

**PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM PENAHAN *BLADE*
DAMPER PLTGU DI PT INDONESIA POWER UP
SEMARANG MENGGUNAKAN *SOFTWARE* AUTODESK
INVENTOR PROFESSIONAL 2015**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat

Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh :

AHMAD KENEDI

20130130344

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2017

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM PENAHAN *BLADE DAMPER*
PLTGU DI PT INDONESIA POWER UP SEMARANG MENGGUNAKAN
SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2015**

Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

Ahmad Kenedi
NIM. 20130130344

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Tanggal :

Susunan Tim Penguji

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng Sc., Ph.D
NIK.19740302 200104 123049

Sunardi, S.T., M.Eng
NIK.19770210 201410 123068

Dosen Penguji Pendamping

Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D
NIK.19700301 199509 123022

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Pada tanggal :

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Novi Caroko, S.T., M.Eng
NIP.19791113 200501 1 001

LEMBAR KONSULTASI
TUGAS AKHIR PERANCANGAN
DI
PT INDONESIA POWER
UNIT PEMBANGKITAN SEMARANG

DENGAN JUDUL

PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM PENAHAN *BLADE DAMPER*
PLTGU DI PT. INDONESIA POWER UP SEMARANG MENGGUNAKAN
SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2015

Disusun Oleh:

Nama : Ahmad Kenedi
Nim : 20130130344
PT/Sek : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Waktu Perancangan : 17 November- 5 Mei 2017

Telas dikonsultasikan pada tanggal:

.....
Mengetahui,

PEMBIMBING LAPANGAN

SUTARTO

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka

Yogyakarta, 17 Mei 2017

Penyusun

(Ahmad Kenedi)

HALAMAN MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

- “*Man jadda wa jadda*” (*barang siapa yang bersungguh-sungguh maka dia akan meraih keberhasilan*). (Hadist)
- “*Ketergesaan dalam setiap usaha membawa kegagalan*”. (Herodotus)
- “*Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah*”. (Lessing)
- *Tuntutlah ilmu sampai ke negeri cina* (H.R. Ibnu Abdul Barri)
- “*Berusaha dan berdoaalah, maka kesuksesan akan datang padamu*”.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrohmanirohim, dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih, Maha Penyayang, serta Maha Pemberi Nikmat, dan dengan segala rasa syukur, penulis mempersembahkan skripsi ini untuk :

1. Kedua orangtua tercinta, beliau Bapak Ahmad Tholib dan Ibu Sularsih yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, do'a, motivasi, dan dukungan.
2. Ibu Sutinah, Muhammad Barkah Nurrokhim, Ninik Fatimah, serta seluruh saudara dan keluarga besar saya, terima kasih atas semuanya.
3. Bapak Sutarto sebagai pembimbing lapangan PT Indonesia Power UP Semarang, terima kasih atas koreksi dan masukan-masukannya.
4. Arista Anggariawan, S.T terima kasih atas segala bentuk bantuan dan dukungannya dukungannya
5. Nasef Rachman Ismail, S.T, Rizky Rachman, S.T, Taufik Nurhadi, S.T, Arlian Suger, S.T, Auliandi Lutfi Wibisono, S.T, terima kasih telah menjadi sahabat yang banyak membantu selama kuliah di teknik mesin UMY.
6. Seluruh teman-teman mahasiswa teknik mesin UMY terima kasih atas dukungan dan partisipasinya pada seminar tugas akhir.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuu.

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT dan tak lupa juga kita haturkan shalawat beserta salam kepada nabi besar Muhammad SAW. Alhamdulillah saya dapat menyelesaikan ***Tugas Akhir: Perancangan dan Analisa Sistem Penahan Blade Damper PLTGU di PT Indonesia Power UP Semarang Menggunakan Software Autodesk Inventor Professional 2015*** ini dengan lancar. Tugas akhir ini saya buat untuk melanjutkan Proposal Tugas Akhir maupun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin S-1 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tugas Akhir ini berisi tentang bab-bab yang akan menjelaskan perancangan dan analisa sistem penahan *blade damper* yang ada pada PLTGU di PT Indonesia Power UP Semarang.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir. Terima kasih atas bimbingan, masukan-masukan dan motivasinya.
3. Bapak Sunardi, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir. Terima kasih atas waktu bimbingan, masukan ide serta penjelasannya.
4. Bapak Tri Wahyono, M.Pd selaku Dosen Bahasa Indonesia. Terima kasih atas bimbingan Tata Bahasanya.
5. Bapak Aris Widyo Nugroho, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Penguji Pendamping Pendaratan Tugas Akhir. Terima kasih atas bimbingan dan masukan-masukannya.
6. Segenap Dosen dan Laboran Teknik Mesin, terima kasih atas bimbingan dan pelajaran yang telah diberikan selama ini.

7. Seluruh Staf dan Karyawan UMY atas segala pelayanan akademiknya.
8. Bapak Sutarto selaku pembimbing lapangan di PT Indonesia Power UP Semarang, terima kasih atas segala masukan dan bimbingannya.
9. Ayah dan Ibu serta Kakak-adekku, terima kasih atas segala dukungan baik moril maupun materiil.
10. Arista Anggariawan, S.T terima kasih atas segala bentuk bantuannya.
11. Nasef Rachman Ismail, S.T, Rizky Rachman, S.T, Taufik Nurhadi, S.T, Arlian Suger, S.T, Auliandi Lutfi Wibisono, S.T, dan seluruh teman-teman mahasiswa teknik mesim UMY terima kasih atas segala dukungannya.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu saya menerima kritik atau saran dari pembaca apabila ada kesalahan.

Akhirul kalam, Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatu.

Penyusun

(Ahmad Kenedi)

INTISARI

Diverter damper pada PLTGU berfungsi mengatur aliran gas sisa pembakaran dari GTG menuju HRSG dengan sistem *open cycle* (gas sisa pembakaran langsung dibuang ke lingkungan) dan *combine cycle* (gas sisa pembakaran masuk ke dalam HRSG). Ketika *combine cycle*, posisi dari *blade damper* membuka secara penuh dan menyebabkan tegangan maksimum pada sistem mekanis sebesar 238.7 MPa dengan faktor keamanan 1.01 berdasarkan hasil simulasi. Dari hasil simulasi menunjukkan tegangan yang besar sehingga perlu adanya sistem yang berfungsi menahan *blade damper* ketika proses *combine cycle*.

Tegangan yang terjadi pada sistem mekanis dapat dikurangi dengan adanya *support blade damper* dari sisi lain. Pada perancangan ini terdapat beberapa komponen utama seperti: *middle shaft*, *side shaft*, *connecting rod*, *key*, *actuator*, *arm torque*, dan *frame*. Proses perancangan dilakukan dengan mendesain komponen satu persatu kemudian digabungkan (*assembly*) dan terakhir dianalisa menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2015.

Hasil perancangan dan simulasi diperoleh tegangan pada *arm torque* ketika kondisi 1 sebesar 238.7 MPa dan kondisi 2 sebesar 20.58 MPa, mengalami penurunan sebesar 91.4%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan sistem penahan *blade damper* menyebabkan penurunan tegangan pada komponen mekanis yang signifikan.

Kata Kunci : *Diverter damper*, *Blade damper*, tegangan, sistem penahan, Autodesk Inventor Professional 2015.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR KONSULTASI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
INTISARI	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xxii
DAFTAR NOTASI	xxv
DAFTAR LAMPIRAN	xxvii
BAB 1: PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Perancangan.....	3
1.5 Manfaat Perancangan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II: DASAR TEORI	5
2.1 <i>Diverter Damper</i>	5
2.1.1 Komponen Sistem Mekanis <i>Diverter Damper</i>	3
2.2 <i>Software</i> Perancangan.....	13
2.2.1 Autodesk Inventor Professional 2015	14
2.3 Pasak (<i>Key</i>)	16
2.3.1 <i>Sunk Keys</i>	16

2.3.2	<i>Saddle Key</i>	18
2.3.3	<i>Tangent Keys</i>	19
2.3.4	<i>Round Keys</i>	19
2.3.5	<i>Splines</i>	20
2.3.6	Analisa Gaya Pada <i>Sunk Keys</i>	20
2.4	Bantalan (<i>Bearing</i>).....	21
2.5	Sambungan Ulir	22
2.5.1	Pengertian Sambungan Ulir	22
2.5.2	Istilah Penting Pada Ulir	23
2.5.3	Ulir Matrix	24
2.5.4	Jenis Sambungan Ulir	24
2.5.5	Sambungan Baut Akibat Beban Eksentris	25
2.5.6	Beban Eksentris Yang Sejajar Terhadap Dengan Sumbu Baut	25
2.5.7	Beban Eksentris Yang Tegak Lurus Terhadap Sumbu Baut.....	27
2.5.8	Jenis Ulir	28
2.5.9	Dimensi Ulir Standar	29
2.6	<i>Actuator</i>	30
2.6.1	<i>Single Acting Cylinder</i>	31
2.6.2	<i>Double Acting Cylinder</i>	31
2.7	Tegangan Normal (<i>Normal Stress</i>).....	32
2.8	Tegangan Geser (<i>Shear Stress</i>).....	33
2.9	Regangan Normal (<i>Normal Strain</i>)	33
2.10	Hukum Hooke.....	34
2.11	Hukum Hooke Untuk Tegangan dan Regangan Geser.....	36
2.12	Gaya Normal (<i>Normal Forces Diagram</i>)/NFD	37
2.13	Gaya Geser (<i>Shear Forces Diagram</i>)/SFD.....	38
2.14	Momen Banding (<i>Bending Forces Diagram</i>)/BMD	39
2.15	Modulus Elastisitas (<i>Elasticity Modulus</i>)	40
2.16	Modulus Geser (<i>Shear Modulus</i>).....	40
2.17	Poisson Rasio.....	40
2.18	Hukum Hooke Secara Umum (3D)	41

2.19	Konsentrasi Tegangan	43
2.20	Transformasi Tegangan	46
2.21	Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>)	49
2.22	Momen Puntir (<i>Torque</i>).....	49
2.23	Momen Bending	51
2.24	Beban Kombinasi antara Momen Bending dan Momen Puntir.....	52
2.25	<i>Buckling</i>	53
2.26	Teori Tegangan Geser Maksimum (Tresca).....	55
2.27	Teori Distorsi Energi Maksimum (Von Mises).....	57
2.28	Metode Elemen Hingga (Finite Element Methode).....	58
2.29	Transformasi Koordinat.....	60
2.30	Hubungan Tegangan-Regangan.....	61
2.31	Material Sistem Mekanis Diverter Damper	63
BAB III: METODOLOGI PERANCANGAN		18
3.1	<i>Software</i> Perancangan.....	66
3.2	Diagram Alir Perancangan dan Analisa Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	67
3.3	Tahap-Tahap Perancangan Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	68
3.3.1	Analisa Komponen Mekanik <i>Diverter Damper</i> (Kondisi 1).....	68
3.3.2	Hasil Analisa dan Pembahasan	68
3.3.3	Perancangan Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	68
3.3.4	Analisa Tegangan, Regangan, dan Faktor Keamanan Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	68
3.3.5	Pembahasan Hasil dan Kesimpulan	69
3.4	Diagram Alir Analisa Tegangan Pada Komponen <i>Diverter Damper</i>	70
3.5	Tahap-Tahap Dalam Analisa Tegangan Pada Komponen <i>Diverter Damper</i>	72
3.5.1	Studi Lapangan.....	72
3.5.2	Pengumpulan Data <i>Diverter Damper</i>	72
3.5.3	Analisa Sistem Kerja <i>Diverter Damper</i>	72

3.5.4	Menggambar Ulang Komponen <i>Diverter Damper</i>	73
3.5.5	Analisa Tegangan, Regangan, dan Faktor Keamanan Pada Komponen <i>Diverter Damper</i> (Kondisi 1).....	73
3.5.6	Pembahasan Hasil dan Kesimpulan	73
3.6	Diagram Alir Perancangan dan Analisa Tegangan Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	75
3.7	Perancangan Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	76
3.7.1	Perancangan Komponen Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	76
3.7.2	Menentukan Material	77
3.7.3	Menngabungkan Semua Komponen (<i>Assembly</i>)	77
3.7.4	Analisa Tegangan, Regangan, dan Faktor Keamanan	77
3.7.5	Pembahasan Hasil dan Kesimpulan	77

BAB IV: HASIL PERANCANGAN SISTEM PENAHAN

	<i>BLADE DAMPER</i>	78
4.1	Analisa Sistem Mekanis <i>Diverter Damper</i> Kondisi 1	78
4.1.1	<i>Blade Damper</i>	78
	1. <i>Blade</i>	78
	2. <i>key 1</i>	79
	3. <i>Shaft</i>	80
4.1.2	<i>Blade Damper Bearing</i>	81
4.1.3	<i>key 2</i>	81
4.1.4	<i>Arm Torque</i>	83
4.1.5	<i>Actuator</i>	83
	1. <i>Plunger</i>	84
	2. <i>Cylinder</i>	84
	3. <i>Actuator Pin</i>	85
	4. <i>Actuator Bearing</i>	86
4.1.6	<i>Frame</i>	86
4.2	Pembahasan Hasil dan Kesimpulan.....	87
4.3	Perancangan Komponen Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	88

4.3.1	<i>Middle Shaft</i>	89
4.3.2	<i>Side Shaft</i>	90
4.3.3	<i>Key 1 R</i>	91
4.3.4	<i>Arm Torque R</i>	92
4.3.5	<i>key 2 R</i>	93
4.3.6	<i>Actuator R</i>	94
4.3.7	<i>Frame R</i>	98
4.3.8	<i>Connecting Rod</i>	100
4.3.9	<i>Blade Bracket</i>	104
4.3.10	<i>Diverter Damper Casing</i>	108
4.3.11	<i>Blade Damper</i>	111
4.4	Menentukan Material Komponen Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	112
4.5	Menggabungkan Semua Komponen (<i>Assembly</i>).....	114
4.6	Analisa Komponen Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	120
4.6.1	<i>Middle Shaft</i>	121
4.6.2	<i>Side Shaft</i>	122
4.6.3	<i>Shaft Bearing</i>	123
4.6.4	<i>Key 1 R</i>	124
4.6.5	<i>Arm Torque R</i>	125
4.6.6	<i>Key 2 R</i>	126
4.6.7	<i>Actuator R</i>	127
	1. <i>Plunger R</i>	128
	2. <i>Cylinder R</i>	128
	3. <i>Actuator Pin R</i>	129
	4. <i>Actuator Bearing R</i>	130
4.6.8	<i>Frame R</i>	130
4.6.9	<i>Connecting Rod</i>	131
4.6.10	<i>Blade Bracket</i>	132
4.6.11	Menghitung Tegangan pada Baut <i>Blade Bracket</i>	133
4.7	Hasil dan Pembahasan Analisa Sistem Penahan <i>Blade Damper</i>	135

4.8	Analisa Komponen Sistem Mekanis <i>Diverter Damper</i> Setelah Proses Perancangan Ulang	135
4.8.1	<i>Blade Damper</i>	136
1.	<i>Blade</i>	136
2.	<i>Key 1</i>	136
3.	<i>Shaft</i>	137
4.8.2	<i>Blade Damper Bearing</i>	138
4.8.3	<i>Key 2</i>	139
4.8.4	<i>Arm Torque</i>	139
4.8.5	<i>Actuator</i>	140
1.	<i>Plunger</i>	140
2.	<i>Cylinder</i>	141
3.	<i>Actuator Pin</i>	142
4.	<i>Actuator Bearing</i>	143
4.8.6	<i>Frame</i>	143
4.9	Hasil Analisa dan Pembahasan	144
BAB V: PENUTUP		148
5.1	Kesimpulan	148
5.2	Saran.....	149
DAFTAR PUSTAKA		150

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Letak <i>diverter damper</i>	5
Gambar 2.2 <i>Diverter damper</i>	6
Gambar 2.3 Posisi <i>blade damper</i>	6
Gambar 2.4 <i>Blade Damper</i> di PT. Indonesia Power UP Semarang.....	7
Gambar 2.5 Dimensi <i>blade damper</i>	7
Gambar 2.6 <i>Diverter damper casing</i>	8
Gambar 2.7 dimensi dari <i>diverter damper casing</i>	9
Gambar 2.8 <i>Arm torque</i>	9
Gambar 2.9 Dimensi <i>Arm torque</i>	10
Gambar 2.10 <i>Actuator</i>	10
Gambar 2.11 Dimensi <i>Actuator</i>	11
Gambar 2.12 <i>Frame</i>	11
Gambar 2.13 Dimensi <i>Frame</i>	12
Gambar 2.14 Rumah sistem hidrolik <i>diverter damper</i>	12
Gambar 2.15 <i>Seal air fan</i>	13
Gambar 2.16 Logo Autodesk Inventor Professional 2015.....	14
Gambar 2.17 Halaman depan Autodesk Inventor Professional 2015	14
Gambar 2.18 <i>Rectangular sunk keys</i>	16
Gambar 2.19 <i>Gib-head keys</i>	17
Gambar 2.20 <i>Feather Key</i>	17
Gambar 2.21 <i>Woodruff Key</i>	18
Gambar 2.22 Pasak jenis <i>flar saddle key</i> dan <i>hollow saddle key</i>	19
Gambar 2.23 Pasak jenis <i>tangen ke</i>	19
Gambar 2.24 <i>Round key</i>	19
Gambar 2.25 Pasak jenis <i>splines</i>	20
Gambar 2.26 Poros dan pasak	20
Gambar 2.27 Bantalan.....	22
Gambar 2.28. Istilah pada ulir.....	23
Gambar 2.29 <i>Metrik thread</i>	24

Gambar 2.30 Jenis sambungan ulir	24
Gambar 2.31 Beban eksentris yang sejajar dengan sumbu baut	25
Gambar 2.32 Beban eksentris yang tegak lurus terhadap sumbu baut.....	27
Gambar 2.33 Jenis <i>actuator</i>	31
Gambar 2.34 <i>Double Acting Cylinder</i> dan simbolnya	31
Gambar 2.35 Analisa tegangan sebuah benda	32
Gambar 2.36 Tegangan geser	33
Gambar 2.37 Regangan.....	34
Gambar 2.38 Mampatan.....	34
Gambar 2.39 Diagram tegangan-regangan untuk baja lunak	35
Gambar 2.40 Diagram tegangan-regangan untuk material getas	36
Gambar 2.41 Suatu elemen yang mengalami geseran murni	36
Gambar 2.42 Distorsi akibat geseran murni	37
Gambar 2.43 <i>Normal forces diagram</i> (NFD)	38
Gambar 2.44 Konsep SFD pada struktur	38
Gambar 2.45 <i>Shear Forces Diagram</i> (SFD)	39
Gambar 2.46 <i>Bending Forces Diagram</i> (BFD)	39
Gambar 2.47 Efek poisson	41
Gambar 2.48 Benda yang mengalami tegangan normal berdasarkan arah sumbu koordinat	42
Gambar 2.49 Distribusi tegangan disekitar gaya terpusat.....	44
Gambar 2.50 Faktor konsentrasi tegangan dengan pembebanan tarik.....	45
Gambar 2.51 Faktor konsentrasi tegangan K dalam bentuk perbandingan Tegangan.....	45
Gambar 2.52 Irisan benda yang diberi gaya	46
Gambar 2.53 Koordinat cartesian gaya	46
Gambar 2.54 <i>General state of stress</i>	47
Gambar 2.55 <i>State of stress 2D</i>	47
Gambar 2.56 pergeseran xy menuju x'y'	48
Gambar 2.57 Variasi tegangan akibat torsi pada silinder pejal	50
Gambar 2.58 Sudut geser akibat momen	51

Gambar 2.59 Momen bending	51
Gambar 2.60 <i>Buckling</i> pada kolom	54
Gambar 2.61 L dan nilai K pada berbagai jenis ujung kolom	54
Gambar 2.62 Kriteria luluh berdasarkan tegangan geser maksimum	56
Gambar 2.63 Kriteria luluh berdasarkan energi distorsi maksimum	58
Gambar 2.64 Permukaan luluh untuk status tegangan tiga dimensi	58
Gambar 2.65 <i>Meshing</i> pada <i>plate</i>	59
Gambar 2.66 Tranformasi Koordinat 2 Dimensi	60
Gambar 3.1 Logo Autodesk Inventor Professional 2015.....	66
Gambar 3.2 Diagram alir perancangan sistem penahan <i>blade damper</i>	67
Gambar 3.3 Diagram alir analisa komponen <i>diverter damper</i> (kondisi1)	71
Gambar 3.4 Kotak dialog <i>stress analysis</i>	73
Gambar 3.5 Diagram alir perancangan sistem penahan <i>blade damper</i>	76
Gambar 4.1 Komponen <i>blade damper</i>	78
Gambar 4.2 Tegangan pada <i>blade</i>	79
Gambar 4.3 Tegangan yang terjadi pada <i>key 1</i>	79
Gambar 4.4 Tegangan pada <i>shaft</i>	80
Gambar 4.5 <i>Displacement</i> pada <i>shaft</i> akibat adanya momen puntir	81
Gambar 4.6 <i>Bearing</i> pada <i>blade damper</i>	81
Gambar 4.7 Tegangan pada <i>key 2</i>	82
Gambar 4.8 <i>Displacement</i> pada <i>key 2</i> akibat sudut puntir	82
Gambar 4.9 Tegangan pada <i>Arm Torque</i>	83
Gambar 4.10 Tegangan pada <i>plunger</i>	84
Gambar 4.11 Tegangan pada <i>cylinder</i>	85
Gambar 4.12 Tegangan pada pin <i>actuator</i>	85
Gambar 4.13 <i>Bearing</i> pada <i>Actuator</i>	86
Gambar 4.14 Tegangan pada <i>frame</i>	87
Gambar 4.15 Hasil perancangan sistem penahan <i>blade damper</i>	89
Gambar 4.16 Dimensi dari <i>middle shaft</i>	89
Gambar 4.17 <i>Middle shaft</i>	90
Gambar 4.18 Dimensi dari <i>side shaft</i>	90

Gambar 4.19 Rancangan <i>side shaft</i>	91
Gambar 4.20 Dimensi dari <i>key 1</i> seri JIS B 1301	91
Gambar 4.21 Rancangan <i>key 1 R</i> seri JIS B 1301.....	92
Gambar 4.22 Dimensi dari <i>arm torque R</i>	92
Gambar 4.23 Desain <i>arm torque R</i>	93
Gambar 4.24 Dimensi dari <i>key 2 R</i> seri JIS B 1301	93
Gambar 3.25 <i>key 2 R</i> seri JIS B 1301	93
Gambar 4.26 Dimensi <i>actuator R</i>	94
Gambar 4.27 <i>Actuator R</i> hasil desain AIP 2015	94
Gambar 4.28 Gambar teknik <i>actuator R</i>	95
Gambar 4.29 <i>Actuator R</i> dan komponennya.....	95
Gambar 4.30 Dimensi dari <i>actuator pin R</i>	96
Gambar 4.31 <i>Actuator pin R</i>	96
Gambar 4.32 Dimensi dari <i>actuator bearing R</i>	96
Gambar 4.33 <i>Actuator bearing R</i>	97
Gambar 4.34 Dimensi dari <i>actuator circlip</i>	97
Gambar 4.35 <i>Actuator circlip</i>	97
Gambar 4.36 Dimensi dari rancangan <i>frame R</i> kanan	99
Gambar 4.37 Rancangan <i>frame R</i> pada sistem penahan <i>blade damper</i>	99
Gambar 4.38 Dimensi dari rancangan <i>frame R</i> kiri	99
Gambar 4.39 Rancangan <i>frame R</i> kiri pada sistem penahan <i>blade damper</i>	100
Gambar 4.40 komponen <i>connecting rod</i>	100
Gambar 4.41 Dimensi dari <i>connecting rod</i>	101
Gambar 4.42 <i>Connecting rod</i>	101
Gambar 4.43 Dimensi dari <i>crank</i>	101
Gambar 4.44 <i>Crank</i>	102
Gambar 4.45 Dimensi dari <i>rod end</i>	102
Gambar 4.46 <i>Rod end</i> pada <i>connecting rod</i>	102
Gambar 4.47 Dimensi dari <i>rod end pin</i>	103
Gambar 4.48 <i>Rod end pin</i>	103
Gambar 4.49 Dimensi dari <i>rod end ring</i>	103

Gambar 4.50 <i>Rod end ring</i>	104
Gambar 4.51 Dimensi dari <i>rod end circlip</i>	104
Gambar 4.52 <i>Rod end circlip</i>	104
Gambar 4.53 Susunan <i>bracket and bolt connection</i>	105
Gambar 4.54 <i>Bracket and bolt connection</i>	105
Gambar 4.55 Dimensi dari <i>blade bracket</i>	105
Gambar 4.56 <i>Blade bracket</i>	106
Gambar 4.57 Dimensi dari <i>bolt connection</i>	106
Gambar 4.58 <i>Bolt connection</i>	106
Gambar 4.59 Dimensi dari <i>plain washer</i>	107
Gambar 4.60 Rancangan <i>plain washer</i>	107
Gambar 4.61 Perubahan pada <i>diverter damper casing</i>	108
Gambar 4.62 <i>Shaft Bearing stopper inside</i>	108
Gambar 4.63 <i>Bolt connection M16x2</i>	108
Gambar 4.64 <i>Plain washer 16 N</i>	109
Gambar 4.65 <i>Shaft Bearing stopper out</i>	109
Gambar 4.66 <i>Middle shaft stopper</i>	110
Gambar 4.67 <i>Shaft Bearing</i>	110
Gambar 4.68 <i>Diverter damper casing</i> dan komponennya	110
Gambar 4.69 Dimensi komponen terhadap <i>diverter damper casing</i>	111
Gambar 4.70 Dimensi <i>drill</i> udukan <i>blade bracket</i>	111
Gambar 4.71 Posisi <i>middle shaft, side shaft, dan key 1</i>	115
Gambar 4.72 Jarak pemasangan <i>middle shaft, side shaft, dan key 1</i>	115
Gambar 4.73 <i>Assembly blade bracket</i>	116
Gambar 4.74 <i>Assembly middle shaft, side shaft, dan key 1</i>	116
Gambar 4.75 Hasil <i>Assembly middle shaft, side shaft, dan key 1</i>	117
Gambar 4.76 <i>Assembly Connecting rod</i>	117
Gambar 4.77 Pemasangan <i>key 2 R dan arm torque</i>	118
Gambar 4.78 <i>Assembly frame R, actuator R, key 2 R, dan arm torque R</i>	118
Gambar 4.79 Posisi <i>blade damper closed</i>	119
Gambar 4.80 Posisi <i>blade damper 0.5 open</i>	119

Gambar 4.81 Posisi <i>blade damper 0.75 open</i>	120
Gambar 4.82 Posisi <i>blade damper full open</i>	120
Gambar 4.83 Hasil analisa <i>diverter damper</i> setelah dilakukan perancangan Ulang.....	121
Gambar 4.84 Hasil simulasi pada <i>middle shaft</i>	122
Gambar 4.85 Hasil analisa tegangan pada <i>side shaft</i>	123
Gambar 4.86 Perbedaan <i>displacement</i> pada <i>side shaft</i>	123
Gambar 4.87 Hasil simulasi pada <i>shaft bearing</i>	124
Gambar 4.88 Hasil simulasi pada <i>key 1 R</i>	125
Gambar 4.89 <i>Displacement</i> pada <i>key 1 R</i>	125
Gambar 4.90 Hasil simulasi pada <i>arm torque R</i>	126
Gambar 4.91 Tegangan pada <i>key 2 R</i>	127
Gambar 4.92 <i>Displacement</i> pada <i>key 2 R</i>	127
Gambar 4.93 Hasil simulasi <i>plunger R</i> pada <i>actuator R</i>	128
Gambar 4.94 Hasil simulasi <i>cylinder R</i> pada <i>actuator R</i>	129
Gambar 4.95 Hasil simulasi pada <i>actuator pin R</i>	129
Gambar 4.96 Hasil simulasi pada <i>actuator bearing R</i>	130
Gambar 4.97 Hasil simulasi pada <i>frame R</i>	131
Gambar 4.98 Hasil simulasi pada <i>connecting rod</i>	131
Gambar 4.99 Hasil simulasi <i>rod end pin</i>	132
Gambar 4.100 Tegangan pada <i>blade bracket</i>	133
Gambar 4.101 Hasil simulasi <i>blade</i>	136
Gambar 4.102 Hasil analisa <i>key 1</i>	137
Gambar 4.103 hasil analisa pada <i>shaft</i>	137
Gambar 4.104 Hasil simulasi <i>displacement</i> pada <i>shaft</i>	138
Gambar 4.105 hasil analisa pada <i>blade damper bearing</i>	138
Gambar 4.106 Hasil simulasi pada <i>key 2</i>	139
Gambar 4.107 Hasil analisa pada <i>arm torque</i>	140
Gambar 4.108 Hasil analisa <i>plunger</i>	141
Gambar 4.109 Hasil analisa pada <i>cylinder</i>	142
Gambar 4.110 Hasil analisa <i>actuator pin</i>	142

Gambar 4.111 Hasil analisa pada <i>actuator bearing</i>	143
Gambar 4.112 Hasil analisa <i>frame</i>	144
Gambar 4.113 Grafik perbandingan tegangan kondisi 1 dan kondisi 2.....	147

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Variasi ukuran dari pasak jenis <i>feather key</i> , <i>parallel key</i> , <i>tapered key</i> , dan <i>gib-hed key</i>	18
Tabel 2.2 Dimensi mur dan baut JIS B 0205	29
Tabel 2.3 Ukuran standar ulir metris kasar (JIS B 0205)	30
Tabel 2.4 Spesifikasi material SS 321	63
Tabel 2.5 Spesifikasi material SS 347	63
Tabel 2.6 Data material <i>mild steel</i>	63
Tabel 2.7 Spesifikasi material <i>ductile iron</i>	63
Tabel 2.8 Spesifikasi material AISI 1025	64
Tabel 2.9 Spesifikasi material AISI 440C	64
Tabel 2.10 Material pada sistem mekanis <i>diverter damper</i>	65
Table 3.1 Spesifikasi laptop yang digunakan dalam perancangan.....	66
Tabel 4.1 Hasil Simulasi <i>Blade</i> (SS 321).....	79
Tabel 4.2 Hasil Simulasi <i>Key 1</i> (SS 347).....	80
Tabel 4.3 Hasil Simulasi <i>Shaft</i> (SS347).....	80
Tabel 4.4 Hasil Simulasi <i>Blade Damper Bearing</i> (AISI 440C).....	81
Tabel 4.5 Hasil Simulasi <i>key 2</i> (SS347).....	82
Tabel 4.6 Hasil Simulasi <i>Arm Torque</i> (SS321).....	83
Tabel 4.7 Hasil Simulasi <i>Plunger</i> (<i>Ductile Iron</i>).....	84
Tabel 4.8 Hasil Simulasi <i>Cylinder</i> (AISI 1025).....	85
Tabel 4.9 Hasil Simulasi <i>pin actuator</i> (SS321)	86
Tabel 4.10 Hasil Simulasi <i>bearing</i> pada <i>actuator</i> (AISI 440C).....	86
Tabel 4.11 Hasil Simulasi <i>Frame</i> (<i>Mild Steel</i>).....	87
Tabel 4.12 Tabel hasil simulasi dari masing-masing komponen <i>diverter damper</i> kondisi 1	88
Tabel 4.13 Ukuran pasak	92
Tabel 4.14 Dimensi <i>actuator</i> yang ada dipasaran	95
Tabel 4.15 Spesifikasi <i>Circlips</i>	98
Tabel 4.16 Standar ulir ISO	107

Table 4.17 Spesifikasi material SS 321	112
Table 4.18 Spesifikasi material SS 347	112
Table 4.19 material <i>mild steel</i>	112
Table 4.20 Spesifikasi material <i>ductile iron</i>	112
Table 4.21 Spesifikasi material 52100 <i>chrome steel</i>	113
Table 4.22 Spesifikasi material AISI 1025	113
Table 4.23 Spesifikasi material AISI 440C	113
Table 4.24 Spesifikasi material AISI 4320	113
Tabel 4.25 Material pada sistem penahan <i>blade damper</i>	114
Tabel 4.26 Hasil Simulasi <i>middle shaft</i> (SS 321)	122
Tabel 4.27 Hasil Simulasi <i>Side Shaft</i> (SS 347)	123
Tabel 4.28 Hasil Simulasi <i>Shaft Bearing</i> (AISI 440C)	124
Tabel 4.29 Hasil Simulasi <i>Key 1 R</i> (SS 347)	125
Tabel 4.30 Hasil Simulasi <i>Arm Torque R</i> (SS 321)	126
Tabel 4.31 Hasil Simulasi <i>Key 2 R</i> (SS 347)	127
Tabel 4.32 Hasil Simulasi <i>Actuator R</i> (<i>Ductile Iron</i>)	128
Tabel 4.33 Hasil Simulasi <i>Cylinder R</i> (AISI 1025)	129
Tabel 4.34 Hasil Simulasi <i>Actuator Pin R</i> (SS 321)	130
Tabel 4.35 Hasil Simulasi <i>Actuator Bearing R</i> (<i>52100 Chrome Steel</i>)	130
Tabel 4.36 Hasil Simulasi <i>Frame</i> (<i>Mild Steel</i>)	131
Tabel 4.37 Hasil Simulasi <i>Connecting rod</i>	132
Tabel 4.38 Hasil Simulasi <i>Rod End Pin</i> (SS 347)	132
Tabel 4.39 Hasil Simulasi <i>Blade Bracket</i> (SS 321)	133
Tabel 4. 40 Hasil analisa pada komponen sistem penahan <i>blade damper</i>	135
Tabel 4.41 Hasil Simulasi <i>Blade</i> (SS 321)	136
Tabel 4.42 Hasil Simulasi <i>Key 1</i> (SS 347)	137
Tabel 4.43 Hasil Simulasi <i>Shaft</i> (SS 347)	138
Tabel 4.44 Hasil Simulasi <i>Blade Damper Bearing</i> (AISI 440C)	139
Tabel 4.45 Hasil Simulasi <i>Key 2</i> (SS 347)	139
Tabel 4.46 Hasil Simulasi <i>Arm Torque</i> (SS 321)	140
Tabel 4.47 Hasil Simulasi <i>Plunger</i> (<i>Ductile Iron</i>)	141

Tabel 4.48 Hasil Simulasi <i>Cylinder</i> (AISI 1025).....	142
Tabel 4.49 Hasil Simulasi <i>Actuator Pin</i> (SS 321)	143
Tabel 4.50 Hasil Simulasi <i>Actuator Bearing</i> (SS 440C)	143
Tabel 4.51 Hasil Simulasi <i>Frame (Mild Steel)</i>	144
Tabel 4.52 Hasil analisa pada sistem mekanis <i>diverter damper</i> kondisi 2	145
Tabel 4.53 Perbandingan Tegangan, Regangan, dan Faktor Keamanan	146

DAFTAR NOTASI

w	= Lebar (mm)
t	= Tebal (mm)
T	= Torsi (Nmm)
F	= Gaya (N)
l	= Lebar (mm)
σ	= Tegangan Normal (MPa)
τ	= Tegangan Geser (MPa)
d	= Diameter (mm)
A	= Luas Penampang (mm ²)
ϵ	= Regangan normal
ΔL	= Perubahan panjang (mm)
L_0	= Panjang awal (mm)
E	= Modulus elastisitas (N/mm ²)
G	= Modulus geser (Gpa)
γ	= Regangan geser
ν	= Poisson rasio
D_0	= Diameter awal (mm)
ΔD	= Perubahan diameter (mm)
K	= Faktor konsentrasi tegangan
SF	= <i>Safety Factor</i>
c	= Jarak dari sumbu poros (mm)
I	= Momen inersia (mm ⁴)
θ	= Sudut geser (°)
L	= Panjang poros (mm)
G	= Modulus Geser (N/mm ²)
L	= Panjang Poros (mm)
M	= Momen bending (N.mm)
σ_b	= Tegangan bending (MPa)
y	= Jarak dari sumbu netral ke permukaan luar / jari-jari (mm)

- P = Beban kritis (N)
 K = Faktor panjang efektif (mm)
 σ_{cr} = Tegangan kritis (MPa)
 r_G = Jari-jari girasi (mm)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. *Diverter damper after redesign*
- Lampiran 2. *Middle shaft*
- Lampiran 3. *Shaft*
- Lampiran 4. *Key 1*
- Lampiran 5. *Arm torque*
- Lampiran 6. *Actuator*
- Lampiran 7. *Actuator components*
- Lampiran 8. *Actuator pin*
- Lampiran 9. *Actuator bearing GEZ31ET-2RS*
- Lampiran 10. *Actuator circlip 894.1-86-32*
- Lampiran 11. *Right frame*
- Lampiran 12. *Left frame*
- Lampiran 13. *Connecting rod components*
- Lampiran 14. *Connecting rod*
- Lampiran 15. *Crank*
- Lampiran 16. *Rod end SA70ES*
- Lampiran 17. *Rod end pin*
- Lampiran 18. *Rod end ring*
- Lampiran 19. *Rod end circlip GB/T 894.1-86-70*
- Lampiran 20. *Blade bracket and bolt connection*
- Lampiran 21. *Blade bracket*
- Lampiran 22. *Bolt connection for blade bracket*
- Lampiran 23. *Plain washer 36 N*
- Lampiran 24. *Diverter damper casing redesign*
- Lampiran 25. *Bearing stopper outside*
- Lampiran 26. *Bolt connection M16*
- Lampiran 27. *Plain washer 16 N*
- Lampiran 28. *Bearing stopper inside*
- Lampiran 29. *Middle shaft stopper*

Lampiran 30. *Shaft bearing*

Lampiran 31. *Diverter damper redesign*

Lampiran 32. *Bearing stopper position*

Lampiran 33. *Blade damper after redesign*

Lampiran 34. *Side shaft, Key 1, and Middle shaft*

Lampiran 35. *Key 1 assembly*

Lampiran 36. *Assembly middle shaft and side shaft*

Lampiran 37. *Middle shaft, Key 1, and Side shaft*

Lampiran 38. *Middle shaft and side shaft*

Lampiran 39. *Connecting rod position*

Lampiran 40. *Arm torque and key 2*

Lampiran 41. *Arm torque, frame, and actuator*

Lampiran 42. *Blade damper full closed*

Lampiran 43. *Blade damper 0.5 open*

Lampiran 44. *Blade damper 0.75 open*

Lampiran 45. *Blade damper full open*

Lampiran 46. *Bearing GE240XT_X*

Lampiran 47. *Bearing GE60ET_X*

Lampiran 48. *Bearing GEZ31ET_2RS*

Lampiran 49. *Rod end SA70ES*

Lampiran 50. *Data sheet exhaust gas diverter damper*

Lampiran 51. *General arrangement of exhaust system*

Lampiran 52. *Diverter damper erection drawing*

Lampiran 53. *Erection drawing blade*

Lampiran 54. *Erection drawing blade*

Lampiran 55. *Referensi Actuator*