



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PENGGANTIAN KERUSAKAN *BEARING FIN FAN*  
*COOLING WATER* PADA TURBIN GAS (STUDI KASUS  
PLTGU TANJUNG PRIOK BLOK 4)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

**Ichsan Pratama**

**NIM. 2102311008**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**JULI, 2024**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PENGGANTIAN KERUSAKAN *BEARING FIN FAN*  
*COOLING WATER* PADA TURBIN GAS (STUDI KASUS  
PLTGU TANJUNG PRIOK BLOK 4)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan  
Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**  
Disusun Oleh:  
**Ichsan Pratama**  
NIM. 2102311008

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**JULI, 2024**



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta







Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PERSETUJUAN

### LAPORAN TUGAS AKHIR

#### PENGANTIAN KERUSAKAN *BEARING FIN FAN COOLING WATER* PADA TURBIN GAS (STUDI KASUS PLTGU TANJUNG PRIOK BLOK 4)

Oleh:

Ichsan Pratama

NIM. 2102311008

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir ini telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Budi Yuwono, S.T.

NIP. 196306191990031002

Pembimbing 2

Rachmat Armanda, S.H., M.H.

NIP. 198908262022031004

Ketua Program Studi

Diploma III Teknik Mesin

Budi Yuwono, S.T.

NIP. 196306191990031002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PENGESAHAN

### LAPORAN TUGAS AKHIR

#### PENGGANTIAN KERUSAKAN *BEARING FIN FAN COOLING WATER* PADA TURBIN GAS (STUDI KASUS PLTGU TANJUNG PRIOK BLOK 4)

Oleh:

Ichsan Pratama

NIM. 2102311008

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 09 Juli 2024 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma 3 pada Program Studi D3 Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

#### DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Budi Yuwono, S.T. NIP. 196306191990031002	Ketua		09 Juli 2024
2.	Drs. Nugroho Eko Setijogiarto, Dipl.Ing. M.T. NIP. 196512131992031001	Anggota		09 Juli 2024
3.	Rosidi, S.T., M.T. NIP. 196509131990031001	Anggota		09 Juli 2024

Depok, 19 Juli 2024

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Muslimin. S.T., M.T., IWE  
NIP. 197707142008121005



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ichsan Pratama  
NIM : 2102311008  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Menyatakan bahwa yang dituliskan didalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat dalam Laporan Tugas Akhir ini telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Depok, 09 Juli 2024



Ichsan Pratama  
NIM. 2102311008





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# PENGGANTIAN KERUSAKAN *BEARING FIN FAN COOLING WATER* PADA TURBIN GAS (STUDI KASUS PLTGU TANJUNG PRIOK BLOK 4)

Ichsan Pratama<sup>1)</sup>, Budi Yuwono<sup>1)</sup>, Rachmat Arnanda<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, JL. Prof. G. A Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: [Ichsan.pratama.tm21@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:Ichsan.pratama.tm21@mhs.w.pnj.ac.id)

## ABSTRAK

*Bearing Fin Fan Cooling Water* merupakan salah satu komponen penting dalam sistem pendinginan pelumasan. *Bearing* ini berfungsi untuk meredam getaran *Fin fan* yang akan digunakan untuk mendinginkan air service hasil proses *heat exchanger* dari pelumas bearing *Gas Turbine* dan mencegah *Overheat* selama operasional berlangsung. Dalam kasus studi lapangan, *bearing fin fan* mengalami permasalahan kebisingan yang ditandai dengan adanya *hunting* vibrasi dari vibscanner pada kondisi normal rotation. Untuk mengetahui penyebab kerusakan dan menentukan upaya pencegahan agar kerusakan tersebut tidak terulang kembali, dilakukan langkah *Predictive Maintenance*. Hasil dari Langkah tersebut ditemukanlah akar masalah penyebab *hunting vibrasi* dari *Bearing Fin Fan Cooling Water* yang mengakibatkan adanya kebisingan pada unit, sehingga harus dilakukan Langkah *Corrective Maintenance*. Adapun penyebab kebisingan bearing pada fin fan ini karena adanya korosi dan kurangnya pelumasan dari material tersebut. Dengan menggunakan metode pemecahan masalah *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Fishbone Diagram*, diketahui bahwa yang menyebabkan kebisingan adalah tidak terlaksana jadwal perawatan yang konsisten (Faktor Man Power) dan kandungan material yang kurang optimal (faktor Material). Mengenai masalah ini, Upaya penanggulangan yang dilakukan adalah penggantian *Spare part* pada *Bearing Fin Fan*. Setelah penggantian, dilakukan pengetesan getaran dengan menggunakan *Vibscanner* hingga beroperasi dengan normal.

Kata Kunci: *Bearing Fin Fan, Gas Turbine, Maintenance, Fishbone Diagram, Root Cause Analysis*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# PENGGANTIAN KERUSAKAN *BEARING FIN FAN COOLING WATER* PADA TURBIN GAS (STUDI KASUS PLTGU TANJUNG PRIOK BLOK 4)

Ichsan Pratama<sup>1)</sup>, Budi Yuwono<sup>1)</sup>, Rachmat Arnanda<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, JL. Prof. G. A Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: [Ichsan.pratama.tm21@mhs.w.pnj.ac.id](mailto:Ichsan.pratama.tm21@mhs.w.pnj.ac.id)

## ABSTRACT

Bearing Fin Fan Cooling Water is an important component in the lubrication cooling system. This bearing functions to dampen Fin fan vibrations which will be used to cool the service water resulting from the heat exchanger process from the Gas Turbine bearing lubricant and prevent overheating during operations. In the field study case, the fin fan bearing experienced noise problems which were characterized by excessive vibration from the vibscanner under normal rotation conditions. To find out the cause of the damage and determine preventive measures so that the damage does not happen again, Predictive Maintenance steps are carried out. The results of these steps found the root of the problem causing hunting vibrations from the Bearing Fin Fan Cooling Water which resulted in noise in the unit, so corrective maintenance steps had to be taken. The cause of bearing noise on the fin fan is due to corrosion and lack of lubrication of the material. By using the Root Cause Analysis (RCA) and Fishbone Diagram problem solving methods, it is known that what causes noise is not implementing a consistent maintenance schedule (Man Power Factor) and material content that is less than optimal (Material Factor). Regarding this problem, the countermeasure taken is to replace spare parts on the Fin Fan Bearing. After replacement, a vibration test is carried out using a Vibscanner until it operates normally.

Keyword: *Bearing Fin Fan, Gas Turbine, Maintenance, Fishbone Diagram, Root Cause Analysis*





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Puji serta Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan Rahmat dan karunia – Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“PENGANTIAN KERUSAKAN *BEARING FIN FAN COOLING WATER* PADA TURBIN GAS (STUDI KASUS PLTGU TANJUNG PRIOK BLOK 4)”**. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Dalam menjalankan penelitian dan penyusunan laporan ini tentunya terdapat beberapa kendala dan hambatan, namun berkat bimbingan dan arahan dari semua pihak setiap kendala dapat solusi. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir., Muslimin, S.T., M.T., IWE. Selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
2. Bapak Budi Yuwono, S.T. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin, sekaligus Dosen Pembimbing satu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir di Politeknik Negeri Jakarta yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan dan masukan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir.
3. Bapak Rachmat Arnanda, S.H., M.H. selaku Dosen Pembimbing dua yang senantiasa memberikan arahan dan masukan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua tercinta yang telah memberikan do’a dan dukungan yang selalu mengalir tanpa memandang waktu dan situasi.
5. Natanael Purba selaku rekan yang kebersamai saya selama pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan di PT PLN Indonesia Power UBP Priok.
6. Teman-teman RUMSA (Rumah Tadika Mesra) yang telah kebersamai saya dari awal kuliah, serta kawan-kawan M21 yang sangat saya banggakan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini. Oleh karena itu, segala kritikan, masukan dan saran yang membangun akan kami



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

terima dengan senang hati. Akhir kata, penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Depok, 09 Juli 2024

Ichsan Pratama  
NIM. 2102311008





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	3
1.4 Manfaat Penulisan .....	3
1.5 Metode Penulisan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) .....	5
2.1.1 Gas Turbine .....	6
2.1.2 Heat Recovery Steam Generator (HRSG) .....	11
2.1.3 Steam Turbine .....	13
2.2 Sistem Pendingin .....	16
2.2.1 Cooling Water (Pendingin Air) .....	17
2.2.2 Lube Oil (Pelumasan) .....	17
2.2.3 Cooling Air (Pendingin Udara) .....	18
2.3 Fin fan .....	18
2.4 Bantalan ( <i>Bearing</i> ) .....	20
2.4.1 Preventive Maintenance terhadap Lifetime Bearing/ umur bearing .....	21





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.4.2	Klasifikasi <i>Bearing</i> .....	21
2.4.3	Pelumasan pada <i>Ball bearing</i> .....	22
2.4.4	Perawatan pada <i>Ball bearing fin fan cooling water</i> .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>25</b>
3.1	<b>Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>25</b>
3.2	<b>Penjelasan Diagram Alir .....</b>	<b>26</b>
3.2.1	Observasi Lapangan .....	26
3.2.2	Studi Literatur .....	26
3.2.3	Identifikasi Masalah .....	27
3.2.4	Pengumpulan Data .....	27
3.2.5	Analisa Data .....	27
3.2.6	Perbaikan dan hasil .....	27
3.2.7	Kesimpulan .....	28
3.3	<b>Metode Pemecahan Masalah .....</b>	<b>28</b>
3.3.1	<i>Root Cause Analysis (RCA)</i> .....	28
3.3.2	<i>Fishbone Diagram (Diagram Tulang Ikan)</i> .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>30</b>
4.1	<b>Data Spesifikasi Komponen <i>Bearing</i> dan Pelumasan untuk Bantalan Poros .....</b>	<b>30</b>
4.2	<b><i>Hunting Vibration Bearing Fin Fan</i> .....</b>	<b>31</b>
4.2.1	Kurangnya pelumasan pada <i>bearing</i> .....	31
4.2.2	Kualitas pelumasan yang menurun .....	32
4.2.3	Kondisi <i>V-belt</i> .....	32
4.2.4	Kondisi umur <i>bearing</i> .....	33
4.2.5	Kondisi <i>bearing</i> masuk status vibrasi tinggi .....	33
4.3	<b>Analisa Penyebab <i>Hunting Vibration pada Bearing Fin Fan</i> .....</b>	<b>33</b>
4.3.1	Faktor <i>Method</i> .....	35
4.3.2	Faktor <i>Machine</i> .....	36
4.3.3	Faktor <i>Material</i> .....	38



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.4	Faktor <i>Man/SDM</i> .....	39
4.3.5	Faktor <i>Environment</i> .....	41
<b>4.4</b>	<b>Hasil Analisa Berdasarkan <i>Fishbone</i></b> .....	<b>43</b>
4.4.1.	Abrasi .....	43
4.4.2.	Korosi.....	43
4.4.3.	Pergeseran sumbu kerja.....	43
4.4.4.	Faktor <i>Environment</i> .....	44
<b>4.5</b>	<b>Penggantian <i>Bearing Fin Fan Cooling Water</i></b> .....	<b>44</b>
4.5.1	Pelepasan ( <i>Discharge</i> ).....	44
4.5.2	Penggantian ( <i>Replacement</i> ) .....	49
4.5.3	Perakitan ( <i>Assembly</i> ).....	51
<b>4.6</b>	<b>Hasil pengamatan data vibrasi <i>fan</i> sebelum penggantian <i>bearing</i></b> .....	<b>51</b>
4.6.1.	Diagram Vibrasi <i>Bearing</i> Normal .....	51
4.6.2.	Diagram <i>Bearing</i> Vibrasi Tinggi 1 .....	53
4.6.3.	Diagram <i>Bearing</i> Vibrasi Tinggi 2.....	55
<b>4.7</b>	<b>Hasil pengamatan data vibrasi <i>fan</i> sesudah penggantian <i>bearing</i></b> .....	<b>57</b>
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan</b> .....	<b>59</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran</b> .....	<b>60</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>62</b>





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus PLTGU .....	5
Gambar 2.2 Gas Turbine .....	6
Gambar 2.3 Kompresor .....	9
Gambar 2.4 Turbin .....	9
Gambar 2.5 Combustion Chamber.....	10
Gambar 2.6 Generator .....	11
Gambar 2.7 Technical Specifications <i>Heat Recovery Steam Generator</i> (HRSG) .....	12
Gambar 2.8 Steam Turbine (Turbin Uap) .....	14
Gambar 2.9 General Parts Fin fan cooling water .....	19
Gambar 2.10 Peralatan untuk preventive maintenance Ball bearing .....	23
Gambar 2.11 Berkodinasasi dengan pihak Operator .....	24
Gambar 2.12 Pengecekan grease auto inject.....	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	26
Gambar 4.1 Poros (Shaft) dan bearing yang mengalami keausan dan kurangnya pelumasan.....	34
Gambar 4.2 Fishbone Diagram penyebab Hunting Vibration.....	34
Gambar 4.3 Diagram Fishbone Faktor Methode.....	36
Gambar 4.4 Diagram Fishbone Faktor Machine .....	37
Gambar 4.5 Fishbone diagram Faktor Material .....	38
Gambar 4.6 Fishbone diagram faktor Man (SDM).....	41
Gambar 4.7 Fishbone diagram faktor Environment.....	43
Gambar 4.8 Pelepasan baut penutup V-belt .....	45
Gambar 4.9 Membuka baut untuk mengendurkan pulley .....	45
Gambar 4.10 Mengendurkan baut untuk melonggarkan V-belt.....	46
Gambar 4.11 Proses pelepasan V-belt pada pulley .....	46
Gambar 4.12 Pemasangan sling dan chain block.....	47
Gambar 4.13 Proses pelepasan pulley.....	47
Gambar 4.14 Pelepasan pulley menggunakan chain block.....	48
Gambar 4.15 Pelepasan pengunci adapter bearing .....	48
Gambar 4.16 Membuka baut pada penahan dudukan <i>bearing</i> .....	50
Gambar 4.17 Bearing baru .....	51
Gambar 4.18 Penggantian Bearing baru .....	50
Gambar 4.19 Data Grafik bearing normal.....	52
Gambar 4.20 Data Grafik Vibrasi tinggi 1 .....	54
Gambar 4.21 Data Grafik Vibrasi tinggi 2 .....	61
Gambar 4.22 Data Grafik setelah penggantian bearing .....	57

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Turbin Gas Blok 4.....	7
Tabel 2.2 Spesifikasi Turbin Uap Blok 4 .....	14
Tabel 4.1 Spesifikasi Komponen Bearing dan Pelumasan Bantalan Poros .....	30
Tabel 4.2 Data permasalahan Troubleshooting Hunting Vibration Bearing Fin fan ...	31
Tabel 4.3 Menyajikan beberapa pertanyaan dan hasil evaluasi faktor Methode.....	36
Tabel 4.4 Evaluasi Faktor Machine.....	38
Tabel 4.5 Menyajikan beberapa pertanyaan dan hasil wawancara untuk evaluasi faktor material.....	39
Tabel 4.6 Menyajikan beberapa pertanyaan dan hasil wawancara untuk evaluasi pada faktor Man.....	41
Tabel 4.7 Menyajikan beberapa pertanyaan dan hasil wawancara untuk evaluasi pada faktor Man.....	43
Tabel 4.8 Data Vibrasi Bearing Normal.....	53
Tabel 4.9 Data Vibrasi Bearing Tinggi 1.....	55
Tabel 4.10 Data Vibrasi Bearing Tinggi 2.....	57
Tabel 4.11 Data Vibrasi Setelah Penggantian Bearing.....	58

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Perintah Kerja Preventive Maintenance Fin fan Cooling Water ....	62
Lampiran 2 Work Order Penggantian Bearing.....	63
Lampiran 3 <i>Diagram Line GT Cooling Water System</i> .....	64
Lampiran 4 Penyebab terjadinya Vibrasi Tinggi pada Bearing .....	65
Lampiran 5 Pelumas untuk Bearing .....	66





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT Indonesia Power adalah sebuah Perusahaan anak dari PT PLN Persero (Perusahaan Listrik Negara) usaha komersial pada bidang pembangkitan tenaga listrik yang berada di bawah naungan BUMN. Saat ini Indonesia Power merupakan perusahaan pembangkit listrik dengan kemampuan daya terbesar di Indonesia. Kebutuhan listrik pada saat ini dirasa cukup banyak sebagai negara kepulauan yang cukup besar, sehingga pasokan listrik yang dibutuhkan oleh masyarakat meningkat. Banyaknya pembangkit listrik yang ada, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) harus menghasilkan jumlah tenaga listrik dalam jumlah cukup besar. Seperti yang direncanakan oleh PT PLN bahwa melalui program percepatan Pembangunan listrik sebesar 35.000 MW dengan mendirikan beberapa pembangkit listrik.

Mesin turbin merupakan peran penting suatu pembangkit tenaga listrik yang dapat bergerak dan beroperasi untuk memutar poros pada generator sehingga menghasilkan listrik, di dalam mesin turbin tersebut banyak sekali komponen utama penggerak turbin yang saling berhubungan sehingga menjadikan satu poros penggerak. Ruang bakar (*Combustion chamber*) merupakan proses terjadinya pembakaran, sehingga energi kimia bahan bakar yang diubah menjadi energi thermal untuk memutar turbin.

Pembakaran yang efektif akan menghasilkan energi yang lebih maksimal dan menghasilkan gas buang besar. Proses dimulai dengan udara luar (*atmosfer*) terhisap hingga dihasilkan udara bertekanan pada sisi *discharge* (tekan) kemudian masuk ke ruang pembakaran (*combustion*). Proses selanjutnya pada ruang bakar, jika *startup* menggunakan bahan bakar cair (*fuel oil*) maka terjadi





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

proses pengkabutan (*atomizing*) setelah itu terjadi proses pembakaran dengan penyala pemantik dari busi, yang kemudian menghasilkan api dan gas panas bertekanan. Gas panas tersebut dialirkan ke turbin sehingga turbin dapat menghasilkan tenaga mekanik berupa putaran (rpm).

Ketika poros turbin berputar dalam temperatur tinggi, beberapa komponen pendukung mengoptimalkan kinerja pada turbin gas agar tidak terjadi *overheat*. Salah satu komponen pendukung pada poros turbin yaitu *thrust bearing*, yang berfungsi untuk menahan beban berat dari seluruh komponen turbin gas. *Bearing* tersebut membutuhkan banyak pasokan minyak dingin bersih untuk pelumasan. Pelumasan tersebut juga membutuhkan pendinginan yang berasal dari air *service (service water)*, adanya air pendingin ini akan didinginkan kembali oleh *fin fan* yang merupakan langkah terakhir dalam siklus pendinginan pada *bearing* rotor turbin. Selain itu *fin fan* tersebut mengalami permasalahan pada *bearing* sehingga kinerja *fin fan* kurang maksimal, permasalahan tersebut dikarenakan terjadinya vibrasi tinggi.

Melalui Langkah *Root Cause Analysis*, penulis mengangkat tema “**PENGGANTIAN KERUSAKAN BEARING FIN FAN COOLING WATER PADA TURBIN GAS (STUDI KASUS PLTGU TANJUNG PRIOK BLOK 4)**”. Penulis berupaya untuk mencari penyebab permasalahan, langkah perbaikan dan solusi untuk menghindari masalah tersebut. Berdasarkan hal tersebut penulis dalam hal ini juga memberi batasan masalah pada pembahasan terjadinya *hunting vibration* pada *bearing fin fan*, mengetahui penyebab utama kerusakan *bearing* dan mencari solusi untuk masalah kerusakan *bearing*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang, penulis dapat merumuskan beberapa indikator masalah yang akan dihadapi sebagai berikut:

1. Bagaimana proses terjadinya kerusakan *bearing* pada *fin fan*?
2. Bagaimana konsep perawatan dilaksanakan pada *bearing fin fan*?



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Bagaimana proses dan hasil penggantian *bearing fin fan* dilaksanakan?

### 1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini yaitu:

1. Dapat melaksanakan *preventive maintenance* akibat kurangnya pelumasan dan korosi pada *bearing fin fan cooling water* yang menyebabkan terjadinya *hunting vibration* pada *shaft* yang didukung oleh *bearing*,
2. Dapat melaksanakan langkah-langkah penggantian *bearing fin fan cooling water* akibat kurangnya pelumasan dan korosi pada *bearing fin fan cooling water*.
3. Dapat mengukur nilai *vibrasi* pada kinerja *bearing* yang baru dipasang, apakah nilai *hunting vibrasi* sudah dibawah nilai yang diizinkan.
4. Dapat melaksanakan *preventive maintenance* dengan konsisten untuk mencegah terjadinya *hunting vibration* pasca penggantian *bearing*, akibat kurangnya pelumasan serta korosi pada *bearing fin fan cooling water*.

### 1.4 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat penulisan tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. Memahami sistem kinerja *bearing fin fan cooling water*.
2. Memahami terjadinya kerusakan *bearing* pada *fin fan*
3. Memahami besaran nilai *hunting vibrasi bearing* yang baru pada *fin fan cooling water*.

### 1.5 Metode Penulisan

Metode yang digunakan untuk mengetahui akar penyebab *hunting vibrasi* pada *bearing fin fan cooling water* yaitu dengan menggunakan *Fishbone* atau diagram tulang ikan dalam menentukan akar masalahnya (*Root Cause Analysis*). Pengumpulan data yang dilakukan berdasarkan masalah yang dihadapi adalah





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dengan melakukan wawancara kepada teknisi, pengambilan data dan menganalisa hasil pengamatan di lapangan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini secara garis besar disusun menjadi beberapa bab yaitu:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada Bab I berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Manfaat Penulisan, Metode Penulisan dan Keseluruhan Sistematika penulisan Tugas Akhir.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada Bab II berisi tentang teori – teori yang relevan dan menunjang penyelesaian yang berkaitan dengan pembahasan masalah pada penelitian.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada Bab III berisi langkah – langkah penyusunan tugas akhir, yaitu berupa diagram alir pengerjaan tugas akhir dan metode untuk memecahkan masalah.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada Bab IV membahas penyelesaian masalah *hunting vibration* pada *bearing fin fan cooling water*

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada Bab V berisi Kesimpulan dari pembahasan yang ada pada tugas akhir ini.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian dan analisis yang dilakukan menggunakan *Troubleshooting* untuk menemukan penyebab *Hunting Vibration* pada *bearing* serta perbaikannya dan untuk menentukan akar dari permasalahan tersebut menggunakan metode *Root Cause Analysis* pada diagram *Fishbone* yaitu:

1. Penyebab terjadinya *hunting vibration* pada *shaft* yang didukung oleh *bearing*, sebagai akibat kurangnya pelumasan dan korosi pada *bearing fin fan cooling water*. Kondisi ini menyebabkan penurunan efisiensi pendinginan, berpotensi gangguan operasional pada *Fin fan* dan *downtime* yang tidak terencana. Solusi terbaik adalah melakukan inspeksi rutin, memperbaiki sistem pemantauan dan melakukan perawatan prediktif.
2. Langkah-langkah untuk penggantian *bearing fin fan cooling water* akibat kurangnya pelumasan dan korosi pada *bearing fin fan cooling water*. Untuk itu, lakukan penggantian sesuai standar SOP Perusahaan sehingga risiko kecelakaan kerja menurun, serta pakailah APD lengkap yang tertera pada bagan K3 perusahaan.
3. Kinerja bearing yang baru dipasang, apakah *vibrasi* tersebut sudah masuk/sesuai dengan nilai sesuai standar yang diizinkan yaitu tidak lebih dari 4,5mm/s.
4. Dengan melakukan *preventive maintenance* yang rutin untuk mencegah terjadinya *hunting vibration* akibat kurangnya pelumasan serta korosi pada *bearing fin fan cooling water*. Maka menambahkan umur pada konstruksi *Fin fan cooling water*.



## 5.2 Saran

Setelah mendapatkan kesimpulan yang telah dijelaskan dan mengacu pada tujuan penelitian ini, terdapat beberapa saran yaitu:

1. Melakukan perawatan rutin dengan pengecekan pelumasan untuk memastikan apakah pelumas tersebut masih layak dipakai atau habis, jikalau salah satu tidak layak ataupun habis maka dapat digantikan dengan yang baru.
2. Ketersediaan nya teknisi dalam mengecek, merawat serta memperbaiki *bearing fin fan cooling water* sebaiknya melakukan *training* beberapa orang untuk suku cadang tenaga dalam memperbaiki kerusakan *bearing* dan juga diperlukan sosialisasi serta *briefing* minimal 1 minggu sekali untuk menjelaskan serta memberikan pengetahuan tentang SOP yang ada.
3. Melakukan pemantauan rutin dan khusus terhadap *predictive maintenance*, karena untuk mengetahui pengukuran pada getaran *bearing* maka dilakukan oleh teknisi PDM (*Predictive Maintenance*).
4. Melakukan *preventive maintenance* yang sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan dan mengutamakan keandalan kerja operasi pada *fin fan cooling water*.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, Y., Tony Suryo, M. U., & Fajar, B. T. (2015). Analisa Efisiensi Exergi Pada Hrsng (Heat Recovery Steam Generator) Di Pltgu. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 4(4), 382–388.
- Anoi, Y. H., Yani, A., & Seto, B. A. (2019). Analisis Penyebab dan Perbaikan Vibrasi Pada Fin Fan Blower F1-Ek-9-D1 Milik PT. Badak LNG Bontang. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1), 48–55. <https://doi.org/10.24127/trb.v8i1.920>
- Caturwati, N. K., Yusuf, Y., & Faiz, M. I. Al. (2021). (Performance of Gas Turbine Cooling System (Radiator) at PLTGU XYZ against Environmental Air Temperature). *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 5(1), 15–21. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v5i1.889>
- Gabriel, G. (2022). Analisis Kinerja Turbin Gas MS7001EA. *Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat Dan Jejaring*, 4(2), 158–166. <https://doi.org/10.24167/praxis.v4i2.4420>
- Munadhif, I., Rinanto, N., & Afiqi, M. (2019). Pengendalian Otomatis Cooling Water System pada Proses Pendinginan Turbin Gas. *Rekayasa*, 12(1), 36. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i1.4389>
- Nawawi, R., Muslimin, M., & ... (2021). Root Cause Analysis Kerusakan Bearing Pada Gearbox Overhead Crane 10T. In *Seminar Nasional Teknik ....* <http://prosiding-old.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/4114>
- NSK America. (2024). Bearing Life. *Bearing Life and Realibility*, 2. [https://www.nskamericas.com/content/dam/nskcmsr/downloads/americas\\_bearing/TI Bearing Life.pdf](https://www.nskamericas.com/content/dam/nskcmsr/downloads/americas_bearing/TI Bearing Life.pdf)
- Widiyanto. (2013). *Statistika Terapan* (Paryono (ed.); Issue May 2022). Tahta Media Group.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Perintah Kerja Preventive Maintenance Fin fan Cooling Water

ID	TASK	WRENCH?	DURATI ON
10	Siapkan peralatan kerja dan pengaman	✗	0:30
20	Laporkan ke SUOP, rencana pekerjaan tersebut	✗	0:15
30	Amati bearing dan ganti bearing bila diperlukan.	✓	0:10
40	Stel fan belt dan ganti fan belt bila perlu	✓	2:00
50	Injeksi grease	✓	1:00
60	Perhatikan unjuk kerja	✗	0:10
70	Cuci radiator pendingin dan bersihkan debu yang menempel pada sirip radiator	✓	1:30
80	Laporkan pada SSOP / Operator bahwa pekerjaan sudah selesai	✗	0:10
90	Bersihkan lingkungan kerja / sisa pekerjaan	✓	0:30

Total Task Duration : 6 jam 15 menit  
Wrench Time ✓ : 5 jam 10 menit

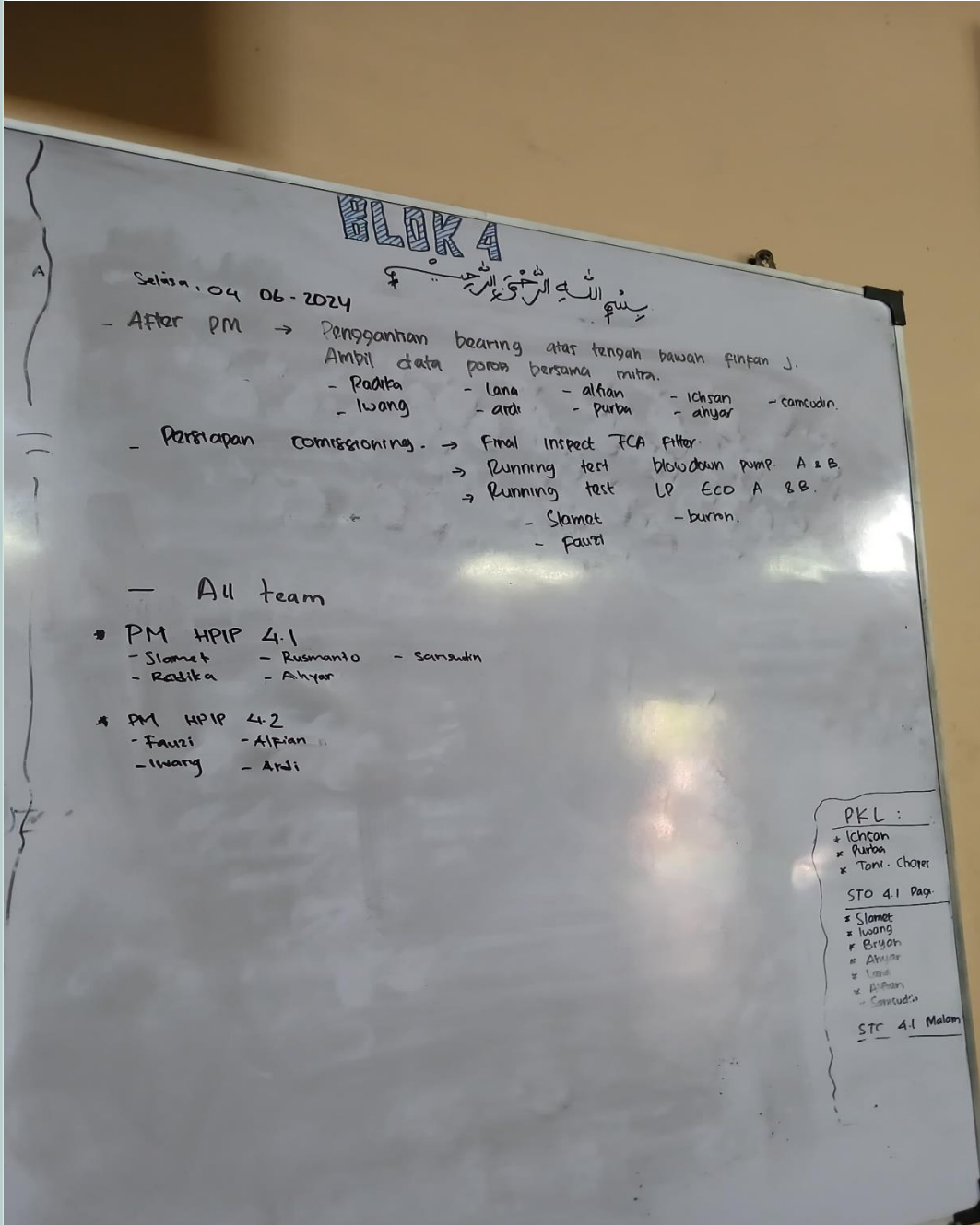


## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

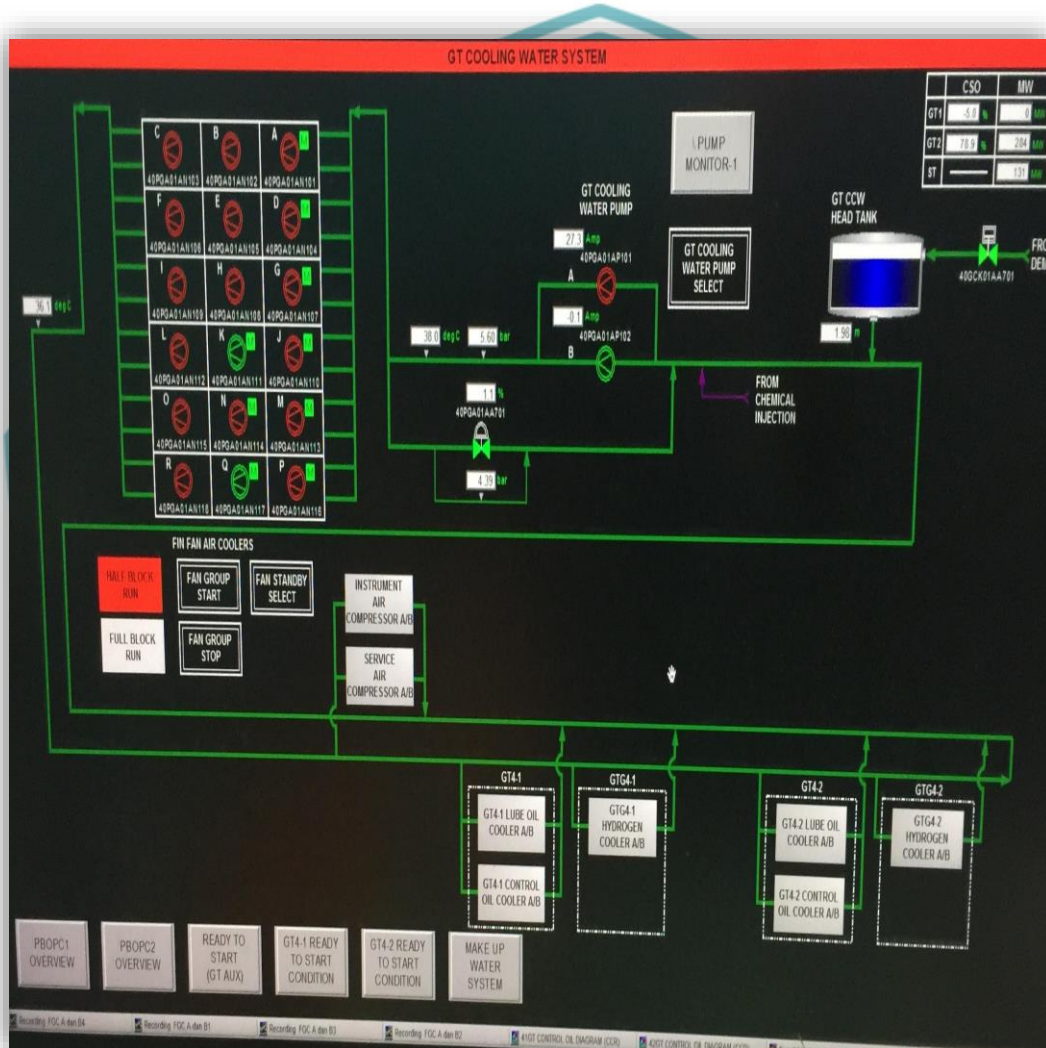
Lampiran 2 Work Order Penggantian Bearing



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Diagram Line GT Cooling Water System





Lampiran 4 Penyebab terjadinya Vibrasi Tinggi pada Bearing



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5 Pelumas untuk Bearing

