



**LAPORAN TUGAS AKHIR**



**MUHAMMAD HIDEYOSI BERRY**  
**41420110133**

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MERCU BUANA**  
**JAKARTA**  
**2025**



**DETEKSI GETARAN MIKRO PADA STRUKTUR SALURAN  
UDARA MENGGUNAKAN *PHASE-BASED MOTION*  
*MAGNIFICATION* DAN *FAST FOURIER TRANSFORM***

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

**NAMA** : Muhammad Hideyosi Berry  
**NIM** : 41420110133  
**PEMBIMBING** : Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M. Eng.

**UNIVERSITAS  
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2025**

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

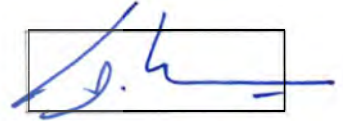
Nama : Muhammad Hideyosi Berry  
NIM : 41420110133  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Deteksi Getaran Mikro Pada Struktur Saluran Udara  
Menggunakan Phase-Based Motion Magnification dan Fast  
Fourier Transform

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana

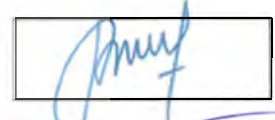
Disahkan oleh:

Pembimbing : Andi Adriansyah, Prof.,Dr.,Ir.M.Eng.  
NUPTK : 1559748649130102

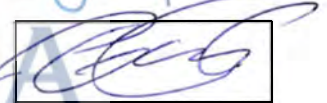
Tanda Tangan



Ketua Penguji : Dian Rusdiyanto, S.T.,M.T.  
NUPTK : 1636768669130272



Anggota Penguji : Galang Persada Nurani Hakim, S.T.,M.T.,IPM.,Ph.D.  
NUPTK : 9536763664130193



Jakarta, 12 Agustus 2025

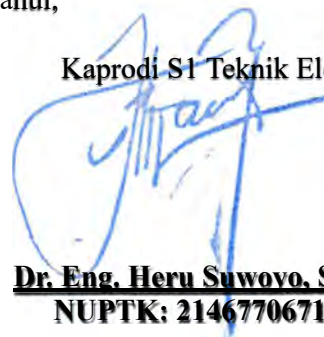
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.**  
NUPTK: 6639750651230132

Kaprodi S1 Teknik Elektro



**Dr. Eng. Heru Suwovo, ST. M.Sc**  
NUPTK: 2146770671130403

## SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

**Nama** : **Muhammad Hideyosi Berry**  
**NIM** : **41420110133**  
**Program Studi** : **Teknik Elektro**  
**Judul Tugas Akhir / Tesis**  
**/ Praktek Keinsinyuran** : **DETEKSI GETARAN MIKRO PADA STRUKTUR SALURAN UDARA MENGGUNAKAN PHASE-BASED MOTION MAGNIFICATION DAN FAST FOURIER TRANSFORM**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Jumat, 15 Agustus 2025** dengan hasil presentase sebesar **8 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 15 Agustus 2025

Administrator Turnitin,



**Itmam Haidi Syarif**

## HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Hideyosi Berry  
N.I.M : 41420110133  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Tugas Akhir : Deteksi Getaran Mikro Struktur Saluran Udara  
Menggunakan *Phase-Based Motion Magnification* dan  
*Fast Fourier Transform*

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 02 Agustus 2025



**Muhammad Hideyosi Berry**

## ABSTRAK

Getaran mikro pada saluran udara dalam sebuah sistem *Heating Ventilation and Air Conditioning* (HVAC) dapat menyebabkan hilangnya efisiensi energi dan kekuatan struktur, namun metode pengukuran getaran konvensional yang ada saat ini dibatasi oleh pemasangan alat yang sulit dan sensitivitas terhadap perubahan temperatur.

Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem deteksi getaran mikro non-kontak yang menggabungkan *Phase-Based Motion Magnification* (PBMM) dengan analisis *Fast Fourier Transformation* (FFT), dan validasi hasil yang didapat dengan akselerometer berbasis *Micro-Electro-Mechanical Systems* (MEMS) ADXL345. Video resolusi tinggi 4K (60 FPS) dari struktur saluran udara galvanis persegi (0,8m × 0,8m) diproses menggunakan *complex steerable pyramid*, filter *ideal band-pass temporal*, dan magnifikasi fasa ( $\alpha = 20$ ). *Sequence* fasa yang sudah ter-magnifikasi kemudian direkonstruksi kembali kemudian dilakukan penghitungan menggunakan *detrended* FFT dan dilakukan *windowing* menggunakan *Hann Window*, kemudian puncak frekuensi yang didapat diproses kembali menggunakan interpolasi parabola.

Validasi menggunakan data *time series* dari ADXL345 menunjukkan rata-rata error absolut frekuensi sebesar 2,53 Hz dan standar deviasi  $\sigma = 1,06$  Hz pada sepanjang lima titik pengukuran. Pengaturan yang diterapkan pada filter temporal band-pass secara efektif mengurangi efek gangguan spektral dan *phase gain* berpengaruh terhadap magnifikasi fasa sehingga memperjelas getaran. Performa komputasi pada perangkat rata-rata berada pada angka  $\sim 10$  s/frame untuk performa pada CPU, menunjukkan kemungkinan diterapkannya akselerasi GPU. Sistem PBMM+FFT yang diusulkan menawarkan sebuah sistem yang praktis serta tidak invasif dalam deteksi getaran mikro pada struktur sistem HVAC.

Kata Kunci: *Phase-Based Motion Magnification*, *Fast Fourier Transform*, akselerometer ADXL345, deteksi getaran non-kontak, deteksi getaran mikro.

## ***ABSTRACT***

*Micro-vibrations in HVAC air-duct structures can compromise energy efficiency and structural integrity, yet conventional contact-based vibrometry is constrained by installation complexity and environmental sensitivity.*

*This study develops a non-contact micro-vibration detection system by integrating Phase-Based Motion Magnification (PBMM) with Fast Fourier Transform (FFT) analysis, and validates its performance against a Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)-based ADXL345 accelerometer. High-resolution 4K video (60 fps) of a galvanized, rigid square duct (0.8 m × 0.8 m) was processed through a steerable complex pyramid, ideal band-pass temporal filtering, and phase amplification ( $\alpha = 20$ ). The magnified phase sequences were reconstructed and subjected to Hann-windowed, detrended FFT, with dominant frequency peaks refined via parabolic interpolation.*

*Validation with the ADXL345 time-series yielded a mean absolute frequency error of 2.53 Hz ( $\sigma = 1.06$  Hz) across five measurement points. Temporal band-pass settings effectively suppressed spectral artifacts, and phase gain influenced magnification clarity. Computational performance averaged around 10 s/frame on CPU, indicating real-time feasibility with GPU acceleration. The proposed PBMM+FFT approach offers a practical, non-invasive alternative for structural vibration monitoring in HVAC systems.*

*Keywords: Phase-Based Motion Magnification, Fast Fourier Transform, ADXL345 accelerometer, non-contact vibration sensing, micro-vibration detection.*

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat beserta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Deteksi Getaran Mikro Struktur Saluran Udara Menggunakan *Phase-Based Motion Magnification* dan *Fast Fourier Transform*”. Penulisan usulan penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Elektro di Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana.

Penulis dalam menimba ilmu dan menyusun usulan penelitian ini sampai selesai tidak lepas dari bimbingan dan motivasi dari banyak pihak, sehingga dalam kesempatan ini penulis dengan segala hormat mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M. Eng, selaku Rektor Universitas Mercubuana sekaligus pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ketty Siti Salamah, S.T., M.T., selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama menempuh pendidikan di Teknik Elektro Universitas Mercubuana.
3. Ir. Berry Ausa, M.M. dan Desi Espenti, S.Si., M.M, selaku orang tua yang selalu saya cintai dan saya banggakan. Terima kasih untuk dukungan yang selalu diberikan baik moril maupun materil, serta untuk doa dan kasih sayang yang tiada hentinya.
4. Adik saya yang tercinta Syifa Putri Bersa, yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan masukan selama mengerjakan skripsi.
5. Kepada drg. Revi Sarah Fadhilah, yang telah membantu pengerjaan skripsi ini dan dukungan yang tiada henti kepada penulis.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menjadi karya yang bermanfaat dan dapat menambah pengetahuan bagi yang membacanya.

Jakarta, 2 Agustus 2025

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN COVER.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL <i>SIMILARITY</i> .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI .....	v
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Dasar-Dasar Getaran Mekanik .....	6
2.2 Teori Phase-Based Motion Magnification (PBMM) .....	6
2.2.1. Dekomposisi <i>Steerable Pyramid</i> .....	7
2.2.2. Langkah Algoritma PBMM.....	8
2.3 Metode <i>Video Magnification</i> Lainnya .....	14
2.3.1. <i>Linear Eulerian Video Magnification</i> (LEVM).....	14
2.3.2. <i>Optical-Flow-Based Magnification</i> (Metode Lagrangian).....	15
2.3.3. Perbandingan Pendekatan .....	17
2.4 Pengolahan Data dari PBMM Menggunakan Transformasi Fourier .....	18
2.4.1. Transformasi Fourier.....	18
2.4.2. <i>Windowing</i> dan <i>Detrending</i> .....	19
2.5 Metode Validasi .....	21

2.6	Metode Pengukuran Lainnya.....	23
2.6.1.	Sensor Kontak Konvensional.....	23
2.6.2.	<i>Laser Doppler Vibrometry</i> (LDV).....	24
2.6.3.	<i>Digital Image Correlation</i> (DIC).....	24
2.6.4.	Perbandingan Dengan Metode PBMM.....	26
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1	Rancangan Penelitian.....	27
3.2	Implementasi PBMM.....	28
3.2.1.	<i>Pipeline Utama</i> .....	28
3.2.2.	Parameter PBMM.....	31
3.3	Menghitung Frekuensi Dengan FFT.....	33
3.3.1.	<i>Pipeline Utama</i> .....	33
3.3.2.	Parameter FFT.....	36
3.4	Validasi <i>Ground Truth</i> Dengan ADXL345.....	36
3.4.1.	<i>Setup dan Wiring</i> .....	37
3.4.2.	<i>Pipeline ADXL345</i> .....	37
3.4.3.	Peralatan Pendukung Validasi Data.....	40
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1	Pengaturan Eksperimen.....	42
4.1.1.	Penjelasan Eksperimen.....	42
4.1.2.	Rincian Data Yang Dikumpulkan.....	44
4.2	Hasil Pengukuran Frekuensi PBMM+FFT.....	45
4.3	Hasil Pengukuran Frekuensi <i>Ground Truth</i> ADXL345.....	45
4.4	Perbandingan Hasil.....	48
4.5	Kinerja Komputasi Perangkat.....	49
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Keterbatasan.....	51
5.3	Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	.....	52
LAMPIRAN	.....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Visualisasi dari sebuah Image Pyramid.....	7
Gambar 2.2 Corak warna sebagai Test Image.....	9
Gambar 2.3 Filter band-pass tanpa orientasi.....	10
Gambar 2.4 Steering masks dengan 4 orientasi. ....	11
Gambar 2.5 Filter Pada Level Pertama Steerable Pyramid.....	12
Gambar 2.6 Hasil Dekomposisi Citra Menggunakan Steerable Pyramid.....	13
Gambar 2.7 Hasil magnifikasi EVM.....	15
Gambar 2.8 Visualisasi Fourier Transform.....	19
Gambar 2.9 Grafik Hann Window.....	20
Gambar 2.10 Sensor ADXL345.....	21
Gambar 2.11 Sensor strain-gauge.....	23
Gambar 2.12 Cara kerja LDV.....	24
Gambar 2.13 Cara Kerja DIC.....	25
Gambar 3.1 Flowchart Rancangan Penelitian.....	28
Gambar 3.2 Ilustrasi efek aliasing pada sinyal. ....	32
Gambar 4.1 Air ducting target eksperimen.....	43
Gambar 4.2 Lampu LED sebagai penanda untuk frame awal.....	44
Gambar 4.3 Hasil PBMM+FFT Pada Titik 1-5.....	45
Gambar 4.4 Hasil pengolahan data sensor ADXL345. ....	46
Gambar 4.5 Nilai frekuensi raw dan Spektrum akselerasi.....	47
Gambar 4.6 Hasil final Power Spectrum Density (PSD).....	48
Gambar 4.7 Hasil PBMM+FFT pada Titik 1. ....	49

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Metode Motion-Magnification.....	17
Tabel 2.2 Perbandingan Metode Pengukuran Getaran.....	26
Tabel 3.1 Wiring ADXL345 ke Arduino Uno R3 .....	37
Tabel 4.1 Data Hasil Percobaan .....	44
Tabel 4.2 Estimasi dan Absolute Error Frekuensi.....	48
Tabel 4.3 Lama Waktu Proses Tiap Titik .....	49

