

SENSOR OPTIK PESTISIDA BERBASIS NANOPARTIKEL

PERAK DARI UBI JALAR UNGU

(Ipomea batatas L.)

IRHAM PRATAMA

P1100211001



PROGRAM MAGISTER

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2014

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : IRHAM PRATAMA

Nomor mahasiswa : P1100211001

Program studi : Pascasarjana Kimia

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

Makassar, 20 Januari 2014

Yang menyatakan,

Irham Pratama

ABSTRAK

IRHAM PRATAMA: Sensor Optik Pestisida Berbasis Nanopartikel Perak dari Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L.*)
(Dibimbing oleh: Abd. Wahid Wahab dan Paulina Taba)

Sintesis nanopartikel perak dilakukan dengan metode biologi dengan menggunakan ekstrak ubi jalar ungu yang berperan sebagai agen pereduksi dengan mengamati spektrum absorpsi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Hasil pengamatan menunjukkan nilai absorbansi semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Puncak absorpsi spektrum UV-Vis dari sampel biosintesis nanopartikel perak di panjang gelombang 441 nm setelah 1 minggu.

Karakterisasi nanopartikel perak dengan XRD menunjukkan bahwa hasil sintesis merupakan kristal nanopartikel perak berdasarkan difraktogram yang dihasilkan. Distribusi ukuran butir kristal nanopartikel perak hasil XRD adalah 23,1034 dan 4,21876. Hasil Karakterisasi nanopartikel perak dengan SEM dengan ukuran agregasi terkecil berkisar 31 nm. Hasil karakterisasi nanopartikel perak dengan PSA menunjukkan rata-rata distribusi ukuran diameter nanopartikel perak sebesar 92,64 nm.

Aplikasi nanopartikel perak dilakukan terhadap insektisida triazofos dan diazinon. Nanopartikel perak dimodifikasi dengan asam asetat. Nanopartikel perak termodifikasi, dikontakkan ke insektisida dan diukur absorbansinya. Sensitifitas yang cukup baik terdapat pada triazofos. Kisaran pengukuran sensor berada pada kisaran $-\log C$ (4 – 7) dengan Regresi (R^2) $R^2 = 0.9426$ dengan persamaan garis $y = -0,0189x + 0,5412$ Kandungan triazofos pada sampel yang diuji yaitu $-\log 5,9365 M$ atau $1,1598 \times 10^{-6} M$.

Kata kunci: Nanopartikel perak, Ubi jalar ungu, Sensor, triazofos, diazinon

ABSTRACT

IRHAM PRATAMA : Optical Sensor Pesticides Based on Silver Nanoparticles from Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.)
(Supervised by : Abd . Wahid Wahab and Paulina Taba)

A research about synthesis of silver nanoparticles with biology method using purple sweet potato extract that acts as a reducing agent by observing the absorption spectrum using a UV - Vis spectrophotometer . The results showed greater absorbance values with increasing reaction time . Peak UV -Vis absorption spectrum of silver nanoparticles biosynthesis sample wavelength 441 nm after 1 week .

Characterization of silver nanoparticles by XRD shows that the result is a synthesis of crystalline silver nanoparticles generated by difraktogram . Grain size distribution of silver nanoparticles crystal XRD results are 23.1034 and 4.21876 . Results with SEM characterization of silver nanoparticles with sizes ranging from 31 nm smallest aggregation . Results characterization of silver nanoparticles with an average PSA shows size distribution of silver nanoparticles diameter of 92.64 nm .

Application of silver nanoparticles triazofos done to insecticides and diazinon . Silver nanoparticles modified with acetic acid . Modified silver nanoparticles , is contacted to insecticides and measured absorbance . Sensitivity is pretty good at triazofos . Measurement range of the sensor is in the range - log C (4 - 7) with regression (R^2) $R^2 = 0.9426$ with a line equation $y = -0.0189 x + 0.5412$. Triazofos content in the samples examined, amount - log 5.9365 M or $1,1598 \times 10^{-6}$ M.

Keywords : Silver nanoparticles, purple sweet potato , sensor , triazofos , diazinon

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah, hanya atas karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul **SENSOR OPTIK PESTISIDA BERBASIS NANOPARTIKEL PERAK DARI UBI JALAR UNGU *Ipomoea batatas L.*** Dalam tesis ini, dibahas mengenai pemanfaatan nanopartikel perak untuk keperluan sensor pestisida, yang penyusunannya berdasarkan atas hasil penelitian dan studi literatur.

Penulis menyadari bahwa terlaksananya tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan dan ketulusan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Mursalim, M.Sc. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
2. Prof. Dr. H. Abd. Wahid Wahab, M.Sc., selaku ketua komisi penasihat yang telah mencurahkan seluruh perhatian, bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan tesis.
3. Dr. Paulina Taba, M.Phill., selaku komisi penasihat yang telah mencurahkan seluruh perhatian, bimbingan dan motivasi selama proses penyusunan tesis.
4. Tim manajemen Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberikan beasiswa bagi penulis.
5. Dr. Muhammad Zakir M.Si, Dr. Syarifuddin Liong, M.Si, Dr. Hj. Hasnah Natsir, M.Si., selaku komisi penilai, terima kasih atas masukan yang telah diberikan demi penyempurnaan penulisan tesis.
6. Dr. Paulina Taba, M.Phill., selaku ketua program pascasarjana kimia terima kasih atas motivasi dan bantuannya.
7. Dekan F. MIPA, Ketua Jurusan Kimia F.MIPA dan seluruh dosen Kimia Pascasarjana UNHAS yang telah membagi ilmunya serta seluruh staff Fakultas MIPA UNHAS terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.
8. Kepala dan seluruh Staff Laboratorium Kimia Fisika, Kimia Anorganik, Kimia Analitik, Biokimia, Kimia Organik dan IPA terpadu FMIPA UNHAS, Laboratorium Kimia Analitik dan laboratorium kimia terpadu FMIPA Universitas Hasanuddin, Laboratorium Pilot Plant Pusat Antar Universitas IPB, Laboratorium Instrumentasi Fisik IPB, Laboratorium Mikrostruktur Jurusan Fisika UNM, Laboratorium Forensik Makassar dan Laboratorium *Basic Science Center A*

Fakultas MIPA ITB. terima kasih atas segala bantuan dan fasilitas yang telah diberikan selama proses penelitian.

9. Ibunda, ayahanda, serta saudara-saudaraku tersayang : Arham Ardiyansyah, Muh. Mansyawi, dan Miftahul Jannah yang telah memberikan semangat, bantuan dan kasih yang tulus demi kesuksesan penulis.
10. Teman-teman seperjuangan: Mery, Sukarti, Hasty, Widi, Ischaedar, Desi, Santi, Loth, Yasser, Abdurrahman, Zulfian dan Oktavianus. Terima kasih atas bantuannya.
11. Nur Qadri, Fathur Rahman, Subakir Salnus, dan teman-teman yang telah membantu, terima kasih banyak atas semuanya.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan pahala dari Allah Rabbul Alamin.

Akhir kata penulis mengharapkan tesis ini bisa bermanfaat dan penulis juga menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, olehnya itu saran dan kritikan yang membangun bagi penulis sangat diharapkan untuk penelitian dan penulisan yang lebih baik pada kesempatan mendatang.

Makassar, 20 Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Nanopartikel.....	7
B. Nanopartikel Perak	9
C. Karakterisasi Nanopartikel Perak	12

D. Sensor	13
E. Pestisida	16
F. Insektisida Triazofos	20
G. Insektisida Diazinon	22
H. Ubi Jalar Ungu	24
I. Kerangka Pikir dan Hipotesis	29
BAB III. METODE PENELITIAN	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Alat dan bahan	31
C. Objek Penelitian	32
D. Pelaksanaan Penelitian	32
BAB IV. HASIL PENELITIAN	40
A. Biosintesis Nanopartikel Perak	40
B. Karakterisasi Nanopartikel Perak	41
C. Aplikasi Sensor Berbasis Nanopartikel Perak	51
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	64
A. Kesimpulan	64
B. Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

No.		Hal.
1.	Mekanisme biosintesis Nanopartikel perak	12
2.	Mekanisme pendeteksian melamin	15
3.	Mekanisme pengikatan kloropirifos	16
4.	Rumus Bangun Triazofos	20
5.	Rumus Bangun Diazinon	22
6.	Ubi Jalar Ungu	24
7.	Struktur umum antosianin	27
8.	Kerangka Pikir.....	29
9.	Nanopartikel perak sebelum terbentuk (A) dan setelah terbentuk (B)	40
10.	Spektrum UV-VIS larutan AgNO	41
11.	Spektrum UV-VIS ekstrak ubi jalar ungu	42
12.	Spektrum UV-VIS nanopartikel perak.....	42
13.	Reaksi antara AgNO ₃ dengan sianidin.....	43
14.	Spektrum UV-VIS Sianidin Klorida	44
15.	Hasil analisis sampel nanopartikel perak dengan menggunakan SEM	44
16.	Hasil analisis sampel menggunakan SEM EDS.....	45
17.	Hasil analisis sampel nanopartikel perak yang direaksikan dengan triazofos menggunakan SEM.....	46
18.	Hasil Analisis Padatan Menggunakan SEM EDS.....	47
19.	Skema pengikatan triazofos oleh nanopartikel perak.....	48
20.	Hasil analisis PSA nanopartikel perak	49
21.	Difraktogram XRD dari nanopartikel perak	50
22.	Spektrum UV-VIS AgNP sebelum dan setelah Modifikasi	52
23.	Spektrum UV-VIS AgNP dengan Diazinon I & II.....	54
24.	Spektrum UV-VIS nanopartikel perak dengan triazofos I & II	56
25.	Grafik Pengujian Sensitifitas Triazofos & Diazinon	58

26. Kurva Regresi linear konsentrasi vs Absorbansi	59
27. Grafik Pengujian Reproduksibilitas Elemen Sensor terhadap Diazinon & Triazofos.....	60
28. Spektrum UV-VIS pengujian aging effect elemen sensor.....	62
29. Spektrum UV-VIS sampel X.....	63
30. Kurva penentuan konsentrasi sampel X.....	64

DAFTAR TABEL

No.		Hal.
1.	Daftar Tumbuhan yang dimanfaatkan untuk biosintesis AgNP	11
2.	Jenis-Jenis Pestisida.....	17
3.	Kandungan Ubi Jalar	26
4.	Jenis-Jenis Antosianin	27
5.	Spesifikasi alat Scanning Electron Microscopy..	35
6.	Spesifikasi alat X-Ray Diffraction	37
7.	Panjang gelombang dan absorbansi nanopartikel perak pada variasi waktu tertentu	43
8.	Data XRD Nanopartikel perak dan perak standar.....	50
9.	Ukuran butir nanopartikel berdasarkan nilai 2 theta.....	51
10.	Kisaran pengukuran berdasarkan absorbansi elemen sensor pestisida	57

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Hal.
1. Bagan Pembuatan Larutan Standar Triazofos	75
2. Bagan Pembuatan Larutan Standar Diazinon	76
3. Pembuatan Air Rebusan Ubi Jalar Ungu	77
4. Biosintesis Nanopartikel Perak	78
5. Karakterisasi AgNP dengan Spektroskopi UV-VIS & PSA.....	79
6. Karakterisasi Nanopartikel Perak	80
7. Pembuatan Sensor Pestisida.....	81
8. Pengujian Sensitifitas dan Reproduksiabilitas Sensor	82
9. Pengujian Sensitifitas dan Reproduksiabilitas Sensor	83
10. Pengujian <i>Aging Effect</i> Sensor Pestisida.....	84
11. Pengukuran Kandungan Sampel Pestisida	85
12. Pemantauan Pembuatan Nanopartikel Perak	86
13. Tabel Kisaran Pengukuran Sensor Terhadap Pestisida	107
14. Hasil Pengujian PSA.....	108
15. Foto Hasil Penelitian.....	113

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
Θ	Theta
et al.	et alii, dan kawan-kawan
SDM	Sumber Daya Manusia
IR	Infra Red
UV-Vis	Ultraviolet-Visible
XRD	X-ray diffraction
SEM	Scanning Electron Microscope
PSA	Particle Size Analyzer
AFM	Atomic Force Microscope
TEM	Transmission Electron Microscope
EDS	Energy Dispersive X-Ray Spectrometer
G	gram
mM	milli molar
Cm	Centimeter
%	Persen
pH	Derajat keasaman
R	Regresi linear
FWHM	Full Width At Half Maximum
mL	Milli liter
Nm	Nanometer
NP	Nanopartikel
A	Absorbansi
$^{\circ}\text{C}$	Derajat celcius
M	Molar
E	Koefisien ekstensi molar
C	Konsentrasi (M)
B	Lebar Kuvet

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pestisida merupakan bahan kimia bersifat racun yang sering digunakan dalam bidang pertanian khususnya untuk memberantas hama, gulma, dan penyakit pada tanaman serta meningkatkan produksi pertanian. Bahan-bahan kimia yang digunakan untuk memberantas atau mencegah hama air, jasad renik dalam rumah tangga, bangunan, dan alat-alat pengangkut serta binatang-binatang yang mengakibatkan penyakit pada manusia dan hewan, juga termasuk dalam pestisida (Rompas dan Sunarjo, 1989). Penggunaan pestisida seperti insektisida, fungisida dan herbisida untuk membasmi hama tanaman, hewan, dan gulma dan tanaman benalu yang bisa mengganggu produksi tanaman sering menimbulkan komplikasi lingkungan (Supardi, 1994).

Pestisida yang banyak digunakan biasanya berupa bahan kimia toksik yang unik, karena dalam penggunaannya, pestisida ditambahkan atau dimasukkan secara sengaja ke dalam lingkungan dengan tujuan untuk membunuh beberapa bentuk kehidupan. Idealnya pestisida hanya bekerja secara spesifik pada organisme sasaran yang dikehendaki saja dan tidak pada organisme lain yang bukan sasaran. Tetapi kenyataannya, kebanyakan bahan kimia yang digunakan sebagai pestisida tidak selektif dan malah merupakan toksikan umum pada berbagai organisme,

termasuk manusia dan organisme lain yang diperlukan oleh lingkungan (Keman, 2001).

Penggunaan pestisida yang tidak sesuai dengan aturan yang berlaku dapat membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini sehubungan dengan sifatnya yang toksik serta kemampuan dispersinya yang tinggi yaitu mencapai 100% (Mangkoedihardja, 1999).

Pemantauan dan eksposur data paparan pestisida sangat dibutuhkan untuk menentukan dampak, mengontrol penggunaan dan peredarannya secara akurat (Pellicer, *dkk.*, 2010). Ada banyak pestisida yang mengandung bahan kimia beracun termasuk insektisida seperti organofosfat, piretroid dan fumigants seperti metil bromida dan fosfin (Park, *dkk.*, 2003;. Kljajic dan Peric, 2006). Zat kimia tersebut sangat efektif untuk pengendalian hama namun memiliki beberapa masalah bagi pengguna (Subramanyam dan Hagstrum, 1995, Okonkwo dan Okoye, 1996). Di alam, pestisida diserap oleh berbagai komponen lingkungan yang kemudian terangkut ke tempat lain oleh air, angin atau oleh jasad hidup yang berpindah tempat. Residu pestisida di alam akan menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem yang berakibat kematian pada beberapa organisme (Faedah, *dkk.*, 1993).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menanggulangi masalah yang ditimbulkan oleh pestisida. Mulai dengan diadakannya penyuluhan tentang cara penggunaan pestisida yang baik, pembatasan penggunaan pestisida,

serta penggunaan pestisida nabati yang ramah lingkungan. Namun, keefektifan pestisida sintetik masih dirasakan lebih baik oleh masyarakat dibandingkan dengan pestisida nabati sehingga penggunaannya masih dalam kategori tinggi. Penggunaan pestisida yang tinggi mengakibatkan para pengguna dengan mudah terkena paparan zat kimia beracun yang terkandung di dalamnya.

Bagi para pengguna pestisida, upaya untuk mengetahui besarnya paparan pestisida yang terdapat dalam tubuhnya sangat dibutuhkan untuk dapat mengurangi resiko lanjutan yang disebabkan oleh zat kimia beracun. Untuk itu, diperlukan alat untuk memantau paparan pestisida dalam tubuh. Saat ini, sensor untuk keperluan tersebut sangat mahal sehingga masyarakat banyak yang tidak mampu membelinya. Oleh karena itu, penelitian yang intensif dibutuhkan untuk mengembangkan pemenuhan biosensor yang murah, akurat, dan mudah dalam penggunaannya. Nanopartikel dapat digunakan sebagai biosensor pestisida (Abdul Hameed, 2012).

Penggunaan permukaan nanopartikel logam (NP) untuk sensor kimia merupakan topik yang sangat menarik saat ini (Niemeyer, 2001; Glomm, 2005). Penggunaan nanopartikel perak (AgNPs) sebagai sensor analitis dan bioanalisis mendapatkan perhatian yang signifikan. Relevansi ini muncul dari sifat optik, elektronik, dan kimia yang tidak biasa (Schultz, *dkk.*, 2000;. Taton, *dkk.*, 2000; Yguerabide & Yguerabide, 1998).

Secara garis besar sintesis nanopartikel dilakukan dengan metode top-down (fisika) dan metode bottom-up (kimia). Metode top-down mereduksi padatan logam menjadi ukuran nano secara mekanik, sedangkan dengan metode bottom-up dilakukan dengan melarutkannya dengan agen pereduksi dan penstabil untuk merubahnya ke dalam bentuk nano (Bakir, 2011).

Penerapan metode sintesis top down (fisika) dan bottom up (kimia) memerlukan biaya yang besar dan menimbulkan resiko terhadap lingkungan, sehingga metode atau inovasi baru sangat dibutuhkan untuk mensintesis nanopartikel yang lebih bersifat ramah lingkungan serta biaya murah. Cara mensintesis nanopartikel dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai agen pereduksi untuk menghasilkan nanopartikel telah ditemukan. Singh, *dkk.*, (2012) memanfaatkan ekstrak daun *Dalbergia sissoo* untuk mensintesis nanopartikel emas dan perak. Hal yang sama juga dilakukan oleh Vahabi, *dkk.*, (2011), yang telah mensintesis nanopartikel perak dari jamur *Trichoderma reesei*.

Pengembangan pemanfaatan tumbuhan dalam mensintesis nanopartikel perak dibutuhkan untuk memenuhi tuntutan sektor nanoteknologi yang semakin berkembang pesat saat ini. Inovasi baru perlu dikembangkan lebih lanjut dalam sintesis nanopartikel, dalam hal ini nanopartikel perak.

Salah satu tumbuhan yang potensial yang dapat dimanfaatkan dan berada di sekitar kita adalah tumbuhan *Ipomoea batatas L.*, yang lebih

dikenal dengan nama Ubi jalar ungu. Ubi jalar ungu merupakan salah satu jenis ubi jalar yang banyak ditemui di Indonesia selain yang berwarna putih, kuning, dan merah (Lingga, 1995). Penelitian tentang *Ipomoea batatas L* telah banyak dilakukan tetapi pemanfaatannya dalam mensintesis nanopartikel belum dilakukan.

Menurut Pakorny, dkk (2001) dan Timberlake & Bridle (1982), antosianin pada ubi jalar ungu mempunyai aktivitas sebagai antioksidan. Kandungan antosianin inilah yang akan dicoba pemanfaatannya sebagai agen pereduksi dalam pembuatan nanopartikel perak.

Nanoteknologi sekarang siap untuk memasuki era komersialisasi. Nanopartikel memperlihatkan hal yang menjanjikan dalam berbagai bidang bioteknologi pertanian (Rahman, dkk., 2009; Stadler, dkk., 2010). Berdasarkan prospek yang ada, penelitian ini dilakukan untuk mensintesis nanopartikel perak dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*) sebagai sensor optik pestisida.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa hal yang menjadi masalah yang perlu penanganan yang tepat, antara lain :

1. bagaimana potensi ekstrak ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*) dalam mensintesis nanopartikel perak,
2. bagaimana karakterisasi dari nanopartikel perak yang disintesis dari ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*) dengan menggunakan

Spektroskopi UV-Vis, Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD), dan Particle Size Analyzer (PSA),

3. bagaimana memanfaatkan nanopartikel perak sebagai sensor optik pestisida.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk :

1. mengetahui potensi ekstrak ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*) dalam mensintesis nanopartikel perak,
2. mengetahui karakterisasi dari nanopartikel perak yang disintesis dari ekstrak ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*) dengan menggunakan Spektroskopi UV-Vis, Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD), dan Particle Size Analyzer (PSA),
3. memanfaatkan nanopartikel perak sebagai sensor optik pestisida.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. sebagai tambahan informasi tentang sintesis dan karakterisasi nanopartikel perak,
2. dapat dijadikan acuan dalam hal pengontrolan pestisida dengan berbasis nanopartikel,
3. sebagai tambahan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang sensor.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Nanopartikel

Konsep nanoteknologi pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli Fisika bernama Richard P Feynman dalam pertemuan ahli Fisika di Amerika pada tahun 1979 (Park, 2007). Nanoteknologi merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan teknologi yang berkaitan dengan materi super kecil (nano) (Elizabeth, 2011). Nanoteknologi juga disebut kemampuan untuk merancang, karakterisasi, produksi dan penerapan struktur, perangkat dan sistem dengan bentuk dan ukuran pengendali pada skala nanometer (Vahabi, dkk., 2011).

Nanopartikel adalah partikel yang sangat halus berukuran orde nanometer atau partikel yang ukurannya dalam interval 1-100 nm dan minimal dalam satu dimensi. Nanopartikel tersebut dapat berupa logam, oksida logam, semikonduktor, polimer, materi karbon, senyawa organik, dan biologi seperti DNA, protein, atau enzim (Bakir, 2011) (Nagarajan & Horton, 2008).

Pada skala nano, sifat materi secara signifikan berbeda dari sifatnya dalam bentuk makroskopik. Nanopartikel dapat dihasilkan dalam tiga bentuk yaitu: (1) nanopartikel alami, (2) nanopartikel antropogenik, dan (3) nanopartikel buatan. Nanopartikel alami terbentuk dengan sendirinya serta mencakup bahan yang mengandung nanokomponen dan kemungkinan

ditemukan di atmosfer seperti garam laut yang dihasilkan oleh evaporasi air laut ke dalam bentuk uap air, debu tanah, abu vulkanik, sulfat dari gas biogenik, dan bahan organik dari gas biogenik. Kandungan dari masing-masing nanopartikel alami tersebut di atmosfer bergantung pada kondisi bumi. Nanopartikel antropogenik merupakan nanopartikel yang terbentuk secara kebetulan yang dihasilkan dalam bentuk bahan bakar fosil. Nanopartikel antropogenik lain berada dalam bentuk asap dan partikulat yang dihasilkan dari oksidasi gas, seperti sulfat dan nitrat. Sedangkan, nanopartikel buatan merupakan nanopartikel yang dibentuk untuk tujuan tertentu dan kemungkinan ditemukan dalam satu atau beberapa bentuk yang berbeda (Park, 2007).

Tiga langkah utama dalam penyusunan nanopartikel yang harus dievaluasi dari perspektif *green chemistry* adalah pilihan media pelarut yang digunakan untuk sintesis, sintesis biomimetik dari nanopartikel, sains, teknologi & penerapan pilihan diawali dengan mengurangi agen, ramah lingkungan dan memilih bahan yang non toksik untuk stabilisasi nanopartikel. Sebagian besar metode sintesis dilaporkan sampai saat ini sangat bergantung pada pelarut organik (Raveendran, *dkk.*, 2002).

Kebutuhan untuk biosintesis nanopartikel naik karena proses fisik dan kimia yang mahal. Pencarian untuk jalur murah untuk sintesis nanopartikel, para ilmuwan menggunakan mikroorganisme dan ekstrak tanaman untuk sintesis. Alam telah merancang berbagai proses untuk sintesis bahan anorganik skala nano dan mikro yang telah memberi

kontribusi pada pembangunan daerah yang relatif baru dan belum dieksplorasi penelitian berdasarkan biosintesis yang nonmaterial (Mohanpuria dan Yadav, 2008).

B. Nanopartikel Perak

Salah satu persyaratan untuk kemajuan nanoteknologi adalah pembangunan protokol eksperimental yang dapat diandalkan untuk sintesis nanomaterials pada rentang komposisi secara biologis, ukuran dan monodispersitas tinggi (Vahabi, 2011).

Saat ini, nanopartikel logam mulia menarik perhatian karena material ini dapat digunakan dalam bidang optik, elektronik, sensor biologi, dan katalis (Moores & Goettmann, 2006). Nanopartikel logam telah digunakan untuk meningkatkan non-linearitas dari penelitian molekul untuk digunakan dalam pencitraan selektif dari struktur dan fisiologi daerah nanometrik dalam sistem seluler, penerapan potensi bioremediasi radioaktif limbah, teknologi sensor, opto-elektronik rekaman media dan optik (Singh, 2012).

Salah satu nanopartikel logam mulia ialah nanopartikel perak. Secara garis besar, sintesis nanopartikel perak dapat dilakukan dengan metode top-down (fisika) dan metode bottom-up (kimia). Metode top-down yaitu mereduksi padatan logam perak menjadi partikel perak berukuran nano secara mekanik melalui metodologi khusus, seperti litografi dan ablasi laser. Metode bottom-up dilakukan dengan melarutkan garam perak ke dalam pelarut tertentu, kemudian agen pereduksi ditambahkan, dan penambahan agen penstabil untuk mencegah aglomerasi nanopartikel

perak. Namun demikian, metode-metode tersebut memiliki banyak masalah, termasuk penggunaan pelarut yang beracun, limbah berbahaya yang dihasilkan, dan konsumsi energi yang tinggi. Biosintesis nanopartikel perak merupakan pilihan lain selain metode fisika dan kimia (Bakir, 2011).

Biosintesis nanopartikel logam dapat memanfaatkan makhluk hidup sebagai agen pada proses sintesis nanopartikel (Mohanpuria dan Yadav, 2008). Prinsip biosintesis nanopartikel logam ialah pemanfaatan tumbuhan ataupun mikroorganisme sebagai agen pereduksi. Mikroorganisme yang digunakan dapat berupa bakteri, khamir, dan jamur. Biosintesis nanopartikel menggunakan tumbuhan memberikan beberapa keuntungan, seperti ramah lingkungan, kompatibel untuk aplikasi farmasi dan biomedis, biaya yang rendah, dan tekanan, energi, dan temperatur yang tidak tinggi, serta tanpa bahan kimia yang beracun (Elumalai, *dkk.*, 2011).

Tumbuhan diketahui memiliki senyawa-senyawa organik yang berfungsi sebagai reduktan yang dapat digunakan untuk substitusi ataupun komplemen reduktan anorganik. Penggunaan senyawa organik tumbuhan untuk sintesis nanopartikel dikenal sebagai biosintesis dan merupakan metode yang ramah lingkungan, serta lebih sederhana. Biosintesis nanopartikel perak dengan ukuran sekitar 50-80 nm telah dilakukan. Delapan jenis tumbuhan telah digunakan untuk mensintesis nanopartikel perak secara ekstraseluler, yaitu *Azadiracta indica* (Mimba), *Centella asiatica* (pegagan), *Cerbera manghas* (Bintaro), *Dillenia indica* (Dillenia), *Diospyros blancoi* (Bisbul), *Murraya paniculata* (Kemuning),

Pometia pinnata (Matoa), dan *Phaleria macrocarpa* (Mahkota dewa). Biosintesis nanopartikel perak dilakukan dengan cara merebus daun tumbuhan tersebut kemudian direaksikan dengan AgNO_3 (Handayani, dkk., 2010).

Beberapa tumbuhan yang telah dimanfaatkan untuk biosintesis nanopartikel perak diperlihatkan pada Tabel 1:

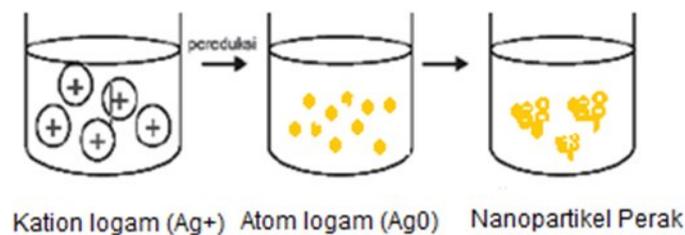
Tabel 1. Daftar Tumbuhan yang dimanfaatkan untuk biosintesis AgNP

No	Tumbuhan	Jenis agen Biosintesis
1.	<i>Azadirachta indica</i>	Air rebusan daun
2.	<i>Alloe vera</i>	Air rebusan daun
3.	<i>Hibiscus rosa sinensis</i>	Gerusan daun
4.	<i>Geranium</i>	Air rebusan daun
5.	<i>Jatropha curcas</i>	Lateks/getah
6.	<i>Carica papaya</i>	Gerusan buah
7.	<i>Syzygium cumini</i>	Ekstrak daun dan biji
8.	<i>Datura metel</i>	Ekstrak daun
9.	<i>Boswellia ovalifoliolata</i>	Serbuk kulit kayu
10.	<i>Oryza sativa</i>	Ekstrak dari rebusan daun

Sumber : (Bakir, 2011)

Dalam biosintesis nanopartikel perak, yang menggunakan tumbuhan, $\text{Ag}(0)$ terbentuk melalui reaksi reduksi oksidasi (redoks) dari ion $\text{Ag}(I)$ yang terdapat pada larutan maupun ion $\text{Ag}(I)$ yang terkandung dalam tumbuhan dengan senyawa tertentu, seperti enzim dan reduktan yang berasal dari bagian tumbuhan. Proses reduksi hingga terbentuk nanopartikel perak tidak lepas dari peran senyawa tertentu yang terdapat pada jenis tumbuhan yang digunakan (Bakir, 2011).

Duran, *dkk.*, (2005) telah menemukan biosintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak jamur *Fusarium oxysporum* sebagai agen pereduksi. Senyawa flavonoid yang terdapat didalamnya digunakan untuk mereduksi Ag(I) menjadi Ag(0) . Ilustrasi pembentukan nanopartikel perak dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme biosintesis nanopartikel perak

C. Karakterisasi Nanopartikel Perak

Spektroskopi Ultraviolet-Visible (UV-Vis), SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Dispersive X-Ray Spectrometer*), PSA (*Particle Size Analyzer*) dan XRD (*X-ray diffraction*) merupakan alat yang digunakan dalam karakterisasi nanopartikel.

Spektroskopi UV-Vis digunakan untuk mengetahui karakteristik yang unik dari nanopartikel yang terbentuk berdasarkan spectrum puncak absorbansinya. Absorbansi pada panjang gelombang tertentu menunjukkan karakter tertentu dari suatu partikel (Bakir, 2011). SEM memberikan penjelasan yang detail dari permukaan, memberikan informasi mengenai ukuran dan bentuk yang homogen atau tidak dari bahan nanopartikel (Wulandary, 2010). Karakterisasi kuantitatif untuk mengetahui ukuran diameter dan distribusi nanopartikel perak dalam

sampel dilakukan menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) (Rusli, 2011). Analisis XRD digunakan untuk menentukan struktur fisik materi. Data yang diperoleh dari analisis XRD berupa grafik hubungan sudut difraksi sinar X pada sampel dengan intensitas sinar yang dipantulkan oleh bahan (Sidqi, 2011)

D. Sensor

Secara umum sensor didefinisikan sebagai alat yang mampu menangkap fenomena fisika atau kimia kemudian mengubahnya menjadi sinyal elektrik dalam bentuk arus listrik ataupun tegangan. Fenomena fisik yang mampu menstimulus sensor untuk menghasilkan sinyal listrik meliputi temperatur, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, pergerakan dan sebagainya. Sementara fenomena kimia berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas. (Bagus, *dkk.* 2009).

Pengembangan sistem sensor yang selektif dan sensitif diperlukan karena adanya tuntutan baru dalam analisis lingkungan. Sebuah komponen penting dari setiap sistem deteksi adalah platform pengenal, yang mampu mengikat selektif ke analit target. Platform pengenal baik sintesis dan biologis dikategorikan ke dalam sensor molekuler. Sintesis sistem pengenal termasuk reseptor molekuler sintetik (Schrader & Hamilton, 2005) dan difungsikan polimer (Senaratne, *dkk.* 2005).

Biosensor menghasilkan suatu sinyal elektrik yang proporsional terhadap konsentrasi analit. Transducer mengubah sinyal biokimia yang dihasilkan oleh elemen sensor biologi menjadi suatu respon elektrik yang

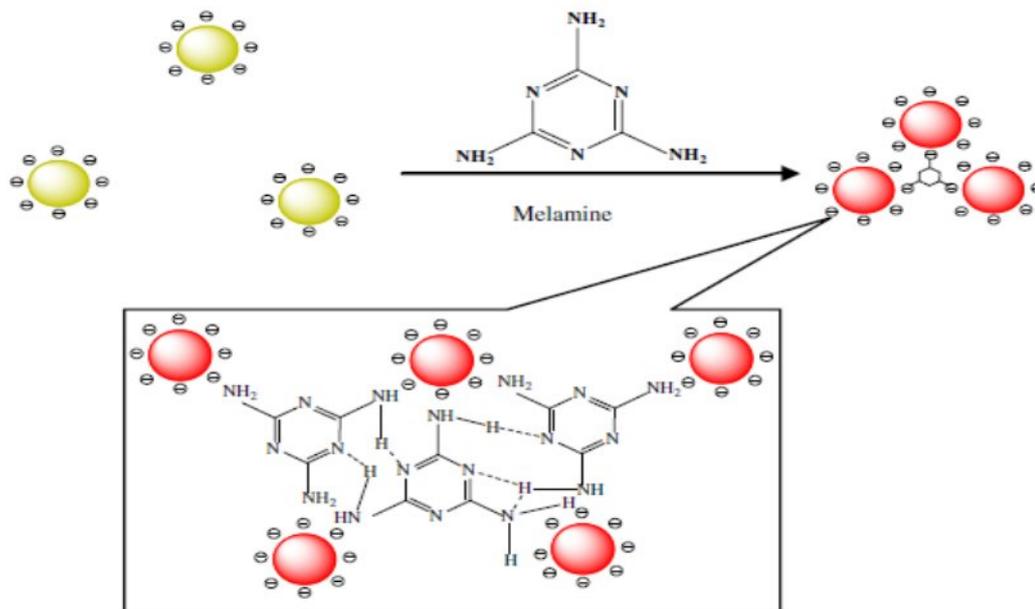
dapat diukur seperti arus listrik, potensial, dan absorbansi sehingga dapat dijelaskan untuk analisis (Yu, dkk., 2006). Elemen sensor biologi berperan sebagai komponen utama pengenal analit yang selektif pada biosensor (D'Souza, 2001).

Secara umum, metode kolorimetri menggunakan nanopartikel logam mulia berdasarkan pada aggrerasi nanopartikel karena reaksi antara ligan pada permukaan nanopartikel dengan molekul analit. Perubahan warna terjadi ketika jarak rata-rata antar partikel berkurang (Tolaymant, dkk, 2010). Nanopartikel emas yang terdispersi berwarna merah, sedangkan aggrerasinya berwarna biru. Sedangkan, nanopartikel perak yang terdispersi berwarna kuning cerah, sedangkan aggrerasinya berwarna merah (Yao, dkk, 2010).

Ping, *et al* (2012) telah mengembangkan sensor melamin metode sederhana kolorimetrik cepat menggunakan label bebas Ag NP (perak nanopartikel) sebagai probe untuk deteksi melamin dalam susu mentah. Pengujian bergantung pada fakta bahwa melamin dapat menginduksi agregasi Ag NP, dan dengan demikian menghasilkan perubahan warna dari kuning ke merah.

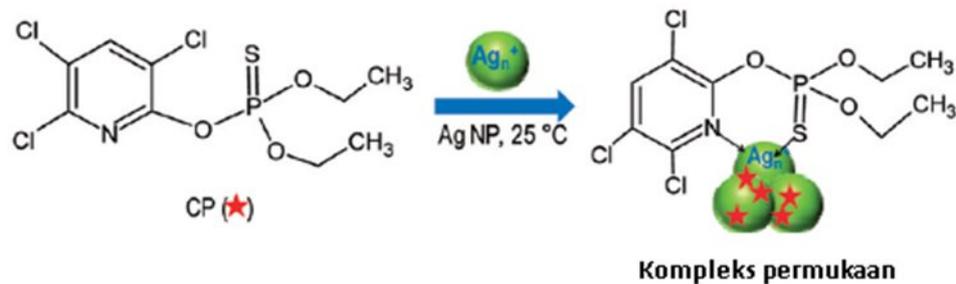
Molekul melamin adalah molekul kecil yang berisi tiga kelompok amino eksosiklik (eNH_2) dan cincin hibrid tiga nitrogen. Ion sitrat bermuatan negatif dapat berikatan satu sama lain dengan kelompok amino eksosiklik (eNH_2) yang bermuatan positif, dengan molekul melamin yang melekat pada permukaan nanopartikel Ag. Jika melamin

ditambahkan ke dalam larutan nanopartikel Ag, warna larutan Ag NPs berubah dengan variasi spektral seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Agregasi nanopartikel Ag mungkin disebabkan baik oleh tiga eksosiklik amino kelompok (eNH_2) atau cincin hibrid tiga nitrogen.



Gambar 2. Mekanisme pendeteksian melamin (Ping, *dkk*, 2012)

Bootharaju dan Pradeep (2012), telah mengembangkan sensor pestisida organofosfat khususnya kloropirifos (CP). Gugus N dan S yang terdapat pada kloropirifos berikatan dengan permukaan dari nanopartikel perak. Mekanisme pengikatan kloropirifos pada permukaan nanopartikel perak dapat dilihat pada Gambar 3 :



Gambar 3. Mekanisme pengikatan kloropirifos

E. Pestisida

World Health Organization mendefinisikan pestisida sebagai “Setiap bahan atau zat campuran yang dimaksudkan untuk mencegah atau mengendalikan setiap spesies yang tidak diinginkan dari tumbuhan dan hewan dan juga termasuk zat-zat atau bahan campuran yang dimaksudkan untuk digunakan sebagai defoliant pertumbuhan tanaman, regulator atau *dessicant*.” (IPCS, 1975).

Jika dilihat dari asal katanya, pestisida atau *pesticide* berasal dari *pest* yang berarti hama dan *cide* yang berarti mematikan/ racun. (Munaf, 1997). Pestisida dapat berupa zat kimia dan bahan lain serta jasad renik dan virus yang dipergunakan untuk memberantas atau mencegah hama dan penyakit yang merusak tanaman, bagian-bagian tanaman atau hasil-hasil pertanian, memberantas rerumputan, mematikan daun dan mencegah pertumbuhan yang tidak diinginkan, mengatur atau merangsang pertumbuhan tanaman atau bagian-bagian tanaman (tidak termasuk pupuk), memberantas atau mencegah hama-hama luar pada hewan-hewan piaraan dan ternak, memberantas atau mencegah hama-

hama air, memberantas atau mencegah binatang-binatang dan jasad renik dalam rumah tangga, bangunan, dan dalam alat-alat pengangkutan, dan memberantas atau mencegah binatang-binatang yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia atau binatang yang perlu dilindungi dengan penggunaan pada tanaman, tanah, atau air (Keputusan Menteri Pertanian No.434.1/Kpts.270/7/2001).

Berbagai jenis pestisida berdasarkan OPT sasarannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis-Jenis Pestisida

Kelas Pestisida	Kegunaan	Asal Kata
Akarisida	Membunuh kutu	Akari, kutu
Algisida	Membunuh ganggang	Alga, ganggang
Avisida	Membunuh burung	Avis, burung
Bakterisida	Membunuh bakteri	Bacterium
Fungisida	Membunuh jamur	Fungus
Herbisida	Membunuh gulma	Herba
Insektisida	Membunuh serangga	Insectum
Larvisida	Membunuh larva	Lar
Mitisida	Membunuh kutu	Arkasida
Mluskisida	Membunuh bekicot	Molluscus
Nematisida	Membunuh cacing	Nematoda
Visida	Membunuh telur	

Sumber: (Sastroutomo dan Soetikno, 1992).

Berdasarkan asal bahan yang digunakan untuk membuat pestisida, maka pestisida dapat dibedakan ke dalam empat golongan yaitu :

- a. Pestisida sintetis, yaitu pestisida yang diperoleh dari hasil sintesa kimia, contohnya organoklorin, organofospat, dan karbamat,

- b. pestisida nabati, yaitu pestisida yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, contohnya neem oil yang berasal dari pohon mimba,
- c. pestisida biologi, yaitu pestisida yang berasal dari jasad renik atau mikrobia yaitu jamur, bakteri atau virus contohnya,
- d. pestisida alami, yaitu pestisida yang berasal dari bahan alami, contohnya bubuk bordeaux (Sitompul, 1987).

Pestisida juga diklasifikasikan berdasarkan pengaruh fisiologisnya, yang disebut farmakologis atau klinis, sebagai berikut:

1. senyawa organofosfat

Racun ini merupakan penghambat yang kuat dari enzim cholinesterase pada syaraf. Asetilkolin berakumulasi pada persimpangan-persimpangan syaraf (neural junction) yang disebabkan oleh aktivitas cholinesterase dan menghalangi penyampaian rangsangan syaraf kelenjar dan otot-otot. Organofosfat disintesis pertama kali di Jerman pada awal perang dunia ke-II. Bahan tersebut digunakan untuk gas syaraf sesuai dengan tujuannya sebagai insektisida. Pada awal sintesisnya diproduksi senyawa tetraethyl pyrophosphate (TEPP), parathion dan schordan yang sangat efektif sebagai insektisida tetapi juga toksik terhadap mamalia. Penelitian berkembang tersebut dan ditemukan komponen yang paten terhadap insekta tetapi kurang toksik terhadap manusia (misalnya : malathion).

2. senyawa organoklorin

Dari golongan ini paling jelas pengaruh fisiologisnya seperti yang ditunjukkan pada susunan syaraf pusat, senyawa ini berakumulasi pada jaringan lemak.

3. senyawa arsenat

Pada keadaan keracunan akut ini menimbulkan gastroenteritis dan diarehoe yang menyebabkan kekejangan yang hebat sebelum menimbulkan kematian. Pada keadaan kronis menyebabkan pendarahan pada ginjal dan hati.

4. senyawa karbamat

Pengaruh fisiologis yang primer dari racun golongan karbamat adalah menghambat aktifitas enzim colinesterase darah dengan gejala-gejala seperti senyawa organofospat

5. piretroid

Piretroid merupakan senyawa kimia yang meniru struktur kimia (analog) dari piretrin. (Djojsumarto, 1998).

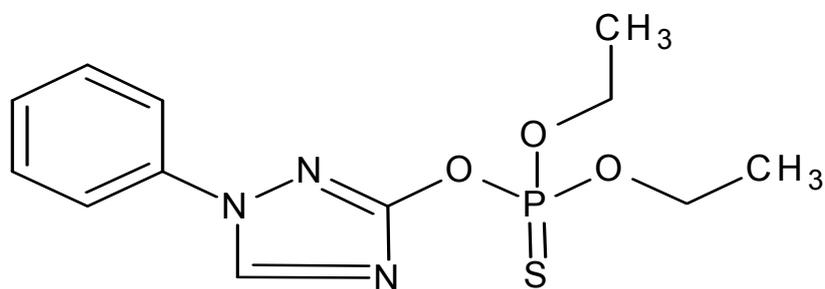
Bagaimanapun amannya, pestisida adalah racun yaitu bahan kimia yang dibuat untuk membunuh hama, berarti mempunyai toksisitas yang sangat bervariasi dari satu jenis ke jenis lainnya. Jadi resiko pestisida terhadap lingkungan hidup tetap ada dan perlu diperhatikan (Susilo, 2001).

F. Insektisida Triazofos

Triazofos merupakan insektisida organofosfat efektif terhadap berbagai hama serangga pada berbagai tanaman. Triazofos merupakan insektisida, akarisida, dan nematisida berspektrum luas yang bekerja sebagai racun kontak dan racun perut. Triazofos bersifat non-sistemik, tetapi bias menembus jauh ke dalam jaringan tanaman (translaminar) dan digunakan untuk mengendalikan berbagai hama seperti ulat dan tungau. LD50 (tikus) sekitar 57 – 59 mg/kg; LD50 dermal (kelinci) > 2.000 mg/kg (Yodencia, 2008).

1. Struktur Triazofos

Triazofos dengan nama kimia sebagai *0,0-dietil-0-1-fenil-1H-1,2,4 fosfotinat triazol-3-il* merupakan pestisida yang cukup beracun dan memiliki spektrum yang luas, pestisida organofosfat nonsistemik. Triazofos telah dimasukkan ke dalam penggunaan pertanian sejak akhir 1970-an , pada berbagai tanaman seperti kapas , jagung , padi , dan sayur (Kun, 2005). Rumus Bangunnya dapat dilihat pada gambar 4 :



Gambar 4. Rumus Bangun Triazofos (Wang, 2013).

2. Sifat Fisik, Kimia, dan Biologi Triazofos

Sifat fisik triazofos yang berkaitan dengan wujudnya, yaitu dalam bentuk cair berwarna coklat gelap, dan memiliki bau seperti phosphoric ester. Memiliki titik beku pada suhu 2 – 5 °C dan suhu terjadi dekomposisi pada 140°C ke atas. Memiliki kelarutan dalam air sebesar 39 mg/L pada suhu 20°C dan dapat larut dalam pelarut organik seperti methanol dan aseton (Wang, 2013).

Triazofos dapat mempengaruhi tubuh ketika dihirup atau dengan melewati kulit Anda. Paparan triazofos dapat menyebabkan, keracunan organofosfat berat dengan cepat, sakit kepala, berkeringat, mual dan muntah, diare, kehilangan koordinasi, dan kematian. Paparan yang tinggi atau berulang-ulang dapat merusak saraf menyebabkan kelemahan dan koordinasi yang lemah di lengan dan kaki. Pemaparan berulang dapat menyebabkan perubahan kepribadian depresi, kecemasan, atau lekas marah (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2002).

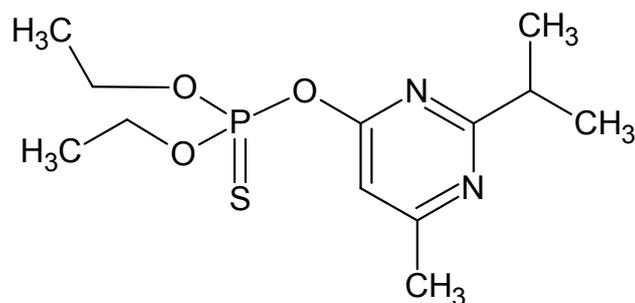
Triazofos sangat beracun bagi sebagian besar ikan , tetapi rendah terhadap jenis kerang-kerangan. Dalam beberapa tahun terakhir , triazofos juga digunakan sebagai fungisida dalam melindungi pembudidayaan kerang seperti *Sinonovacula constricta* dan *Tegillarca granosa* dari penyakit . Peristiwa terbunuhnya ikan disebabkan oleh polusi triazofos yang berlangsung secara sporadis di daerah pesisir Fujian dan Zhejiang di Cina. Oleh dari itu, evaluasi keselamatan lingkungan untuk triazofos yang digunakan menjadi perhatian besar (Kun, 2005).

G. Insektisida Diazinon

Diazinon merupakan insektisida yang efektif untuk membasmi hama tanaman buah-buahan, sayuran, dan hama tanah, ectoparasites, dan serangga. Toksisitas akut diazinon secara oral adalah LD₅₀ untuk tikus sebesar 85 sampai 135 mg/kg dan LD₅₀ untuk tikus besar (tikus got) adalah sebesar 150 sampai 220 mg/kg (Margot & Stammbach, 1964).

1. Struktur Diazinon

Diazinon yang memiliki nama kimia (*0.0-dietil 0-2-isopropil-6-etilpirimidin-4-metil pirimidinil fosforotionat*) dengan rumus empiris C₁₂H₂₁N₂O₃P₅ adalah insektisida dan nematisida non sistemik berspektrum luas (*broad spectrum*) dan bertindak sebagai inhibitor asetilkolinesterase berakibat pada kolin (Sumner, 1988; EXTOKNET, 1996). Rumus bangunnya disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rumus Bangun Diazinon (Zhang & Pehkonen, 1999).

2. Sifat Fisik, Kimia, dan Biologi Diazinon

Sifat fisik diazinon yang berkaitan dengan lingkungan adalah sebagai berikut: titik didih 83-84°C, tekanan uap $1,4 \times 10^{-4}$ mmHg pada 20°C, koefisien partisi oktanolair adalah 4, kelarutan dalam air: 40 µg mL⁻¹ pada

25°C, sedikit larut dalam air (kira-kira 0,04%) dan dapat dicampur dengan pelarut organik (Merck Index, 1998). Senyawa ini stabil dalam lingkungan alkali lemah tetapi sedikit terhidrolisis dalam air dan asam encer. Diazinon sangat sensitif terhadap oksidasi dan suhu tinggi, serta cepat terurai pada suhu di atas 100°C (Hayes & Laws, 1991).

Matsumura (1976) menyatakan bahwa sebagian besar diazinon mengalami degradasi membentuk asam dietiltiofosfonat. Persisten diazinon dalam air tawar dan air laut masing-masing adalah 11% dan 30% setelah aplikasi 17 hari, sedangkan residu dalam lumpur permukaan (2 mm) masih terdapat 0,05-2% setelah 21 hari aplikasi.

Volatilitas diazinon adalah 2,4 mg m⁻³ pada 20°C dan 18,6 mg m⁻³ pada 40°C. Diazinon mempunyai waktu paruh (*half-life*) 30 hari dan koefisien serap oleh tanah $K_{oc}=1.000$ E (Wauchope *et al.* 1992), sedangkan konsentrasi diazinon sebesar 0,2-5,2 mg L⁻¹ dapat membunuh ikan (Smith *dkk.*, 2007)

3. Alur Reduksi Diazinon di Alam

Residu pestisida secara alamiah dapat hilang atau terurai dengan baik dalam lingkungan abiotik maupun lingkungan biotik. Faktor-faktor yang berpengaruh dalam penguraian pestisida adalah penguapan, pencucian, pelapukan dan dengan degradasi baik secara kimia, biologi maupun fotokimia. Hidrolisis diazinon menjadi IMPH (*2-isopropil-4-metil-6-hidroksi pirimidin*) terutama diatur oleh proses abiotik, degradasi dari

diazinon meningkat oleh mikroorganisme tanah, sehingga mikroorganisme menjadi faktor yang lebih dominan dari faktor abiotik (Leland, 1998).

H. Ubi Jalar Ungu

1. Klasifikasi dan Morfologi

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang dapat tumbuh dan berkembang di seluruh Indonesia. Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat nonberas tertinggi keempat setelah padi, jagung, dan ubi kayu; serta mampu meningkatkan ketersediaan pangan dan diversifikasi pangan di dalam masyarakat. Sebagai sumber pangan, tanaman ini mengandung karbohidrat, beta karoten, vitamin C, niacin, riboflavin, thiamin, dan mineral. Oleh karena itu, komoditas ini memiliki peran penting, baik dalam penyediaan bahan pangan, bahan baku industry maupun sebagai bahan pensubstitusi (Asriyadi, 2011).

Sistematika (taksonomi) tanaman Ubi jalar Ungu (Gambar 6) adalah sebagai berikut (Rukmana, 1997).

Kingdom: Plantae
Divisi: Spermatophyta
Subdivisi: Angiospermae
Kelas: Dicotyledonae
Ordo: Convolvulales
Famili: [Convolvulaceae](#)
Genus: [Ipomoea](#)
Spesies: *Ipomoea batatas* L



Gambar 6. Ubi Jalar Ungu

Ubi jalar atau ketela rambat atau sweet potato diduga berasal dari benua Amerika. Para ahli botani dan pertanian memperkirakan daerah asal tanaman ubi jalar adalah Selandia Baru, Polinesia, dan Amerika bagian tengah. Ubi jalar menyebar ke seluruh dunia terutama Negara-negara beriklim tropika, diperkirakan pada abad ke-16. Orang-orang Spanyol dianggap berjasa menyebarkan ubi jalar ke kawasan Asia terutama Filipina, Jepang, dan Indonesia (Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan, 2002).

2. Kandungan Kimia

Ubi jalar merupakan sumber karbohidrat dan sumber kalori yang cukup tinggi. Ubi jalar juga merupakan sumber vitamin dan mineral, vitamin yang terkandung dalam ubi jalar antara lain vitamin A, vitamin C, thiamin (vitamin B1), dan riboflavin. Sedangkan mineral dalam ubi jalar diantaranya adalah zat besi (Fe), fosfor (P), dan kalsium (Ca). Kandungan lainnya adalah protein, lemak, serat kasar, dan abu (Kumalaningsih, 2006).

Selain kaya akan kandungan antosianin, ubi jalar juga kaya akan vitamin A, vitamin E, dan kandungan vitamin C-nya yaitu sebesar 23 mg/100 g serta kaya akan mineral Ca (30 mg/ 100 g). Kandungan kimia ubi jalar dapat dilihat pada Tabel 3.

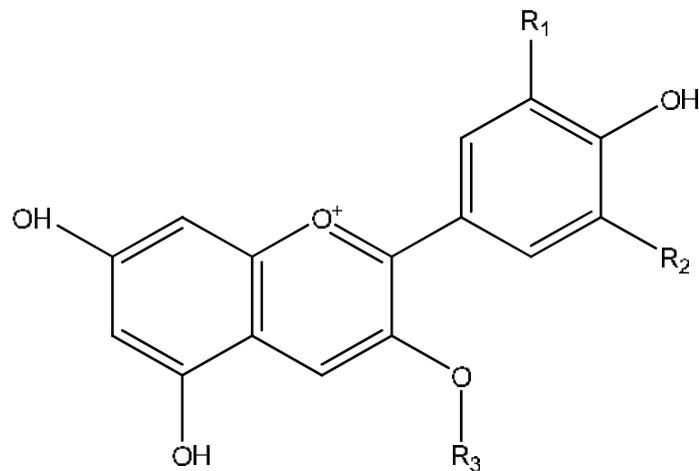
Tabel 3. Kandungan Ubi Jalar

Komponen	Jumlah
Kadar Air (%)	72,84
Pati (%)	24,28
Protein (%)	1,65
Gula reduksi (%)	0,85
Mineral (%)	0,95
Asam askorbat (mg/100 g)	22,7
K (mg/100 g)	204,0
S (mg/100 g)	28,0
Ca (mg/100 g)	22,0
Mg (mg/100 g)	10,0
Na (mg/100 g)	13,0
Fe (mg/100 g)	0,59
Mn (mg/100 g)	0,355
Vitamin A (IU/100 g)	20063,0
Energi (kJ/100 g)	441,0

Sumber: (Kotecha dan Kadam, 1998)

Ubi jalar ungu jenis *Ipomoea batatas L.* memiliki warna ungu yang cukup pekat pada daging ubinya, sehingga banyak menarik perhatian. Menurut Pakorny et al., (2001), warna ungu pada ubi jalar disebabkan oleh adanya pigmen ungu antosianin yang menyebar dari bagian kulit sampai dengan daging ubinya.

Antosianin (Gambar 7) merupakan pewarna yang paling penting dan paling tersebar luas dalam tumbuhan. Secara kimia antosianin merupakan turunan suatu struktur aromatik tunggal, yaitu sianidin, dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin ini dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil atau dengan metilasi.



Gambar 7. Struktur umum antosianin

Antosianin terdapat enam jenis secara umum, yaitu : sianidin, pelargonidin, peonidin, petunidin, malvidin dan delphinidin. (Harborne, 1987). Jenis antosianidin yang terdapat dalam ubi jalar ungu yaitu peonidin dan sianidin. Adapun jenis-jenis antosianin ditampilkan pada Tabel 4

Tabel 4. Jenis-Jenis Antosianin

Antosianin	R₁	R₂
Delfinidin	OH	OH
Petunidin	OH	OCH ₃
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃
Sianidin	OH	H
Peonidin	OCH ₃	H
Pelargonidin	H	H

I. Kerangka Pikir dan Hipotesis

a. Kerangka Pikir

Penggunaan pestisida dalam aktifitas manusia sangat beragam. Penggunaan pestisida di bidang pertanian merupakan salah satu upaya untuk peningkatan produk pertanian. Penggunaan pestisida yang tidak

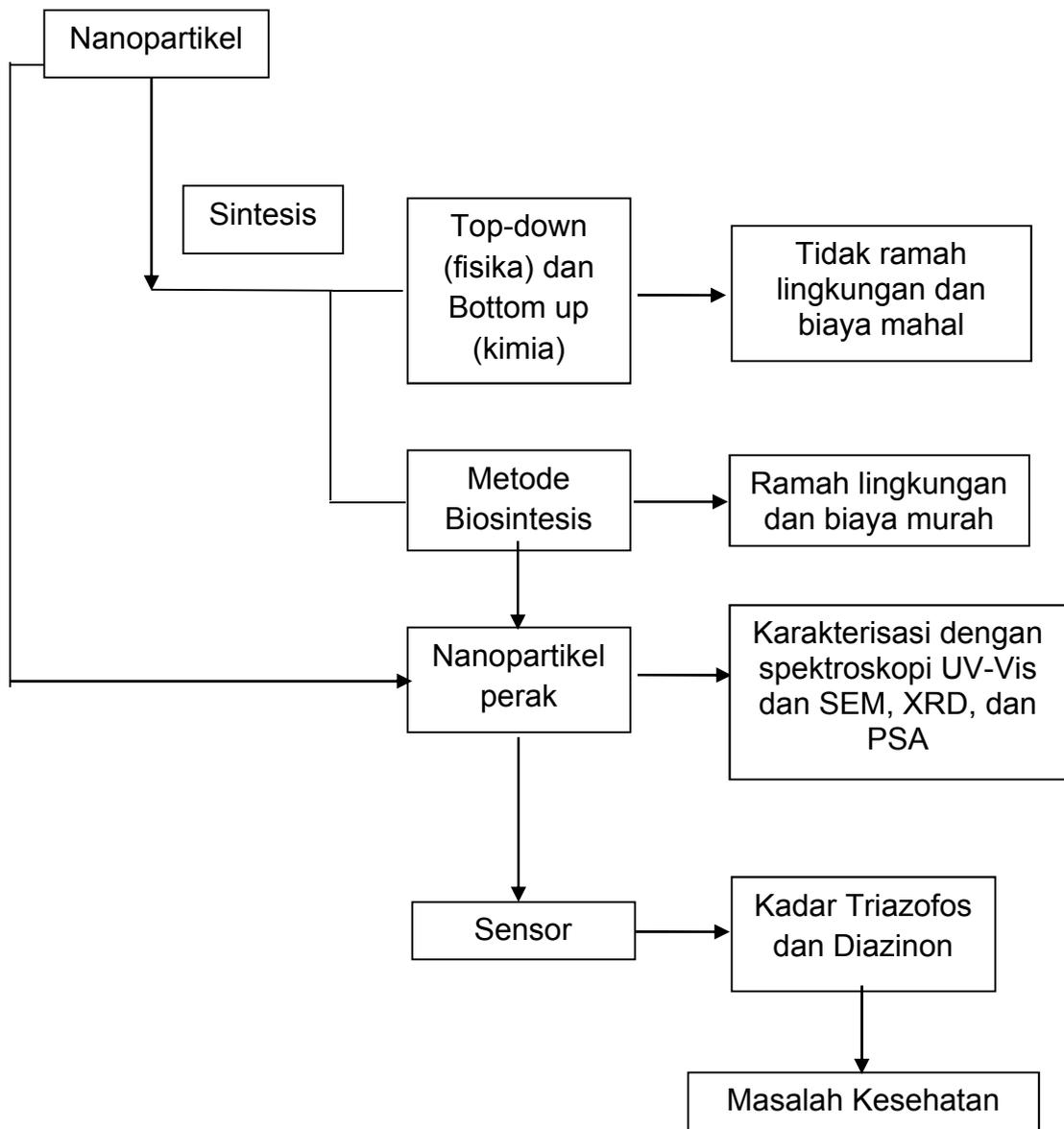
sesuai dengan aturan yang berlaku dapat membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pemantauan dan eksposur data sangat penting dilakukan untuk menentukan dampak dari pestisida terhadap kesehatan manusia dan lingkungan secara akurat. Kemajuan dalam miniaturisasi dan teknologi mikrofabrikasi telah menyebabkan pengembangan perangkat yang sensitif dan selektif untuk lapangan dan dalam pemantauan lingkungan (Pellicer, *dkk.*, 2010).

Sintesis nanopartikel dilakukan dengan metode top-down (fisika) dan metode bottom-up (kimia). Sintesis nanopartikel dengan metode sintesis tersebut memiliki kendala seperti biaya yang mahal serta resiko besar yang ditimbulkan terhadap lingkungan. Metode atau inovasi baru dalam mensintesis nanopartikel yang lebih bersifat ramah lingkungan serta biaya murah sangat dibutuhkan. Biosintesis nanopartikel logam dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai agen pereduksi memberikan beberapa keuntungan, seperti ramah lingkungan, biaya rendah dan tidak memerlukan tekanan, energi dan temperatur yang tinggi serta tidak menggunakan bahan kimia yang beracun (Elumalai, *dkk.*, 2011).

Ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* .L) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang dapat tumbuh dan berkembang di

seluruh Indonesia. Kandungan gula pereduksi yang terdapat didalam ubi dapat digunakan untuk mensintesis nanopartikel perak.



Gambar 7. Kerangka Pikir

b. Hipotesis

Adapun hipotesis yang dapat diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Nanopartikel perak dapat disintesis dengan metode biosintesis nanopartikel dari ekstrak Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L.*) sebagai agen pereduksi.
2. Nanopartikel perak dapat digunakan sebagai sensor insektisida triazofos dan diazinon.