

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	ii
<b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI</b>	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	iv
<b>KATA PENGANTAR</b>	v
<b>DAFTAR ISI</b>	vii
<b>DAFTAR TABEL</b>	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xiv
<b>INTISARI</b>	xv
<b>ABSTRACT</b>	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah	7
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	9
2.1 Penelitian Analisis Getaran untuk Ketidaknormalan Peralatan	9
2.2 Penelitian yang Dilakukan	11
<b>BAB III DASAR TEORI</b>	15
3.1 Perawatan Mesin	15
3.2 Turbin Gas dan <i>Generator</i>	16
3.3 Dasar-Dasar Getaran	17
3.4 Pengukuran Getaran	18
3.5 Proses Sinyal Getaran	19
3.5.1 <i>Fast Fourier Transform (FFT)</i>	19

3.5.2	Analisis <i>Time Waveform</i>	20
3.5.3	Analisis Sinyal Fase	20
3.5.3.1	Plot <i>Orbit</i>	20
3.5.3.2	Plot <i>Bode</i>	22
3.5.3.3	Plot <i>Average Shaft Centerline</i> (SCL)	22
3.5.3.4	Plot <i>Full Spectrum</i>	23
3.5.3.5	Plot <i>Waterfall</i> dan <i>Cascade</i>	24
3.5.4	4 Filter Untuk Sinyal Getaran	25
3.6	Analisis Getaran dan Diagnosis Ketidaknormalan Peralatan	26
3.6.1	Ketidakseimbangan ( <i>Unbalance</i> )	27
3.6.2	Ketidaksumbuan / Ketidaklurusan ( <i>Misalignment</i> )	27
3.6.3	Kelonggaran Mekanis ( <i>Mechanical Looseness</i> )	27
3.6.4	Gesekan Rotor ( <i>Rotor Rubs</i> )	28
3.6.5	Kerusakan Bantalan ( <i>Bearing Damage</i> )	28
3.6.6	<i>Preload</i> pada Poros ( <i>Shaft Preload</i> )	30
3.6.6	Masalah Elektrikal ( <i>Electrical Problem</i> )	31
3.7	Mengurangi Sumber Getaran	31
3.7.1	<i>Balancing</i>	31
3.7.2	Kelurusan ( <i>Alignment</i> )	32
3.7.3	Inspeksi dan Perbaikan Komponen yang Rusak	32
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	33
4.1	Lokasi Penelitian	33
4.2	Alat Yang Digunakan	33
4.3	Diagram Alir Penelitian	36
<b>BAB V</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	38
5.1	Data dan Temperatur Operasi Bantalan	38
5.2	Plot <i>Orbit</i>	39
5.3	Plot <i>Average Shaft Centerline</i>	45
5.4	Plot <i>Bode</i> dan <i>Cascade</i>	55
5.5	Plot <i>Full Spectrum</i>	75
5.6	Plot <i>Waterfall</i>	78

<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	84
6.1. Kesimpulan	84
6.2. Saran	85
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	87
<b>LAMPIRAN</b>	90

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Data getaran untuk GTG unit 1	3
Tabel 1.2.	Data getaran untuk GTG unit 2	3
Tabel 1.3.	Data getaran untuk GTG unit 3	4
Tabel 1.4.	Nilai batas getaran poros peralatan turbin gas SGT6-3000E sesuai ISO 7919-4 dan rekomendasi OEM	5
Tabel 1.5.	Nilai batas getaran <i>Alert (Alarm 1)</i> dan <i>Danger (Alarm 2)</i> untuk GTG	5
Tabel 2.1.	Perbandingan antara penelitian sebelumnya dan penelitian yang akan dilakukan	12
Tabel 4.1.	Kode penamaan <i>channel probe</i> getaran pada GTG	35
Tabel 5.1.	Temperatur operasi masing-masing bantalan di GTG unit 1 pada saat kondisi <i>steady state</i>	38
Tabel 5.2.	Daftar indikasi ketidaknormalan dan rekomendasi perbaikan pada masing-masing bantalan di GTG unit 1	83

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	<i>Plant layout</i> Fasilitas Pembangkit <i>Cogeneration Plant</i>	2
Gambar 3.1.	Konstruksi Turbin Gas SGT6-3000E	17
Gambar 3.2.	Konstruksi <i>Generator Brush</i> BDAX82.445ERH	17
Gambar 3.3a.	Fundamental gelombang	18
Gambar 3.3b.	Hubungan fase dengan dua gelombang yang sama	18
Gambar 3.4.	Skema pengukuran getaran	19
Gambar 3.5.	Contoh tampilan <i>Fourier Transform</i>	19
Gambar 3.6.	Contoh bentuk <i>time waveform</i>	20
Gambar 3.7a.	Contoh tampilan <i>orbit</i> dalam analisis getaran	21
Gambar 3.7b.	Hubungan antara <i>waveform</i> dan <i>orbit</i> pada sinyal getaran	21
Gambar 3.8.	Contoh plot <i>bode</i> dari kecepatan kritis sebuah <i>rotor</i> pada 4400 rpm	22
Gambar 3.9a.	Ilustrasi plot <i>shaft centerline</i> dan <i>orbit</i> dari poros	23
Gambar 3.9b.	Contoh plot <i>average shaft centerline</i>	23
Gambar 3.10.	Plot <i>full spectrum</i> pada kondisi <i>steady state</i>	24
Gambar 3.11.	Contoh plot <i>waterfall</i>	24
Gambar 3.12.	Contoh plot <i>cascade</i>	25
Gambar 3.13	Fenomena <i>oil whirl</i>	29
Gambar 3.14	Fenomena <i>oil whirl / whip</i> yang terlihat pada sebuah plot <i>cascade</i>	30
Gambar 4.1.	<i>BN 3500 Series Machinery Protection System</i>	34
Gambar 4.2.	<i>Display System 1® Software</i>	34
Gambar 4.3.	Diagram penempatan <i>proximity probe</i> pada bantalan GTG	35
Gambar 4.4.	Konfigurasi pemasangan <i>proximity probe</i> getaran pada GTG	36
Gambar 4.5.	Diagram alir penelitian	36

Gambar 5.1.	Plot <i>orbit</i> dan <i>waveform</i> secara langsung ( <i>direct</i> ) dari bantalan 1 dan bantalan 2	41
Gambar 5.2.	Plot <i>Orbit plot</i> dan <i>waveform</i> secara langsung ( <i>direct</i> ) bantalan 3 dan bantalan 4	42
Gambar 5.3.	Plot <i>orbit</i> dan <i>waveform</i> dengan <i>filter</i> 1X untuk bantalan 1 dan bantalan 2	43
Gambar 5.4.	Plot <i>orbit</i> dan <i>waveform</i> dengan <i>filter</i> 1X untuk bantalan 3 dan bantalan 4	44
Gambar 5.5.	Plot <i>average shaft centerline</i> (SCL) bantalan 1 dan bantalan 2 - <i>startup</i>	47
Gambar 5.6.	Plot <i>average shaft centerline</i> (SCL) bantalan 1 dan bantalan 2 – <i>shutdown</i>	48
Gambar 5.7.	Plot <i>average shaft centerline</i> (SCL) bantalan 3 dan bantalan 4 – <i>startup</i>	49
Gambar 5.8.	Plot <i>average shaft centerline</i> (SCL) bantalan 3 dan bantalan 4 – <i>shutdown</i>	50
Gambar 5.9.	Plot <i>average shaft centerline</i> (SCL) bantalan 1 pada kondisi <i>steady state</i>	51
Gambar 5.10.	Plot <i>average shaft centerline</i> (SCL) bantalan 2 pada kondisi <i>steady state</i>	52
Gambar 5.11.	Plot <i>average shaft centerline</i> (SCL) bantalan 3 pada kondisi <i>steady state</i>	53
Gambar 5.12.	Plot <i>average shaft centerline</i> (SCL) bantalan 4 pada kondisi <i>steady state</i>	54
Gambar 5.13.	Plot <i>bode</i> bantalan 1 – Y Probe ( <i>startup / shutdown</i> )	57
Gambar 5.14.	Plot <i>bode</i> bantalan 1 – X Probe ( <i>startup / shutdown</i> )	58
Gambar 5.15.	Plot <i>bode</i> bantalan 1 – <i>shutdown</i>	59
Gambar 5.16.	Plot <i>bode</i> bantalan 2 – <i>shutdown</i>	60
Gambar 5.17.	Plot <i>bode</i> bantalan 3 – <i>shutdown</i>	61
Gambar 5.18.	Plot <i>bode</i> bantalan 4 – <i>shutdown</i>	62
Gambar 5.19.	Plot <i>bode</i> bantalan 1 – <i>startup</i>	63

Gambar 5.20.	Plot <i>bode</i> bantalan 2 – <i>startup</i>	64
Gambar 5.21	Plot <i>bode</i> bantalan 3 – <i>startup</i>	65
Gambar 5.22	Plot <i>bode</i> bantalan 4 – <i>startup</i>	66
Gambar 5.23	Plot <i>cascade</i> bantalan 1 - <i>shutdown</i>	67
Gambar 5.24	Plot <i>cascade</i> bantalan 2 - <i>shutdown</i>	68
Gambar 5.25	Plot <i>cascade</i> bantalan 3 - <i>shutdown</i>	69
Gambar 5.26	Plot <i>cascade</i> bantalan 4 - <i>shutdown</i>	70
Gambar 5.27	Plot <i>cascade</i> bantalan 1 - <i>startup</i>	71
Gambar 5.28	Plot <i>cascade</i> bantalan 2 - <i>startup</i>	72
Gambar 5.29	Plot <i>cascade</i> bantalan 3 - <i>startup</i>	73
Gambar 5.30	Plot <i>cascade</i> bantalan 4 - <i>startup</i>	74
Gambar 5.31	Plot <i>full spectrum</i> dari bantalan 1 dan bantalan 2	76
Gambar 5.32	Plot <i>full spectrum</i> dari bantalan 3 dan bantalan 4	77
Gambar 5.33	Plot <i>waterfall</i> dari bantalan 1	79
Gambar 5.34	Plot <i>waterfall</i> dari bantalan 2	80
Gambar 5.35	Plot <i>waterfall</i> dari bantalan 3	81
Gambar 5.36	Plot <i>waterfall</i> dari bantalan 4	82

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Spesifikasi peralatan GTG	90
Lampiran 2.	Data Trending Nilai Getaran GTG Unit 1 Periode Januari – April 2019	91
Lampiran 3.	Data Trending Nilai Getaran GTG Unit 2 Periode Februari– April 2019	92
Lampiran 4.	Data Trending Nilai Getaran GTG Unit 3 Periode Februari– April 2019	93
Lampiran 5.	Bentuk-Bentuk <i>Orbit</i> dari Ketidaknormalan Peralatan Mesin Berputar	94
Lampiran 6.	Bantalan pada Sistem GTG	95