EFEK LAPISAN ALUMINIUM OKSIDA PADA EFISIENSI HAMBURAN DAN SERAPAN CAHAYA OLEH NANOPARTIKEL ALUMINIUM

NANDA BELLA FEBRIANA

NIM H1021191037

SKRIPSI

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

EFEK LAPISAN ALUMINIUM OKSIDA PADA EFISIENSI HAMBURAN DAN SERAPAN CAHAYA OLEH NANOPARTIKEL ALUMINIUM

NANDA BELLA FEBRIANA

NIM H1021191037

Skripsi

sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains pada Program Studi Fisika

PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Efek Lapisan Aluminium Oksida pada Efisiensi Hamburan dan Serapan Cahaya oleh Nanopartikel Aluminium
Nama Mahasiswa	: Nanda Bella Febriana
NIM	: H1021191037
Jurusan/Program Studi	: Fisika/Fisika
Tanggal Lulus	: 20 Januari 2025
SK Pembimbing	: No. 3993/UN22.8/TD.06/2023/Tanggal 16 Oktober 2023
SK Penguji	: No. 4231/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 16 Desember 2024

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si.	Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP1981073025011002	NIP198412162008121003

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si.	Mega Nurhanisa, S.Si, M.Si.
NIP198102062006041003	NIPPK19880192024212001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si.	Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP1981073025011002	NIP198412162008121003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Nanda Bella Febriana
NIM	: H1021191037
Program Studi/ Jurusan	: Fisika/Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak,



Nanda Bella Febriana
H1021191037

Efek Lapisan Aluminium Oksida pada Efisiensi Hamburan dan Serapan Cahaya oleh Nanopartikel Aluminium

Abstrak

Penelitian ini mengeksplorasi bagaimana lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) mempengaruhi cara nanopartikel aluminium menyerap dan menyebarkan cahaya. Aluminium menunjukkan respons dielektrik yang kompleks, memungkinkannya untuk menyerap energi pada panjang gelombang tertentu, terlihat dari puncak resonansi dalam spektrum imaginernya. Lapisan Al_2O_3 stabil secara dielektrik dan efektif dalam menyimpan energi pada panjang gelombang pendek. Ketebalan lapisan Al_2O_3 memainkan peran kunci dalam mengubah sifat optik nanopartikel: lapisan tipis meningkatkan serapan pada panjang gelombang pendek, sementara lapisan yang lebih tebal cenderung menguranginya. Efek ini juga bergantung pada indeks bias medium lapisan Al_2O_3 yang lebih tebal, terutama pada medium dengan indeks bias yang tinggi, meningkatkan serapan cahaya. Namun, peningkatan ketebalan Al_2O_3 dapat mengurangi kemampuan nanopartikel aluminium dalam hamburan cahaya. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih dalam tentang hubungan yang kompleks antara material dan sifat optiknya, yang krusial untuk pengembangan teknologi optik dan fotonik yang lebih efisien.

Kata Kunci: lapisan aluminium oksida, nanopartikel aluminium, efisiensi hamburan cahaya, serapan cahaya

Effect of Aluminum Oxide Coating on the Scattering Efficiency and Light Absorption of Aluminum Nanoparticles

Abstract

The study explored how aluminum oxide (Al_2O_3) layers affect the way aluminum nanoparticles absorb and diffuse light. Aluminum exhibits a complex dielectric response, allowing it to absorb energy at a specific wavelength, visible from the peak of resonance in its imaginer spectrum. The Al_2O_3 layer is dielectrically stable and effective in storing energy at short wavelengths. The thickness of the Al_2O_3 layer plays a key role in changing the optical properties of nanoparticles: thin layers increase absorption at short wavelengths, while thicker layers tend to reduce them. This effect also depends on the refractive index of the thicker medium of the Al_2O_3 layer, especially in mediums with a high refractive index, increasing light absorption. However, increasing the thickness of Al_2O_3 can reduce the ability of aluminum nanoparticles to scatter light. This research provides a deeper understanding of the complex relationship between materials and their optical properties, which is crucial for the development of more efficient optical and photonic technologies.

Keywords: aluminum oxide coating, aluminum nanoparticles, light scattering efficiency, light absorption

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya yang telah memungkinkan penyelesaian skripsi berjudul "**Efek Lapisan Aluminium Oksida pada Efisiensi Hamburan dan Serapan Cahaya oleh Nanopartikel Aluminium**" sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dari Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

Kata pengantar dalam skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh rasa terima kasih kepada:

1. Orangtua yang selalu memberikan dukungan serta mendoakan kesuksesan penulis.
2. Bapak Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si. dan Bapak Hasanuddin, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing yang sabar dan mendukung dalam proses penulisan.
3. Bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si. dan Ibu Mega Nurhanisa, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji yang memberikan masukan berharga.
4. Seluruh dosen pengajar Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura.
5. Kakak yang selalu memberikan dukungan dan nasihat
6. Teman-teman seperjuangan yang telah menyemangati dan menemani penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan mengharapkan masukan serta saran dari berbagai pihak untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang fisika teori.

Penulis,

Nanda Bella Febriana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN 2
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK iii
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR LAMPIRAN xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II DASAR TEORI 4
2.1 Nanopartikel Aluminium 4
2.2 Lapisan Aluminium Oksida 5
2.3 Aproksimasi Kuasi-Statis dalam Interaksi Cahaya dengan Nanopartikel Sferis 5
2.4 Perluasan Metode Aproksimasi Kuasi-Statis untuk Nanopartikel Berlapis 8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 10
3.1 Model Nanopartikel Aluminium Berlapis Aluminium Oksida 10
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 11
3.3 Prosedur Kerja 11
3.4 Tahapan Penelitian 11
3.5 Diagram Alir 15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 16
4.1 Fungsi Dieletrik Al dan Al_2O_3. 16

4.2 Spektrum Hamburan dan Serapan Cahaya Nanopartikel Al Berlapis Al_2O_3……...19

BAB V SIMPULAN DAN SARAN 29

5.1 Kesimpulan 29

5.2 Saran…….29

DAFTAR PUSTAKA 30

LAMPIRAN 31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rentang pengendalian frekuensi resonansi plasmon pada nanopartikel menunjukkan bahwa aluminium mengalami resonansi dalam rentang ultraviolet hingga cahaya tampak, sementara perak dan emas beresonansi dalam rentang cahaya tampak (Knight et al., 2014). ... 4

Gambar 2. 2 Ilustrasi interaksi gelombang cahaya dengan nanopartikel. Untuk nanopartikel yang diametgambar 2.3nya jauh lebih kecil dari panjang gelombang cahaya yang mengenainya, medan listrik yang mengenai nanopartikel dapat dianggap konstan, sehingga berlaku aproksimasi kuasi-statik (Setiadi et al., 2019). 6

Gambar 2. 3 Visualisasi medan listrik bola dengan jari-jari α, permitivitas relatif bola ε_1, dan medium luar ε_m. Medan listrik luar menghasilkan distribusi medan listrik yang terdistorsi disekitar bola. Distribusi ini ditunjukkan oleh panah-panah (komponen E_r dan E_0 di sekeliling bola, dengan warna biru transparan menunjukkan area bola. 7

Gambar 3. 1 Model nanopartikel aluminium yang dilapisi oleh aluminium oksida ……...…….10

Gambar 3. 2 FWHM merupakan jarak antara dua titik pada sumbu x_1 dan x_2 pada sumbu x dimana nilai fungsi mencapai setengah dari nilai maksimum y_{max}..... 13

Gambar 3. 3 Diagram alir penelitian..... 15

Gambar 4. 1 Hasil interpolasi fungsi dielektrik Al (a) bagian real dan (b) bagian imajiner (Cheng et al. 2016)……16

Gambar 4. 2 Hasil interpolasi fungsi dielektrik Al_2O_3 (a) bagian real (b) bagian imajiner (Zhukovsky et al. 2015). 18

Gambar 4. 3 Pengaruh variasi jari-jari Al serta ketebalan lapisan Al_2O_3 terhadap Kuadrat Magnitudo Koefisien Polarisasi ($|\alpha|^2$) sebagai fungsi panjang gelombang..... 20

Gambar 4. 4 (a) Pengaruh variasi jari-jari Al serta ketebalan Al_2O_3 terhadap efisiensi hamburan (Q_{scat}) sebagai fungsi panjang gelombang (b) Pengaruh ketebalan Al_2O_3 terhadap panjang gelombang. 21
Gambar 4. 5 (a) Pengaruh variasi jari-jari Al serta ketebalan Al_2O_3 terhadap efisiensi serapan (Q_{abs}) sebagai fungsi panjang gelombang (b) Pengaruh ketebalan Al_2O_3 terhadap panjang gelombang. 22
Gambar 4. 6 Pengaruh indeks bias medium terhadap λ_{peak} Q_{scat} dan λ_{peak} Q_{abs}.. 24
Gambar 4. 7 Pengaruh ketebalan lapisan Al_2O_3 terhadap FWHM..... 26
Gambar 4. 8 Pengaruh ketebalan lapisan Al_2O_3 terhadap (a) sensitivitas Q_{scat} (b) sensitivitas Q_{abs}..... 27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Program MATLAB 31

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanopartikel aluminium telah menarik perhatian yang signifikan di bidang kajian nanomaterial karena sifat optiknya yang unik, khususnya kemampuannya untuk menghamburkan dan menyerap cahaya secara efisien. Kemampuan ini disebabkan oleh adanya gejala resonansi plasma permukaan, yaitu: osilasi kolektif dari elektron konduksi pada permukaan nanopartikel saat tereksitasi oleh cahaya yang mengenainya (Kreibig and Vollmer, 1995). Menurut Ding *et al.*, (2018), frekuensi resonansi plasmon dalam nanopartikel aluminium sangat mudah diatur sehingga menjadikannya sebagai kandidat yang menjanjikan untuk berbagai aplikasi.

Penyerapan cahaya oleh nanopartikel aluminium sangat berkaitan erat dengan gejala resonansi plasmon. Apabila frekuensi cahaya yang datang sesuai dengan frekuensi resonansi plasmon dari nanopartikel, maka akan terjadi peningkatan penyerapan yang sangat signifikan (Maier, 2007). Fenomena ini sangat penting untuk berbagai aplikasi seperti terapi fototermal dan teknologi sel surya. Terapi fototermal memanfaatkan kemampuan serapan cahaya oleh nanopartikel aluminium sehingga menghasilkan panas lokal yang kuat untuk menghancurkan sel kanker (Cheng *et al.*, 2016). Sedangkan dalam teknologi sel surya, nanopartikel aluminium dapat meningkatkan serapan sinar matahari secara signifikan oleh sel surya (Atwater and Polman, 2010).

Keunggulan lain dari nanopartikel aluminium dibandingkan dengan nanopartikel berbahan emas dan perak adalah harga bahan bakunya yang jauh lebih murah. Knight *et al.*, (2014) mengungkapkan bahwa nanopartikel aluminium sangat berpotensi untuk berbagai aplikasi komersial karena harga bahan bakunya murah, kelimpahan alaminya tinggi, serta kemudahan dalam proses manufaktur. Akan tetapi, masih menurut Knight *et al.*, (2014), membuat struktur nano berbasis aluminium yang sifat optiknya sesuai dengan prediksi teoretis masih menjadi tantangan tersendiri. Selain itu, Lalisse *et al.*, (2015) juga mengungkapkan bahwa,

meskipun aluminium menunjukkan resonansi plasmonik yang sangat baik seperti perak, serta memiliki efisiensi fototermal yang tinggi, aluminium sangat cepat dan mudah teroksidasi menghasilkan lapisan aluminium oksida (Al_2O_3) dari nanopartikel aluminium.

Dalam penelitian ini, pengaruh keberadaan lapisan Al_2O_3 pada permukaan nanopartikel aluminium terhadap hamburan dan serapan cahaya oleh nanopartikel akan dikaji dengan menggunakan metode aproksimasi kuasi-statis. Sejauh ini penelusuran pustaka yang telah dilakukan, studi teoretik pengaruh lapisan oksida pada nanopartikel telah dilakukan dengan menggunakan teori Mie (Laaksonen *et al.*, 2013) dan belum ditemukan analisis menggunakan metode aproksimasi kuasi-statis. Jika dibandingkan dengan teori Mie, metode aproksimasi kuasi-statis lebih mudah diimplementasikan, khususnya untuk nanopartikel berlapis majemuk. Selain itu, dalam metode hampiran kuasi-statis, pengaruh dari berbagai parameter lebih mudah untuk ditelusuri karena rumusannya yang lebih sederhana.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh lapisan aluminium oksida pada hamburan dan serapan cahaya oleh nanopartikel aluminium.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Perhitungan efisiensi hamburan dan serapan cahaya akan dilakukan dalam rentang panjang gelombang 225 - 1000 nm.
2. Penelitian ini akan mengevaluasi pengaruh ketebalan lapisan oksida, variasi ukuran nanopartikel, dan indeks bias medium terhadap efisiensi hamburan serta serapan cahaya.
3. Data eksperimen yang digunakan dalam penelitian diambil dari referensi data sekunder Cheng *et al.*, (2016) untuk aluminium dan (Zhukovsky *et al.*, 2015) untuk aluminium oksida.
4. Penelitian ini akan membatasi analisis pada efisiensi hamburan dan serapan cahaya oleh nanopartikel. Parameter ini akan dianalisis dalam berbagai skenario berdasarkan variasi ketebalan lapisan oksida dan ukuran nanopartikel.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh lapisan aluminium oksida pada permukaan nanopartikel aluminium terhadap efisiensi hamburan dan serapan cahaya oleh nanopartikel tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam upaya perekayasaan sifat optik nanopartikel aluminium untuk berbagai aplikasi.