ANALISIS HILBERT TRANSFORM UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN PADA ALTERNATOR DAIHATSU LUXIO

MUHAMMAD NURUL HIDAYAT
NIM: 41315120013

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2020

http://digilib.mercubuana.ac.id/

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS HILBERT TRANSFORM UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN PADA ALTERNATOR DAIHATSU LUXIO

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Nurul Hidayat
NIM : 41315120013
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2020

http://digilib.mercubuana.ac.id/

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS HILBERT TRANSFORM UNTUK MENDETEKSI KERUSAKAN PADA ALTERNATOR DAIHATSU LUXIO

Disusun Oleh:

Nama : Muhammad Nurul Hidayat
NIM : 41315120013
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing
Pada Tanggal: 4 Agustus 2020

Mengetahui,

Dosen Pembimbing	Koordinator Tugas Akhir
(Subekti, ST., MT.)	(Alief Avicenna Lutfie, ST., M.Eng.)

http://digilib.mercubuana.ac.id/

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama	: Muhammad Nurul Hidayat
NIM	: 41315120013
Jurusan	: Teknik Mesin
Judul Kerja Praktik	: Analisis Hilbert Transform Untuk Mendeteksi Kerusakan Pada Alternator Daihatsu Luxio

Dengan ini menyatakan bahwa Saya melakukan Analisis dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah Saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila di kemudian 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 tidak ada paksaan.

Jakarta, 4 Agustus 2020

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

METERAI TEMPEL
TGL. 20
67E94AHF599000563
6000
ENAM RIBU RUPIAH

(Muhammad Nurul Hidayat)

http://digilib.mercubuana.ac.id/

PENGHARGAAN

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wata'ala yang telah memberikan rahmat dan petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Laporan Tugas Akhir ini di Universitas Mercu Buana Jakarta. Penulis menyadari keterbatasan penulisan ini, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis membuka tangan atas segala saran untuk mendukung penyempurnaan laporan ini.

Dalam penyusuana laporan ini, Penulis banyak menerima bantuan dari berbagai pihak baik materi maupun pemikiran dan pengetahuan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Subekti ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir
2. Bapak Dr. Nanang Ruhyat selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
3. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng. Sekalu Koordinator Tugas Akhir
4. Silfi Faoziah tercinta selaku Istri dan Orang tua yang selalu meberikan doa, dukungan moral, serta masukan dalam penyusunan laporan ini sehingga dapat terselesaikan
5. Rekan kerja di PT Astra Daihatsu Motor, Bp. Banurusman, Bp. Aji, Bp. Roslan, Bp. Usman, Bp. Basuki, Bp. Abdul Latif, Bp. Setyo, Bp. Puguh, terimakasih atas bantuan dan dukunganya

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu saran dan kritik pembaca serta pihak-pihak lain yang bertujuan untuk menyempurnakan isi tulisan ini sangat penulis harapkan dan semoga tulisan ini bermanfaat bagi para pembaca khususnya rekan-rekan mahasiswa Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 4 Agustus 2020

Muhammad Nurul Hidayat

UNIVERSITAS MERCU BUANA
http://digilib.mercubuana.ac.id/

ABSTRAK

Pemeliharaan preventif sangat diperlukan dalam interval waktu yang teratur. Jenis jenis perawatan yang terkenal saat ini adalah proses perawatan mesin dengan cara mendeteksi adanya kerusakan. Hal ini dikarenakan jenis perawatan ini dilakukan untuk pemeliharaan berkala dengan tidak melakukan perusakan pada mesin. Komponen yang paling penting pada kendaraan adalah sistem pengapian. Komponen yang berfungsi menghasilkan arus listrik bagi semua komponen yang membutuhkan aliran listrik pada kendaraan dikenal dengan Alternator. Prinsip kerjanya adalah merubah energi gerak putar dari pulley mesin menjadi energi elektromagnetik. Namun ketika komponen-komponen di dalam alternator ada yang rusak dapat mengakibatkan suplai aliran listrik ke baterai lemah, mengakibatkan mobil mogok dan bisa menimbulkan suara kasar, maka hal tersebut dapat mengganggu kenyamana pengendara dan penumpang. Penelitian ini menyajikan hasil dalam aplikasi teknik berbasis Hilbert Transform untuk proses pemantauan alternator. Analisis Hilbert diterapkan untuk mendukung frekuensi instantaneous (sesaat) dari Alternator dalam kondisi baik dan rusak, sangat membantu dalam mengidentifikasi kondisi alternator. Hal ini dapat dilihat pada respons frekuensi instantaneous (sesaat), Pada reaksi putaran 750 rpm pada alternator untuk kondisi tidak rusak, frekuensi yang terjadi pada alternator tidak mengalami perubahan signifikan dibandingkan dengan frekuensi yang terjadi pada alternator kondisi rusak. Kondisi respons frekuensi yang rusak/ baik berhasil diidentifikasi dengan metode Hilbert Transform.

Kata Kunci: pemeliharaan preventif, alternator, hilbert transform, frekuensi instantaneous (sesaat)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

http://digilib.mercubuana.ac.id/

HILBERT TRANSFORM ANALYZER FOR MECHANICAL FAULT DETECTION OF AN ALTERNATOR DAIHATSU LUXIO

ABSTRACT

Preventive maintenance is needed at regular time intervals. The type of treatment that is well known today is the engine maintenance process by detecting damage. This is because this type of maintenance is carried out for periodical maintenance by not doing damage to the machine. The most important component in a vehicle is the ignition system. Components that function to produce electric current for all components that require electricity to flow in a vehicle are known as Alternators. The principle works is to change the rotary motion energy of the engine pulley into electromagnetic energy. However, if there are damaged components inside the alternator, it can cause a weak supply of electricity to the battery, resulting in the car breaking down and can make a loud noise, then it can disturb the comfort of the driver and passengers. This research presents results in the application of Hilbert Transform-based techniques for the alternator monitoring process. Hilbert's analysis is applied to support the instantaneous frequency of the alternator in good and damaged condition, very helpful in identifying the alternator's condition. This can be seen in the instantaneous frequency response, the 750 rpm rotation reaction on the alternator for undamaged conditions, the frequency that occurs on the alternator does not change significantly compared to the frequency that occurs in the alternator damaged condition. Damaged/ good frequency response conditions were successfully identified by the Hilbert Transform method.

Key word: *preventive maintenance, alternator, hilbert transform, instantaneous frequency*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

http://digilib.mercubuana.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN		i
HALAMAN PERNYATAAN		ii
PENGHARGAAN		iii
ABSTRAK		iv
DAFTAR ISI		vi
DAFTAR GAMBAR		ix
DAFTAR TABEL		xiii
DAFTAR GRAFIK		xiv
DAFTAR SIMBOL		xv
BAB I	**PENDAHULUAN**	1
1.1.	LATAR BELAKANG	1
1.2.	RUMUSAN MASALAH	3
1.3.	TUJUAN PENELITIAN	4
1.4.	BATASAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN	4
1.5.	SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II	**TINJAUAN PUSTAKA**	5
2.1.	GETARAN	5
2.2.	TEKNIK PEMELIHARAAN MENGGUNAKAN SINYAL GETARAN	7
	2.2.1. Teknik Pemeliharaan Prediktif	7
	2.2.2. Teknik Pemeliharaan Monitoring Vibrasi	8
	2.2.3. Alat Pengukuran Getaran	12
	2.2.4. Hilbert Transform (HT)	13
	2.2.5. Pengukuran Getaran Metode Bump Test	15
	2.2.6. Perhitungan Fungsi Respon Frekuensi (FRF)	16
2.3.	GETARAN PADA KENDARAAN	19
	2.3.1. Getaran Rigid Body	19
	2.3.2. Getaran Elastis	19
	2.3.3. Getaran Dan Noise Ditransmisikan	20

UNIVERSITAS MERCU BUANA
http://digilib.mercubuana.ac.id/

2.3.4. Sumber Getaran Pada Kendaraan 21
2.3.5. Resonansi 21
2.3.6. Sistem Transmisi 22
2.3.7. Elemen Getar Pada Kendaraan 22
2.3.8. Metode Untuk Mengidentifikasikan Getaran 23
2.3.9. Metode Untuk Mengidentifikasikan Bunyi 24
2.4. ALTERNATOR 26
2.4.1. Pengertian Alternator 26
2.4.2. Komponen-Komponen Pada Alternator 27
2.5. *ROLLING BEARING* (BANTALAN GELINDING) 28
2.5.1. Pengertian *Bearing* (Bantalan) 28
2.5.2. Jenis-Jenis *Rolling Bearing* 29
2.5.3. Jenis-Jenis Kerusakan Pada *Rolling Bearing* 39

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 52
3.1. DIAGRAM ALIR PENULISAN TUGAS AKHIR 52
3.1.1. Tahap Observasi 54
3.1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah 54
3.1.3. Menetapkan Tujuan Penelitian 54
3.1.4. Studi Lapangan 54
3.1.5. Studi Pustaka 55
3.1.6. Persiapan Data 55
3.1.7. Persiapan Alat dan Bahan 55
3.1.8. Pelaksanaan Penelitian Pengambilan Data 55
3.1.9. Pengolahan Data 56
3.2.10. Analisis Hasil 56
3.2. ALAT DAN BAHAN 57

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 61
4.1. HASIL PENGUKURAN FUNGSI RESPONSE FREKUENSI 61
4.2. HASIL PENGUKURAN FAST FOURIER TRANSFORM PADA PUTARAN MESIN 750 RPM 71
4.3. ANALISIS HILBERT TRANSFORM UNTUK MENDETEKSI

UNIVERSITAS MERCU BUANA
http://digilib.mercubuana.ac.id/

	KERUSAKAN PADA ALTERNATOR	74
4.4	ANALISIS KERUSAKAN BEARING ALTERNATOR	79
BAB V	**PENUTUP**	81
5.1.	KESIMPULAN	81
5.2.	SARAN	81
DAFTAR PUSTAKA		82
LAMPIRAN A JURNAL PELEITIAN		84
LAMPIRAN B LAPORAN PRODUK DAIHATSU		87
LAMPIRAN C KARTU ASISTENSI TA		88

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

http://digilib.mercubuana.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Elemen Vibrasi	5
Gambar 2.2.	Gerak Osilasi Dari Suatu Sistem Pegas Massa	6
Gambar 2.3.	Sistem Vibrasi *Rotational*	6
Gambar 2.4.	Pemeliharaan Prediktif	7
Gambar 2.5.	*Rotating Machinery*	8
Gambar 2.6.	Vibration Analizer RION VA-12	12
Gambar 2.7.	Bump Test Mode Struktural Pada 52,0 Hz Dan Pada 113,5 Hz	14
Gambar 2.8.	Model Sistem Getaran SDOF	17
Gambar 2.9.	Contoh Getaran *Rigid*	19
Gambar 2.10.	Contoh Getaran Elastis	20
Gambar 2.11.	Getaran Dan *Noise* Ditransmisikan	20
Gambar 2.12.	Contoh Sumber Getaran Pada Kendaraan	21
Gambar 2.13.	Contoh Sumber Getaran Pada Kendaraan	21
Gambar 2.14.	Contoh Sumber Getaran Pada Kendaraan	22
Gambar 2.15.	Contoh Geratan Pada Kendaraan	23
Gambar 2.16.	Jenis-Jenis Getaran	23
Gambar 2.17.	Perbedaan Getaran Berdasarkan Kecepatan	24
Gambar 2.18.	Tingkat Frekuensi Bunyi	25
Gambar 2.19.	Komparasi *Decibell*	25
Gambar 2.20.	Level Frekuensi Suara Dengan dB	26
Gambar 2.21.	Alternator Pada Mesin Daihatsu Luxio	27
Gambar 2.22.	Komponen Komponen Alternator	28
Gambar 2.23.	Single-Row Deep Grooves Ball Bearings	30
Gambar 2.24.	Magneto Bearings	31
Gambar 2.25.	Single-Row Angular Contact Ball Bearings	31
Gambar 2.26.	Duplex Bearings	32
Gambar 2.27.	Double-Row Angular Contact Ball Bearings	33
Gambar 2.28.	Four-Point Contact Ball Bearings	33
Gambar 2.29.	Self-Aligning Ball Bearings	34
Gambar 2.30.	Cylindrical Roller Bearings	34

UNIVERSITAS MERCU BUANA

http://digilib.mercubuana.ac.id/

Gambar 2.31.	Needle Roller Bearings	35
Gambar 2.32.	Tapered Roller Bearings	36
Gambar 2.33.	Spherical Roller Bearings	37
Gambar 2.34.	Single-Direction Thrust Ball Bearings	37
Gambar 2.35.	Double-Direction Thrust Ball Bearings	38
Gambar 2.36.	Spherical Thrust Roller Bearings	38
Gambar 2.37.	Typical Running Traces of Deep Groove Ball Bearings	40
Gambar 2.38.	Typical Running Traces On Roller Bearings	41
Gambar 2.39.	Inner Ring Deep Groove Ball Bearing	41
Gambar 2.40.	Inner Ring Angular Contact Ball Bearing	42
Gambar 2.41.	Outer Ring	42
Gambar 2.42.	Ball Bearing	42
Gambar 2.43.	Inner Ring Spherical Roller Bearing	43
Gambar 2.44.	Convex Rollers	43
Gambar 2.45.	Outer Ring Spherical Roller Bearing	44
Gambar 2.46.	Outer Ring Double-row Cylindrical Roller Bearing	44
Gambar 2.47.	Roller Tapered Roller Thrust Bearing	45
Gambar 2.48.	Outer Ring Double-row Cylindrical Roller Bearing	45
Gambar 2.49.	Inner Ring Double-row Tapered Roller Bearing	45
Gambar 2.50.	Outer Ring Double-row Tapered Roller Bearing	46
Gambar 2.51.	Tapered Rollers	46
Gambar 2.52.	Inner Ring Cylindrical Roller Bearing	47
Gambar 2.53.	Outer Ring Spherical Roller Bearing	47
Gambar 2.54.	Outer Ring Spherical Roller Bearing	47
Gambar 2.55.	Inner Ring Spherical Roller Bearing	48
Gambar 2.56.	Convex Rollers	48
Gambar 2.57.	Inner Ring Angular Contact Ball Bearing	48
Gambar 2.58.	Inner Ring Tapered Roller Bearing	49
Gambar 2.59.	Inner Ring Deep Groove Ball Bearing	49
Gambar 2.60.	Balls Groove Ball Bearing	50
Gambar 2.61.	Outer Ring Cylindrical Roller Bearing	50
Gambar 2.62.	Inner Ring Spherical Roller Bearing	51
Gambar 2.63.	Roller Spherical Roller Bearing	51

UNIVERSITAS MERCU BUANA
http://digilib.mercubuana.ac.id/

Gambar 3.1.	Alur Proses Penulisan Tugas Akhir	53
Gambar 3.2.	Pelaksanaan Penelitian Pengambilan Data Penelitian	56
Gambar 3.3.	Pengolahan Data pada Software	56
Gambar 3.4.	Daihatsu Luxio 1500 cc	57
Gambar 3.5.	Alternator Kondisi Rusak	57
Gambar 3.6.	Alternator Kondisi Baik	58
Gambar 3.7.	Palu Karet	58
Gambar 3.8.	Kombinasi Meter Daihatsu Luxio	58
Gambar 3.9.	Rion VA-12	59
Gambar 3.10.	Matlab R2018a	60
Gambar 4.1.	Posisi dilakukan Bump Test	61
Gambar 4.2	Posisi Penempatan Sensor	62
Gambar 4.3.	Hasil Pengukuran FRF pada Titik A	64
Gambar 4.4.	Hasil log-plot FRF pada Titik A	64
Gambar 4.5.	Hasil Pengukuran FRF pada Titik B	65
Gambar 4.6.	Hasil log-plot FRF pada Titik B	65
Gambar 4.7.	Hasil Pengukuran FRF pada Titik C	66
Gambar 4.8.	Hasil log-plot FRF pada Titik C	66
Gambar 4.9.	Hasil Pengukuran FRF pada Titik D	67
Gambar 4.10.	Hasil log-plot FRF pada Titik D	67
Gambar 4.11.	Hasil Pengukuran FRF pada Titik E	68
Gambar 4.12.	Hasil log-plot FRF pada Titik E	68
Gambar 4.13.	Hasil Pengukuran FRF pada Titik F	69
Gambar 4.14.	Hasil log-plot FRF pada Titik F	69
Gambar 4.15.	Titik Pengukuran FFT pada Alternator	71
Gambar 4.16.	Hasil FFT pada 750 rpm Titik B	71
Gambar 4.17.	Hasil FFT pada 750 rpm Titik C	72
Gambar 4.18.	Hasil FFT pada 750 rpm Titik E	72
Gambar 4.19.	Hasil FFT pada 750 rpm Titik F	73
Gambar 4.20.	Bump Test Respone pada Domain Waktu	74
Gambar 4.21.	Hasil Analisa Hilbert Transform Envelope	75
Gambar 4.22.	Hasil Time Capture	75
Gambar 4.23.	Envelope Sinyal Getaran pada Alternator saat Beroperasi pada	

UNIVERSITAS MERCU BUANA
http://digilib.mercubuana.ac.id/

750 rpm Berdasarkan Hilbert Transform 76
Gambar 4.24. Ekstraksi Frekuensi Instantaneous (sesaat) Getaran Kondisi Rusak dan Baik Berdasrkan Hilber Transform 77
Gambar 4.25. Kurva Backbone 78
Gambar 4.26. Ekstraksi Gaya Bolak-balik pada Alternator Kondisi Rusak dan Kondisi Baik 78
Gambar 4.27. Ball Bearing Depan Alternator Rusak 79
Gambar 4.28. Permukaan Inner dan Outer Ring Bearing Depan Alternator Pada Titik A 80

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

http://digilib.mercubuana.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Frekuensi Vibrasi dan Frekuensi Penyebabnya	11
Tabel 2.2.	Nama Komponen Alternator	28
Tabel 4.1.	Frekuensi Pribadi Titik A, B, C, D, E, dan F	62

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

http://digilib.mercubuana.ac.id/

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1.1. 5 Masalah Terbanyak Daihatsu Luxio 2019 3

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

http://digilib.mercubuana.ac.id/

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
m	Massa
k	*Stiffness*
c	*Damping*
F(t)	Gaya luar *(Exciting Force)*
J	Momen inersia massa dari massa
k_t	Torsi pegas dengan konstanta pegas
C_t	Redaman torsi dengan koefesien *damping torsion*
θ	Displesmen
T(t)	Torsi eksitasi

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

http://digilib.mercubuana.ac.id/