

**IDENTIFIKASI INJECTOR MOTOR TORAK 1300 CC DENGAN METODE
WAVELET TRANSFORM**



UNIVERSITAS
IMANNUEL YOGA SUTRISNO
NIM: 41318010047
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI INJECTOR MOTOR TORAK 1300 CC DENGAN METODE
WAVELET TRANSFORM



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama : Immanuel Yoga Sutrisno
NIM : 41318010047
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
FEBRUARI 2023

HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI INJECTOR MOTOR TORAK 1300 CC DENGAN METODE WAVELET TRANSFORM

Disusun Oleh:

Nama : Immanuel Yoga Sutrisno
NIM : 41318010047
Program Studi : Teknik Mesin

Telah di periksa dan di setuju pada tanggal: 07 Februari 2023

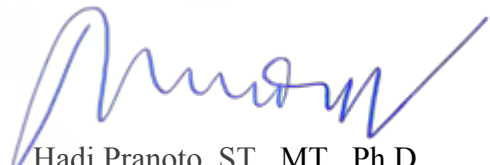
Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA



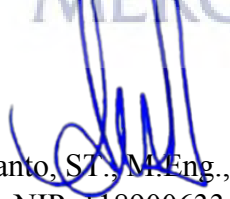
Subekti, ST, MT
NIP. 118730612

Penguji Sidang I



Hadi Pranoto, ST., MT., Ph.D
NIP. 0302077304

Penguji Sidang II



Dafit Feriyanto, ST., M.Eng., Ph.D
NIP. 118900633

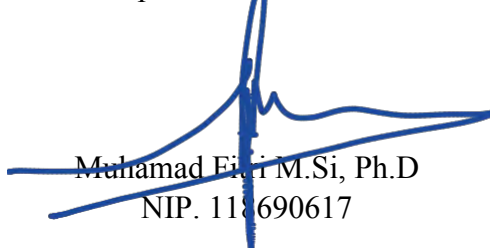
Penguji Sidang III



Wiwit Suprihatiningsih, S.Si., M.Si
NIP. 11980641

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin



Muhamad Fidi M.Si, Ph.D
NIP. 118690617

Koordinator TA



Gilang Awan Yudhistira, ST., MT
NIP. 221900211

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Immanuel Yoga Sutrisno
NIM : 41318010047
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : IDENTIFIKASI INJECTOR MOTOR TORAK 1300
CC DENGAN METODE *WAVELET TRANSFORM*

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

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

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Penulis, 07 Februari 2023


Immanuel Yoga Sutrisno

PENGHARGAAN

Puji syukur selalu dan tak lupa penulis panjatkan kepada kehadiran Tuhan yang Maha Kuasa, Allah SWT, karena atas nikmat, Ridho, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan tepat waktu dan dapat menyusun laporan Tugas Akhir. Penyusunan laporan Tugas Akhir merupakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir dan sebagai salah satu syarat untuk menempuh ujian jenjang Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Dalam proses melaksanakan kegiatan dan penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis menyadari begitu banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara moral maupun langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Prof.Dr.Ir. Andi Adriansyah,M.Eng selaku rektor Universitas Mercu Buana
2. Bapak Dr. Mawardi, M. TI selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana
3. Bapak Muhamad Fitri M.Si, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan motivasi kepada setiap mahasiswa Teknik Mesin.
4. Bapak Gilang Awan Yudhistira, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Dan koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
5. Kedua orang tua, yang telah membiayai kuliah serta selalu mendoakan penulis.
6. Bapak Subekti, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pengetahuan untuk membimbing saya dalam penyusunan skripsi ini
7. Syarif Arifin H Dyatuloh sebagai teman satu tim dalam kegiatan Tugas Akhir ini yang selalu memberikan semangat dan kerja sama yang maksimal.
8. Teman-teman jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana angkatan 2018 yang selama ini memberikan bantuan dan dukungan.
9. Teman-teman penulis yang tidak dapat penulis cantumkan satu persatu namanya yang telah membantu dan memberikan dukungan penulis agar laporan ini selesai.

10. Sahabat yang selalu memberikan doa, dorongan dan saran agar laporan Tugas Akhir ini selesai.

Penulis sangat menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan ini hal tersebut tidak lain karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis dengan sangat terbuka menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Akhir kata, penulis berharap agar laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Penulis, 07 Februari 2023



Immanuel Yoga Sutrisno



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. MANFAAT PENULISAN	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	6
2.2. MATLAB SOFTWARE	14
2.3. FAST FOURIER TRANSFORM (FFT)	15
2.4. FREKUNSI	16
2.5. AMPLITUDO	16
2.6. GETARAN	17
2.7. WAVELET TRANSFORM	18
2.8. MOTOR BAKAR TORAK	19
2.8.1. Mesin Pembakaran Dalam	19
2.8.2. Mesin Pembakaran Luar	20
2.9. INJEKTOR	20

2.9.1. Jenis-Jenis Injektor	21
2.9.2. Bagian-Bagian Injektor	24
2.9.3. Fungsi Injektor	26
2.9.4. Cara Kerja Injektor	26
2.9.5. Model Matematika Pada Injektor	28
2.10. PENGARUH KERUSAKAN INJEKTOR	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1. DIAGRAM ALIR PENELITIAN	34
3.2. ALAT DAN OBJEK PENELITIAN	36
3.2.1. Alat Pengujian	36
3.2.2. Objek Pengujian	37
3.3. PENGAMBILAN DATA	38
3.3.1. Pengolahan Data	41
3.3.2. Identifikasi Kerusakan Berdasarkan Getaran	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1. HASIL PENELITIAN	44
4.2. HASIL <i>FAST FOURIER TRANSFORM</i> (FFT)	45
4.2.1. Variasi Putaran Mesin 900 rpm	45
4.2.2. Variasi Putaran Mesin 2000 rpm	47
4.2.3. Variasi Putaran Mesin 4000 rpm	50
4.2.4. Variasi Putaran Mesin 6000 rpm	52
4.3. ANALISIS <i>WAVELET TRANSFORM</i> UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN PADA INJEKTOR	55
4.4. ANALISIS KERUSAKAN INJEKTOR	58
BAB V PENUTUP	59
5.1. KESIMPULAN	59
5.2. SARAN	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. FFT Analyzer	15
Gambar 2.2. Fundamental Gelombang	16
Gambar 2.3. Getaran Murni	17
Gambar 2.4. Mesin Pembakaran Dalam	19
Gambar 2.5. Mesin Pembakaran Luar	20
Gambar 2.6. Multi Point Fuel Injection	22
Gambar 2.7. Direct Injection System	23
Gambar 2.8. Bagian-Bagian Injector	24
Gambar 2.9. Injektor Sebelum Penginjeksian	27
Gambar 2.10. Injektor Penginjeksian Bahan Bakar	27
Gambar 2.11. Injektor Akhir Penginjeksian	28
Gambar 2.12. Skema Injektor Dan Nosel Yang Dikontrol Katup Solenoid	29
Gambar 2.13. Model Dinamika Gerakan Jarum	33
Gambar 3.1. Flow Chart	34
Gambar 3.2. Injektor Type OEM 23250-Bz010	37
Gambar 3.3. Objek Pengujian Mobil Avanza 1300cc	37
Gambar 3.4. Proses Pengujian Getaran Dengan Variasi Putaran Mesin	38
Gambar 3.5. (A) Pemasangan Alat Pada Blok Mesin (B) Pengambilan Data Karakteristik Getaran Injeksi Menggunakan Alat FFT Spectrum Analyzer (C) Software Matlab	39
Gambar 3.6. Program FFT	41
Gambar 3.7. Domain Frekuensi	41
Gambar 3.8. Program Wavelet Transform	42
Gambar 3.9. (A) Grafik Evelope (B) Frekuensi Instantaneous (C) Restoring Force	42
Gambar 4.1. Hasil FFT Pada Injektor dengan Kecepatan Putaran 900 Rpm	45
Gambar 4.2. Hasil FFT Pada Injektor dengan Kecepatan Putaran 2000 Rpm	48
Gambar 4.3. Hasil FFT Pada Injektor dengan Kecepatan Putaran 4000 Rpm	50
Gambar 4.4. Hasil FFT Pada Injektor dengan Kecepatan Putaran 6000 Rpm	53
Gambar 4.5. Envelope Sinyal Getaran pada Injektor Berdasarkan Wavelet Transform	56
Gambar 4.6. Frekuensi Instantaneous (Sesaat) Getaran Kondisi Rusak dan Normal Berdasarkan Wavelet Transform	56
Gambar 4.7. Hasil Restoring Force Injektor pada Keadaan Injektor Normal dan Rusak	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu	6
Tabel 3.1. Alat Dan Bahan	36
Tabel 3.2. Spesifikasi Objek Pengujian	38
Tabel 3.3. Hasil Fft Spectrum Analyzer	39
Tabel 4.1. Data Frekuensi 900rpm	46
Tabel 4.2. Data Frekuensi 2000rpm	48
Tabel 4.3. Data Frekuensi 400rpm	51
Tabel 4.4. Data Frekuensi 6000rpm	53
Tabel 4.5. Data Hasil Variasi Putaran Mesin Tertinggi Data 1 dan Data 2	55



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
m_i	Massa Jarum
d	Koefisien Redaman Kental Gerakan Jarum
d_1	Koefisien Redaman Kursi Jarum Atas
d_2	Koefisien Redaman Kursi Jarum Yang Lebih Rendah
dt	Jarum Gerak Kental Redaman Koefisien Waktu
k	Tingkat Pegas Untuk Pegas Katup <i>Nozzle</i>
k_1	Tingkat Pegas Untuk Kursi Katup <i>Nozzle</i> Atas
k_2	Tingkat Pegas Untuk Kursi Katup Nosel Bawah
F_0	Tegangan Pegas Awal
F_{cr}	Gaya Solenoid
F_{tr}	Gesekan Antara Jarum
p_{II}	Tekanan Pada Penampang Nosel
A_i	Area Bagian <i>Nozzle</i> Atas
A_s	Area Dudukan Jarum
w_{IV}	Tekanan Pada Penampang Nosel
Aa	Area Bagian Nosel Bawah
$\mu_s A_s$	Area Aliran Efektif Dari Kursi <i>Nozzle</i>
dt	Jarum Gerak Kental Redaman Koefisien Waktu
v^3	Volume Di Bagian Nosel
E_{dim}	Modulus Massal Elastisitas Bahan Bakar
p	Tekanan
t	Waktu
a	Kecepatan Suara
W	Kecepatan Bahan

Simbol	Keterangan
∂t	Turunan Waktu
∂p	Turunan Tekanan
∂x	Turunan X
w_{II}, w_{III}	Kecepatan Bahan Bakar Di Penampang Nosel
A_c	Area Saluran Umpan Ke Nosel
A_i	Area Bagian Nozzle Atas
dh_i	Gerakan Jarum Koefisien Redaman Kental Angkat Jarum
dt	Jarum Gerak Kental Redaman Koefisien Waktu
A_a	Area Bagian Nosel Bawah
V_2	Volume Di Bagian Nosel
dp_{II}	Gerakan Jarum Tekanan Koefisien Redaman Kental Pada Penampang Nosel
E_{dim}	Modulus Massal Elastisitas Bahan Bakar
w_{II}	Kecepatan bahan bakar di penampang nosel
ρa	Kepadatan bahan bakar
p_{II}	Tekanan pada penampang nosel
R	Bilangan Nyata
a	Parameter Penyekalan
b	Parameter Penggeseran Posisi (Translasi) Pada Sumbu X
$\sqrt{ a }$	Normalisasi Energy Yang Sama Dengan Energy Induk.

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
RPM	<i>Revolution Per Minute</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
TMA	Titik Mati Atas
ECU	<i>Engine Control Unit</i>
MPFI	<i>Multi Point Fuel Injection</i>
GDI	<i>Gasoline Direct Injection</i>
DI	<i>Direct Injection</i>

