



UNIVERSITAS DIPONEGORO

***REDESIGN PULVERIZER SHAFT UNIT 2 DI PLTU SEKTOR BUKIT
ASAM 4 X 65 MW***

TUGAS AKHIR

ARIEF PRAKOSO HARDYANTO

40040220655037

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

AGUSTUS 2022



UNIVERSITAS DIPONEGORO

***REDESIGN PULVERIZER SHAFT UNIT 2 DI PLTU SEKTOR BUKIT
ASAM 4 X 65 MW***

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan**

ARIEF PRAKOSO HARDYANTO

40040220655037

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG


AGUSTUS 2022

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : ARIEF PRAKOSO HARDYANTO

NIM : 40040220655037

Tanda Tangan : 

Tanggal : 13 Agustus 2022



TUGAS AKHIR
NO. 032/PA/RPM/IV/2022

Dengan ini diberikan Tugas Akhir untuk Mahasiswa berikut :

Nama : Arief Prakoso Hardyanto

NIM 40040220655037

Judul Tugas Akhir : *Redesign Pulverizer Shaft* Unit 2 Di PLTU Sektor Bukit
Asam 4 x 65 MW.

Isi Tugas :

1. Melakukan analisis mengenai Redesign Pulverizer Shaft Unit 2 Di PLTU Sektor Bukit Asam 4 x 65 MW.
 - a. Analisis Pulverizer Shaft
 - b. Perubahan Bentuk Pulverizer Shaft
2. Menyusun Laporan Tugas Akhir.

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini , dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang , 23 Maret 2022
Ketua PSD IV Rekayasa Perancangan
mekanik

Dr. Seno Darmanto, S.T., M.T.
NIP. 197110301998021001

Tembusan :
Dosen Pembimbing

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Arief Prakoso Hardyanto


NIM : 40040220655037


Program Studi : DIV Rekayasa Perancangan Mekanik


Judul Tugas Akhir : *Redesign Pulverizer Shaft* Unit 2 Di PLTU Sektor Bukit
Asam 4 x 65 MW.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Proram Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Wiji Mangestiyono, MT. ()


Penguji 1 : Dr. Seno Darmanto, ST., MT. ()

Penguji : Ir. Murni, MT. ()

Semarang, 13 Agustus 2022

Ketua PSD IV Rekayasa Perancangan Mekanik



 Dr. Seno Darmanto, ST, MT
NIP. 197110301998021001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arief Prakoso Hardyanto
NIM : 40040220655037
Jurusan / Program Studi : DIV Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Redesign Pulverizer Shaft Unit 2 Di PLTU Sektor Bukit Asam 4 x 65 MW

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti / Non eksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencatumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : 13 Agustus 2022

Yang menyatakan



(Arief Prakoso Hardyanto)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil'alamin, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir di Universitas Diponegoro dengan baik. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada junjungan nabi besar kita, Nabi Muhammad SAW, semoga kita tercatat sebagai umat beliau yang selalu rindu oleh syafaatnya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu pertanggungjawaban untuk penyelesaian tugas dan penerapan teori yang diperoleh di bangku kuliah ke dalam dunia industri. Pembuatan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam kurikulum pendidikan di program studi D4 Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro. Laporan ini disusun berdasarkan data data yang telah didapatkan dari tempat pelaksanaan Tugas Akhir yaitu PT. PLN (Persero) PLTU Sektor Bukit Asam, Palembang.

Saya sangat menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan baik secara materiil maupun moril dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan segenap ketulusan hati mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Seno Darmanto, ST, MT Selaku Ketua Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr. Wiji Mangestiyono, MT Selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Alaya Fadlu Hadi Mukhammad, ST., M.Eng selaku dosen wali.
4. Bapak Ir. Murni, MT., selaku dosen penguji Tugas Akhir.
5. Bapak Fahmi. Selaku bidang *engineering* di PLTU Sektor Bukit Asam yang telah membantu menyediakan data data yang diperlukan.

6. Orang Tua saya yang telah mendoakan dan memberikan dukungan moril dalam setiap langkah kebaikan yang dilalui
7. Setiap dosen yang ada di Universitas Diponegoro yang telah memberikan pembelajaran di kelas A DIV Rekayasa Perancangan Mekanik.
8. Rekan – rekan sejawat dari kelas A DIV Rekayasa Perancangan Mekanik yang saling memberikan semangat dalam kegiatan perkuliahan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tak luput dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penulis menjadi lebih baik lagi ke depannya. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis.

Jayapura, 13 Agustus 2022



Arief Prakoso Hardyanto

ABSTRAK

REDESIGN PULVERIZER SHAFT UNIT 2 DI PLTU SEKTOR BUKIT ASAM 4 X 65 MW

Derating adalah turunnya daya mampu suatu pembangkit akibat kondisi operasi yang tidak normal, atau yang tidak mampu mencapai beban maksimalnya. Apabila beban dipaksakan naik maka akan berakibat *trip* nya pembangkit tersebut. Dalam pengoperasian PLTU Bukit Asam, di semua unit pembangkit banyak mengalami gangguan yang dapat menyebabkan *derating* unit. *Derating* unit bisa terjadi akibat penurunan performa *steam* turbin, menurunnya keandalan *pulverizer*, dan juga gangguan pada sistem *supply* batubara serta berbagai faktor-faktor lainnya.

Berdasarkan data kinerja Sektor Pembangkitan Bukit Asam (Laporan gangguan bulanan) Bulan Januari 2014 tercatat telah terjadi 54 kali gangguan *derating*. Dari salah satu penyebab *derating* tersebut adalah *Pulverizer Shaft* patah dengan kerugian jam operasi selama 196,78 [jam] yang menyebabkan kerugian listrik yang tidak tersalur 12,422 [GWh]. Dengan direalisasikannya AFI (*Action For Improvement*) dalam penugasan pembuatan tugas akhir ini, bertujuan untuk melakukan *redesign* pada *pulverizer shaft*, serta menganalisis penyebab *pulverizer shaft* patah.

Dengan dilakukannya *redesign pulverizer shaft* serta menganalisis penyebab *pulverizer shaft* patah, didapat bahwa penyebab patahnya *shaft* yang berbahan AISI 1045 dengan desain lama yaitu dari penghitungan nilai tegangan geser sebesar $48,44 \times 10^7$ [N/m²], hasil ini melampaui dari nilai tegangan ijin bahan yakni sebesar $31,8 \times 10^7$ [N/m²], sehingga tidak aman digunakan dan masa pakai yang tidak lama. Hasil *redesign shaft* mengubah dimensi dari diameter kepala *shaft* yang sebelumnya berdiameter 0,174 [m] menjadi berdiameter 0,25 [m]. Hasil penghitungan *redesign shaft* berbahan AISI 1045 didapat nilai tegangan geser sebesar $16,33 \times 10^7$ [N/m²], hasil ini lebih kecil dari nilai tegangan ijin bahan yakni sebesar $31,8 \times 10^7$ [N/m²], sehingga lebih aman dengan masa pakai yang relatif lebih lama.

Kata Kunci : *Derating, Pulverizer Shaft, material, Redesign, Tegangan Geser*

ABSTRACT

REDESIGN PULVERIZER SHAFT UNIT 2 AT BUKIT ASAM SECTOR POWER PLANT 4 X 65 MW

Derating is the decrease in the capable power of a plant due to abnormal operating conditions, or that is unable to reach its maximum load. If the load is forced to rise, it will result in the trip of the plant. In the operation of the Bukit Asam power plant, in all generating units there are many disturbances that can cause derating units. Derating of the unit can occur due to a decrease in the performance of the steam turbine, a decrease in the reliability of the pulverizer, and also disturbances in the coal supply system and various other factors.

Based on the performance data of the Bukit Asam Generation Sector (Monthly disturbance report) in January 2014, there were 54 derating disturbances recorded. One of the causes of the derating was a broken Pulverizer Shaft with a loss of operating hours for 196.78 [hours] which caused an unallocated electricity loss of 12,422 [GWh]. With the realization of AFI (Action For Improvement) in this final project creation assignment, it aims to redesign the shaft pulverizer, as well as analyze the causes of the pulverizer shaft break.

By redesigning the pulverizer shaft and analyzing the cause of the pulverizer shaft breaking, it was found that the cause of the fracture of the shaft made from AISI 1045 with the old design was from calculating the shear stress value of 48.44×10^7 [N/m²], this result exceeded the value of the material permit voltage of 31.8×10^7 [N/m²], so it was not safe to use and the service life was not long. The results of the redesign shaft changed the dimensions of the diameter of the shaft head which was previously 0.174 [m] in diameter to a dwelling of 0.25 [m]. The results of calculating the redesign shaft made from AISI 1045 obtained a shear stress value of 16.33×10^7 [N/m²], this result is smaller than the material clearance voltage value of 31.8×10^7 [N/m²], so it is safer with a relatively longer service life.

Keywords: *Derating, Pulverizer Shaft, material, Redesign, Shear Stress*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN TUGAS PROYEK AKHIR.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
HALAMAN ABSTRAKSI.....	ix
HALAMAN <i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI & SIMBOL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pembatasan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Manfaat.....	3
1.5. Sistematika Penulisan Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Coal Pulverizer</i>	5
2.1.1. Tipe <i>Pulverizer</i>	7
2.1.2. Komponen Utama <i>Pulverizer</i>	7
2.1.3. Hal Yang Mempengaruhi <i>Pulverizer</i>	12

2.2.	<i>Coal Feeder</i>	13
2.2.1.	Komponen Utama <i>Coal Feeder</i>	14
2.3.	Coal Bunker.....	17
2.4.	Coal Burner (Furnace).....	17
2.5.	<i>Primary Air Fan</i>	18
2.6.	<i>Pulverizer Shaft</i>	19
2.7.	Pengertian <i>Mesh</i> Dan <i>Fineness</i>	21
2.8.	<i>Hardgrove Grindability Index</i>	22
BAB III. METODOLOGI		23
3.1.	Pembuatan Proposal Tugas Akhir.....	23
3.2.	Seminar Proposal Tugas Akhir.....	23
3.3.	Metode Pengumpulan Data.....	23
3.4.	Pengolahan Data.....	24
3.5.	Analisis Dan Simulasi Data Permasalahan.....	24
3.5.1.	Penghitungan Torsi dan Gaya F_d	25
3.5.2.	Penghitungan Gaya F_c (Aksial).....	26
3.5.3.	Penghitungan Momen Keseimbangan.....	26
3.5.4.	Penghitungan Diagram Momen dan Momen Bending Maksimal pada <i>Shaft</i>	26
3.5.5.	Penghitungan Momen <i>Equivalent Twisting</i> Dan Torsi Dengan Pendekatan Tegangan Geser / Tekanan Bidang.....	26
3.5.6.	Penghitungan Tegangan / Tekanan Bidang Izin Dan Perbandingannya Dengan Tegangan Geser / Tekanan Bidang.....	27
3.6.	Analisis Dan Simulasi Data Solusi.....	27
3.7.	Fabrikasi <i>Pulverizer Shaft</i>	27
3.8.	Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir.....	28

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1. Perumusan OFI (<i>Opportunity For Improvement</i>).....	30
4.1.1. RCFA & RCPS <i>Pulverizer Shaft</i>	31
4.1.2. Kerugian Akibat Patahnya <i>Pulverizer Shaft</i>	33
4.2. Perumusan AFI (<i>Action For Improvement</i>).....	35
4.2.1. Analisis Pembebanan <i>Pulverizer Shaft</i>	36
4.2.2. Penghitungan Torsi dan Gaya Fd.....	37
4.2.3. Penghitungan Gaya Fc (Aksial).....	38
4.2.4. Penghitungan Momen Kesetimbangan.....	39
4.2.5. Penghitungan Diagram Momen dan Momen Bending Maksimal pada <i>Shaft</i>	40
4.2.6. Penghitungan Momen <i>Equivalent Twisting</i> Dan Torsi Dengan Pendekatan Tegangan Geser / Tekanan Bidang ..	41
4.2.7. Penghitungan Tegangan / Tekanan Bidang Izin Dan Perbandingannya Dengan Tegangan Geser / Tekanan Bidang.....	43
4.2.8. Simulasi Pembebanan Desain Awal.....	44
4.2.9. <i>Redesign Pulverizer Shaft</i> Dan Analisisnya.....	47
4.2.10. Simulasi Pembebanan Desain Baru.....	49
4.2.11. Perbandingan Analisis Desain Lama Dan Desain Baru....	53
4.2.12. Pencapaian <i>Saving, Gain, Dan Benefit</i>	53
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1. Kesimpulan.....	56
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem <i>supply</i> bahan bakar untuk batu bara ke <i>burner</i>	6
Gambar 2.2. Pulverizer.....	7
Gambar 2.3. Komponen pada <i>pulverizer</i>	8
Gambar 2.4. <i>Grinding roll</i> PLTU Bukit Asam	9
Gambar 2.5. <i>Grinding table</i> PLTU Bukit Asam	9
Gambar 2.6. <i>Classifier</i>	11
Gambar 2.7. <i>Coal pipe orifices</i>	12
Gambar 2.8. Siklus bahan bakar PLTU.....	13
Gambar 2.9. <i>Coal feeder</i>	14
Gambar 2.10. Komponen <i>coal feeder</i>	14
Gambar 2.11. <i>Clean out conveyor chain</i>	15
Gambar 2.12. Belt V-guide.....	16
Gambar 2.13. <i>Coal bunker</i> PLTU Bukit Asam.....	17
Gambar 2.14. <i>Coal burner</i>	18
Gambar 2.15. <i>Primary air fan</i>	18
Gambar 2.16. Letak dari <i>vertical shaft</i> pada <i>pulverizer</i>	19
Gambar 2.17 <i>Drawing</i> dari <i>pulverizer shaft</i>	20
Gambar 2.18. <i>Drawing</i> 3d model dari <i>pulverizer shaft</i>	20
Gambar 2.19. <i>Coal fineness test</i>	21
Gambar 2.20. Hubungan antara HGI dengan kapasitas <i>mill</i>	22
Gambar 3.1. Diagram <i>fish bone pulverizer shaft</i>	25
Gambar 3.2. Diagram alir pelaksanaan tugas akhir.....	28
Gambar 4.1. Diagram <i>fish bone pulverizer shaft</i>	31

Gambar 4.2a. <i>Pulverizer shaft</i> patah bagian atas.....	32
Gambar 4.2b. <i>Pulverizer shaft</i> patah bagian atas	32
Gambar 4.3. <i>Bowl / grinding table</i>	33
Gambar 4.4. <i>Worm gear</i>	33
Gambar 4.5. Pembebanan & dimensi pada <i>pulverizer shaft</i>	37
Gambar 4.6. Pembebanan & dimensi pada <i>pulverizer shaft</i>	39
Gambar 4.7. Diagram momen kesetimbangan	40
Gambar 4.8. Hasil penyebaran tegangan desain <i>shaft</i> awal	44
Gambar 4.9. Hasil penyebaran FOS desain <i>shaft</i> awal.....	45
Gambar 4.10. Hasil penyebaran <i>fatigue</i> desain <i>shaft</i> awal	46
Gambar 4.11. <i>Redesign pulverizer shaft</i>	47
Gambar 4.12. Hasil penyebaran tegangan desain <i>shaft</i> baru	50
Gambar 4.13. Hasil penyebaran FOS desain <i>shaft</i> baru.....	51
Gambar 4.14. Hasil penyebaran <i>fatigue</i> desain <i>shaft</i> baru	52

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Tabel <i>pareto loss</i> PLTU SBAM Januari – Maret 2014.....	30
Tabel 4.2. Kondisi <i>pulverizer</i> di unit 2 pada triwulan 1 2014.....	34
Tabel 4.3. Rekap data gangguan <i>pulverizer</i> 2 FOC.....	34
Tabel 4.4. Data pembangkit.....	35
Tabel 4.5. Data sarana penunjang	36
Tabel 4.6. Data unit PLTU yang mulai operasi	36
Tabel 4.7. Perbandingan analisis desain <i>shaft</i> lama dan desain <i>shaft</i> baru	53
Tabel 4.8. Data potensi sewa jasa dan penggantian material.....	54

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Penggunaan Pertama Halaman
P	Daya	37
n	Putaran	37
T	Torsi	37
π	pi	37
F	<i>Force</i> (Gaya)	38
r	Jari-Jari	38
m	Massa	38
g	Gaya Gravitasi	38
W	Gaya Berat	38
Σ Momen	Sigma Momen	39
T_e	Momen <i>equivalent twisting</i>	41
τ	τ_{ho} (Tegangan Geser / Tekanan Bidang)	41
d	Diameter	41
σ	Sigma (Tegangan)	43
Pa	Pascal	43