



**KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$  SEBAGAI AGEN  
FOTOTERMAL ANTIBAKTERI**

**SKRIPSI**

**Untuk memenuhi persyaratan  
Dalam menyelesaikan Strata-1 Fisika**

**Oleh :  
ERNAWATI  
2211014220005**

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT  
BANJARBARU**

**2026**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$  SEBAGAI AGEN  
FOTOTERMAL ANTIBAKTERI

Oleh:

ERNAWATI

NIM. 221014220005

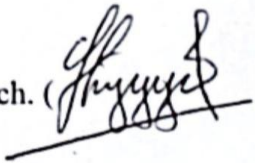
Telah dipertahankan di depan Dosen Penguji pada Tanggal:


2026

Susunan Dosen Penguji

Pembimbing I

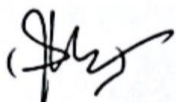
Dosen Penguji


1. Dr. Suryajaya, S.Si., M.Sc.Tech. ()

  
Sadang Husain, S.Pd. M.Sc, Ph.D.

NIP. 19860610 201404 1 001

Pembimbing II

2. Dr. Eka Suarso, S.Si, M.Si. ()

  
Dr. Totok Wianto, S.Si., M.Si.

NIP. 19780504 200312 1 004

Banjarbaru, Maret 2026

Ketua Jurusan Fisika,



Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc.

NIP. 19760414 200312 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$  SEBAGAI AGEN  
FOTOTERMAL ANTIBAKTERI**

Oleh:

**ERNAWATI**

**NIM. 221014220005**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk melakukan penelitian dalam rangka penulisan skripsi, pada tanggal:

Pembimbing I



Sadang Husain, S.Pd, M.Sc, Ph.D.  
NIP. 19860610 201404 1 001

Pembimbing II



Dr. Totok Wianto, S.Si., M.Si.  
NIP. 19780504 200312 1 004

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika,



Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc.

NIP. 19760414 200312 2 001

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Banjarbaru, 11 Maret 2026



Ernawati

NIM. 2211014220005

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan ridho-Nya. Tanpa pertolongan dan izin-Nya, skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan para pengikut beliau hingga akhir zaman. Aamiin.

Karya sederhana ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Kusni dan Ibu Suparmi, yang senantiasa memberikan dukungan moril maupun materil serta doa yang tiada henti demi kesuksesan penulis. Persembahan ini juga ditujukan kepada kakak-kakak penulis, Rohmah dan Susilo Hadi yang selalu memberikan arahan, motivasi, dan dukungan penuh untuk penulis.

Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada seluruh keluarga besar yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, serta doa agar penulis selalu diberikan kelancaran dalam menempuh dunia perkuliahan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, Bapak Sadang Husain S.Pd, M.Sc, Ph.D.dan Bapak Dr. Totok Wianto S.Si., M.Si., atas kesabaran, bimbingan, serta arahan yang diberikan selama proses penelitian dan perkuliahan. Terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh mahasiswa Fisika yang telah menjadi teman dan sahabat selama masa studi, khususnya rekan-rekan Fisika Angkatan 2022 (Fisturnal).

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta berkontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang. Aamiin.

## ABSTRAK

### KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ SEBAGAI AGEN FOTOTERMAL ANTIBAKTERI

(Oleh: Ernawati; Sadang Husain S.Pd, M.Sc, Ph.D.; Dr. Totok Wianto S.Si., M.Si.; 36 halaman).

Nanomaterial berbasis fototermal merupakan salah satu pendekatan alternatif yang menjanjikan untuk mengatasi masalah resistensi antibiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$  yang dirancang sebagai agen fototermal antibakteri. Nanokomposit disintesis dengan menggabungkan nanopartikel magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), nanopartikel emas (AuNPs), dan *reduced graphene oxide* (rGO), kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX, TEM, dan XRD untuk mengetahui morfologi, komposisi unsur, serta struktur kristalnya. Selain itu, dilakukan pula pengujian antibakteri terhadap bakteri Gram positif *Staphylococcus aureus*. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  dan Au terdistribusi pada permukaan rGO, dengan struktur kristal nanokomposit yang didominasi oleh fasa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Pengujian fototermal menggunakan laser NIR 808 nm menunjukkan peningkatan suhu yang signifikan, menandakan kemampuan konversi cahaya menjadi panas yang baik dengan efisiensi fototermal sebesar 71,55%. Uji antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* memperlihatkan bahwa peningkatan konsentrasi nanokomposit serta perlakuan iradiasi NIR mampu menurunkan jumlah koloni bakteri secara efektif. Hasil ini menunjukkan bahwa nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$  berpotensi dikembangkan sebagai agen fototermal antibakteri.

Kata Kunci : Nanokomposit,  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ , Fototermal, Antibakteri.

## ABSTRACT

### **CHARACTERIZATION OF $Fe_3O_4$ -Au@rGO NANOCOMPOSITES AS ANTIBACTERIAL PHOTOTHERMAL AGENTS**

(By: Ernawati; Sadang Husain, S.Pd., M.Sc., Ph.D.; Dr. Totok Wianto, S.Si., M.Si.; 36 pages).

*Photothermal-based nanomaterials have emerged as a promising alternative approach to overcome the problem of antibiotic resistance. This study aims to characterize  $Fe_3O_4$ -Au@rGO nanocomposites designed as antibacterial photothermal agents. The nanocomposites were synthesized by combining magnetite nanoparticles ( $Fe_3O_4$ ), gold nanoparticles (AuNPs), and reduced graphene oxide (rGO), and subsequently characterized using SEM-EDX, TEM, and XRD to investigate their morphology, elemental composition, and crystalline structure. In addition, antibacterial activity tests were conducted against Gram-positive bacteria, *Staphylococcus aureus*. The characterization results indicate that  $Fe_3O_4$  and Au nanoparticles are well distributed on the rGO surface, with the crystalline structure of the nanocomposites dominated by the  $Fe_3O_4$  phase. Photothermal evaluation under NIR laser irradiation at 808 nm shows a significant temperature increase, indicating effective light-to-heat conversion with a photothermal efficiency of 71,55%. Antibacterial tests against *Staphylococcus aureus* demonstrate that increasing nanocomposite concentration combined with NIR irradiation effectively reduces bacterial colony counts. These results suggest that  $Fe_3O_4$ -Au@rGO nanocomposites have strong potential for development as antibacterial photothermal agents.*

**Keywords:** Nanocomposites,  $Fe_3O_4$ -Au@rGO, Photothermal, Antibacterial.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. karena berkat rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul “KARAKTERISASI NANOKOMPOSIT  $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$  SEBAGAI AGEN FOTOTERMAL ANTIBAKTERI” dengan baik. Penulisan laporan skripsi ini merupakan bagian dari tugas akademik di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat, sebagai persyaratan untuk menyelesaikan program Sarjana (S1) Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Penulis menyadari bahwa penyelesaian laporan ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Abdul Gafur, M.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat.
2. Ibu Dr. Nurlina, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat
3. Ibu Gusti Atika Urfa, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan motivasi dan semangat dalam belajar.
4. Bapak Sadang Husain S.Pd, M.Sc, Ph.D. dan Bapak Dr. Totok Wianto S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi serta memberikan semangat dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Dosen Penguji Dr. Suryajaya, S.Si., M.Sc.Tech. dan Bapak Dr. Eka Suarso, S.Si, M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritikan dan masukan yang membangun sehingga penelitian ini menjadi lebih baik.
6. Seluruh Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat, khususnya Dosen Program Studi Fisika yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya selama kuliah.
7. Keluarga penulis Ayahanda Kusni, Ibunda Suparmi, Kakak Susilo Hadi, Kakak Rohmah yang selalu memberikan dukungan, motivasi, kasih sayang, dan menjadi penguat untuk selalu berjuang demi kesuksesan, serta selalu memberikan segala hal yang terbaik bagi penulis.

8. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri atas segala usaha, kerja keras, dalam menjalani proses penelitian ini. Terima kasih telah bertahan sejauh ini di saat lelah, tetap berjuang meskipun banyak rintangan, dan tidak menyerah sampai akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan.
9. Teman belajar bersama selama menjalani perkuliahan, khususnya dalam bidang fisika, yaitu Muhammad Fadhil Syahputra yang senantiasa bersedia membantu dalam berbagai hal, Irmawati yang selalu bersedia mendengarkan keluh kesah selama perkuliahan, dan I Gusti Ngurah Krisna yang selalu menjadi teman dalam menjaga serta menumbuhkan motivasi penulis agar skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, serta teman-teman Fisika 2022 (Fisturnal) lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian laporan ini.

Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Banjarbaru, 11 Maret 2026



Ernawati

NIM. 2211014220005

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Nanopartikel Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) .....	5
2.2 Reduced Graphene Oxide (rGO) .....	6
2.3 Nanopartikel Emas (AuNPs).....	6
2.4 Nanokomposit sebagai agen fototermal antibakteri.....	7
2.5 Karakterisasi .....	7
2.5.1 TEM ( <i>Transmission Electron Microscopy</i> ).....	7
2.5.2 SEM-EDX ( <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray</i> )	
7	
2.5.3 XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	8
2.5.4 Fototermal .....	8
2.5.5 Pengujian antibakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	9

BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11
3.2 Alat dan Bahan.....	11
3.2.1 Alat.....	11
3.2.2 Bahan.....	11
3.3 Tahapan Penelitian.....	12
3.4 Variabel Penelitian.....	13
3.5 Prosedur Penelitian .....	13
3.5.1 Sintesis Nanopartikel Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	13
3.5.2 Sintesis Nanopartikel Au (AuNPs) .....	13
3.5.3 Sintesis nanokomposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -Au@rGO .....	13
3.5.4 Sintesis rGO .....	14
3.5.5 Karakterisasi material.....	14
3.5.6 Uji aktivitas antibakteri .....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Morfologi dan Unsur.....	17
4.2 Struktural.....	22
4.3 Fototermal .....	24
4.4 Pengujian Antibakteri pada Bakteri <i>S. aureus</i> .....	30
BAB V KESIMPULAN.....	33
5.1 Kesimpulan .....	33
5.2 Saran .....	33
DAFTAR PUSTAKA .....	34
LAMPIRAN.....	42

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Hasil Unsur Menggunakan EDX dari Nanokomposit Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> -Au@rGO .....	18
<b>Tabel 4.2</b> Identifikasi Fasa dan Struktur Kristal Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> dan Au.....	24
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Perhitungan CFU (Colony Forming Units)/cm <sup>2</sup> .....	31

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Struktur kristal magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). .....	5
<b>Gambar 2.2</b> Perubahan struktur GO (a) menjadi rGO (b) akibat dari proses reduksi. .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Morfologi <i>Staphylococcus aureus</i> berdasarkan pengamatan SEM. ..	9
<b>Gambar 3.1</b> Tahapan Penelitian.....	12
<b>Gambar 3.2</b> Proses Sintesis Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ .....	14
<b>Gambar 4.1</b> Hasil karakterisasi SEM (a) $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au}$ , dan (c) $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ .....	17
<b>Gambar 4.2</b> Pemetaan EDX unsur-unsur penyusun nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ .....	18
<b>Gambar 4.3</b> (a) Hasil 3D <i>Plot Surface Area</i> pada permukaan Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ , dan (b) Hasil zeta potensial muatan permukaan pada tiap penyusun nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ . .....	19
<b>Gambar 4.4</b> Hasil Karakterisasi TEM pada (a) AuNPs, (b) $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au}$ , (c) Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ , dan (d) Histogram dari ukuran partikel hasil sintesis AuNPs. ....	21
<b>Gambar 4.5</b> Hasil karakterisasi XRD (a) pada Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ , Nanopartikel $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , rGO dan Hasil Karakterisasi XRD Au Berdasarkan Penelitian Lv et al. (2023). (b) Pola difraksi rGO secara terpisah untuk memperjelas puncak karakteristik rGO.....	22
<b>Gambar 4.6</b> Kurva Fototermal terhadap Variasi Densitas Daya Laser .....	24
<b>Gambar 4.7</b> Kurva Fototermal dari Material Penyusun Nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ .....	26
<b>Gambar 4.8</b> Kurva Fototermal dari variasi konsentrasi nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ .....	28
<b>Gambar 4.9</b> Kurva Stabilitas Fototermal $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ .....	29
<b>Gambar 4.10</b> Grafik hasil pengujian antibakteri nanokomposit $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-Au@rGO}$ terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> . ....	30
<b>Gambar 4.11</b> Hasil pengamatan koloni <i>Staphylococcus aureus</i> pada uji antibakteri menggunakan agar plate. ....	32