



**ANALISA SPEKTRUM VIBRASI
PADA
CONDENSATE EXTRACTION PUMP
DI PLTU JAWA 9 DAN 10
MENGUNAKAN METODE
FAST FOURIER TRANSFORM**

SKRIPSI

**MOH SYUKRON MAKMUN S
NIM : 20241331020**

**Dosen Pembimbing :
Solikin, S.T., M.T
NIDN : 0705067504**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURABAYA
2026**



**VIBRATION SPECTRUM ANALYSIS
OF THE CONDENSATE EXTRACTION PUMP
AT JAWA 9 AND 10 STEAM POWER PLANT
USING THE FAST FOURIER TRANSFORM
METHOD**

THESIS

**MOH SYUKRON MAKMUN S
NIM : 20241331020**

Advisor :

**Solikin, S.T., M.T
NIDN : 0705067504**

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING**

**MUHAMMADIYAH UNIVERSITY
SURABAYA
2026**

SKRIPSI

**ANALISA SPEKTRUM VIBRASI
PADA
CONDENSATE EXTRACTION PUMP
DI PLTU JAWA 9 DAN 10
MENGUNAKAN METODE
FAST FOURIER TRANSFORM**



Disusun Oleh :
Nama : Moh Syukron Makmun
NIM : 20241331020

Dosen Pembimbing :
Nama : Solikin, S.T., M.T.
NIDN : 0705067504

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Moh Syukron Makmun S

NIM : 20241331020

Program Studi: S1 Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar – benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian atau seluruhnya. Apabila di kemudian hari terbukti melakukan plagiasi, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.



aya, 18 Januari 2026

Moh Syukron Makmun S
NIM. 20241331020

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

ANALISA SPEKTRUM VIBRASI PADA CONDENSATE EXTRACTION PUMP DI PLTU JAWA 9 DAN 10 MENGUNAKAN METODE FAST FOURIER TRANSFORM

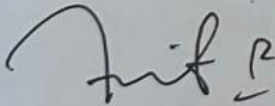
Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik (S.T.)

Disusun oleh:
Moh Syukron Makmun S
20241331020

Menyetujui,

Kaprodi Teknik Mesin

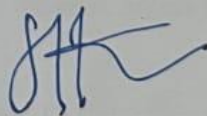


Dr. M. Arif Batutah, S.T., M.T., IPM
NIDN.0707067402



Mengetahui,

Dosen Pembimbing



Solikin, S.T., M.T.
NIDN. 0705067504

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi telah diujikan dan dipertahankan di hadapan tim penguji dalam sidang pada tanggal 18 Januari 2026 oleh mahasiswa atas nama **Moh Syukron Makmun S NIM 20241331020** dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima sebagai kelengkapan mendapat gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik universitas Muhammadiyah Surabaya

Dosen Penguji

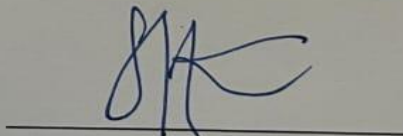
1. Hadi Kusnanto, S.T., M.T.
2. Ir. Suharyanto, M.Sc.

Tanda Tangan



Dosen Pembimbing

1. Solikin, S.T., M.T.



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Menyetujui,

Kaprodi Teknik Mesin



Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars.
NIDN.0725096402

Dr. M. Arif Batutah, S.T., M.T., IPM
NIDN.0707067402

ANALISA SPEKTRUM VIBRASI PADA CONDENSATE EXTRACTION PUMP DI PLTU JAWA 9 DAN 10 MENGUNAKAN METODE FAST FOURIER TRANSFORM

Nama : Moh Syukron Makmun S
NIM : 20241331020
Program Studi : S1 Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Solikin, ST, MT.

ABSTRAK

Vibrasi berlebih pada pompa industri merupakan kegagalan mekanis yang sangat kritis, karena berpotensi memicu kerusakan pada pompa dan instrumentasi yang melekat. Fenomena getaran yang tidak terkendali sering kali menjadi indikator adanya anomali yang dapat mengancam reliabilitas sistem pembangkit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik getaran serta mengidentifikasi akar penyebab tingginya amplitudo vibrasi pada *Condensate Extraction Pump (CEP)* di PLTU Jawa 9 dan 10. Metodologi penelitian dilakukan melalui pengumpulan data vibrasi *overall* dan spektrum frekuensi secara komprehensif menggunakan *vibration monitoring system* pada rentang kecepatan putar 1100 *rpm* hingga 1450 *rpm*, dengan pendekatan *Fast Fourier Transform (FFT)* untuk membedah domain frekuensi dominan secara akurat.

Hasil analisis spektrum menunjukkan dominasi frekuensi pada 1X *rpm*, di mana level vibrasi mencapai titik puncak pada rentang kecepatan putar 1100 *rpm* hingga 1200 *rpm*. Secara signifikan, intensitas vibrasi mengalami penurunan saat putaran mesin dinaikkan melewati 1300 *rpm* hingga mencapai kondisi beban penuh di sekitar 1450 *rpm*. Temuan data tersebut mengidentifikasi adanya fenomena resonansi yang merusak akibat terjadinya eksitasi saat frekuensi putaran mesin berhimpit dengan frekuensi natural keseluruhan rangkaian pompa. Karakteristik ini menunjukkan bahwa area operasional

tersebut merupakan zona kritis yang harus dihindari untuk mencegah kegagalan fatal.

Sebagai langkah mitigasi strategis, penelitian ini merekomendasikan optimasi struktur dan desain melalui penambahan *stiffner* yang bertujuan untuk menggeser nilai frekuensi natural sistem agar tidak berinteraksi dengan frekuensi putaran mesin. Selain itu, disarankan adanya pembatasan rentang operasional di bawah 1300 *rpm* untuk menjamin keamanan komponen. Evaluasi ini menegaskan bahwa pemetaan frekuensi kritis dan pemahaman mendalam mengenai dinamika rotasi sangat krusial dilakukan untuk menjaga integritas struktural, efisiensi energi, serta memperpanjang umur pakai pompa industri dalam lingkungan pembangkitan listrik.

Kata kunci: *condensate extraction pump*, analisa vibrasi, *fast fourier transform*, frekuensi natural, resonansi.

**VIBRATION SPECTRUM ANALYSIS
OF THE CONDENSATE EXTRACTION PUMP
AT JAWA 9 AND 10 STEAM POWER PLANT
USING THE FAST FOURIER TRANSFORM METHOD**

Author : Moh Syukron Makmun S
Student ID : 20241331020
Study Program : Bachelor of Mechanical Engineering
Supervisor : Solikin, ST, MT.

ABSTRACT

Excessive vibration in industrial pumps represents a highly critical mechanical failure, as it has the potential to cause severe damage to both the pump and its attached instrumentation. Uncontrolled vibration phenomena often serve as early indicators of anomalies that can compromise the reliability of power generation systems. This study aims to analyze the vibration characteristics and identify the root cause of elevated vibration amplitudes in the Condensate Extraction Pump (CEP) at the Jawa 9 and 10 Steam Power Plant. The research methodology involves the comprehensive collection of overall vibration and frequency spectrum data through a vibration monitoring system, covering operating speeds from 1100 rpm to 1450 rpm. The Fast Fourier Transform (FFT) approach is employed to accurately dissect and identify dominant frequency domains.

The spectral analysis results reveal that the dominant frequency occurs at 1X rpm, where vibration levels reach their peak within the speed range of 1100 rpm to 1200 rpm. A significant decrease in vibration intensity is observed as the rotational speed exceeds 1300 rpm and approaches full-load conditions around 1450 rpm. These findings indicate the presence of destructive resonance phenomena arising from excitation when the operating speed coincides with the system's

natural frequency. This characteristic identifies a critical operational zone that must be avoided to prevent catastrophic failure.

As a strategic mitigation measure, this study recommends structural and design optimization through the addition of stiffeners to shift the system's natural frequency away from the machine's operating frequency. Furthermore, it is advised to limit operational speeds below 1300 rpm to ensure component safety. This evaluation underscores that accurate mapping of critical frequencies and an in-depth understanding of rotational dynamics are essential to maintain structural integrity, improve energy efficiency, and extend the service life of industrial pumps in power generation environments.

Keywords: *condensate extraction pump, vibration analysis, fast fourier transform, natural frequency, resonance.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, skripsi yang berjudul "**Analisa Spektrum Vibrasi pada Condensate Extraction Pump di PLTU Jawa 9 dan 10 Menggunakan Metode Fast Fourier Transform**" ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan yang telah diberikan oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Dr. Moh. Arif Batutah, S.T., M.T., IPM. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya.
4. Solikin, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen yang ada di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
6. PT Indo Raya Tenaga selaku pemilik PLTU Jawa 9 dan 10 beserta karyawannya yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk pengambilan data serta memberikan informasi yang sangat membantu.
7. Nabilah Ade Fajari selaku istri dan keluarga tercinta yang mengorbankan waktu dan selalu memberikan dukungan moral dan doa tanpa henti.
8. Ibu, kakak dan adik tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan doa tanpa henti.

9. Teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan maupun semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, dan bagi pembaca serta pihak-pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 18 Januari 2026

Moh Syukron Makmun S

DAFTAR ISI

SKRIPSI	ii
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	v
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR, GRAFIK DAN DIAGRAM	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah / Ruang Lingkup.....	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan	5
2.2 Gambaran Umum <i>Condensate Extraction Pump</i>	6
2.3 Bagian Utama <i>Condensate Extraction Pump</i>	6
2.4 Instrumentasi pada <i>Condensate Extraction Pump</i>	7
2.5 Cara Kerja dan Pemasangan CEP	8
2.6 <i>Predictive Maintenance (PdM)</i>	9
2.7 Pengertian Vibrasi Pada Mesin	10
2.8 Parameter Vibrasi.....	10
2.9 Satuan Amplitude Vibrasi	12
2.10 <i>Transducer</i> Getaran	15

2.11 <i>Time Waveform dan Fast Fourier Transform (FFT)</i>	18
2.12 <i>Vibration FFT Spectrum</i>	22
2.13 <i>Order</i>	23
2.14 <i>Metode Pengambilan Data</i>	25
2.15 <i>Pengukuran Getaran</i>	28
2.16 <i>Macam Kerusakan Pada Rotating Machines</i>	28
2.17 <i>Unbalance</i>	28
2.18 <i>Misalignment</i>	29
2.19 <i>Looseness</i>	31
2.20 <i>Resonance</i>	34
2.21 <i>Cavitation</i>	35
2.22 <i>Oil Whirl</i>	36
2.23 <i>Blades/Vanes Fault</i>	36
2.24 <i>Batasan Vibrasi</i>	37
BAB III	39
METODOLOGI	39
3.1 <i>Diagram Alir</i>	39
3.2 <i>Tahap Prediktif</i>	40
3.3 <i>Tahap Identifikasi</i>	41
3.4 <i>Tahap Analisa Data</i>	42
3.5 <i>Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran</i>	43
BAB IV	45
HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 <i>Spesifikasi Condensate Extraction Pump (CEP)</i>	45
4.2 <i>Batasan Vibrasi pada CEP di PT Indo Raya Tenaga</i>	46
4.3 <i>Data Overall Vibrasi CEP di PT Indo Raya Tenaga</i>	47
4.4 <i>Verifikasi Data Vibrasi dan Observasi Area CEP</i>	49
4.5 <i>Data Spektrum CEP</i>	53
4.6 <i>Analisa Kerusakan</i>	57
4.7 <i>Pengamatan Nilai Amplitude Berdasarkan Load dan Putaran Mesin</i>	60

4.8 Hasil Analisa	63
4.9 Strategi Mitigasi.....	66
BAB V	69
KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	75
1. Verifikasi Data Vibrasi Menggunakan Portable Data Analyzer	75
2. Pengecekan Tekanan Suction dan Discharge Pompa...	75
3. Piping Arrangement CEP	76
4. Verifikasi Data Melalui VMS	76
5. Nameplate Spesifikasi CEP.....	77
6. Cover O&M Manual CEP.....	77
7. Grafik Data Performa CEP	78
8. Data Perhitungan CEP	79
9. Load Saat Kecepatan Putar CEP Rendah.....	80
10. Load Saat Kecepatan Putar CEP Tinggi.....	80

DAFTAR GAMBAR, GRAFIK DAN DIAGRAM

Gambar 2. 1. Condensate Extraction Pump (CEP)	7
Gambar 2. 2. Satuan Vibrasi.....	11
Gambar 2. 3. Pembacaan Spektrum Displacement	13
Gambar 2. 4. Pembacaan Spektrum Velocity	14
Gambar 2. 5. Pembacaan Spektrum Acceleration	15
Gambar 2. 6. Proximity probes, Cables dan Drivers	16
Gambar 2. 7. Velomitor.....	17
Gambar 2. 8. Accelerometer	18
Gambar 2. 9. Satu Gelombang yang Membentuk Sebuah Time Waveform	18
Gambar 2. 10. Dua Gelombang Vibrasi yang Membentuk Sebuah Time Waveform.....	19
Gambar 2. 11. Beberapa Gelombang Vibrasi yang Membentuk Sebuah Time Waveform	19
Gambar 2. 12. Proses FFT Memisahkan Complex Waveform Menjadi Individual Spectrum pada Domain Frekuensi	22
Gambar 2. 13. Frekuensi Vibrasi dari Masing - Masing Komponen Mesin	23
Gambar 2. 14. Pengambilan Data Menggunakan VMS.....	26
Gambar 2. 15. Blok Diagram Vibration Monitoring System ..	27
Gambar 2. 16. Parallel Misalignment dan Spektrumnya.....	30
Gambar 2. 17. Angular Misalignment dan Spektrumnya	30
Gambar 2. 18. Rotating Looseness Menghasilkan Spectrum FFT yang Harmonic Hingga 10X dan juga naiknya Noise Floor	32
Gambar 2. 19. Rotating Looseness pada Journal Bearing Menghasilkan Spectrum FFT yang Harmonic Hingga 10X dan juga naiknya terdapat 0.5X.....	32
Gambar 2. 20. Non-Rotating Looseness Anchor Bolt yang Kurang Kencang dan Spectrum FFT-nya	34

Gambar 2. 21.	Spektrum dari Resonansi	35
Gambar 2. 22.	Spectrum dari Kavitasi	36
Gambar 2. 23.	Spectrum dari Oil Whirl	36
Gambar 2. 24.	Blade/Vane Pass Frequency	37
Gambar 3. 1.	Diagram Alir Analisa.....	39
Gambar 4. 1.	Batasan Vibrasi untuk Motor dengan Power diatas 300 kW dan Menggunakan Pondasi Rigid.....	46
Gambar 4. 2.	Posisi Pengambilan Data Vibrasi Menggunakan Portable Data Analyzer.....	50
Gambar 4. 3.	Contoh Hasil Pengukuran Vibrasi Pada CEP 1B Menggunakan Portable Data Analyzer. MTR NDE-Y (kiri), MTR NDE-X (kanan).	52
Gambar 4. 4.	Spektrum Vibrasi CEP 1B Motor NDE-Y	54
Gambar 4. 5.	Spektrum Vibrasi CEP 1C Motor NDE-Y	54
Gambar 4. 6.	Spektrum Vibrasi CEP 2B Motor NDE-Y	55
Gambar 4. 7.	Spektrum Vibrasi CEP 2C Motor NDE-Y	55
Gambar 4. 8.	Spektrum Vibrasi pada CEP 1B Motor NDE-Y Menggunakan Portable Data Analyzer	56
Gambar 4. 9.	Spektrum Vibrasi pada CEP 2C Motor NDE-Y Menggunakan Portable Data Analyzer	57
Gambar 4. 10.	Spectrum Vibrasi CEP 1A Motor NDE-Y	58
Gambar 4. 11.	Spektrum Vibrasi CEP 2A Motor NDE-Y	59
Gambar 4. 12.	Pengamatan Trend Vibrasi pada CEP 2B Berdasarkan Load dan Putaran Mesin	60
Gambar 4. 13.	Perbandingan Data Vibrasi pada CEP 2A dan CEP 2B Berdasarkan Load dan Putaran Mesin	61
Gambar 4. 14.	Spektrum Vibrasi CEP 1A Motor NDE-Y Saat Kecepatan Putar Tinggi.....	62
Gambar 4. 15.	Spektrum Vibrasi CEP 2A Motor NDE-Y Saat Kecepatan Putar Tinggi.....	63
Gambar 4. 16.	Arrangement Perpipaan Suction CEP	65

Gambar L1. Verifikasi Data Vibrasi Menggunakan Portable Data Analyzer.....	75
Gambar L2. Pengecekan Tekan Suction dan Discharge Pompa.....	75
Gambar L3. Piping Arrangement CEP	76
Gambar L4. Verifikasi Data Melalui VMS	76
Gambar L5. Nameplate CEP	77
Gambar L6. Cover O&M Manual CEP	77
Gambar L7. CEP Performance Curve.....	78
Gambar L8. Data Perhitungan CEP	79
Gambar L9. Load Saat Kecepatan Putar CEP Rendah.....	80
Gambar L10. Load Saat Kecepatan Putar CEP Tinggi	80

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1.	Weekly Monitoring Major Equipment List.....	40
Tabel 4. 1.	Spesifikasi CEP di PT Indo Raya Tenaga	45
Tabel 4. 2.	Batasan Vibrasi untuk bagian Non-Rotating dari Rotodynamic Pump dengan Power diatas 1 kW dan Jumlah Impeller Lebih dari 3 Bilah.....	47
Tabel 4. 3.	Data Vibrasi CEP	48
Tabel 4. 4.	Data Vibrasi CEP di PT Indo Raya Tenaga	51