

**TESIS**

**NANOKLASTER PERAK BERPENDAR: SINTESA FOTOKIMIA DAN  
KARAKTERISTIKNYA SEBAGAI PENDETEKSI PESTISIDA**

**Disusun dan diajukan oleh**

**AINUN NOVIANTI ZAHRAH**

**H032202001**



**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**NANOKLASTER PERAK BERPENDAR: SINTESA FOTOKIMIA DAN  
KARAKTERISTIKNYA SEBAGAI PENDETEKSI PESTISIDA**

**TESIS**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Magister Sains  
Pada Program Studi Magister Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**AINUN NOVIANTI ZAHRAH  
H032202001**

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2023**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

NANOKLASTER PERAK BERPENDAR: SINTESA FOTOKIMIA DAN  
KARAKTERISTIKNYA SEBAGAI PENDETEKSI PESTISIDA

Disusun dan diajukan oleh

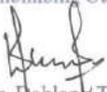
AINUN NOVIANTI ZAHRAH

H032202001

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Pada tanggal Januari 2023 Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

  
Prof. Dr. Dahlan Tahir, M.Si.  
NIP. 19750907 200003 1 006

Pembimbing Pendamping,

 TT ELEKTRONIK  
Dr. Yulianti Herbani, M.Sc.  
NIP. 19790716 200212 2 008

Ketua Program Studi,

  
Dr. Ir. Bidayatul Armynah, MT.  
NIP. 19630830 198903 2 001

 Dekan Fakultas,  
Dr. Eng. Amruruddin, M.Si.  
NIP. 19720515 199702 1 002

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

NANOKLASTER PERAK BERPENDAR: SINTESA FOTOKIMIA DAN  
KARAKTERISTIKNYA SEBAGAI PENDETEKSI PESTISIDA

Disusun dan diajukan oleh

AINUN NOVIANTI ZAHRAH

H032202001

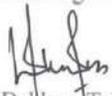
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal Januari 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

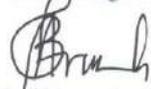
Pembimbing Utama,

  
Prof. Dr. Dalilang Tahir, M.Si.  
NIP. 19750907 200003 1 006

Pembimbing Pendamping,

 TT ELEKTRONIK  
Dr. Yulianti Herbani, M.Sc.  
NIP. 19790716 200212 2 008

Ketua Program Studi,

  
Dr. Ir. Bidayatul Armynah, MT.  
NIP. 19630830 198903 2 001



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari iDenti-BRIN, silahkan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ainun Novianti Zahrah  
NIM : H032202001  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **NANOKLASTER PERAK BERPENDAR: SINTESA FOTOKIMIA, KARAKTERISASI, DAN APLIKASINYA UNTUK DETEKSI PESTISIDA**

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

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

Makassar, 27 Januari 2023

Yang menyatakan

Ainun Novianti Zahrah



## Abstrak

Telah dilakukan sintesis nanoklaster perak menggunakan metode fotokimia untuk mendeteksi methyl viologen (paraquat). Proses sintesis nanoklaster perak dilakukan dengan variasi waktu iradiasi lampu UV-C (1 jam, 3 jam, 5 jam, 8 jam, 24 jam, dan 48 jam), variasi pH larutan (pH 5, pH 6, dan pH 7), dan variasi rasio perbandingan GSH:AgNO<sub>3</sub>. Dari hasil yang diperoleh, menunjukkan bahwa nanoklaster perak yang paling baik adalah nanoklaster perak dengan waktu iradiasi 48 jam, pH 5, dan GSH:AgNO<sub>3</sub> (230,25 mg : 21,2 mg). Batas deteksi (LOD) nanoklaster perak untuk mendeteksi methyl viologen (paraquat) adalah 0,43 µM dengan presentasi quantum yield (QY) sebesar 47,7%. Pada penelitian ini, ukuran partikel dari nanoklaster perak sebesar 2 nm ~ 4 nm yang dapat digunakan untuk mendeteksi methyl viologen dengan baik.

**Kata Kunci** : nanoklaster perak, LOD (*limit of detection*), QY (*quantum yield*), *methyl viologen*, fluoresensi

### **Abstract**

Silver nanoclusters was synthesized by using photochemical method for detecting methyl viologen (paraquat). Process synthesis of silver nanocluster by using various irradiation time of UV-C (1 hours, 3 hours, 5 hours, 8 hours, 24 hours, and 48 hours), various of pH solution (pH 5, pH 6, and pH 7), and various ratio of GSH:AgNO<sub>3</sub> (230.25 mg : 21.2 mg). Limit of detection (LOD) of silver nanoclusters for detecting methyl viologen (paraquat) is 0.43 μM with presentation of quantum yield (QY) is 47.7%. In this study, particle size of silver nanoclusters is 2 nm ~ 4 nm which useful for methyl viologen detection in future.

**Keywords** : silver nanoclusters, LOD (limit of detection), QY (quantum yield), methyl viologen, fluorescence

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, kasih sayang, dan hidayahnya sehingga pada akhirnya penulis dapat berhasil menyelesaikan penulisan tesis ini dengan judul “*Nanoklaster Perak Berpendar: Sintesa Fotokimia Dan Karakteristiknya Sebagai Pendeteksi Pestisida*”. Berbagai upaya telah dilakukan penulis untuk menyelesaikan penulisan tesis ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar magister sains (M.Si). Dalam penyelesaian tesis ini penulis telah mengalami berbagai hambatan dan menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini terjadi karena kelemahan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Namun atas kehendaknya hambatan tersebut berhasil dilalui oleh penulis sehingga penyusunan tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak (**Dr. Syahrudin Kasim, S.Si, M.Si.**) dan Mommy (**Nur Asiah H. Muchtar, A.Md, S.M.**) yang doanya tidak pernah terputus untuk penulis hingga saat ini serta berbagai dukungan luar biasa lainnya baik berupa nasihat-nasihat yang diberikan untuk penulis hingga dukungan materi yang tidak terhitung jumlahnya. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan serta umur yang lama hingga dapat terus kebersamai penulis, Aamiin.
2. Adik-adikku tersayang (**Afhdhaliatul Khumairah, S.Si., Anugrah Nur Auliani C.ST., Azizah Syahrunitul Mubaraq, & Addini Nai'matunnisa**) yang selalu memberikan semangat kepada penulis dikala penulis merasa jenuh dengan segala aktivitas kuliah serta selalu membantu penulis dalam meringankan beban pekerjaan rumah sehingga penulis dapat fokus pada pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si.**, selaku pembimbing utama penulis yang telah memberikan bantuan yang sangat luar biasa kepada penulis, mulai dari meluangkan waktunya untuk membimbing penulis meskipun sedang dalam keadaan sakit hingga membantu dalam proses penulisan dan proses submit jurnal internasional penulis.

4. Ibu **Dr. Yuliati Herbani, M.Sc.**, selaku pembimbing pertama penulis yang telah memberikan bantuan yang sangat luar biasa kepada penulis mulai dari membimbing penulis dalam melakukan eksperimen tugas akhir, menjawab setiap pertanyaan-pertanyaan penulis terkait penelitian selama penulis melakukan penelitian tugas akhir di LIPI/BRIN, hingga memberikan penulis nasihat-nasihat baik dalam hal pendidikan, karir, hingga jodoh.
5. Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T.**, Ibu **Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc.**, dan Ibu **Dr. Ir. Bidayatul Armynah, M.T.** sebagai penguji tesis fisika yang telah memberikan masukan sehingga tesis ini dapat ditulis dengan baik.
6. Teman sekaligus kakak laki-laki penulis **Muhammad Irwan, S.Si.** yang telah banyak membantu penulis terhitung sejak penulis memutuskan untuk melanjutkan S2 mulai dari berdiskusi dan bertukar pikiran mengenai materi-materi kuliah hingga membantu penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
7. **Yusuf Nur Arfandhi Tjopi, SH.** yang telah kebersamai penulis selama kurang lebih 2 tahun belakangan ini dan juga turut serta membantu penulis dalam berbagai hal, baik dalam persoalan kuliah, penelitian, penulisan tugas akhir, hingga hal-hal lainnya yang membuat penulis dapat menyelesaikan setiap kendala yang ada dengan baik.
8. Besti sekaligus roommate penulis selama penulis menjadi anak rantau di Tangerang Selatan, **Titin Fatmawati, B.Ed., Gr., M.Si.** yang telah kebersamai penulis selama penelitian di LIPI/BRIN, berbagi kamar tidur hingga makanan bersama, berdiskusi seputar penilitan tugas akhir hingga hal-hal yang dikhawatirkan di masa depan, saling memberikan motivasi dan nasihat-nasihat ketika salah satu diantara kita berdua sedang merasa jenuh dan merasa lelah, hingga menjadi teman jalan-jalan penulis menelusuri Jakarta dan sekitarnya pada saat penulis merasa jenuh dengan rutinitas yang monoton.
9. **Annisa Tsalsabila, S.Si, M.Si** yang telah banyak membantu penulis selama penulis melakukan penelitian di LIPI/BRIN.
10. Seluruh saudara & keluarga besar penulis di Jakarta, Bekasi, dan Tenjo, terkhusus uwa **Rostiaty**, kak **Fatimah Zahra, S.M**, kak **Mutiaraning Siti**

**Halimah, S.H., M.M., kak Mad Arip, kak Feri Asri Prima, Marsudi Hasibuan, Nani Nur Octavia, Ahmad Ridwansyah, &** keponakan ku tersayang **Fatar Rizki Ramadhan** atas segala kebaikan dan kasih sayangnya kepada penulis selama penulis berada di tanah rantau sehingga penulis tidak pernah merasa kesepian dan sendirian selama berada jauh dari rumah.

11. Besti-besti ku **Dewi Rohani Musa, S.Si., Riska Sri Wahyuni, S.Si., Serlini R, S.Si., & Sri Indarwaty, S.Si.** yang telah memberikan semangat kepada penulis, mendengarkan segala keluh kesah penulis, hingga menasehati penulis disaat-saat tertentu.
12. **Ida Laila Patintingan, S.Si., M.Si.** yang telah banyak membantu penulis dalam memberikan berbagai informasi yang penulis butuhkan.
13. Kak **Inayatul Mutmainna, S.Si., M.Si.** dan kak **Sultan Ilyas, S.Si., M.Si** yang banyak membantu penulis dalam proses pengolahan data tugas akhir penulis.
14. Seluruh **Bapak & Ibu Dosen Fisika** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah mendidik dan memberikan ilmunya kepada penulis.
15. Seluruh staf jurusan Fisika terkhusus kepada (**Ibu Evi & Ibu Rana**) yang telah membantu penulis dalam mengurus administrasi perkuliahan hingga administrasi untuk pengajuan ujian selama ini.
16. Seluruh **Pegawai dan Jajaran Staf Akademik** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan urusan terkait hal akademik.
17. Seluruh **Peneliti, Staf dan Jajaran Pusat Penelitian Fisika (P2F) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)** yang telah memberikan penulis kesempatan sebaik-baiknya untuk menggunakan seluruh fasilitas laboratorium selama penulis menyelesaikan penelitian tugas akhir.
18. **Erniansyah, S.Sos. & Iin Fatimah Miftahuljannah, A.Md.Kep** yang telah mendengarkan cerita-cerita penulis dengan sabar dan selalu memberikan semangat kepada penulis.
19. Seluruh **Keluarga Besar Berkah Supermarket** yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk belajar hal baru dan mengembangkan potensi

lain dalam diri penulis di bidang F&B selama penulis menunggu jadwal ujian seminar hasil.

20. **Twitter, Instagram, Tiktok, Youtube, & Netflix** yang telah menemani penulis selama mengerjakan tugas akhir mulai dari penelitian, penulisan jurnal untuk keperluan publikasi, hingga penulisan tesis.
21. Diri sendiri yang sudah luar biasa hebatnya karena bisa berjuang hingga hari ini, yang tidak mau kalah oleh keadaan, yang tidak patah semangat saat beberapa hal tidak berjalan sesuai dengan keinginannya, yang tetap sabar saat apa yang di tunggu datang sedikit lebih lama, dan yang selalu berusaha dengan sangat keras untuk menyelesaikan setiap apa yang dimulai. Serta kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan kontribusi agar tesis ini dapat selesai dengan baik. semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca terutama yang sedang mencari dan membutuhkan informasi seputar nanoklaster perak.

Makassar, 24 Januari 2023



Ainun Novianti Zahrah

## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.1 Ruang Lingkup .....	4
I.1 Rumusan Masalah.....	4
I.1 Tujuan Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
II.1 Nanomaterial .....	5
II.2 Silver Nanoclusters (AgNCs).....	6
II.3 Paraquat ( <i>methyl viologen</i> ) .....	7
II.4 Photoluminiscence.....	8
II.5 Lampu UV-C.....	9
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	10
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	10
III.2 Alat dan Bahan.....	10
III.3 Perangkat Karakterisasi .....	11
III.4 Prosedur Penelitian .....	11
III.4.1 Pembuatan Larutan AgNO <sub>3</sub> 25mM dan GSH 25mM .....	11
III.4.2 Pembuatan <i>Silver Nanoclusters</i> (AgNCs) Variasi Waktu Iradiasi..	11

III.4.3 Pembuatan <i>Silver Nanoclusters</i> (AgNCs) Variasi pH .....	12
III.4.4 Pembuatan <i>Silver Nanoclusters</i> (AgNCs) Variasi Rasio GSH:AgNO <sub>3</sub> .....	14
III.4.5 Uji Batas Minimum Deteksi (LOD) AgNCs Terhadap <i>Methyl Viologen</i> (Paraquat). .....	16
III.4.6 Uji Penentuan Presentasi Nilai <i>Quantum Yield</i> Pada AgNCs .....	17
III.4.7 Karakterisasi .....	18
1. Karakterisasi UV-Vis <i>Spectrometer</i> .....	18
2. Karakterisasi <i>Photoluminiscence</i> (PL).....	18
3. Transmission Electron Microscopy (TEM).....	19
4. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).....	19
III.5 Bagan Alir Penelitian .....	20
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	21
IV.1 Sintesa Fotokimia Nanoklaster Perak .....	21
IV.1.1 Variasi Waktu Iradiasi .....	21
IV.1.2 Variasi pH Larutan .....	23
IV.1.3 Variasi Rasio Perbandingan GSH : AgNO <sub>3</sub> .....	24
IV.2 Uji Efektifitas AgNCs Untuk Mendeteksi Paraquat ( <i>Methyl Viologen</i> ).....	25
IV.3 Sifat Fluoresensi AgNCs .....	28
IV.4 Analisis Data FTIR .....	29
IV.5 Analisis Data TEM .....	30
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	31
V.1 Kesimpulan .....	31
V.2 Saran .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	32
<b>LAMPIRAN</b> .....	39

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Jenis-jenis morfologi nanomaterial perak.....	6
<b>Gambar 2.2</b> Variasi ukuran AgNCs.....	7
<b>Gambar 3.1</b> Skema sintesis <i>silver nanoclusters</i> (AgNCs).....	12
<b>Gambar 3.2</b> Skema Rangkaian Karakterisasi <i>photoluminescence</i> (PL).....	19
<b>Gambar 3.3</b> Diagram alir penelitian.....	20
<b>Gambar 4.1</b> Perubahan warna pada sintesa fotokimia nanoklaster perak pada waktu 1 jam, 3 jam, 5 jam, 8 jam, 24 jam, dan 48 jam.....	21
<b>Gambar 4.2</b> Spektrum UV-Vis perubahan spektra dari larutan GSH:Ag (I) kompleks menjadi AgNCs setelah di iradiasi.....	22
<b>Gambar 4.3</b> Spektrum <i>photoluminescence</i> (PL) nanoklaster perak berdasarkan variasi waktu iradiasi.....	23
<b>Gambar 4.4</b> Spektrum <i>Photoluminescence</i> (PL) nanoklaster perak berdasarkan variasi pH larutan.....	24
<b>Gambar 4.5</b> (a) Perbandingan warna berdasarkan rasio perbandingan komposisi GSH:AgNCs ; (b) spektrum <i>photoluminescence</i> rasio perbandingan komposisi GSH:AgNCs.....	25
<b>Gambar 4.6</b> (a) Spektrum <i>photoluminescence</i> sampel murni AgNCs konsentrasi 0,005 mg/mL, sampel AgNCs konsentrasi 0,005 mg/mL + H <sub>2</sub> O, dan sampel AgNCs konsentrasi 0,005 mg/mL + <i>methyl viologen</i> dengan konsentrasi yang berbeda ; (b) Hasil plot linear terhadap sampel AgNCs yang di tetesi <i>methyl viologen</i> dengan konsentrasi yang berbeda.....	26
<b>Gambar 4.7</b> (a) Hasil plot linear terhadap rhodamine 6G & AgNCs ; (b) Spektrum <i>photoluminescence</i> AgNCs yang ditambahkan H <sub>2</sub> O dengan volume yang berbeda-beda ; (c) Spektrum <i>photoluminescence rhodamine 6G</i> yang ditambahkan H <sub>2</sub> O dengan volume yang berbeda-beda.....	27
<b>Gambar 4.8</b> <i>Laser exposure</i> cairan sampel GSH:AgNCs (a) 1:1; (b) 2:1; (c) 3:1. <i>Laser exposure</i> padatan sampel GSH:AgNCs (d) 1:1; (e) 2:1; (f) 3:1.....	28

<b>Gambar 4.9</b> (a) Spektra FTIR sampel GSH ; (b) Spektra FTIR sampel GSH:AgNCs.....	29
<b>Gambar 4.10</b> (a) Data histogram sampel GSH:AgNCs ; (b) Hasil TEM sampel GSH:AgNCs.....	30

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Desain eksperimen untuk mendeteksi <i>methyl viologen</i> dengan AgNCs.....	16
<b>Tabel 3.2</b> Desain eksperimen <i>quantum yield</i> antara AgNCs dan rhodamine 6G ....	17

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Gambar alat dan bahan.....	39
<b>Lampiran 1.1</b> Gambar alat penelitian.....	39
<b>Lampiran 1.2</b> Gambar bahan penelitian.....	40
<b>Lampiran 2</b> Foto pada saat eksperimen.....	40
<b>Lampiran 3</b> Data origin.....	41
<b>Lampiran 3.1</b> Variasi waktu iradiasi.....	41
<b>Lampiran 3.2</b> Variasi rasio perbandingan GSH:AgNO <sub>3</sub> .....	41
<b>Lampiran 3.3</b> Variasi pH larutan.....	42
<b>Lampiran 3.4</b> Data menentukan LOD.....	42
<b>Lampiran 3.5</b> Data menentukan QY.....	43

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Nanomaterial telah menjadi aspek penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Nanomaterial memiliki ukuran 1-100 nm hingga disebut sebagai materi 1 dimensi. Nanomaterial memiliki banyak perbedaan dengan bahan lainnya diantaranya ukuran, bentuk, luas permukaan, dan reaktivitas yang lebih baik sehingga mengakibatkan nanomaterial memiliki kinerja yang sangat baik dalam banyak aplikasi. Nanomaterial pun telah diterapkan di berbagai bidang termasuk kedokteran, pencitraan, diagnosis, teknik, pertanian, dan bidang lainnya karena menunjukkan efisiensi yang lebih baik sehingga dapat digunakan sebagai sensor, produk elektronik<sup>[1,2]</sup>, katalis, plastik, nanomedik, pencitraan biomedis, dan sebagai anti mikroba<sup>[3,4]</sup>. Nanomaterial dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai kriteria salah satunya adalah jenis material yang dikandungnya, diantaranya nanomaterial berbasis karbon, nanomaterial berbasis keramik, nanomaterial berbasis polimer, nanomaterial berbasis turunan biomolekul, dan nanomaterial berbasis logam<sup>[2]</sup>.

Nanomaterial berbasis logam diantaranya logam NPs, *Metal-Oxide* NPs, bi NPs, trimetalik NPs, dan lainnya. Beberapa logam NPs seperti Au dan Ag menunjukkan sifat optik, kimia, dan listrik yang lebih baik dibandingkan dengan bahan curah karena dapat dibuat dengan ukuran yang paling kecil dan memiliki reaktivitas yang paling baik<sup>[2]</sup>. Disisi lain, logam NPs menunjukkan resonansi plasmon permukaan dan menampilkan warna yang intens. Seiring dengan perkembangan zaman dan penelitian mendalam, ditemukan material dengan ukuran sub-nanometer dalam kisaran 1-2 nm yang berperilaku seperti molekul dan tidak menunjukkan perilaku plasmonik karena struktur pita yang dimiliki oleh material tersebut menjadi terputus putus dan berubah menjadi tingkat energi diskrit. Material ini kemudian diketahui sebagai nanoklaster (NCs)<sup>[1,5]</sup>.

Logam NCs terdiri dari beberapa hingga puluhan atom logam yang berfungsi sebagai penghubung antara atom dan nanopartikel. Karena tingkat energi

diskrit yang unik dan elektron yang berada dalam dimensi molekuler, sifat optik, elektrokimia, kimia<sup>[5,13]</sup>, perilaku redoks, kiralitas, dan sifat magnet intrinsik<sup>[19]</sup> yang dimiliki oleh logam NCs yang sangat berbeda, termasuk fotostabilitas dan biokompatibilitas yang sangat baik serta fluoresensinya yang sangat kuat<sup>[5,13]</sup>. Kelebihan lain yang dimiliki oleh logam NCs adalah mudah untuk disintesis dan toksisitas yang rendah<sup>[1]</sup>. Aplikasi yang telah berhasil dilakukan dengan menggunakan logam nanoklaster diantaranya adalah bio imaging, bio labeling, deteksi ion logam berat dan aplikasi penginderaan<sup>[1]</sup>.

Aplikasi deteksi logam berat dan penginderaan dapat dimanfaatkan dalam bidang pertanian khususnya pendeteksian pestisida. Pestisida memegang peranan penting dalam bidang pertanian diantaranya melindungi jumlah produksi tanaman dan juga mengurangi jumlah kerugian ekonomi akibat kegagalan panen hingga 40% karena memiliki kelebihan sebagai pengendali hama, gulma, dan bakteri yang dapat menyebabkan rusaknya tanaman pertanian<sup>[6,7]</sup>. Salah satu jenis pestisida adalah paraquat atau *methyl viologen (1,1'-dimethyl-4,4' bipyridinium dichloride)* yang umumnya berbentuk butiran, larutan, atau padatan kristal putih yang memiliki rentang konsentrasi antara 10%-30%. Merupakan jenis pestisida bahan aktif yang terdapat di dalam herbisida yang bersifat sangat beracun. Menurut penelitian produksi radikal bebas berenergi tinggi dan inaktivasi *glutathione peroxidase 4 (GPX4)* yang dihasilkan oleh paraquat serta residu lain yang berada di lingkungan baik yang meresap di dalam tanah maupun yang terdapat di dalam air dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan yang mengancam berbagai ekosistem hingga kesehatan manusia jika tertelan, terhirup, ataupun terkena kulit seperti kegagalan multi organ, fibrosis paru, dan peningkatan risiko penyakit parkinson<sup>[8,9,10,11,20]</sup>. Menurut pemerintah Australia, nilai pedoman paraquat untuk air minum tidak boleh melebihi 0,02 mg<sup>[12]</sup>. Namun efektifitasnya yang tergolong sangat bagus menjadikan paraquat masih diperbolehkan penggunaannya di beberapa negara termasuk Amerika, Australia<sup>[21]</sup>, Kolombia, Uruguay<sup>[22]</sup>, dan Iran<sup>[23]</sup> untuk menghemat tenaga petani dan menghasilkan hasil panen yang melimpah karena paraquat dapat dengan cepat diserap oleh jaringan hijau tanaman dan membuat tanaman (hama dan gulma) menjadi layu<sup>[10]</sup>. Adanya fenomena tersebut membuat

para peneliti mengembangkan berbagai metode analisis untuk mendeteksi paraquat seperti HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*)<sup>[24,26]</sup>, HPLC-MS (*High-Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry*)<sup>[27]</sup>, UPLC-HRMS (*Ultra High Performance Liquid Chromatography-high Resolution Mass Spectrometry*)<sup>[25]</sup>, GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)<sup>[28]</sup>, *Square Wave Voltammetry*<sup>[24]</sup>, spektrofotometri<sup>[29]</sup>, dan SERS (*Surface-Enhanced Raman Spektroskopi*) dan telah terbukti berhasil bekerja dengan baik, namun instrumen yang mahal membatasi penerapannya<sup>[30]</sup>.

Perkembangan penelitian lebih lanjut tentang sensor berbasis nanomaterial seperti sensor penghambatan enzim<sup>[31]</sup>, sensor berbasis nanozim<sup>[32]</sup>, aptasensor<sup>[33]</sup>, dan imunosensor<sup>[34]</sup> untuk mendeteksi pestisida telah banyak menarik perhatian peneliti. Namun metode diatas memiliki kekurangan seperti denaturasi biomakro molekul serta proses sintesis yang panjang dan memakan waktu. Hingga saat ini penelitian tentang sensor fluoresensi untuk pestisida masih jarang dilakukan<sup>[6,35]</sup>. Sementara jika melihat kelebihan yang dimiliki oleh sensor berbasis fluoresensi yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi dan tingkat keakuratan yang baik menjadikan sensor ini patut untuk dilirik. Beberapa penelitian terdahulu tentang sensor ini menggunakan analisis terhadap *kuantum dots*<sup>[36]</sup>, *carbon dots*<sup>[37]</sup>, dan pewarna fluoresensi<sup>[38]</sup> untuk mendeteksi pestisida. Nanoklaster logam dipilih sebagai material yang digunakan untuk sensor berbasis fluoresensi karena memiliki ukuran sub-nanometer 1-2 nm, memiliki kelebihan dari segi sifat optik, elektronik, katalitik, dan fisiologis molekuler<sup>[39-41]</sup>.

Penelitian terkait nanoklaster telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti yang dilakukan oleh Zhang, Libing., dan Wang, Erkang. (2014) mengenai sintesis dan studi aplikasi terhadap nanoklaster logam<sup>[13]</sup>. Oleh Zhou, dkk. (2012) mengenai sintesis nanoklaster Ag menggunakan metode *sonochemical* dengan penambahan bahan GSH sebagai penstabil dan memiliki tingkat fluoresensi yang tinggi pada aplikasinya sebagai *sensing S<sup>2-</sup>*<sup>[14]</sup>. Oleh Chen, dkk. (2014) melakukan metode yang sama dengan yang dilakukan Zhou, dkk. dengan menerapkan aplikasi dari nanoklaster Ag pada *sensing Fe<sup>3+</sup>*<sup>[15]</sup>. Oleh Gao, dkk. (2020) tentang sensor fluoresensi menggunakan nanoklaster perak untuk mendeteksi ion logam berat<sup>[43]</sup>.

Oleh Zhao, dkk. (2021) melakukan penelitian tentang nanoklaster Au dengan menggunakan GSH sebagai stabilizer untuk mendeteksi kobalt<sup>[44]</sup>. Oleh Xin Ren, dkk. (2021) tentang sintesis AuNCs yang di doping dengan CDs lalu di tambahkan GSH untuk mendeteksi paraquat<sup>[19]</sup>.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini akan dilakukan sintesis nanoklaster perak berpendar dengan menggunakan metode fotokimia berbasis iradiasi UV-C kemudian dilakukan pengujian untuk melihat kemampuan nanoklaster perak tersebut dalam mendeteksi pestisida Paraquat.

## **I.2 Ruang Lingkup**

Penelitian ini dibatasi pada pembuatan nanoklaster perak berpendar menggunakan metode dengan menggunakan alat UV-C dengan 3 variasi nanoklaster yaitu variasi waktu iradiasi, rasio perbandingan GSH:AgNO<sub>3</sub>, dan pH. Selanjutnya nanoklaster perak yang telah dibuat akan digunakan untuk aplikasi sensor deteksi pestisida Paraquat (*methyl viologen*).

## **I.3 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini diantaranya:

1. Bagaimana pengaruh variasi waktu iradiasi, rasio perbandingan GSH:AgNO<sub>3</sub>, dan pH larutan terhadap proses pembuatan nanoklaster perak berpendar?
2. Bagaimana kemampuan nanoklaster perak berdasarkan karakteristik *photoluminescence* (PL) dalam mendeteksi pestisida (*methyl viologen*)?

## **I.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini diantaranya:

1. Menganalisis pengaruh variasi waktu iradiasi, rasio perbandingan GSH:AgNO<sub>3</sub>, dan pH larutan terhadap proses pembuatan nanoklaster perak berpendar.
2. Menganalisis kemampuan nanoklaster perak berpendar berdasarkan karakteristik *photoluminescence* (PL) dalam mendeteksi pestisida (*methyl viologen*).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

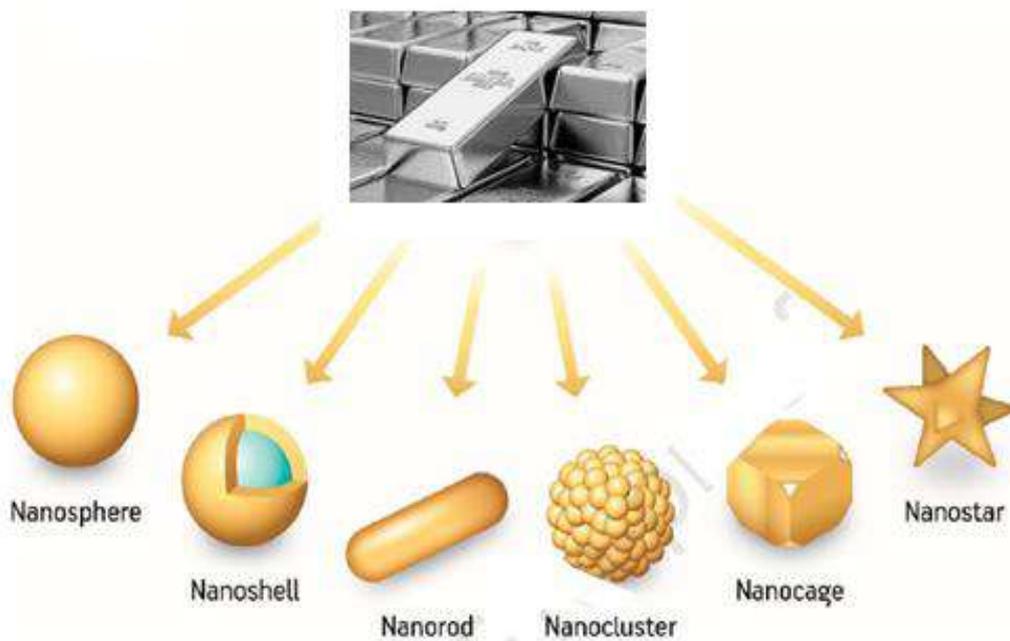
#### **II.1 Nanomaterial**

Nanomaterial atau bahan nano adalah bahan yang memiliki satu dimensi dalam kisaran 1-100 nm. Meskipun sejarah penggunaan nanomaterial sudah ada sejak zaman kuno, namun konsep dan kemajuan teknologi dan penelitian baru berkembang setelah pertengahan abad ke-20<sup>37</sup>. Nanomaterial berbeda dengan material yang lainnya dalam banyak hal diantaranya ukuran, bentuk, luas permukaan, dan reaktivitas yang lebih baik sehingga mengakibatkan nanomaterial memiliki kinerja yang sangat baik dalam banyak aplikasi. Nanomaterial pun telah diterapkan di berbagai bidang termasuk kedokteran, pencitraan, diagnosis, teknik, pertanian, dan bidang lainnya karena menunjukkan efisiensi yang lebih baik sehingga dapat digunakan sebagai sensor, produk elektronik<sup>[1,2]</sup>, katalis, plastik, nanomedik, pencitraan biomedis, dan sebagai anti mikroba<sup>[3,4]</sup>. Nanomaterial dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai kriteria salah satunya adalah jenis material yang dikandungnya, diantaranya nanomaterial berbasis karbon, nanomaterial berbasis logam, nanomaterial berbasis keramik, nanomaterial berbasis polimer, dan nanomaterial berbasis turunan biomolekul<sup>[2]</sup>. Selain itu berdasarkan bentuk-bentuknya, nanomaterial memiliki morfologi yang berbeda diantaranya dapat dilihat pada Gambar 2.1<sup>[13]</sup>.

Seiring dengan perkembangan zaman dan penelitian mendalam, ditemukan material dengan ukuran sub-nanometer dalam kisaran 1-2 nm yang berperilaku seperti molekul dan tidak menunjukkan perilaku plasmonik karena struktur pita yang dimiliki oleh material tersebut menjadi terputus putus dan berubah menjadi tingkat energi diskrit. Material ini kemudian diketahui sebagai nanoklaster (NCs)<sup>[1,5]</sup>.

Logam NCs terdiri dari beberapa hingga puluhan atom logam yang berfungsi sebagai penghubung antara atom dan nanopartikel. Karena tingkat energi diskrit yang unik dan elektron yang berada dalam dimensi molekuler, sifat optik, elektrokimia, dan kimia yang dimiliki oleh logam NCs yang sangat berbeda,

termasuk fotostabilitas dan biokompatibilitas yang sangat baik serta fluoresensinya yang sangat kuat<sup>[5,13]</sup>. Kelebihan lain yang dimiliki oleh logam NCs adalah mudah untuk disintesis dan toksisitas yang rendah. Sifat-sifat yang dimiliki oleh logam NCs ini menjadikannya sebagai bahan nano yang ideal untuk digunakan pada aplikasi analisis, pencitraan, *sensing*, katalis, perangkat elektronik, penginderaan dan lainnya<sup>[1,13]</sup>.



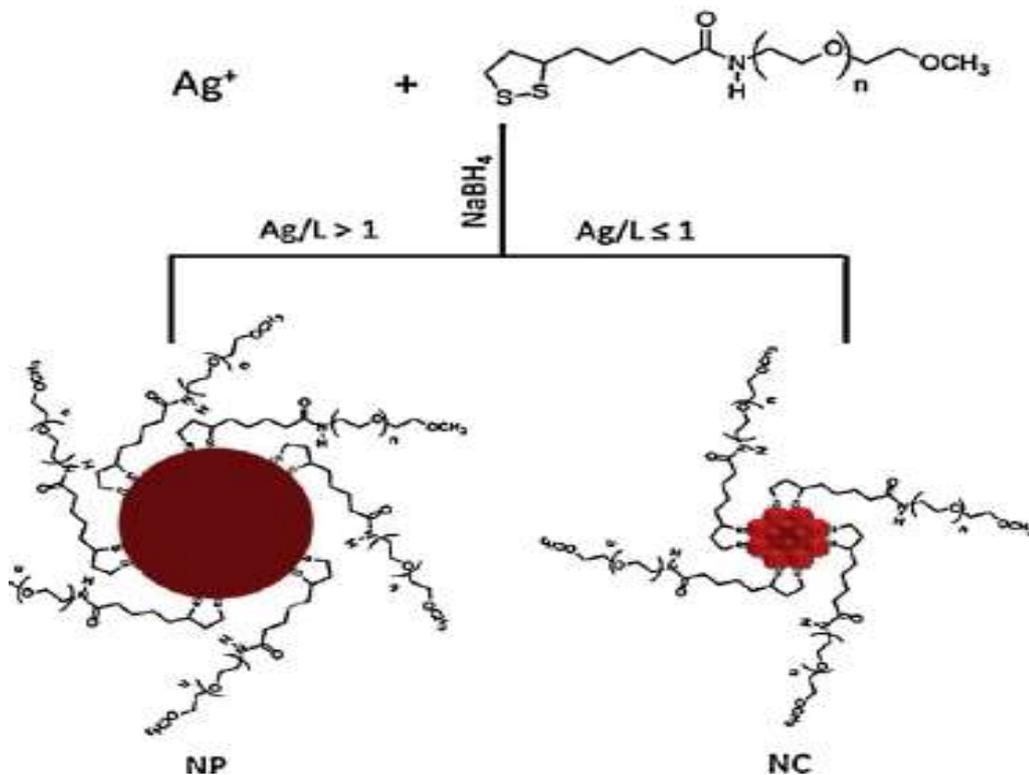
Gambar 2.1 Jenis-jenis morfologi nanomaterial perak

## II.2 Silver Nanoclusters (AgNCs)

*Silver nanoclusters* atau AgNCs jika dibandingkan dengan AuNCs memiliki kelebihan mudah di sintesis dengan perancangan ligan yang berbeda sebagai agen penstabil. Namun AgNCs memiliki kestabilan yang mudah dipengaruhi oleh banyak faktor. Atom perak yang tereduksi memiliki kecenderungan akan mengalami aglomerasi sehingga didalam proses pembuatannya dibutuhkan bahan yang dapat mencegah hal tersebut salah satu contohnya adalah penggunaan GSH. AgNCs memiliki puncak fluoresensi yang berbeda antara 533 nm hingga 648 nm dengan fotostabilitas yang tinggi. Selain itu pH larutan juga memiliki peran penting pada emisi fluoresensi AgNCs. Intesitas maksimum pada AgNCs diperoleh pada pH 4,5 sedangkan nilai pH yang cenderung lebih kecil ataupun lebih besar akan

menyebabkan intensitas fluoresensi lebih lemah. Pada penelitian terdahulu telah ditemukan bahwa tidak hanya sinar UV, namun cahaya tampak juga dapat mereduksi ion perak dengan adanya stabilizer yang akan mengakibatkan dapat terbentuknya nanoklaster perak yang ramah lingkungan. Hasil penelitian lainpun menunjukkan fenomena bahwa konsentrasi Ag yang semakin tinggi akan mengakibatkan emisi yang cenderung lebih merah<sup>[13]</sup>.

AgNCs dapat disintesis salah satunya dengan menggunakan metode iradiasi karena mudah dikontrol. Ukuran dan sifat dari AgNCs juga dapat dikontrol dengan memvariasikan rasio molar Ag – Ligan (Ag:L). dibawah ini adalah Gambar 2.2 yang menunjukkan pengaruh variasi rasio terhadap ukuran dari AgNCs<sup>[13]</sup> :



Gambar 2.2 Variasi ukuran AgNCs<sup>[13]</sup>

### II.3 Paraquat (*methyl viologen*)

Pestisida memegang peranan penting dalam bidang pertanian diantaranya melindungi jumlah produksi tanaman dan juga mengurangi jumlah kerugian ekonomi akibat kegagalan panen hingga 40% karena memiliki kelebihan sebagai pengendali hama, gulma, dan bakteri yang dapat menyebabkan rusaknya tanaman

pertanian<sup>[6,7]</sup>. Salah satu jenis pestisida adalah paraquat atau *methyl viologen (1,1'-dimethyl-4,4' bipyridinium dichloride)* yang umumnya berbentuk butiran, larutan, atau padatan kristal putih yang memiliki rentang konsentrasi antara 10%-30%. Merupakan jenis pestisida bahan aktif yang terdapat di dalam herbisida yang bersifat sangat beracun. Menurut penelitian produksi radikal bebas berenergi tinggi dan inaktivasi *glutathione peroxidase 4 (GPX4)* yang dihasilkan oleh paraquat serta residu lain yang berada di lingkungan baik yang meresap di dalam tanah maupun yang terdapat di dalam air dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan yang mengancam berbagai ekosistem hingga kesehatan manusia jika tertelan, terhirup, ataupun terkena kulit seperti kegagalan multi organ, fibrosis paru, dan peningkatan risiko penyakit parkinson<sup>[8,9,10,11,20]</sup>. Menurut pemerintah Australia, nilai pedoman paraquat untuk air minum tidak boleh melebihi 0,02 mg<sup>[12]</sup>. Namun efektifitasnya yang tergolong sangat bagus menjadikan paraquat masih diperbolehkan penggunaannya di beberapa negara termasuk Amerika, Australia<sup>[21]</sup>, Kolombia, Uruguay<sup>[22]</sup>, dan Iran<sup>[23]</sup> untuk menghemat tenaga petani dan menghasilkan hasil panen yang melimpah karena paraquat dapat dengan cepat diserap oleh jaringan hijau tanaman dan membuat tanaman (hama dan gulma) menjadi layu<sup>[10]</sup>.

#### **II.4 Photoluminescence**

*Luminescence* atau pendaran merupakan salah satu sifat optik khas yang dimiliki suatu material. Hal ini terjadi ketika terdapat suatu material yang mampu menyerap energi dan mengemisikan kembali cahaya tampak dalam sebuah fenomena. Emisi cahaya foton diperoleh dari transisi elektron pada benda padat. Pendaran dapat diklasifikasikan tergantung pada magnitudo waktu delay antara absorpsi dan fenomena re-emisi. Flouresensi terjadi dalam waktu singkat sedangkan fosforesensi terjadi dalam waktu yang lebih lama. Untuk mengkarakterisasi sifat optik berupa pendaran pada suatu material digunakan teknik *photoluminescence*<sup>[16]</sup>. *Photoluminescence* (PL) merupakan metode optik dengan menggunakan mekanika kuantum dimana foton diserap oleh material dengan mentransfer energi ke elektron pada tingkat energi rendah dan mengeksitasinya menuju tingkat energi yang lebih tinggi dengan skala waktu *femtosecond*. Emisi

foton yang terjadi secara spontan akibat adanya serapan energi disebut fotoeksitasi. Dalam penggunaan lain dari PL menunjukkan setengah dari lebar puncak PL merupakan indikasi dari kualitas sampel dan kristalinitasnya, meskipun analisis tersebut belum menjadi kuantitatif. Ada dua istilah dalam PL yang biasa digunakan pada material yaitu fluoresensi dan fosforesensi. Fluoresensi merupakan transisi radiasi dari keadaan eksitasi ke keadaan dasar sedangkan fosforesensi dapat terjadi ketika molekul yang telah menyerap energi memancarkan kembali cahaya meskipun penyiranan telah dihentikan. Durasi fosforesensi cenderung lebih lama yaitu 1 ms hingga 10 s sedangkan fluoresensi 0.1 ns hingga 10 ns<sup>[16,17]</sup>.

TR-PL adalah sebuah spektrum emisi yang direkam dari permukaan suatu material dan akan menghasilkan data berupa dinamika fluoresensi atau pendaran maupun emisi dari sebuah material. Secara sederhana, proses emisi terdiri dari puluhan radiasi pada keadaan tereksitasi kromofor. Masa pakai emisi dapat diartikan sebagai waktu rata-rata fluorofor tetap dalam keadaan tereksitasi dan akan memberikan informasi tentang dinamika emisi. TR-PL digunakan untuk mengukur intensitas emisi saat meluruh. Untuk melakukan pengukuran ini, material akan diberikan pulsa laser yang lebar pulsa lasernya lebih pendek dibandingkan waktu luruh material sehingga intensitas emisi tersebut dapat diukur dalam skala ns. Informasi yang dapat diperoleh dari TR-PL adalah informasi molekuler material saat terjadi *fluorescence* yang ikut menghilang seiring proses *time averaging*. Informasi lain yang dapat diperoleh adalah adanya transfer energi yang terjadi pada material. Transfer energi itu menunjukkan distribusi akseptor di sekitar donor<sup>[42]</sup>.

## **II.5 Lampu UV-C**

Lampu sinar UV memiliki beberapa jenis diantaranya lampu dengan sinar UV-A, UV-B, dan UV-C. Lampu UV-C digunakan dalam penelitian ini untuk membuat nanoklaster perak berpendar karena jika digunakan sebagai alat untuk mensintesis bahan nano memiliki keuntungan seperti prosesnya yang sederhana, laju reaksi sampel yang dapat dikendalikan dengan cara menyetel rapat daya dan panjang gelombang iradiasi, serta zat pereduksi yang dapat terdistribusi secara merata ke seluruh larutan<sup>[18]</sup>.