawa antioksidan yang diperlukan untuk menangkap 50% radikal bebas DPPH sebesar 21,168 ppm dan 35,635 ppm. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa nilai IC_{50} sebesar 21,168 ppm dan 35,635 ppm memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat karena nilai IC_{50} < 50 ppm (Zuhra dkk, 2008). Berdasarkan nilai IC_{50} yang telah dihasilkan aktivitas antioksidan pada nanopartikel perak menunjukkan hasil yang lebih baik dari pada ekstrak buah tin.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.16 Grafik % inhibisi dan konsentrasi pada nanopartikel perak

Sumber : Dokumentasi pribadi



Gambar 4.17 Grafik % inhibisi dan konsentrasi pada ekstrak buah tin

Sumber : Dokumentasi pribadi

Grafik pada gambar 4.15 menunjukkan hasil dari persamaan regresi linier yang telah diolah menggunakan microsoft excel pada nanopartikel perak didapatkan nilai y = 2,4414x - 1,6809 dengan nilai R^2 sebesar 0,9879 sedangkan grafik pada gambar 4.16 pada ekstrak buah tin didapatkan nilai y = 1,1766x + 8,0711 dengan nilai R^2 sebesar 0,9147. R^2 merupakan penggambaran dari suatu linearitas % inhibisi dengan konsentrasi. Menurut

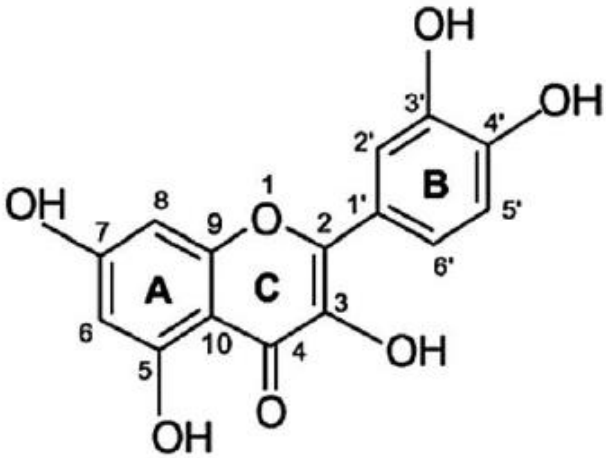
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Prawirodiharjo (2014) jika nilai R^2 mendekati 1 maka dapat diartikan dengan semakin tinggi konsentrasi ekstrak akan sejalan dengan semakin tinggi pula aktivitas antioksidan dalam menghambat radikal bebas. Pada penelitian ini nilai R^2 pada nanopartikel perak lebih mendekati angka 1 dari pada nilai R^2 pada ekstrak buah tin.

Pengamatan yang telah dilakukan baik secara fisik maupun secara pengukuran menggunakan spektrofotometer uv-vis baik pada nanopartikel perak maupun ekstrak buah tin dalam penelitian ini dapat dinyatakan berpotensi sebagai antioksidan. Dalam karakterisasi FTIR yang telah dilakukan ditemukan keberadaan gugus OH, Dimana gugus OH ini merupakan ciri dari senyawa fenolik. Turunan dari senyawa fenolik seperti flavonoid, tanin dan triterpenoid. Flavonoid adalah polifenol atau sekelompok besar antioksidan yang terdiri dari flavanon, antosianidin, flavonol, katekin, biflavon dan flavon (Cook *et al.*, 1996). Kuersetin merupakan golongan dari flavonol atau 3-hydroxyflavone (Cook *et al.*, 1996). Pada buah tin mg/kg berat kering terdapat kandungan quercetin-3-glucoside sebesar 4,1-1402 (Vallejo *et al.*, 2012).

Radikal bebas merupakan atom yang tidak stabil dan bersifat reaktif. Untuk mencapai kestabilan tersebut maka elektron pada radikal bebas akan bereaksi agar memperoleh pasangan. Jika reaksi ini berlangsung secara terus menerus dapat mengakibatkan terserang penyakit salah satunya adalah kanker. Dalam hal ini, tubuh memerlukan penangkal radikal bebas yang dapat disebut sebagai antioksidan. Kadar kuersetin yang terdapat dalam buah tin sangat berpengaruh besar terhadap aktivitas antioksidan. Menurut Winarsi (2007) kuersetin sebagai antioksidan bekerja dengan cara menangkap elektron atau memotong reaksi oksidasi berantai pada radikal bebas. Sedangkan menurut Wang *et al.* (2006) dan Bors *et al.* (1990) kuersetin memiliki aktivitas antioksidan paling besar karena memiliki struktur kimia berupa orto-dihidroksil (-OH) pada cincin B dan 4-okso dalam konjugasi dengan alkena 2,3.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.18 Struktur kuersetin

Sumber : Ozgen *et al*., 2016

4.3 Toksisitas Larva *Artemia salina*

Tanaman dapat dipergunakan sebagai obat suatu penyakit dengan syarat tanaman tersebut memenuhi standar yang telah ditentukan seperti keamanan, khasiat dan kualitas. Perkembangan tanaman sebagai obat dapat dilakukan melalui pengujian toksisitas. Salah satu metode pengujian toksisitas dalam mengetahui efek toksik dari tanaman adalah *Brine Shrimp lethality test*. Metode ini dipilih karena mudah dalam penggunaan, tidak membutuhkan waktu yang lama dan tidak memerlukan biaya yang mahal. *Brine Shrimp lethality test* merupakan metode yang sering digunakan sebagai tahap praskrining kanker, dimana dalam tahap ini bertujuan untuk mengetahui efek toksik dari suatu bahan kimia atau dengan kata lain sebagai pendukung penemuan senyawa untuk antikanker (Mudi and Salisu, 2009).

Penggunaan *Artemia salina* sebagai hewan uji pada metode BSLT didasarkan karena memiliki kesamaan tanggapan dengan mamalia yakni terletak pada tipe DNA-dependent RNA polymerase (Panjaitan, 2011). Penetasan *Artemia salina* dilakukan dengan menggunakan air laut dan diaerasi selama 2 hari. Tujuan dari aerasi tidak lain adalah menjaga kelangsungan hidup *Artemia salina* agar mendapat asupan oksigen yang cukup. Telur *Artemia salina* yang sudah menetas akan bewarna kekuning-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kuningan dan masih memiliki cadangan makanan oleh karena itu ketika diaerasi selama 2 hari larva *Artemia salina* tetap hidup walau tidak mendapat asupan makan. Setelah 2 hari, cadangan makanan tersebut habis dan selama itu pula larva *Artemia salina* mengalami perkembangan. Perkembangan tersebut meliputi terbentuknya organ-organ yang sudah lengkap salah satunya mulut. Berdasarkan hal tersebut pengujian toksisitas dilakukan ketika larva *Artemia salina* berumur 2 hari. Pengujian tersebut diwali dengan 10 larva *Artemia salina* dimasukkan dalam botol vial yang telah berisi ekstrak nanopartikel perak sesuai dengan konsentrasi masing-masing dan ditambahkan dengan air laut hingga volume akhir mencapai 10 ml, pengulangan dilakukan sebanyak tiga kali (Rahayu dkk., 2013).

Tahap selanjutnya yakni melakukan pengamatan selama 15 menit, 30 menit, 45 menit, 1 jam, 2 jam dan 24 jam. Pengamatan selang waktu dilakukan untuk melihat waktu kematian larva *Artemia salina* dengan menggunakan nanopartikel perak ekstrak buah tin. Pada selang waktu 15 menit, 30 menit, 45 menit, 1 jam, 2 jam tak tampak kematian pada larva *Artemia salina* tetapi setelah 24 jam terdapat beberapa artemia salina yang mati.

Tabel 4.3 Rata-rata mortalitas larva *Artemia salina* setelah 24 jam.

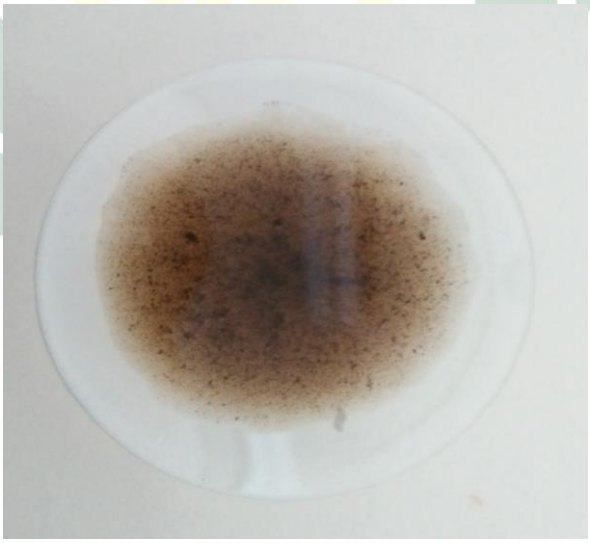
Konsentrasi (ppm)	Mati			Rata-rata mati
	Ulangan			
	1	2	3	
1000	2	3	3	3
500	2	3	2	2
100	3	2	1	2
80	2	3	1	2
40	1	0	2	1
20	0	0	1	1
10	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Menurut tabel 4.3 Kematian larva *Artemia salina* setelah 24 jam mendapatkan hasil tidak begitu signifikan karena beberapa konsentrasi menghasilkan rata-rata mati yang sama tetapi dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin tinggi pula nilai kematian. Hal ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dipengaruhi oleh nanopartikel perak ekstrak buah tin tidak larut secara keseluruhan dengan pelarut air laut sehingga mengakibatkan ekstrak kurang maksimal dalam berperan aktif sebagai bahan toksik terhadap larva *Artemia salina*.

Ketidaklarutan nanopartikel perak ekstrak buah tin dalam air laut ini dikarenakan ekstrak telah berukuran nano sehingga Ag^{+} sudah tidak bermuatan menjadi Ag^{0}. Ag^{0} termasuk atom bukan ion sehingga sukar larut dalam pelarut. Ag merupakan salah satu dari logam berat yang bersifat amfoter, karena hal tersebut pada pH tertentu kelarutan mencapai nilai minimal (Avessa dkk, 2016). pH yang dapat melarutkan perak yaitu dibawah ≤ 7 seperti asam nitrat (HNO_3) dan air. Tetapi pada penelitian ini, pelarut yang digunakan adalah air laut dimana air laut memiliki pH berkisar antara 7,4-8,3. pH dengan kisaran tersebut bersifat basa, menurut Said (2010) perak akan mengendap ketika direaksikan dengan pelarut yang bersifat basa. Jadi ketidaklarutan Ag dengan menghasilkan endapan pada penelitian ini dipengaruhi oleh pH air laut yang bersifat basa.

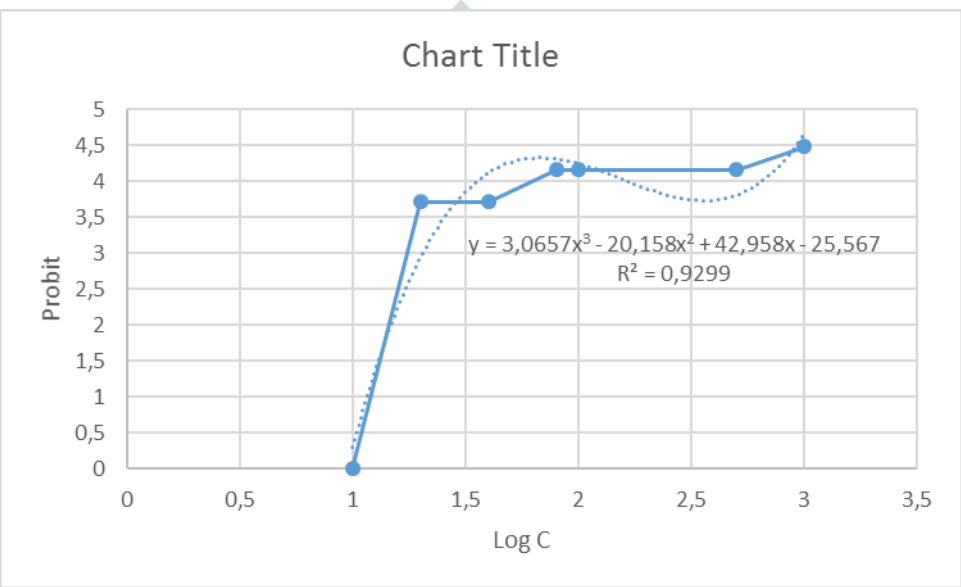


Gambar 4.19 Nanopartikel perak ekstrak buah tin ketika dilarutkan dengan air laut
Sumber : Dokumentasi pribadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.4 Hasil perhitungan LC_{50}

Konsentrasi (C) ppm	Log C	% Mortalitas	Probit	LC_{50}	Toksisitas
1000	3	30	4,48	1163,322 ppm	Tidak toksik LC_{50} > 1000 ppm
500	2,698970004	20	4,16		
100	2	20	4,16		
80	1,903089987	20	4,16		
40	1,602059991	10	3,72		
20	1,301029996	10	3,72		
10	1	0	0		



Gambar 4.20 Grafik regresi polinomial nanopartikel perak ekstrak buah tin

Sumber : Dokumentasi pribadi

Berdasarkan data diatas diperoleh hasil $y = 3{,}0657x^3 - 20{,}158x^2 + 42{,}958x - 25{,}567$. Nilai LC_{50} menurut Priyanto (2009) dihitung dengan memasukkan nilai probit (y) sebesar 5 sehingga akan menghasilkan nilai x (log C), Antilog x adalah nilai LC_{50}. LC_{50} dalam penelitian ini sebesar 1163,322 ppm dan tergolong tidak toksik karna LC_{50} > 1000 ppm (Meyer *et al*., 1982). Dengan nilai LC_{50} yang telah didapat maka metode BSLT yang digunakan sebagai tahap praskrining antikanker tidak dapat dilanjutkan ke pengujian selanjutnya dengan menggunakan biakan sel kanker.

Dari segi ukuran nanopartikel yang terbentuk sebesar 49,19 nm artinya dengan ukuran tersebut diharapkan dapat menghasilkan nilai LC_{50} dengan kategori bahan sangat toksik yakni < 30 ppm. Namun tidak dengan penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ini, nilai LC_{50} yang didapatkan tergolong tidak toksik oleh karena itu perlu adanya penelitian lanjutan yang berkaitan dengan suatu zat penghomogen antara nanopartikel perak ekstrak buah tin dengan air laut agar dapat tercampur dengan baik. Dengan begitu memungkinkan ekstrak tersebut dapat berperan aktif sebagai bahan toksik terhadap larva *Artemia salina*. Kematian larva *Artemia salina* sangat berhubungan erat dengan kemampuan metabolit sekunder yang dapat masuk ke dalam tubuh secara difusi melalui kulit larva yang tipis. Selain itu, metabolit sekunder dapat bertindak sebagai racun perut atau *stomach poisoning*. Proses *stomach poisoning* diawali dengan masuknya suatu senyawa dalam tubuh larva dan akan menganggu sistem pencernaan yang berakibat pada kematian larva (Setyowati dan Muhammad, 2016).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
PENUTUP

5.1 Simpulan

Simpulan penelitian ini yaitu :

a. Buah tin dapat digunakan sebagai agen pereduksi perak nitrat sehingga dapat menghasilkan partikel berukuran nano. Karakterisasi yang dapat digunakan untuk mengetahui pembentukan nano yaitu spektrofotometer uv-vis dengan panjang gelombang berkisar antara 400-450 nm, spektrofotometer FTIR, XRD dan PSA dengan ukuran 49,19 nm.
b. Pengaplikasian nanopartikel perak ekstrak buah tin berpotensi terhadap aktivitas antioksidan dengan nilai IC_{50} sebesar 21,168 ppm (sangat kuat) dan tidak berpotensi pada toksisitas larva *Artemia salina* dengan nilai LC_{50} sebesar 1163,322 ppm (tidak toksik).

5.2 Saran

Saran dalam melakukan penelitian lanjutan adalah sebagai berikut :

a. Penelitian mengenai biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah tin dalam pengembangan nanopartikel sebagai sistem penghantar obat yang baik perlu dilakukan penelitian lanjutan guna mengetahui kemampuan dalam mencapai sel target .
b. Penelitian mengenai biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah tin terhadap toksisitas larva *Artemia salina* perlu dilakukan penelitian lanjutan dalam hal zat penghomogen antara sampel dengan air laut.
c. Penelitian mengenai biosintesis nanopartikel perak ekstrak buah zaitun dapat dilakukan selanjutnya sebagai pembanding nanopartikel perak pada ekstrak buah tin.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, S., Ahmad, M., Swami, B.L. 2015. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Azadirachta indica* Aquoeous Leaf Extract. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. 9 : 1-7.

Akhtar, Mohd S., Jitendra, P., and Yeoung Sang Y. 2013. Biogenic Synthesis of Metallic Nanoparticles by Plant Extracts. *ACS Suistainable Chem*. *Eng*. 1 : 591-602.

Al-Ghouti, M.A., Li J., Salamh Y., Al-Laqtah N., Walker G. And Ahmad M.N.M. 2004. Adsorption Mechanism of Removing Heavy Metals and Dyes from Aqueous Solution using Date Pits Solid Adsorbent. *J. Hazard Mater*. 176 : 510-520.

Aref, HL., Gaaliche B., Fekih A., Mars M., Aouni JP., Chamon K. 2011. In Vitro Cytotoxic and Antiviral Activities of *Ficus carica* Latex Ekstracts. *Nat. Prod. RES*. 25 : 310-319.

Avessa, I., Bohari, Y., dan Alimuddin. 2016. Penurunan Kadar Cr^{3+} (Kromium (III)) dan TSS (Total Suspended Solid) Pada Limbah Cair Laboratorium dengan Penggunaan Metode Presipitasi. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 14 (1) : 7-12.

Azmi, A.A. and Norhidayah, M.A. 2015. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Rhizome Extract of Galangal, *Alpinia galanga*. *Malaysian Journal of Analytical Sciences.* 19 (6) : 1187-1193.

Bakir. 2011. Pengembangan Biosintesis Partikel-nano Perak Menggunakan Air Rebusan Daun Bisbul *(Diospyros blancoi)* untuk Deteksi Ion Tembaga (II) denganMetode Kolorimetri. *Skripsi*. Universitas Indonesia, Depok.

Balaz I. 2008. *Mechanochemstry in Nanoscience and Mineral Enginering.* Spinger, Berlin.

Barret KE., Barman SE., Boitano S., Brooks HL. 2010. *Ganong's review of Medical Physiology. 23 th ed*. The McGraw-Hill Companies, USA.

Bors W, Heller W, Michel C, Saran M. 1990. *Radical Chemistry Of Flavonoid Antioxidants.* In: Emerit, I.; Packer, L.; Auclair, C. (Eds.) *Antioxidants in Therapy and Preventive Medicine. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Plenum Press, New York.

Buzea, C., Pacheo Blandino, I.I., and Robbie, K. 2007. Nanomaterials and Nanoparticles : Sources and Toxicity. *Biointerphases*. 2, 4.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Cahyono, A.B. 2004. *Keselamatan Kerja Bahan Kimia di Industri*. UGM Press, Yogyakarta.

Carballo, J.L., Inda, Z.L.H, Perez, P, dan Gravalos, M.D.G. 2002. A Comparison Between Two Brine Shrimp Assays to Detect In Vitro Cytotoxicity in Marine Natural Products. *BMC Biotechnology.* 2 (17):1-5.

Cook NC Samman, S. Flavonoids. 1996. Chemistry, Metabolism, Cardioprotective Effects, and Dietary Sources. *J Nutr Bioche*. 7: 66–76.

Cutler, S.J. and Cutler, H.G. 2000. *Biologically Active Natural Product : Pharmaceutical.* CRC Press.

Dehpour, A.A., Ebrahimzade, M.A., Fazel, N.S. and Mohammad, N.S. 2009. Antioxidant Activity of Methanol Extract of Ferula Assafoetida and Its Essential Oil Compotion. *Grasas Aceites*. 60 (4) : 405-412.

Dumitrascu, M. 2011. *Artemia salina. Balneo-Reseaerch Journal.* 2 (4) : 119-122.

Edhisambada. 2011. Metode Uji Aktivitas Antioksidan Radikal 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH). Http://www.google.com/amp/s/edhisambada.wordpress.com/2011/02/22/metode-uji-aktivitas-antioksidan-radikal-11-difenil-2-pinkrilhidrazil/dpph/amp/ Diakses pada hari rabu, 8 Juni 2019

Elumalai, E.K., T.N.K.V. Prasad, P.C. Nagajyothi dan E. David. 2011. A Bird's eye view on Biogenic Silver nanoparticles and Their Application. *Pelagia Research Library*. 2 (2) : 88-97.

Fenton JJ. 2001. *Toxicology : A Case-Oriented Approach*. Taylor and Franchis.

Firdhouse MJ, Lalitha P, Sripathi SK. 2012. Novel Synthesis of Silver Nanoparticles Using Leaf Ethanol Extract of *Pisoniagrandis (R. Br). Der Pharma Chemica*. 4 (6) : 2320-2326.

Gajardo GM., Beardmore JA. 2012. The Brine Shrimp Artemia : Adapted to Clinical Life Conditions. *Frontiers in Physiology*. 3 : 1-8.

Ghond, NY. and Khadabadi S. 2008. Hepatoprotective Activity of *Ficus carica* Leaf Extract on Rifampicin-Induced Hepatic Damage in Rats. *Indian J.Pharm. Sci.* 70 : 364-366.

Gu, Z.M., Zeng. L, J.T. Schwedler, K.V. Wood dan J.L. McLaughlin. 1995. New Bioactive Adjacent bis-THF Annonaceous Acetogenins from *Annona Bullata*. *Phytochemistry.* 40.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Halliwell B., dan Gutteridge JMC. 1997. *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford Univ Press, Oxford.

Harmita, Radji M. 2006. *Buku Ajar Hayati*. EGC, Jakarta.

Haryono, A. *et al.* 2008. Sintesa Nanopartikel Perak dan Potensi Aplikasinya. *Jurnal Riset Industri*. 2 (3) : 156-163.

Hayden C. 2003. *When Nature Goes Public : The Making and Unmaking of Bioprospecting in Mexico*. Phiceton University Press, Oxfordshire.

Imam Qurthubi, *Al Jami' Li ahkamil qur'an* 10. (Al-Quds Mesir).

Isnansetyo, A. dan Kurniastuti. 1995. *Teknik Kultur Phitoplankton dan Zooplankton Pakan Alami untuk Pembenihan Organisme Laut*. Kanisius, Yogyakarta.

Jae, Y.S. and Beom. 2009. Bioprocess Biosyntesis. *Eng*. 79-84.

Jami' al-Bayan fi Tanwil Ay al-Quran, Tahqiq: Mahmud Syakir, Beirut : Dar Ihya at-Taurats al-Araby. 2001 M/1421 H.Vol. 30.

Joseph, B. and Raj, S.J. 2011. Pharmacognostic and Phytochemical Properties of *Ficus carica* Linn-An Overview. *Int. J. Pharm Tech Res*. 3 : 8-12.

Juniarti, Delvi O., Yuhernita. 2009. Kandungan Senyawa Kimia Uji Toksisitas (Brine Shrimp Lethality Test) dan Antioksidan (1,1-Diphenyl-2-Pinkrilhydrazyl) dari Ekstrak Daun Saga (*Abrus precatorius* L.). *Makarya Sains*. 13 : 50-54.

Kanwar, A. S. 2007. Brine Shrimp (*Artemia salina*) a Marine Animal for Simple and Rapid Biological Assays. *Journal of Chinese Clinical Medicine*. 2 : 236-240.

Kalaskar M.G., Shah D.R., Raja N.M., Surana S.J., Gond N.Y. 2010. Pharmacognostic and Phytochemical Investigation of *Ficus carica* Linn. *Ethnobotanical Leaflets*. 14 : 599-609.

Kartika. 2010. *Profil Kimiawi dari Formulasi Ekstrak Meniran, Kunyit, dan Temulawak berdasarkan Aktivitas Antioksidan Terbaik*. IPB, Bogor.

Kavitha, K.S., Syed, B., Rakshit, D., Kavitha, H.U., Yashwantha, R.H.C., Harini, B.P. and Satish, S. 2013. Plants as Green Source Towards Synthesis of Nanoparticles. *Int. Res. J. Biological Sci*. 2 (6) : 66-76.

Kedare, S.B. and Singh, R.P. 2011. Genesis and Development of DPPH Method of Antioxidant Assay. *Journal of Food, Science and Technology*. 48 (4) : 412-422.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kumalaningsih, S. 2008. *Antioksidan, Sumber dan Manfaatnya*. Antioxidant Center Online. Diunduh tanggal 20 Oktober 2018 http://antioxidant.center/index.php/antioksidan/3.-antiksidan-sumber-manfaatnya.html. Hal 1-5.

Kumar, P. S. Senthamil Selvi, A. Lakshmi Prabha, M. Selvaraj, L., Macklin Rani, P. Suganthi, B. Sarojini Devi, M. Govindaraju. 2012. Antibacterial Activity and In-Vitro Cytotoxicity Assay Against Brine Shrimp Using Silver Nanoparticles Synthesized From *Sargassum ilicifolium. Digest Journal of Nanomaterials and Biostuctures.* 7 (4) : 1447-1455.

Kurniawan A. 2011. Aktivitas Antioksidan dan Potensi Hayati dari Kombinasi Ekstrak Empat Jenis Tanaman Obat Indonesia. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Lee, K. J., Lee, Y., Shim, I., Jun, B.H. *et al.* 2007. Large Scale Synthesis of Polymer Stabilized Silver Nanoparticles. *Sol. St. Phen.* 1189-1192.

Liang, N and Kitts, D.D. 2014. Antioxidant Property of Coffe Component : Assessment of Methods That Define Mechanism of Action. *Molecule.* 19 (11) : 19180-19208.

Mailu, S. N., *et al*. 2010. Determination of Anthracene on Ag-Au Alloy Nanooparticles / Overoxidizes-Polypyrrole Composite Modified Glassy Carbon Electrodes. *Sensors*. 10 : 9449-9465.

Masakke, Y., Sulfikar, dan Muhaedah, R. 2015. Biosintesis Partikel-Nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Sainsmat*. 4 (1) : 28-41.

Mawa, A.S., Husain, K., Jantan, I. 2013. *Ficus carica* L. (Moraceae) : Phytochemistry, Traditional Uses and Biological Activities. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 8.

Meiyanto, V. *et al*. 2006. Free Radical, Metal and Antioxidant in Oxidative Stress Induced Cancer. *J. Chem. Biol*. 1-40.

Meyer BN, Ferigni NR, Putnam JE, Ja Cobsen LB, Nichols DE, and McLaughlin JL. 1982. Brine Shrimp: A Conventient General Bioassay for Active Plant Constituent. *Planta Medica*. 45 : 31-45.

Mohanraj, V.J. and Chen, Y. 2006. Nanoparticles : A Review. *Tropical Journal of Pharmaceutica Research.* 5 : 1.

Morones, JR., J.L. Elechiguerra, A. Camacho, K. Holt, J.B. Kouri, J.T.Ramirez, M.J. Yacaman. 2005. *Nanotechnology*. 16 : 2346-2353.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Molyneux, P. 2004. The Use of The Stable Free Radical Diphenylpicryl-Hydrazyl (DPPH) For Estimating Antioxidant Activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*. 26 : 211-219.

Mudi, S. Y., and Salisu, A. 2009. Studies on Brine Shrimp LeTHALITY Test and Activity of Stem Bark Extract of Acacia Senegal I. On Respiratory Tract Pathogenic Bacteria. *International Journal Biomed and Health Science*. 5 (3).

Mudjiman, A. 1995. *Makanan Ikan*. PT. Penerbit Swadaya, Jakarta.

Muhammad Ali Ash-Shabuni Ijazu al-Bayan fi Suar Al-Qur'an. Dar Ali Shabuni 1986 M/1423 H, Cairo.

Muhammad Jamaluddin Al-Qasimi. 1978. Tafsir Al-Qasimi al-Masammi Mahasin al-Ta'wil juz 17, Dar al-Fikr, Bairut.

Nadagouda MN, Speth TF, Varma RS. 2011. Microwave-Assisted Green Synthesis of Silver Nanostructures. *Accounts Chem Res*. 44 : 469-478.

Nengsih, N.Y., Feby, H.P., Rizki, M.P., Roni, M.R. 2013. Biofungisida Nanopartikel Perak dari *Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus . *Laporan Akhir Program Kreativitas Mahasiswa*, Institut Pertanian Bogor.

Niraimathi, K.L., V. Sudha, R. Lavanya, P. Brindha. 2012. Biosynthesis of Silver Nanoparticles Using *Alternanthera sessilis* (Linn.) Ekstrak and Their Antimicrobial, Antiokxidant Activities. *Colloids and Surfaces B : Biointerfaces*. 102 : 288-291.

Ozgen, S., Ozgur, K.K., and Zeliha, S. 2016. Antioxydant Activity OF Quercetin : A Mechanistic Review. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*. 4 (12) : 1134-1138.

Panjaitan, R.B. 2011. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Kulit Batang Pulasari (*Alixiae cortex*) dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). *Skripsi*. Fakultas Farmasi Program STUDI Farmasi Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.

Park S, Han J, Im K, Whang WK and Min H. Antioxidative and Anti-Inflammatory Activities of An Ethanol Extract From Fig (*Ficus carica*) Branches. 2013. *Food Science and Biotechnology*. 22 (4) : 1071-1075.

Patil, V., Bhangale SC, Patil VR. 2010. Evaluation of Anti-Pyretic Potential of *Ficus carica* Leaves. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*. 2 : 48.

Phull, A.R., Qamar, A., Attard A., Husein R., Song J.K. Muhammad Z., Ihsan U H. 2016. Antioxidant, Cytotoxic and Antimikrobial Activities of Green

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Synthesized Silver Nanoparticles From Ekstract of *Bergenia ciliata*. *Future Journal of Pharmaceutical sciences.* 1-14.

Prasad, Kumar S., Darshit, P., Ankita, P., Palak, D., Ram, P., Pradip, P., and Kalliaperumal, S. 2011. Biogenic Synthesis of Nanoparticles Using *Nicotiana tobaccum* Leaf Extract and Study of Their Antibacterial Effect. *African Journal of Biotechnology*. 10 (41) : 8122-8130.

Prawirodiharjo, E. 2014. Uji Aktivitas Antioksidan dan Uji Toksisitas Ekstrak Etanol 70% dan Ekstrak Air Kulit Batang Kayu Jawa (Lannea coromandelica). *Skripsi.* Universitas Syarif Hidayatullah, Jakarta.

Priyanto. 2009. *Toksikologi : Mekanisme, Terapi Antidotum dan Penilaian Resiko*. Lembaga Studi dan Konsultasi Farmakologi Indonesia (LESKONFI).

Purnomo, S.P., Nyi Nyoman R. dan Made, S. 2017. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Biologi menggunakan Ekstrak Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata* Ness). *Buletin Fisika*. 18 (1) : 6-11.

Rahayu, M.R. James, S. dan I Made, D.S. 2013. Uji Toksisitas dan Identifikasi Ekstrak Etanol Spons Callyspongia aerizusa Terhadap Larva *Artemia salina* L. *Cakra Kimia*. 1(1) : 1-7.

Refli, R. 2012. Potensi Ekstrak Daun Tin (*Ficus carica* L.) Sebagai Antioksidan dan Aktivitas Hambatannya Terhadap Proliferasi Sel Kanker Hela. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Rizqiana, D. 2012. Aktivitas Antioksidan dan Sitotoksisitas Metabolit Sekunder Daun Salam (*Syzygium polyanthum* Wight) dan Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk.). *Skripsi.* Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Robert, B.G. 2008. *The Art of Writing Reasonable Organik Reaction Mechanisms Second Edition*. Springer, USA.

Rubnov S., Kashman Y., Rabinowitz R., Schlesiner M., Mechoulam R. 2001. Suppressors of Cancer Cell Proliferation From Fig (*Ficus carica*) Resin : Isolation and Structure Elucidation. *J. Nat. Prod*. 64 : 993-996.

Said, N.I. 2010. Metode Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) di dalam Air Limbah Industri. *JAI.* 6 (2) : 136-148.

Shapley, Patricia. 2012. Structure of Materials. Diakses pada tanggal 28 Juli 2019 http://butane.chem.uiuc.edu/pshapley/GenChem2/C2/1.html

Sastrohamidjojo, Hardjono. 2013. *Dasar-Dasar Spektroskopi*. UGM Press, Yogyakarta.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sayyid Quthb, *Fi Zilal Al-Qur'an di bawah naungan Al-Qur'an (Surah Ma'arij-Al-Nas)* jilid 12 terj. As'ad Yasin, Abdul Aziz Salim Basyarahil, Gema Insani. 2013. Jakarta.

Schneidewind H, Schuler T, Strelau KK, Weber K, Cialla D, Diegel M, *et al*. 2012. The Morphology of Silver Nanoparticles Prepared by Enzyme Induced Reduction. *Beilstein J Nanotechnol*. 3 : 404-414.

Setyowati, W.A.E dan Muhammad, A.S.C. 2016. Kandungan Kimia dan Uji Aktivitas Toksik Menggunakan Metode BSLT (*Brine Shrimp Lethality Test*) dari Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia calabura*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 1 (2) : 41-47.

Sharma, Vandana. 2015. *Graphene Synthesis via Exfoliation of Graphite by Ultrasonication*. IJETI, Ambala.

Shankar S. 2004. Rapid Synthesis of AU, Ag, and Bimetallic Au core-Ag Shell Nanoparticles Using Neem *Azadirachta indica* Leaf Broth. *J. Colloid Interface Sci*. 275 : 496-502.

Sharma, V.K. Ria A. Y., Yekaterina L. 2009. Silver Nanoparticles : Green Synthesis and Their Antimicrobial Activities. *Journal Advances in Colloid and Interface Science*. 145 : 83-96.

Siregar, M. 2009. Pengaruh Berat Molekul Kitosan Nanopartikel untuk Menurunkan Kadar Logam Besi (Fe) dan Zat Warna pada Limbah Industri Tekstil Jeans. *Tesis*. Fakultas Kimia, Usu, Medan.

Soemirat, J. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Solis PN., *et al*. 1993. A Microwell Cytotoxicity Assay *Artemia salina* (Brine Shrimp). *Plant Med*. 59 (3) : 250-252.

Shuda, A., Jeyaraman, J. and Pappu Srinivasan. 2017. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using *Lippia nodiflora* Aerial Extract and Evaluation of Their Antioxidant, Antibacterial, and Cytotoxic Effects. *Resource-Efficient Technologies*. 000 : 1-10.

Suharyana. 2012. *Dasar-Dasar dan Pemanfaatan Metode Difraksi Sinar-X*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Sukardiman, R.A., Pratiwi FN. 2004. Uji Praskrining Aktivitas Antikanker Ekstrak Eter dan Ekstrak Metanol *Marchantia cf. planiloba* Steph. dengan Metode Uji Kematian Larva Udang dan Profil Densitometri Ekstrak Aktif. *Airalngga J. Pharm*. 3 (4) : 24-30.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sulaiman, G.M., Wasnaa, H.M., Thorria, R.M., Ahmes, A.A.A., Abdul, A.H.K., Abu, B.M. 2013. Green Synthesis, Antimicrobial and Cytotoxic Effect of Silver Nanoparticles using *Eucalyptus chapmaniana* Leaves Ekstract. *Asian Pac. J. Trop Biomed*. 3 (1) : 58-63.

Supriningrum, Risa., Sapri dan Vici, A.P. 2016. Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol Akar KB (*Coptosapelta tomentosa* Valeton ex K.Heyne) dengan Metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). *Jurnal Ilmiah Manuntung*. 2 (2) : 161-165.

Szabo, M.R., Iditoiou, C., Chambire, D., Lupea, A.X. 2006. Improved DPPH Determination for Antioxidant Activity Spectrophotometric Assay. *Chem Pap*. 61 (3) : 214-216.

Tahid. 1994. *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier* No II Th VIII. Warta Kimia Analitis, Bandung.

Thilagavathi, T., Kathiravan, G., and Srinivasan, K. 2016. Antioxidant Activity and Synthesis of Silver Nanoparticles Using The Leaf Extract of *Limonia acidissima. International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 7 (4) : 201-205.

Thirumurgan A., Tomy NA., Ganesh RJ and Gobikrishnan S. 2010. Biological Reduction of Silver Nanoparticles Using Plant Leaf Extract and its effect on Increased Antimicrobial Activity Againts Clinically Isolated Organism. *De Pharm. Chem*. 2 : 279-284.

Tiyaboonchai W. 2003. Chitosan Nanoparticles : A Promising System for Drug Delivery. *Naresuan Univ. J.* 11(3) : 51-66.

Tristantini, dkk. 2016. Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH Pada Daun Tanjung (*Mimusops elengi* L.). *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. UPN Veteran, Yogyakarta.

Vallejo, F., Marin, J.G., Tomas-Barberan, F.A., 2012. Phenolic compound content of fresh and dried figs (*Ficus carica* L.). *Food Chemistry*. 130 : 485–492.

Vava J., Mahmood S. 2006. Flavonoid Content in Leaf Extracts of The Fig (*Ficus carica* L.), Carob (*Ceratonia siliqua* L.) and Pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). *Biofactors*. 28 : 169-175.

Vijayaraghavan, K., and S. P. Kamala Nalini. 2010. Biotemplates In The Green Synthesis of Silver Nanoparticles. *Biotechnology Journal*. 5 : 1098-1110.

Wang L, Tu YC, Lian TW, Hung JT, Yen JH, Wu MJ. 2006. Distinctive Antioxidant and Antiinflammatory Effects Of Flavonols. *J Agric Food Chem*. 54: 9798–9804.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Widyawati, N. 2012. *Analisa Pengaruh Heating Rate terhadap tingkat Kristal dan Ukuran Butir Lapisan BZT yang Ditumbuhkan dengan Metode Sol Gel*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Winarno, F.G. dan Fernandez, I.E. 2010. *Nanaoteknologi bagi Industri Pangan dan Kemasan*. M. Brio press, Bogor.

Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.

Wulandary, T. 2010. Sintesis Nanopartikel Ekstrak Temulawak (*Crucuma xanthorrhiza* Roxb.) Berbasis Polimer Kitosan-TPP dengan Metode Emulsi. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Yalkhin, M., Sulfikar, Muhaedah R. 2014. Biosintesis Partikel-nano Perak Menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Sainsmat*. 04 (01) : 28-41.

Zakir, M., Marlinda dan Nunuk, H. 2014. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Paliasa (Kleinhovia hospita Linn.) dan Potensinya Sebagai Tabir Surya. *Journal.* 1-5.

Zuhra, C.F. Tarigan, J.B. Sihotang, H. 2008. Aktivitas Antioksidan Senyawa Flavonoid dari Daun Katuk (*Sauropus androgunus* (L) Merr.). *J. Biol Sumatera.* 3 (1) : 7-10.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id