

**DETEKSI KERUSAKAN MESIN FAN BOOSTER MELALUI EKSTRAKSI  
SUARA SHORT TIME FOURIER TRANSFORM MENGGUNAKAN  
PETRAINED DEEP CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
IRFAN EVI NUGROHO  
NIM: 41319110021

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2024

## LAPORAN TUGAS AKHIR

DETEKSI KERUSAKAN MESIN FAN BOOSTER MELALUI EKSTRAKSI  
SUARA SHORT TIME FOURIER TRANSFORM MENGGUNAKAN  
PETRAINED DEEP CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK



UNIVERSITAS Disusun Oleh:

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
Nama : Irfan Evi Nugroho  
NIM : 41319110021  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
JUNI 2024

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Irfan Evi Nugroho  
NIM : 41319110021  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Laporan Tugas Akhir :

**DETEKSI KERUSAKAN MESIN FAN BOOSTER MELALUI EKSTRAKSI  
SUARA SHORT TIME FOURIER TRANSFORM MENGGUNAKAN  
PETRAINED DEEP CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima  
Sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana  
Strata 1 pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu  
Buana

Disahkan oleh :

Pembimbing TA : Dedik Romahadi, ST., M.Sc ( )  
NIDN : 116910542

Ketua Penguji : Nur Indah, S.ST, MT ( )  
NIDN : 0313038001

Penguji 1 : Alfian Noviyanto, Ph.D ( )  
NIDN : 0319117906


**MERCU BUANA**

Jakarta,  
Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT  
NIDN.0307037202

Kepala Program Studi

  
Dr. Eng. Imam Hidayat, ST., MT  
NIDN.0005087502

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Irfan Evi Nugroho  
NIM : 41319110021  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Tugas Akhir : Deteksi Kerusakan Mesin *Fan Booster* Melalui Ekstraksi Suara *Short Time Fourier Transform* Menggunakan *Pretrained Deep Convolutional Neural Network*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 26 Juni 2024



(Irfan Evi Nugroho)

## PENGHARGAAN

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena telah diberikan rahmat dan anugerah sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul Deteksi Kerusakan Mesin *Fan Booster* Melalui Ekstraksi Suara *Short Time Fourier Transform* Menggunakan *Petrained Deep Convolutional Neural Network*

Puji syukur dengan adanya bimbingan dan bantuan dari pembimbing maupun rekan - rekan, penulis dapat melaksanakan tugas akhir dan menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir. Pada kesempatan ini juga penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Prof.Dr.Ir.Andi Andriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr.Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr.Eng.Imam Hidayat, ST,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
4. Gilang Awan Yudistira, ST., M.T selaku koordinator Tugas Akhir Teknik mesin Universitas Mercu Buana
5. Gian Villany Golwa, ST., M.Si, selaku koordinator Laboratorium Teknik Mesin
6. Dedik Romahadi, ST., M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Teknik mesin Universitas Mercu Buana.
7. Keluarga dan sahabat, yang selalu memberikan doa dan dukungan terhadap penulis sehingga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Teknik mesin Universitas Mercu Buana yang selalu memberikan pengalaman dan masukan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.

Melalui lembar penghargaan ini saya menyampaikan permohonan maaf atas segala kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang membaca.

Penulis

(Irfan Evi Nugroho)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode deteksi kerusakan pada mesin *fan booster* menggunakan ekstraksi fitur suara berbasis *Short Time Fourier Transform (STFT)* dan jaringan saraf konvolusi mendalam (*deep convolutional neural network/DCNN*) yang telah dilatih sebelumnya (*pretrained*). Masalah utama yang dihadapi dalam pemeliharaan mesin adalah deteksi dini kerusakan, yang dapat mengarah pada peningkatan keandalan dan ketersediaan sistem. Metode deteksi kerusakan yang diajukan menggunakan *STFT* untuk menghasilkan representasi fitur *spektrogram* dari sinyal suara mesin *fan booster*, yang kemudian dimasukkan ke dalam *DCNN* yang telah dipelajari sebelumnya untuk klasifikasi kerusakan. Metodologi penelitian melibatkan pengumpulan data suara mesin *fan booster* yang normal dan bermasalah, ekstraksi fitur menggunakan *STFT*, pelatihan *DCNN* pada data latih, dan pengujian kinerja pada data uji yang tidak pernah dilihat sebelumnya. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pendekatan yang diusulkan dapat mendeteksi kerusakan pada mesin *fan booster* dengan tingkat akurasi validasi yang baik yaitu 99.73%. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi deteksi dini kerusakan mesin berbasis suara untuk meningkatkan kinerja pemeliharaan prediktif.

Kata Kunci : *Short Time Fourier Transform (STFT), Pretrained Deep Convolutional Neural Network (DCNN), Representasi Fitur Spektrogram, Klasifikasi Kerusakan, Pengujian Kinerja, Sensitivitas dan Spesifisitas*

***DETECTION OF FAN BOOSTER MACHINE DAMAGE THROUGH SHORT TIME FOURIER TRANSFORM SOUND EXTRACTION USING PRETRAINED DEEP CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

***ABSTRACT***

*This study aims to develop a method for detecting damage to fan booster machines using sound feature extraction based on Short Time Fourier Transform (STFT) and pretrained deep convolutional neural network (DCNN). The main problem faced in machine maintenance is the early detection of breakdowns, which can lead to increased reliability and availability of the system. The proposed fault detection method uses STFT to generate a representation of the spectrogram feature of the fan booster machine's sound signal, which is then incorporated into the previously studied DCNN for damage classification. The research methodology involved collecting normal and problematic fan booster machine sound data, feature extraction using STFT, DCNN training on training data, and performance testing on test data that had never been seen before. The experimental results show that the proposed approach can detect damage to the fan booster machine with a good validation accuracy rate of 99.73%. Thus, this research makes a significant contribution to the development of sound-based early detection technology of engine damage to improve predictive maintenance performance.*

*Keywords: Short Time Fourier Transform (STFT), Pretrained Deep Convolutional Neural Network (DCNN), Spectrogram Feature Representation, Damage Classification, Performance Testing, Sensitivity and Specificity*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	2
1.4. MANFAAT	2
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	5
2.2. DASAR TEORI	7
2.2.1. <i>Short-Time Fourier Transform (STFT)</i>	7
2.2.2. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	10
2.2.3. <i>Mesin Fan Booster</i>	14
2.2.4. <i>GoogleNET</i>	15



2.2.5. <i>Confusion Matrix</i>	16
<b>BAB III METODOLOGI</b>	<b>20</b>
3.1.    DIAGRAM ALIR	20
3.2.    ALAT DAN BAHAN	25
3.2.1. Alat	25
3.2.2. Bahan	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>29</b>
4.1.    HASIL	29
4.1.1. Evaluasi Kinerja Model	29
4.1.2. Analisa Fitur Suara	55
4.1.3. Pengaruh Parameter Ekstraksi Luar [16]	55
4.1.4. Penerapan pada Mesin yang Belum Pernah Dilihat	56
4.2.    PEMBAHASAN	56
4.2.1. Keunggulan Pendekatan Suara	56
4.2.2. Manfaat Penggunaan <i>CNN Pretrained</i>	57
4.2.3. Relevansi Hasil dengan Pemeliharaan Mesin.	58
4.2.4. Potensi Implementasi pada Skala Industri	59
4.2.5. Hambatan dan Peluang Pengembangan Masa Depan [17]	59
4.2.6. Keandalan Model dalam Konteks Waktu Nyata	59
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>61</b>
5.1.    KESIMPULAN	61
5.2.    SARAN	62
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>67</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penerapan <i>FFT</i> untuk melihat sinyal yang sama dari	9
Gambar 2.2. Struktur jaringan saraf konvolusional. [5]	11
Gambar 2.3. Mesin <i>Fan Booster (Belting Drive)</i> [6]	15
Gambar 2.4. Struktur <i>GoogleNET</i> [7]	16
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	20
Gambar 3.2. Proses <i>Collect Sound</i>	22
Gambar 4.1. Window File Folder Penyimpanan Rekaman Audio	29
Gambar 4.2. Window File Folder Penyimpanan Rekaman Spectrogram	30
Gambar 4.3. Grafik Sound Pressure Normal	30
Gambar 4.4. Spektrogram Normal	32
Gambar 4.5. Grafik Sound Pressure Bearing	33
Gambar 4.6. Spektrogram Bearing	35
Gambar 4.7. Grafik Sound Pressure Grease	37
Gambar 4.8. Spektrogram Grease	38
Gambar 4.9. Grafik Sound Pressure V-Belt Kencang	39
Gambar 4.10. Spektrogram V-Belt Kencang	41
Gambar 4.11. Grafik Sound Pressure V-Belt Kendor	42
Gambar 4.12. Spektrogram V-Belt Kendor	44
Gambar 4.13. STFT Activation	46
Gambar 4.14. Training Progress	50
Gambar 4.15. Confusion Matrix	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	5
Tabel 2.2. Confusion Matrix	17
Tabel 3.1. Data Unit Fan	26
Tabel 3.2. Data Unit Motor Listrik	26
Tabel 4.1. Training	47
Tabel 4.2. Data Model Performance	52



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$f_c$	<i>fungsi aktivasi lapisan konvolusi</i>
$b$	<i>bias yang sesuai dari filter ke-<math>l</math></i>
$\alpha_1$	<i>kernel yang sesuai dari filter ke-<math>l</math></i>
$X$	<i>sinyal diskrit dengan ukuran <math>N</math></i>
$\omega$	<i>Frequency</i>
$n$	<i>indeks titik data di <math>x</math></i>
$m$	<i>indeks diskrit di jendela <math>\omega</math>.</i>
$q$	<i>indeks baris setelah penggabungan</i>
$r$	<i>indeks kolom fitur setelah penggabungan</i>
$L_p$	<i>panjang filter dalam lapisan penggabungan</i>
$W_p$	<i>lebar filter dalam lapisan penggabungan</i>
$h_a$	<i>masukan dari neuron</i>
$w_a$	<i>Berat <math>h_a</math></i>
$f_f$	<i>fungsi aktivasi neuron pada lapisan yang terhubung penuh</i>
$y$	<i>keluaran CNN</i>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Keterangan</b>
<i>TP</i>	<i>True positives</i>
<i>FP</i>	<i>False positives</i>
<i>FN</i>	<i>False negatives</i>
<i>TN</i>	<i>True negatives</i>
<i>STFT</i>	<i>Short Time Fourier Transform</i>
<i>CNN</i>	<i>Convolutional Neural Network</i>
<i>MFCCs</i>	<i>Mel-Frequency Cepstral Coefficients</i>



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA