UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Sistem Fotoakustik Berbasis Serat Optik untuk Pencitraan Sampel Biologis**
Putut Giri Tulus Widodo, Prof. Dr. Mitrayana, S.Si., M.Si.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR ISI

**Halaman Sampul** **i**

**Halaman Judul** **ii**

**Halaman Pengesahan** **iii**

**Halaman Pernyataan** **iv**

**Halaman Dedikasi** **v**

**PRAKATA** **vi**

**DAFTAR ISI** **viii**

**DAFTAR GAMBAR** **xi**

**DAFTAR TABEL** **xiv**

**DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN** **xv**

**INTISARI** **xxi**

**ABSTRACT** **xxiii**

**I PENDAHULUAN** **1**
1.1 Latar Belakang Masalah . . . . . 1
1.2 Rumusan Masalah . . . . . 6
1.3 Tujuan Penelitian . . . . . 6
1.4 Batasan Masalah . . . . . 7
1.5 Manfaat Penelitian . . . . . 7
1.6 Sistematika Penulisan . . . . . 8

**II TINJAUAN PUSTAKA** **10**

**III LANDASAN TEORI** **17**
3.1 Fisika Serat Optik . . . . . 17
3.1.1 Struktur dan Teori Dasar Serat Optik . . . . . 17
3.1.2 Propagasi Cahaya . . . . . 21
3.1.3 Jenis Serat Optik . . . . . 26
3.1.4 Faktor Rugi Daya Serat Optik *(Signal Loss)* . . . . . 27
3.2 Efek Fotoakustik . . . . . 28
3.2.1 Penyerapan Cahaya . . . . . 29

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Sistem Fotoakustik Berbasis Serat Optik untuk Pencitraan Sampel Biologis**
Putut Giri Tulus Widodo, Prof. Dr. Mitrayana, S.Si., M.Si.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


3.2.2 Pemanasan Lokal . . . . . 31
3.2.3 Pemuaian Termal (Termoelastisitas) . . . . . 32
3.2.4 Evolusi Gelombang Akustik . . . . . 33
3.3 Sistem Pencitraan Fotoakustik . . . . . 35
3.3.1 Laser . . . . . 36
3.3.2 Sensor, Transduser dan Aktuator . . . . . 43
3.3.3 Sistem Akuisi Data . . . . . 48
3.4 Fisika Citra . . . . . 51
3.4.1 Metode Pemrosesan dan Analisis Citra . . . . . 52

**IV METODE PENELITIAN 55**
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian . . . . . 55
4.2 Alat dan Bahan Penelitian . . . . . 55
4.2.1 Alat Penelitian . . . . . 55
4.2.2 Bahan Penelitian . . . . . 57
4.3 Desain dan Konfigurasi Sistem Fotoakustik . . . . . 58
4.3.1 Sistem Fotoakustik Dasar (FAD) . . . . . 60
4.3.2 Sistem Fotoakustik Berbasis Serat Optik (FASO) . . . . . 60
4.4 Diagram Alir Penelitian . . . . . 61
4.5 Prosedur Penelitian . . . . . 63
4.5.1 Kalibrasi dan Karakterisasi Sistem Fotoakustik Dasar (FAD) . 63
4.5.2 Penentuan dan Analisis Parameter Operasional Sistem Fotoakustik Dasar (FAD) . . . . . 65
4.5.3 Perancangan Unit Pandu Gelombang dan Integrasi Sistem Berbasis Serat Optik (FASO) . . . . . 66
4.5.4 Karakterisasi Daya Laser dan Respons Akustik . . . . . 68
4.5.5 Analisis Kinerja Unit Pandu Gelombang . . . . . 69
4.5.6 Persiapan Sampel . . . . . 70
4.5.7 Pengujian Sistem Pada Sampel Fantom Homogen . . . . . 73
4.5.8 Pengujian Sistem Berbasis Serat Optik pada Sampel Biologis 74
4.5.9 Analisis Citra Hasil Pengujian Sistem . . . . . 74

**V HASIL DAN PEMBAHASAN 77**
5.1 Karakterisasi Sistem Fotoakustik Dasar (FAD) . . . . . 77
5.1.1 Kalibrasi Mikrofon *Condenser* . . . . . 77
5.1.2 Profil Daya Laser melalui Siklus Kerja Terprogram . . . . . 80
5.1.3 Evaluasi Presisi Mekanisme Pemindaian . . . . . 82
5.2 Analisis Parameter Operasional Sistem Fotoakustik Dasar . . . . . 83
5.3 Hasil Perancangan Unit Pandu Gelombang Berbasis Serat Optik . . . 86
5.4 Karakterisasi dan Evaluasi Unit Pandu Gelombang . . . . . 89
5.4.1 Karakterisasi Profil Daya Laser Terpandu Serat Optik . . . . . 90
5.5 Analisis Kinerja Unit Pandu Gelombang . . . . . 91
5.6 Persiapan Sampel Fantom . . . . . 93

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Sistem Fotoakustik Berbasis Serat Optik untuk Pencitraan Sampel Biologis**
Putut Giri Tulus Widodo, Prof. Dr. Mitrayana, S.Si., M.Si.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**


5.7 Pengujian Sistem Berbasis Serat Optik pada Sampel Fantom Homogen 95
5.7.1 Karakterisasi Respon Akustik Sistem . . . . . 96
5.7.2 Analisis Karakterisasi Respon Akustik Sistem . . . . . 98
5.7.3 Hasil Pencitraan Sampel Fantom Homogen . . . . . 103
5.8 Analisis Hasil Pencitraan Sistem Fotoakustik Berbasis Serat Optik pada Sampel Fantom . . . . . 105
5.8.1 Analisis Statistik Citra Dasar Citra Fantom . . . . . 105
5.8.2 Analisis Kesesuaian Struktur dengan SSIM . . . . . 107
5.8.3 Analisis Tekstur dengan *GLCM Entropy* melalui segmentasi ROI . . . . . 109
5.9 Persiapan Sampel Biologis dengan Perlakuan . . . . . 112
5.10 Pengujian Sistem Berbasis Serat Optik untuk Pencitraan Sampel Biologis . . . . . 114
5.11 Analisis Hasil Pencitraan Sistem Berbasis Serat Optik pada Sampel Biologis . . . . . 116
5.11.1 Analisis Statistik Citra Sampel Biologis . . . . . 117
5.11.2 Analisis Tekstur dengan *GLCM Entropy* . . . . . 119
5.12 Pengaruh Mekanisme Propagasi Cahaya terhadap Distribusi Intensitas Citra Fotoakustik . . . . . 124

**VI PENUTUP** **131**
6.1 Kesimpulan Penelitian . . . . . 131
6.2 Saran . . . . . 132

**DAFTAR PUSTAKA** **134**