

**STRATEGI PENANGANAN DARURAT *GAS TURBINE* 2.3 UNTUK
MEMINIMALKAN RISIKO *SHAFT VIBRATION* MENGGUNAKAN
RCFA DAN SISTEM DINAMIS
DI PLTGU GRATI**

SKRIPSI



Disusun Oleh:

IVAN ADMAJA ABHIRAMA

22032010219

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2026

**STRATEGI PENANGANAN DARURAT GAS TURBINE 1.3 UNTUK
MEMINIMALKAN RISIKO *SHAFT VIBRATION* MENGGUNAKAN**

RCFA DAN SISTEM DINAMIS

DI PLTGU GRATI

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Program Studi Teknik Industri



Diajukan Oleh:

IVAN ADMAJA ABHIRAMA

NPM. 22032010219

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR

SURABAYA

2026

SKRIPSI

**STRATEGI PENANGANAN DARURAT GAS TURBINE 2.3 UNTUK
MEMINIMALKAN RISIKO *SHAFT VIBRATION* MENGGUNAKAN
RCFA DAN SISTEM DINAMIS**
DIPLTGU GRATI

Disusun Oleh:

IVAN ADMAJA ABHIRAMA

22032010219

**Telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi dan diterima oleh
Publikasi Jurnal Akreditasi Sinta 1-3**

**Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur Surabaya
Pada Tanggal : 28 Agustus 2026**

Tim Penguji :

1.

Enny Aryanny, S.T., M.T.
NIP. 197009282021212002

2.

Dr. Ir. Minto Waluyo, MM.
NIP. 196111301990031001

Pembimbing :

1.

Ir. Rr. Rochmoeliaty, MMT.
NIP. 196110291991032001

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Surabaya**

Prof. Dr. Dya. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 00



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI



Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Telp. (031) 8706369 (Hunting). Fax. (031) 8706372 Surabaya 60294

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Ivan Admaja Abhirama
NPM : 22032010219
Program Studi : ~~Teknik Kimia~~ / Teknik Industri / ~~Teknologi Pangan~~ /
~~Teknik Lingkungan~~ / Teknik Sipil

Telah telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA-RENCANA (DESAIN)~~ /
~~SKRIPSI / TUGAS AKHIR~~ Ujian Lisan Periode Agustus, TA 2026/2027.

Dengan judul : **STRATEGI PENANGANAN DARURAT GAS TURBINE 2.3
UNTUK MEMINIMALKAN RISIKO SHAFT VIBRATION
MENGUNAKAN RCFA DAN SISTEM DINAMIS DI
PLTGU GRATI**

Dosen yang memerintahkan revisi

1. Ir. Rr. Rochmoeljati, MMT.
2. Enny Aryanny, S.T., M.T.
3. Dr. Ir. Minto Waluyo, M.M.

Surabaya, 28 Agustus 2026

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Ir. Rr. Rochmoeljati, MMT.
NIP. 196110291991032001

Catatan: *) coret yang tidak perlu



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya. Telp (031) 8706369. Fax (031) 8706372 Surabaya 60294



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ivan Admaja Abhirama
NPM : 22032010219
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 28 Agustus 2026

Yang Membuat pernyataan



Ivan Admaja Abhirama

NPM. 22032010219

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, hidayah-Nya dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Strategi Penanganan Darurat Gas Turbine 2.3 Untuk Meminimalkan Risiko *Shaft Vibration* Menggunakan RCFA Dan Sistem Dinamis di PLTGU Grati” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penelitian yang mengkaji sistem pembangkit listrik, khususnya terkait dinamika operasi *gas turbine*, analisis vibrasi poros, serta pemodelan sistem dinamis, memerlukan pemahaman teknis yang mendalam serta ketelitian dalam analisis data. Seluruh proses yang dilalui tidak hanya menuntut kemampuan akademik, tetapi juga ketekunan, kesabaran, serta kemampuan dalam menghadapi berbagai kendala selama proses penelitian dan penyusunan laporan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof Dr. Ir. Akhmad Fauzi, MMP. IPU selaku rektor Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memberi semangat kepada mahasiswa.
2. Ibu Prof. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.

3. Bapak Ir. Rusindiyanto, M.T., selaku Koorprodi Program Studi Teknik Industri yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memberi semangat kepada mahasiswa.
4. Ibu Ir. Rr. Rochmoeljati, MMT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu dosen Program Studi Teknik Industri yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, serta pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
6. Pihak PT PLN Indonesia Power UBP Grati yang telah memberikan izin dan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian serta memperoleh data yang dibutuhkan.
7. Kedua orangtua saya Ayahanda Saturi dan Ibunda Sri Handayani yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini.
8. Kepada teman-teman seperjuangan di Program Studi Teknik Industri, khususnya angkatan 2022, yang telah memberikan semangat, bantuan, serta kebersamaan selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki berbagai keterbatasan, baik dalam aspek penyusunan maupun kedalaman analisis yang dilakukan. Keterbatasan tersebut tidak terlepas dari tingkat pengetahuan dan pengalaman penulis yang masih perlu dikembangkan. Oleh karena itu, penulis sangat

mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif sebagai bahan evaluasi dan penyempurnaan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang Teknik Industri, dan dapat menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya yang relevan dengan topik yang dibahas.

DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN.....	i
SAMPUL DALAM.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KETERANGAN REVISI	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah	6
1.4 Asumsi	7
1.5 Tujuan Penelitian	7
1.6 Manfaat Penelitian.....	7
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)	11

2.2	<i>Gas Turbine</i>	13
2.3	<i>Shaft Vibration</i> Pada <i>Gas turbine</i>	16
2.3.1	Pengertian <i>Shaft Vibration</i>	16
2.3.2	Batasan <i>Vibration Bearing</i>	18
2.3.3	Penyebab <i>Shaft Vibration</i>	19
2.4	Strategi Penanganan Darurat <i>Gas Turbine</i>	22
2.4.1	Konsep Strategi Penanganan Darurat	22
2.4.2	Penurunan Beban pada Pembangkit	23
2.5	Kuartil.....	25
2.6	Sistem Dinamis.....	26
2.6.1	Konsep Dasar Sistem Dinamis	26
2.6.2	Tahapan Pengembangan Model Sistem Dinamis	28
2.6.3	Penyusunan Sistem Konseptual.....	35
2.7	<i>Root Cause Failure Analysis</i> (RCFA).....	37
2.7.1	Konsep <i>Root Cause Failure Analysis</i> (RCFA)	37
2.7.2	<i>Fishbone</i> Diagram	39
2.8	Vensim	41
2.9	Penelitian Terdahulu	44
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		52
3.1	Lokasi dan Tempat Penelitian.....	52
3.2	Identifikasi Variabel.....	52
3.2.1	Variabel Terikat.....	52
3.2.2	Variabel Bebas	53

3.3	Langkah-Langkah Penyelesaian Masalah.....	54
3.4	Teknik Pengumpulan Data.....	62
3.4.1	Data Primer.....	62
3.4.2	Data Sekunder	64
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		65
4.1	Pengumpulan Data.....	65
4.1.1	Rekapitulasi Data Operasi <i>Gas Turbine 2.3</i>	65
4.1.2	Nilai Ambang Batas Vibrasi Bearing.....	69
4.1.3	Data Historis <i>Shaft Vibration</i>	70
4.2	Pengolahan Data	71
4.2.1	<i>Fishbone</i> Diagram	71
4.2.2	Penentuan <i>Root Cause</i>	73
4.2.3	Penyusunan <i>Causal Loop Diagram</i> (CLD)	75
4.2.4	Penyusunan <i>Stock-Flow Diagram</i> (SFD)	77
4.2.7	Simulasi Skenario Strategi Penanganan Darurat	94
4.2.8	Evaluasi Hasil Simulasi	114
4.3	Hasil dan Pembahasan	116
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		119
5.1	Kesimpulan.....	119
5.2	Saran	119
DAFTAR PUSTAKA.....		122
LAMPIRAN.....		L1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Trend Vibrasi	2
Gambar 2.1 Proses Operasional PLTGU.....	11
Gambar 2.2 Jenis Vibrasi	17
Gambar 2.3 Skema Representasi dari Sistem Dinamis.....	28
Gambar 2.4 Tahapan Pengembangan Model Sistem Dinamis	29
Gambar 2.5 <i>Causal Loop Diagram Shaft Vibration</i>	36
Gambar 2.6 Struktur <i>Fishbone</i> Diagram.....	39
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i>	56
Gambar 4. 1 <i>Fishbone</i> Diagram.....	72
Gambar 4. 2 <i>Causal Loop</i> Diagram	76
Gambar 4. 3 <i>Stock-Flow</i> Diagram.....	78
Gambar 4. 4 Verifikasi Model Vensim	89
Gambar 4. 5 Skenario 1 <i>Shaft Vibration</i>	95
Gambar 4. 6 Skenario 2 <i>Shaft Vibration</i>	101
Gambar 4. 7 Skenario 3 <i>Shaft Vibration</i>	105
Gambar 4. 8 Skenario 4 <i>Shaft Vibration</i>	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Gaya Eksitasi Penyebab Getaran Rotor	17
Tabel 2.2 Simbol <i>Causal Loop</i> Diagram.....	30
Tabel 2.3 Simbol <i>Stock and Flow</i>	31
Tabel 2.4 Simbol <i>Stock-Flow</i> Diagram	32
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Data	65
Tabel 4. 2 Nilai Ambang Batas Vibrasi	69
Tabel 4. 3 Data Historis <i>Shaft Vibration</i>	71
Tabel 4. 4 Penentuan Akar Penyebab	74
Tabel 4.5 Formulasi Model pada <i>Shaft Vibration</i>	79
Tabel 4. 6 Skenario Strategi Penanganan Darurat.....	88
Tabel 4. 7 Validasi Model pada Vensim	90
Tabel 4. 8 Hasil Skenario 1 <i>Shaft Vibration</i>	96
Tabel 4. 9 Hasil Skenario 2 <i>Shaft Vibration</i>	101
Tabel 4. 10 Hasil Skenario 3 <i>Shaft Vibration</i>	106
Tabel 4.11 Hasil Skenario 4 <i>Shaft Vibration</i>	110
Tabel 4. 12 Hasil Simulasi	115
Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Simulasi Skenario 1 dan Skenario 4	117

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Vibrasi <i>Bearing</i> , Data Beban <i>Gas Turbine</i> , Dan Data <i>Fuel Gas Pressure</i> , dan Data Temperatur <i>Bearing</i>	L1
Lampiran 2 Data Historis Gangguan.....	L8
Lampiran 3 <i>Output</i> Pengolahan Data Excel.....	L8
Lampiran 4 <i>Output</i> Grafik Skenario	L9

ABSTRAK

Gas Turbine 2.3 di PT PLN Indonesia Power UBP Grati berperan penting dalam menjaga kontinuitas produksi listrik. Namun, kondisi *shaft vibration* dapat menurunkan keandalan operasi dan meningkatkan risiko kerusakan rotor dan *bearing*. Penelitian ini bertujuan menentukan strategi penanganan darurat untuk meminimalkan risiko *shaft vibration* selama periode *pra-overhaul* menggunakan Sistem Dinamis yang dipadukan dengan *Root Cause Failure Analysis* (RCFA). RCFA digunakan untuk mengidentifikasi faktor penyebab *shaft vibration* sebagai dasar penyusunan model. Model dikembangkan menggunakan Vensim berdasarkan data operasi Januari–Mei 2025 dan divalidasi dengan *error rate* (E1) sebesar 0,069% serta *error variance* (E2) sebesar 28,35%. Simulasi dilakukan melalui empat skenario, yaitu *baseline*, Q3, Q2, dan Q1. Hasil menunjukkan Skenario 4 dengan penurunan beban sebesar 100,200 MW menghasilkan rata-rata Vibrasi *Bearing* sebesar 114,94 μm , menurun 0,54% dari *baseline* sebesar 115,56 μm , serta menurunkan kondisi vibrasi di atas alarm 125 μm dari 10 menjadi 8 kondisi. Skenario 4 dipilih sebagai strategi penanganan darurat untuk mengendalikan vibrasi selama periode *pra-overhaul*. Penanganan permanen dilakukan melalui penggantian bearing saat *overhaul*.

Kata kunci: *Shaft Vibration*, Sistem Dinamis, Vensim, *Root Cause Failure Analysis* (RCFA), *Gas Turbine*, Strategi Penanganan Darurat

ABSTRACT

Gas Turbine 2.3 at PT PLN Indonesia Power UBP Grati plays an important role in maintaining the continuity of electricity production. However, shaft vibration conditions can reduce operational reliability and increase the risk of damage to critical components such as the rotor and bearing. This study aims to determine an emergency mitigation strategy to minimize the risk of shaft vibration during the pre-overhaul period using a Dynamic System combined with Root Cause Failure Analysis (RCFA). RCFA was used to identify the factors causing shaft vibration as the basis for model development. The model was developed using Vensim based on operational data from January to May 2025 and validated using an error rate (E1) of 0.069% and error variance (E2) of 28.35%. Simulations were conducted using four scenarios: baseline, Q3, Q2, and Q1. The results show that Scenario 4, with a load reduction of 100.200 MW, resulted in an average bearing vibration of 114.94 μm , representing a 0.54% decrease from the baseline value of 115.56 μm . It also reduced the number of vibration conditions exceeding the 125 μm alarm limit from 10 to 8 conditions. Scenario 4 was selected as the emergency mitigation strategy for controlling vibration during the pre-overhaul period. Permanent corrective action will be carried out through bearing replacement during the overhaul.

Keywords: *Shaft Vibration, Dynamic System, Vensim, Root Cause Failure Analysis (RCFA), Gas Turbine, Emergency Mitigation Strategy.*