



MAGANG INDUSTRI - VW231095

***OPERATIONAL DAN MAINTENANCE PADA FORCE DRAFT FAN
PLTU PAITON UNIT 5 PT YTL JAWA TIMUR PAITON II POWER
STATION***

PT. YTL Jawa Timur PAITON II POWER STATION

**JL. RAYA SURABAYA-SITUBONDO NO. KM 141, DUSUN KRAJAN,
KEC. PAITON, KAB. PROBOLINGGO, JAWA TIMUR 67291**

PENULIS :

LIA NANDA WULANDARI

NRP. 2039221098

DOSEN PEMBIMBING :

Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T.

NIP. 196202161995121001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2025



LAPORAN MAGANG INDUSTRI – VW231095

**PROSES DAN *MAINTENANCE FORCE DRAFT FAN* PADA PLTU PAITON
UNIT 5 PT YTL JAWA TIMUR PAITON II POWER STATION**

PT. YTL JAWA TIMUR PAITON II POWER STATION

**JL. Raya Surabaya-Situbondo NO. KM 141, Dusun Krajan, Kec. Paiton, Kab.
Probolinggo, Jawa Timur 67291**

Penulis :

Lia Nanda Wulandari

NRP : 2039221098

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T.

NIP. 196202161995121001

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2025



LEMBAR PENGESAHAN

PT. YTL JAWA TIMUR PAITON II POWER STATION

**JL. Raya Surabaya-Situbondo NO. KM 141, Dusun Krajan, Kec. Paiton, Kab.
Probolinggo, Jawa Timur 67291**

Surabaya, 6 Juni 2025

Peserta Magang

Lia Nanda Wulandari

NRP. 2039221098

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Mesin Indu

Dr. Alia Pradhyana, ST., MT.
NIP. 198511242009122008

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T.
NIP. 196202161995121001



LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Magang di

PT YTL Jawa Timur
Jl. Raya Surabaya-Situbondo KM. 141,
Paiton 67291, Probolinggo, Jawa Timur,
Indonesia

Paiton, 25 April 2025

Peserta Magang

Peserta I

Puput Anitasari

NRP. 2039221076

Peserta II

Gusti Muhammad Aidil A.

NRP. 2039221084

Peserta III

Lia Nanda Wulandari

NRP. 2039221098

Mengetahui,

Operation Coordinator Manager

Arief Wibisono

Menyetujui,

Pembimbing Lapangan

Maman Pribadi, S.T

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Magang Industri ini. Pada kesempatan ini saya juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Atria Pradityana, ST., MT., sebagai Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS.
2. Bapak Ir. Suhariyanto, M.T. sebagai Koordinator Program Studi serta koordinator Pelaksanaan Magang Industri.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T, sebagai Dosen Pembimbing Departemen.
4. Bapak Maman Pribadi, S.T sebagai Pembimbing Lapangan Magang Industri PT YTL Jawa Timur Paiton II Power
5. Mas Gigih, S.T D3MITS 2012 sebagai pembimbing kedua PT YTL Jawa Timur.
6. Bapak Jaumiddin sebagai koordinator PKL PT YTL Jawa Timur.
7. Seluruh karyawan PT. YTL Jawa Timur Paiton II Power Station.
8. Orang Tua dan Keluarga yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan.
9. Puput Anitasari dan Gusti Muhammad Aidil A. selaku teman kelompok Magang Industri, serta teman teman Warga HMDM ITS, TRPE UM Malang, S1 Teknik Elektro ITS, dan Teknik Industri ITN Malang yang menemani dan berbagi banyak pengalaman selama pelaksanaan praktik industri.
10. Teruntuk sahabat penulis, Lala, Bimo dan Taza yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik selama pelaksanaan praktik industri maupun penyusunan laporan praktik industri.

Laporan Magang Industri ini disusun sedemikian rupa dengan dasar ilmu perkuliahan dan juga berdasarkan pengamatan atau *work down* langsung di *Local* atau lapangan dan juga tanya jawab berupa *Group Discussion* dengan pembimbing PT. YTL JAWA TIMUR. Penulis menyadari pada laporan ini tidak sempurna maka dari itu penulis sangat menerima saran dan kritikan yang sifatnya membangun serta menjadikan yang lebih baik.

Demikian laporan Magang Industri yang bisa penulis buat, besar harapan agar dapat bermanfaat bagi semua. Atas perhatian dan waktunya penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Magang.....	2
1.2.1. Tujuan Umum	2
1.2.2. Tujuan Khusus	2
1.3. Manfaat	3
BAB II PROFIL PERUSAHAAN.....	5
2.1. PT YTL Jawa Timur.....	5
2.1.1. Perjanjian Supply batu bara dengan PT. Kideco dan PT. Berau.....	6
2.1.2. Core Skills dengan PT. YTL Jawa Timur	6
2.1.3. O&M Agreement	6
2.1.4. Perjanjian dengan PT. YTL pembangkit Jawa, Bali dan Madura.....	6
2.1.5. Perjanjian Pengangkutan Batubara Melalui Jalur Laut.....	6
2.2. Visi.....	6
2.3. Misi.....	6
2.4. Motto	7
2.5. Struktur Organisasi	7
2.6. Bidang Usaha.....	7
2.7. Lokasi Perusahaan	9
2.8. Safety Infection dan Sistem Manajemen Keselamatan Kerja (K3)	9
2.8.1. Sasaran Kebijakan K3 PT. YTL Jawa Timur.....	10
2.8.2. Pelaksanaan Kebijakan K3 PT. YTL Jawa Timur.....	11
2.8.3. Struktur Organisasi K3 PT. YTL Jawa timur.....	12
2.8.4. Penerapan Sistem Manajemen K3	14
2.8.5. Kesejahteraan Sosial dan Fasilitas Karyawan.....	15
2.8.6. Jaminan Sosial Tenaga Kerja (Jamsostek)	15
2.8.7. Asuransi Pengobatan dan Kesehatan	16
2.8.8. <i>Personal Accident and Term Life Insurance</i>	16
2.8.9. Perumahan Perusahaan.....	16
BAB III PELAKSANAAN MAGANG	17

3.1 Pelaksanaan Magang	17
3.2. Metodologi Penyelesaian Tugas Khusus	46
3.2.1. <i>Work Down</i> Lapangan.....	46
3.2.2. Studi Literatur	46
3.2.3. Pengambilan Data	46
3.2.4. Diagram Alir Metodologi.....	47
BAB IV PEMBAHASAN	49
4.1.1. Proses Utama (<i>main plant</i>).....	50
4.1.2. <i>Auxillary</i> System	54
4.1.3. Pemrosesan Limbah	57
4.1.4. <i>Sistem Pembakaran</i>	60
4.1.5. Proses Pembangkitan Listrik.....	71
4.1.6. <i>Water Steam Cycle</i>	75
4.1.7. Coal Handling	81
4.2.1 Pengertian dan Klasifikasi Fan	84
4.3.2. Karakteristik Fan.....	86
4.2 Operational Fan.....	87
4.3.1 Cara kerja <i>Force Draft Fan</i>	87
4.3.2 <i>Operational Condition</i>	87
4.3.3 <i>Initial Start-Up</i>	89
4.3.3. Equipment	92
4.3.4. <i>Auxillary Equipment</i>	96
4.4 Proteksi Sistem	99
4.5 <i>Maintenance</i>	99
4.6 <i>Troubleshoot Force Draft Fan</i>	101
4.7 Tugas Khusus PT YTL Jawa Timur	106
4.7.1 Latar Belakang Permasalahan.....	106
4.7.2 Batasan Masalah	108
4.7.3 3D Modelling Ducting	108
4.7.4 <i>Set-up ANSYS CFD simulation</i>	111
4.7.5 Hasil ANSYS CFD Simulation.....	116
4.7.6. Kesimpulan Tugas Khusus.....	119
BAB V PENUTUP.....	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Organisasi PT YTL	7
Gambar 2. 2 <i>Overview</i> PLTU Jawa Timur	9
Gambar 2. 3 Struktur Organisasi PT YTL Jawa Timur	12
Gambar 2. 4 Struktur Organisasi P2K3 PT YTL Jawa Timur	12
Gambar 3 <i>Flow Chart</i>	47
Gambar 4. 1 Sistem PLTU	49
Gambar 4. 2 Sistem <i>Main Plant</i>	50
Gambar 4. 3 Proses <i>Water Treatment</i>	55
Gambar 4. 4 Proses <i>Waste Water Treatment</i>	56
Gambar 4. 5 <i>Feeder</i>	60
Gambar 4. 6 <i>Pulvirizer</i>	61
Gambar 4. 7 <i>Primary Air Fan</i>	63
Gambar 4. 8 <i>Force Draft Fan</i>	64
Gambar 4. 9 <i>Induced Draft Fan</i>	64
Gambar 4. 10 <i>Furnace</i>	66
Gambar 4. 11 Proses Boiler.....	67
Gambar 4. 12 Proses Pembangkitan Listrik	71
Gambar 4. 13 <i>High Pressure Turbine</i>	72
Gambar 4. 14 <i>Intermediete Pressure Turbine</i>	73
Gambar 4. 15 <i>Low Pressure Turbin</i>	74
Gambar 4. 16 Generator	74
Gambar 4. 21 <i>Water Steam Cycle</i>	75
Gambar 4. 22 <i>Jetty</i>	81
Gambar 4. 23 <i>Belt Conveyor</i>	82
Gambar 4. 24 <i>Coal Silo</i>	83
Gambar 4. 25 <i>Force Draft Fan</i>	84
Gambar 4. 26 Grafik Kurva Karakteristik Axial Fan	86
Gambar 4. 27 Arah Aliran Axial Fan	87
Gambar 4. 28 Komponen - Komponen <i>Force Draft Fan</i>	92
Gambar 4. 29 <i>Blade Pitch Adjustment</i>	96
Gambar 4. 30 <i>Pressure Gauge</i>	96
Gambar 4. 31 <i>Blade Pitch Adjustment</i>	96

Gambar 4. 32 <i>Pressure Gauge</i>	97
Gambar 4. 33 <i>Sight Gauge</i>	97
Gambar 4. 34 <i>Flow Indicator</i>	98
Gambar 4. 35 Termometer Bimetal	98
Gambar 4. 36 Perbandingan Efisiensi ID Fan pada kurva karakteristik tahun 2024 dan 2021	107
Gambar 4. 37 Isometri dari existing 3D Modelling Duct Downstream ID Fan	109
Gambar 4. 38 Tampak atas (a) dan samping (b) existing 3D Modelling Duct Downstream ID Fan	109
Gambar 4. 39 Isometri dari modification of 3D Modelling Duct Downstream ID Fan	110
Gambar 4. 40 tampak atas (a); tampak samping (b) modification of 3D Modelling Duct Downstream ID Fan	110
Gambar 4. 41 Scale Mesh pada Ansys CFD	112
Gambar 4. 42 Set Unit	112
Gambar 4. 43 Model energi dan <i>Viscous</i> model	113
Gambar 4. 44 Material Fluida <i>Setup</i>	114
Gambar 4. 45 <i>Boundary Condition of Mass Flow Inlet</i>	114
Gambar 4. 46 <i>Residual monitors dan solution methods</i>	115
Gambar 4. 47 <i>Setup of run calculation on Ansys Fluent</i>	116
Gambar 4. 48 Kontur isometri tekanan statis	117
Gambar 4. 49 Kontur tampak samping tekanan statis	117
Gambar 4. 50 Kontur <i>velocity</i> magnitude pada kondisi eksisting (a); modifikasi (b) ...	118

DAFTAR TABEL

Tabel 2 Besarnya Iuran yang Harus Dibayarkan Setiap Bulan	16
Tabel 3 Jadwal Pelaksanaan Magang	17
Tabel 4. 1 Spesifikasi Teknis <i>Feeder</i>	60
Tabel 4. 2 Spesifikasi Teknis <i>Pulverizer</i>	62
Tabel 4. 3 Spesifikasi Teknis <i>Primary Air Fan</i>	63
Tabel 4. 4 Spesifikasi Teknis <i>Force Draft Fan</i>	65
Tabel 4. 5 Spesifikasi Teknis <i>Furnace</i>	67
Tabel 4. 6 Spesifikasi Teknis <i>Economizer</i>	68
Tabel 4. 7 Spesifikasi Teknis <i>Demin Water Pump</i>	77
Tabel 4. 8 Spesifikasi Teknis <i>Condensor Extraction Pump</i>	77
Tabel 4. 9 Spesifikasi Teknis <i>Turbine Feed Water Pump</i>	78
Tabel 4. 10 Perbedaan Fan, Blower dan Kompresor	85
Tabel 4. 11 Spesifikasi Teknis <i>Force Draft Fan</i>	88
Tabel 4. 12 Performa Fan	88
Tabel 4. 13 Start Up Check List Force Draft Fan	90
Tabel 4. 14 Penyebab Getaran dan Solusinya	104
Tabel 4. 15 Kebutuhan Meshing	111

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pendidikan Vokasi diciptakan berdasarkan suatu konsep ketenagakerjaan yang mengarah pada pelaksanaan pembangunan khususnya melalui industrialisasi. Salah satu tantangan terhadap hasil pendidikan adalah menyiapkan lulusan yang memuaskan bagi pengguna jasa. Oleh karena itu peningkatankualitas Sumber Daya Manusia merupakan prioritas kunci dalam peningkatan mutu, relevansi maupun efisiensi pendidikan.

Menyikapi hal tersebut Departemen Teknik Mesin Industri (DTMI) Fakultas Vokasi ITS menerapkan program keterkaitan & kesepakatan (Link & Match), yaitu mengaitkan (to link) proses pendidikan dengan dunia kerja dan mengedepankan (to match) proses pendidikan dengan kebutuhan tenaga terampil yang sesuai dengan bursa ketenagakerjaan.

Dalam Kegiatan magang industri kali ini penulis diberi kesempatan magang dan ditempatkan di PT. YTL Jawa Timur Power II Station Unit 5 dan Unit 6 Paiton merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pembangkitan tenaga listrik terletak di kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. PT. YTL Jawa Timur Power II Station merupakan salah satu anak perusahaan dari YTL Power yang berkantor pusat di Kuala Lumpur – Malaysia yang bergerak dalam bidang pengoperasian dan perawatan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di unit 5 & 6 Paiton – Probolinggo yang bertugas melayani penyediaan kebutuhan listrik masyarakat. Peran PT. YTL Jawa Timur Power II Station sebagai perusahaan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi listrik yang mampu bersaing dengan berbagai perusahaan industri pembangkitan baik dalam maupun luar negeri, secara berkelanjutan terus diusahakan seiring dengan pemenuhan kebutuhan listrik serta pelayanan kepada masyarakat secara profesional. Hal tersebut diatas dilakukan juga untuk memperoleh sertifikasi dalam bidang management perusahaan maupun management lingkungannya.

Pada magang industri penulis diberi kesempatan ditempatkan di *Daily Operational* yang memiliki tugas melakukan pengoperasian peralatan, pemantauan dan pencatatan data (performa), koordinasi dengan tim, dan pemeliharaan rutin. Operasional dan *Maintenance* pada umumnya sangat penting dan dijadikan yang utama untuk pengoperasian. Peralatan pada sistem pembangkit memerlukan SOP atau tatacara instalasi untuk *start-up* dan *shut down* agar tidak merusak atau menjaga efisiensi peralatan itu sendiri. Misalnya pada peralatan *Boiler Feed water pump* sebelum dioperasikan, harus

dipastikan bahwa pelindung kopling (*coupling guard*) telah terpasang dengan benar. Pengoperasian tanpa pelindung ini tidak diperkenankan karena dapat mengakibatkan cedera serius pada personel operasional. Tahapan awal *start-up* dimulai dengan memastikan bahwa katup *discharge* dalam kondisi tertutup, sedangkan katup *suction* harus dalam kondisi terbuka penuh (*wide open*). Oleh karena itu penulis ingin mempelajari penerapan *operational* dan *Maintenance* sampai kondisi instalasi sebelum dan sesudah *start-up* atau *shut down*. Untuk lebih detailnya lagi yaitu:

1.2. Tujuan Magang

1.2.1. Tujuan Umum

Magang Industri yang akan dilaksanakan, mempunyai beberapa tujuan umum, antara lain:

1. Agar mahasiswa memiliki internalisasi sikap professional dan budaya kerja yang sesuai serta diperlukan bagi IDUKA.
2. Agar mahasiswa memiliki pengetahuan yang belum/tidak dipelajari dalam proses perkuliahan dikampus.
3. Agar mahasiswa memperoleh keterampilan khusus/keahlian kerja dan/atau pengetahuan, ketrampilan umum.
4. Agar kehadiran mahasiswa peserta magang diharapkan dapat memberikan manfaat dan wawasan baru bagi dirinya serta instansi tempat melaksanakan Magang.
5. Memberikan pengalaman dan pengetahuan kepada mahasiswa saat mengaplikasikan ilmu dalam suatu permasalahan serta mencari solusi yang tepat.
6. Mahasiswa mengenal lebih jauh kondisi lingkungan kerja terkait ilmu yang berhubungan dengan Teknik Mesin Industri.

1.2.2. Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus Magang Industri ini, di antaranya yaitu :

1. Mengetahui prinsip kerja dan komponen PLTU unit 5 dan unit 6 PT. YTL Jawa Timur
2. Memahami teknis operasional dan pemeliharaan *Force Draft Fan* dalam permasalahan tertentu di PT. YTL Jawa Timur (Paiton II Power Station).
3. Departemen Teknik Mesin Industri dengan PT. YTL Jawa Timur

(Paiton II Power Station) PT. YTL Jawa Timur (Paiton II Power Station) memperkuat Kerjasama.

4. Memahami dan *Computational Fluid Dynamics Ansys* untuk menganalisis aliran dan memodifikasi di *ducting downstream ID Fan* dengan menambahkan *inlet guide vane* serta memodifikasi sudut lancip *ducting* sehingga dapat menjauhi titik *surge* serta efisiensi yang optimal pada *ID Fan* pada unit 5 PT YTL Jawa Timur.

1.3. Manfaat

Ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari pelaksanaan Magang Industri ini baik dari pihak mahasiswa, perusahaan maupun perguruan tinggi, yaitu:

1. Bagi Mahasiswa

Dapat meningkatkan wawasan mahasiswa terhadap kondisi nyata perusahaan, meningkatkan kemampuan soft skill, menambah pengalaman pada suatu lingkup pekerjaan yang sesungguhnya dan serta keyakinan akan teori yang diperoleh dari perkuliahan.

2. Bagi Perguruan Tinggi

Tercipta pola kemitraan yang baik dengan perusahaan tempat mahasiswa melaksanakan Magang Industri mengenai berbagai persoalan yang muncul untuk kemudian di cari solusi bersama yang lebih baik.

3. Bagi Perusahaan

Adanya masukan bermanfaat yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan sesuai dengan hasil pengamatan yang dilakukan mahasiswa selama melaksanakan Magang Industri serta terciptanya hubungan yang baik dan Kerjasama pihak perusahaan PT. YTL Jawa Timur dengan pihak Program Studi S1 Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS Surabaya sebagai salah satu institusi Pendidikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

PROFIL PERUSAHAAN

2.1. PT YTL Jawa Timur

PT. YTL Jawa Timur merupakan salah satu anak perusahaan dari YTL Power yang berkantor pusat di Kuala Lumpur – Malaysia yang bergerak dalam bidang pengoperasian dan perawatan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di unit 5 & 6 Paiton – Probolinggo, Jawa Timur. PLTU 5 & 6 Paiton sendiri merupakan salah satu pembangkit listrik swasta berbahan bakar batu bara dengan kapasitas 2 X 610 MW (Total 1220 MW) yang dimiliki oleh PT. Jawa Power untuk memenuhi kebutuhan listrik di pulau Jawa, Madura dan Bali (JAMALI) melalui perjanjian jual listrik (PPA) dengan PT. PLN Persero (Perusahaan Listrik Negara) selama 30 tahun sejak tahun 1998/1999.

Pada masa awal konstruksi, Paiton Private Power Project unit 5 & 6 merupakan sebuah konsorsium yang disebut sebagai “Consortium Jawa Power” terdiri atas Siemens SPV (Siemens Project Venture) yang berasal dari Jerman, PowerGen yang berasal dari UK-Inggris, serta PT. Bumi Pertiwi yang berasal dari Indonesia. Masing – masing perusahaan tersebut mempunyai jumlah saham yang berbeda antara lain Siemens SPV sebesar 50 % , PowerGen sebesar 35 % dan PT. Bumi Pertiwi 15 %

Ketiga pemegang saham tersebut nantinya membentuk PT. Jawa Power sebagai pemilik PLTU 5 & 6. Sedangkan PT. PowerGen Jawa Timur sebagai anak perusahaan PowerGen UK-Inggris pemilik saham 35% tersebut yang mengoperasikan PLTU unit 5 & 6. Dalam hal ini PT. PowerGen Jawa Timur disebut sebagai Perusahaan *O & M* (*Operations and Maintenance*) yang mengoperasikan dan merawat PLTU unit 5 & 6 sejak akhir Desember 1998 hingga Desember tahun 2004.

Pada Tanggal 31 Mei 2004, saham PT. PowerGen UK (35 %) di jual kepada YTL Power melalui sebuah perjanjian jual beli. Dengan adanya perjanjian jual beli saham tersebut, maka sejak tanggal 8 Desember 2004 PLTU unit 5 & 6 diserahkan dari PT. PowerGen Jawa Timur selaku anak perusahaan PowerGen UK-Inggris kepada PT. YTL Jawa Timur selaku anak perusahaan YTL Power KL-Malaysia. Maka mulai saat itulah PT. YTL Jawa Timur resmi sebagai Perusahaan *O & M* (*Operations and Maintenance*) yang mengoperasikan dan merawat PLTU unit 5 & 6.

Ada beberapa kesepakatan dan perjanjian lainnya sebagai pendukung dan penyokong kinerja PT. YTL Jawa Timur selaku *O & M* PLTU Unit 5 & 6. Perjanjian – perjanjian tersebut antara lain :

2.1.1. Perjanjian Supply batu bara dengan PT. Kideco dan PT. Berau, dalam hal :

- a. Peningkatan infrastruktur pertambangan yang besar.
- b. Perjanjian supply jangka panjang (30 tahun).
- c. Supply batubara sesuai kebutuhan O&M.
- d. Jadwal pengiriman batubara diatur oleh O&M.

2.1.2. Core Skills dengan PT. YTL Jawa Timur, yaitu :

- a. Power Station Operation
- b. *Maintenance Service*

2.1.3. O&M Agreement, yaitu :

- a. Merekrut dan melatih tim Indonesia.
- b. Membangun kebijakan, prosedur dan strategi.
- c. Melakukan business management sistem.
- d. Mengembangkan Health & Safety *System*.
- e. Mematuhi hukum Indonesia.

2.1.4. Perjanjian dengan PT. YTL pembangkit Jawa, Bali dan Madura
Sebagai konsumen tetap (Power Purchase Agreement) dari PT. YTL Jawa Timur, meliputi :

- a. Pembelian minimum 80% dari net availability.
- b. Pembelian minimum 80% dari net availability.
- c. Perjanjian 30 tahun dan Disetujui pemerintah.

2.1.5. Perjanjian pengangkutan batubara melalui jalur laut :

Paiton Shipping Inc.

2.2. Visi

- a. Menjadi perusahaan utama di bidang pengoperasian dan pemeliharaan pembangkit listrik yang memberikan pelayanan kelas dunia kepada PT. Jawa Power di Indonesia.
- b. Menjadi dikenal di Indonesia sebagai perusahaan yang paling maju dan terkemuka.

2.3. Misi

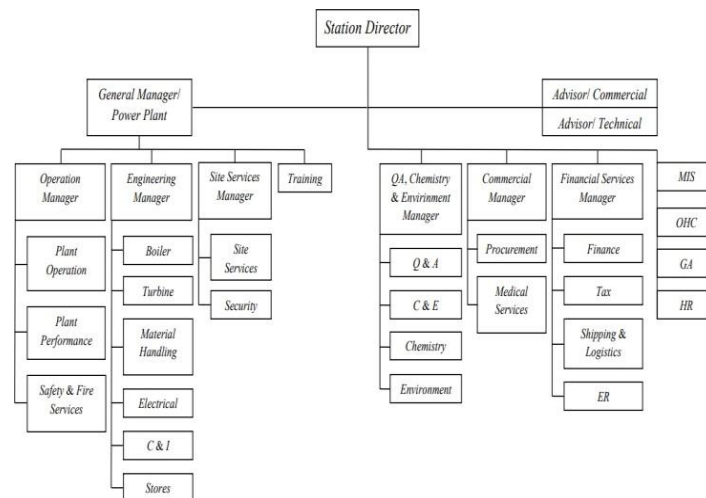
- a. Menjadi perusahaan utama di bidang pengoperasian dan pemeliharaan pembangkit listrik yang memberikan pelayanan kelas dunia kepada PT. Jawa Power di Indonesia.
- b. Menjadi dikenal di Indonesia sebagai perusahaan yang paling maju dan terkemuka.

2.4. Motto

“World Class Products at Third World Prices”

2.5. Struktur Organisasi

Struktur organisasi merupakan kerangka yang menggambarkan fungsi-fungsi, tugas, hubungan, dan tanggung jawab di setiap komponen, sehingga pembagian pekerjaan dapat terlihat dengan jelas. Struktur organisasi yang ada di PT. YTL Jawa Timur adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Struktur Organisasi PT YTL

2.6. Bidang Usaha

Konsumen satu-satunya yang dimiliki oleh PT. YTL Jawa Timur adalah PT. PLN Persero (Perusahaan Listrik Negara). PT. YTL Jawa Timur dapat memproduksi listrik sebesar 1220 MW (Mega Watt) yang merupakan produksi dari dua unit yang dimilikinya (unit 5 & unit 6). Masing-masing unit memproduksi 610 MW. Proses produksi PT. YTL Jawa Timur adalah sesuai dengan permintaan PT. PLN Persero. PT. PLN Persero akan mengeluarkan load schedule. Load schedule ini dikeluarkan mingguan dan harian. Jika terjadi perubahan, maka PT. PLN Persero akan mengeluarkan Revisi *Load*. Bila perubahan yang terjadi bersifat mendadak revisi *load* ini dapat disampaikan lewat telepon (by phone) dan faksimile. Adanya *load schedule* ini dikarenakan energi listrik tidak dapat disimpan, sehingga untuk meningkatkan efisiensi perlu adanya keseimbangan antara permintaan konsumen (demand) dan jumlah energi yang dihasilkan setiap *power plant* (supply).

Untuk kawasan Jawa Bali, PT. PLN Persero memiliki Pusat Pembagian dan Pengaturan Beban (P3B) yang terletak di Gandul, Jawa Barat. Fungsi dari P3B ini antara lain adalah :

1. MeMonitor kondisi *great system / power system*, dan
2. Mengatur *supply and demand*.

Jadi P3B inilah yang membuat *load schedule* untuk setiap *power plant*.

Dalam sistem jual beli, dapat dikatakan bahwa PT. YTL Jawa Timur adalah penjual dan PLN adalah pembelinya. Pembayaran yang dilakukan oleh PLN dilakukan atas beberapa parameter, yaitu :

1. Pembayaran per Daya (Mega Watt) yang dihasilkan. Jadi berapapun besar Daya yang dihasilkan oleh PT. YTL Jawa Timur, PLN akan membayarnya dengan ketentuan harga yang berlaku.
2. Selain dibayar per Daya, PT. YTL Jawa Timur juga akan diberikan pembayaran ketika PT. YTL Jawa Timur dapat memenuhi *load schedule* dari PLN. Bila tidak, maka PT. YTL Jawa Timur hanya menerima pembayaran per Daya yang dapat dihasilkan (hanya mendapat pembayaran seperti pada poin 1). Kejadian ini disebut dengan *Derating* (tidak dapat memenuhi permintaan PLN).

Derating (tidak dapat memenuhi permintaan PLN) dapat terjadi ketika PT. YTL Jawa Timur mengalami *Shutdown* sehingga tidak dapat beroperasi. *Shutdown* sendiri terbagi menjadi dua kejadian, yaitu :

1. *Shutdown* yang terjadwal (*scheduled*)
Misalnya *outage* yang dilaksanakan setahun dua kali. *Shutdown* yang terjadwal tidak dikenai mekanisme derating.
2. *Shutdown* yang tidak terjadwal (*unscheduled*)
Misalnya terjadi *trip* atau kerusakan. Pada saat terjadi *Shutdown* yang tidak terjadwal inilah PT. YTL Jawa Timur mengalami derating.

Pada akhirnya, P3B Gandul, Jawa Barat akan mengatur distribusi listrik untuk pulau Jawa dan Bali. Di Pulau Jawa dan Bali sendiri *power plant* yang menyuplai listrik berada di Suralaya, Semarang, Gresik, Pasuruan, Paiton, dll. Bila ada salah satu pembangkit yang *Shutdown* (tidak dapat menyuplai listrik) dan tidak dapat dipenuhi oleh pembangkit lainnya (pembangkit lainnya menerima beban berlebih), maka dilakukan pemadaman listrik oleh PLN dengan prioritas- prioritas daerah pemadaman yang telah ditetapkan oleh PLN sebelumnya. Sebagai contoh istana negara merupakan tempat dengan prioritas yang tertinggi.

2.7. Lokasi Perusahaan

PT. YTL Jawa Timur berada di Jalan Raya Surabaya-Situbondo KM 141 tepatnya di desa Binor, kecamatan Paiton, kabupaten Probolinggo, provinsi Jawa Timur. PT YTL Jawa Tiur berada di Unit 5 dan Unit 6 PLTU PAITON dengan lengkapnya yang dimana lokasi tersebut dapat dijangkau secara mudah dari jalan darat yang merupakan jalur lintas jawa-bali dan jalur laut yang dapat digunakan untuk transportasi komponen-komponen proses produksi dan peralatan berat serta pengangkutan batu bara ke pusat produksi. Lokasi ini dipilih guna memperlancar proses produksi listrik dan keperluan-keperluan lainnya. Dalam hal ini terutama jalur laut yang merupakan sarana transportasi utama untuk suplai batubara dalam jumlah besar dari pulau Kalimantan, pulau tempat PT. Kideco dan PT. Berau berada.



Gambar 2. 2 *Overview* PLTU Jawa Timur

2.8. Safety Infection dan Sistem Manajemen Keselamatan Kerja (K3)

Penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja di PT.YTL Jawa Timur dilaksanakan sesuai dengan peraturan menteri tenaga kerja PER 05/MEN/1996 tentang sistem manajemen K3 di tempat kerja. Penerapan ini merupakan suatu bentuk upaya untuk memberikan perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja kepada seluruh pekerja sehingga dapat tercipta suatu lingkungan kerja yang aman.

Sistem manajemen K3 adalah bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumberdaya yang dibutuhkan untuk pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan K3 dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tenaga kerja yang sehat, aman, efesien dan produktif.

Dalam penerapan sistem manajemen K3 ini melibatkan secara aktif

semua unsur yang ada di PT. YTL Jawa Timur. Sertifikasi SMK3 diperoleh pada tahun 2000 sedangkan pada tahun 2001 PT. YTL Jawa Timur telah memperoleh penghargaan bendera emas untuk penerapan sistem manajemen K3.

2.8.1. Sasaran Kebijakan K3 PT. YTL Jawa Timur

Untuk memenuhi komitmen tersebut, maka PT. YTL Jawa Timur mempunyai sasaran sebagai berikut :

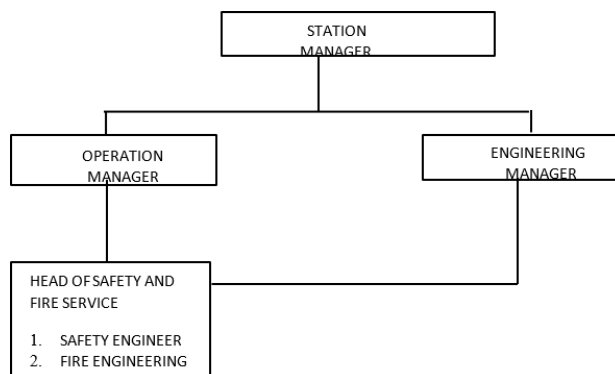
1. Menyediakan dan memelihara tempat kerja yang sehat dan aman.
2. Mendorong standar yang tinggi di bidang keselamatan dan kesehatan kerja.
3. Menerapkan standar yang minimal sama dengan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja serta memberi informasi, instruksi, pelatihan dan supervisi kepada karyawan untuk memastikan agar mereka menjalankan cara kerja yang aman.
4. Menerapkan sistem untuk mengidentifikasi bahaya dan mengevaluasi terhadap resiko guna memastikan bahwa selalu dilaksanakannya cara kerja yang aman.
5. Memastikan bahwa aspek keselamatan dan kesehatan kerja pada semua aktifitas, bahan peralatan atau proses baru telah dievaluasi dan dikelola sebagaimana mestinya dan mendorong partisipasi terhadap langkah-langkah yang ditujukan untuk memperbaiki keselamatan dan kesehatan kerja.
6. Melakukan pemantauan terhadap sasaran keselamatan dan kesehatan kerja, pengukuran kinerja, dan audit terhadap prosedur.
7. Melakukan kajian secara berkala terhadap sistem manajemen kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja.
8. Menyampaikan informasi keselamatan dan kesehatan kerja kepada para kontraktor dan menerapkan sistem pemantauan agar sesuai dengan standar yang diterapkan oleh PT. YTL Jawa Timur.

2.8.2. Pelaksanaan Kebijakan K3 PT. YTL Jawa Timur

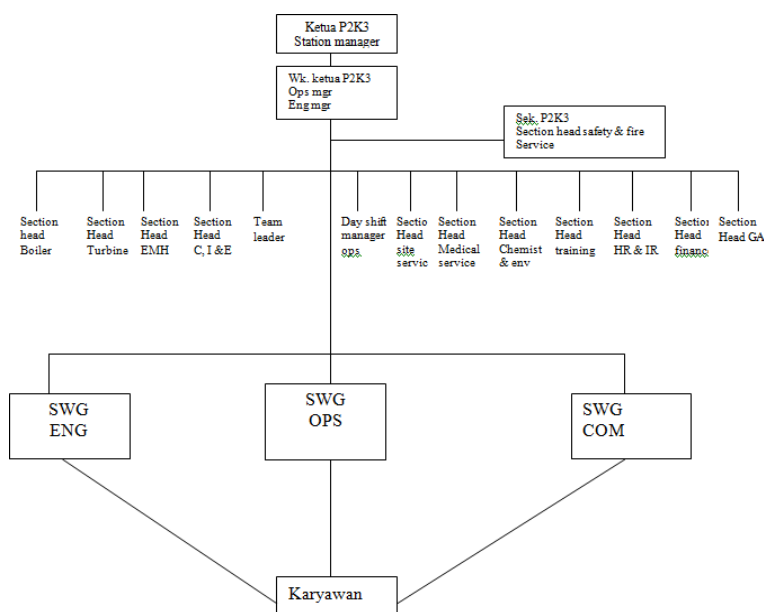
Guna memenuhi sasaran tersebut, maka PT. YTL Jawa Timur menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

9. Mengeluarkan perincian pernyataan tertulis yang berlaku di lingkungan perusahaan tentang pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja.
10. Mengalokasikan sumber daya yang cukup untuk menetapkan dan memelihara keselamatan dan kesehatan kerja.
11. Menyediakan fasilitas PPPK (Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan) dan mendukung inisiatif serta cara kerja yang sesuai dengan keselamatan dan kesehatan kerja yang baik dan benar.
12. Mempersiapkan agar karyawan mampu mengelola keselamatan dan kesehatan kerja.
13. Menyusun rencana tindakan antisipasi jika terjadi kebakaran dan kemungkinan keadaan darurat lainnya.
14. Memberi informasi dan pelatihan tentang keselamatan dan kesehatan kerja.
15. Menetapkan prosedur bagi karyawan dalam melakukan komunikasi dan partisipasi pada kegiatan yang berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja.
16. Menyediakan peralatan perlindungan diri/ *PPE (personal protective equipment)* dan memastikan agar dilakukan perawatan serta dipergunakan sebagaimana mestinya serta mendorong setiap orang untuk mengembangkan perhatian dan semangatnya terhadap keselamatan dan kesehatan kerja.
17. Menetapkan dan mempertahankan standar yang tinggi dalam menjaga kebersihan di semua tempat kerja perusahaan.

2.8.3. Struktur Organisasi K3 PT. YTL Jawa timur



Gambar 2. 3 Struktur Organisasi PT YTL Jawa Timur



Gambar 2. 4 Struktur Organisasi P2K3 PT YTL Jawa Timur

2.1.2 Peran P2K3

Organisasi P2K3 PT YTL Jawa Timur berbentuk organisasi non fungsional yang disahkan oleh Dinas Tenaga Kerja. P2K3 berfungsi sebagai badan pembantu manajemen di tempat kerja yang merupakan wadah kerjasama antara pengusaha dan karyawan untuk mengembangkan kerjasama yang saling pengertian dan berpartisipasi aktif didalam penerapan keselamatan dan kesehatan di perusahaan.

Hubungan P2K3 didalam aktifitas K3 dan perusahaan adalah berperan

sebagai pengawas dan pembina K3 dimana di dalam melaksanakan kegiatannya diperlukan suatu hubungan kerja dengan organisasi fungsional yang ada didalam perusahaan yang bertanggung jawab kepada manajemen perusahaan.

Untuk melakukan koordinasi dan memberikan informasi tentang hasil- hasil keputusan yang diambil oleh P2K3 diperlukan suatu kerja keras dari masing- masing *head section* untuk dapat menyampaikannya ke unit kerjanya yang terkecil. Sidang P2K3 dilakukan setiap dua bulan sekali dihadiri oleh seluruh anggota P2K3 serta perwakilan dari setiap *safety working group* dan dipimpin langsung oleh *Station director* PT. YTL Jawa Timur. Sidang ini dilakukan untuk membahas apa saja yang telah ditemukan serta hambatan-hambatan yang dihadapi oleh masing-masing group agar dapat diambil keputusan dalam pertemuan P2K3.

Selain mendorong agar karyawan aktif dalam *safety working group*.

P2K3 juga aktif melakukan kegiatan:

1. *Workplace Inspection (general Inspection)* bersama-sama *section head* dari masing-masing *section* untuk melihat tempat tugas yang menjadi tanggung jawab mereka
2. *Safety meeting* yang diselenggarakan oleh masing-masing *safety working group* yang membahass masalah-masalah K3.
3. Internal audit yang dilakukan oleh masing-masing *section head* untuk memastikan K3 perusahaan dijalankan.
4. *Safety quiz* yang dibuat oleh P2K3 bagi seluruh karyawan dengan mendapatkan hadiah dimana pertanyaan untuk *safety quiz* berkaitan dengan masalah-masalah K3.
5. Menyebarluaskan informasi melalui *safety alert* yang didistribusikan melalui jaringan komputer.
6. Memberikan akses kepada setiap karyawan untuk membuka sendiri dan membaca peraturan persahaan mengenai *health & safety* pada share drive yang telah disediakan melalui jaringan komputer perusahaan
7. *External auditor*, dilakukan dengan kerjasama dengan pihak luar perusahaan.
8. Laporan bulanan *safety performance report* yang ditempelkan pada papan-papan pengumuman di masing-masing *section* untuk dapat dibaca oleh seluruh karyawan

9. *Contractor safety audit* untuk memastikan kontraktor menjalankan peraturan K3 perusahaan.

2.8.4. Penerapan Sistem Manajemen K3

Untuk mencapai semua tujuan tentang keselamatan dan kesehatan kerja yang telah tertuang dalam kebijakan perusahaan PT. YTL Jawa Timur menunjuk seorang personel yang memiliki kualifikasi ahli K3 yang resmi yang ditunjuk melalui surat pengangkatan menteri tenaga kerja dan transmigrasi yang sesuai peraturan perundangan-undangan tentang penunjukan seorang tenaga ahli K3.

Selain itu PT. YTL Jawa Timur juga telah mempertimbangkan hal – hal yang diatur dalam PerMen no. 05/MEN/1996 untuk suatu manajemen yang efektif, antara lain:

- 1) Menyediakan sumber daya yang memadai sesuai dengan kondisi dan kebutuhan perusahaan.
- 2) Melakukan identifikasi kompetensi kerja yang dilakukan pada tingkatan manajemen perusahaan dan menyelenggarakan setiap pelatihan yang dibutuhkan.
- 3) Membuat ketentuan umum untuk mengkomunikasikan informasi keselamatan dan kesehatan kerja secara efektif.
- 4) Membuat peraturan atau prosedur kerja dengan mendapatkan saran-saran dari para ahli K3.
- 5) Membuat peraturan atau prosedur untuk pelaksanaan konsultasi dan keterlibatan tenaga kerja secara aktif.

Untuk melibatkan secara aktif setiap *section* yang ada di PT. YTL Jawa Timur telah dibuat suatu sistem manajemen dalam penerapannya, yaitu:

1. *Safety Working Group*

Setiap *section* yang ada di PT. YTL Jawa Timur telah membentuk *safety working group*. Setiap pertemuan yang dilakukan selalu mengundang ahli K3 untuk mendapatkan penjelasan-penjelasan mengenai aturan – aturan kerja dari peraturan yang berlaku. Minimal 2 (dua) bulan sekali seluruh *working group* mengadakan pertemuan.

2. Pak dan Bu *Safety*

Dalam menjalankan aktifitasnya, pada setiap *safety working group* dilakukan oleh Pak dan Bu *Safety*, tugas mereka antara lain:

- a) Mengagendakan pertemuan internal di dalam group yang menjadi tanggung jawab mereka
- b) Memilih topik-topik yang akan didiskusikan dalam pertemuan internal group.
- c) Membuat undangan kepada seluruh anggota internal *safety working group*
- d) Menentukan dan mengatur tempat pertemuan *safety working group*
- e) Mencatat hasil pertemuan dan mem-*follow up* hasil-hasil pertemuan *safety working group* kemudian melaporkan ke *safety section*.
- f) Melaporkan kepada *section head* hal-hal yang tidak bisa diputuskan di dalam *safety working group* agar dapat dibawa di dalam pertemuan P2K3.

2.8.5. Kesejahteraan Sosial dan Fasilitas Karyawan

Menjaga kesehatan dengan sebaik-baiknya merupakan tanggung jawab setiap individu. Oleh karena itu, karyawan bertanggung jawab untuk selalu berusaha sebaik-baiknya menjaga kesehatan dirinya sendiri serta tanggungannya. Dari waktu ke waktu perusahaan akan menegosiasikan kontrak dengan Perusahaan Asuransi Kesehatan untuk menjaga jaminan kesejahteraan karyawannya. Fasilitas ini akan berlaku bagi semua karyawan tetap serta tanggungannya, sesuai persyaratan yang dirinci dalam Program Kesejahteraan Karyawan PT. YTL Jawa Timur. Salinan Program Kesejahteraan Karyawan dapat diperoleh dari HR *Dept*. Tiap karyawan akan memperoleh satu salinan Program Kesejahteraan Karyawan yang terbaru pada saat pertama masuk Perusahaan.

2.8.6. Jaminan Sosial Tenaga Kerja (Jamsostek)

UU No. 3 Tahun 1992 mewajibkan perusahaan dan karyawan menjadi peserta program Jamsostek, yakni program Jaminan Sosial Tenaga Kerja yang diselenggarakan oleh Pemerintah Republik Indonesia melalui PT. Jamsostek. Program Jamsostek menyediakan jaminan perlindungan dasar terhadap resiko kecelakaan kerja, kematian dan lanjut usia. Besarnya iuran yang dibayarkan setiap

bulan pada saat ini adalah 6,89 % dari gaji bulanan, Ada 4 (empat) iuran yang harus dibayarkan setiap bulannya. Keempat iuran tersebut seperti tampak pada tabel berikut:

Tabel 2 Besarnya iuran 1 iuran yang harus dibayarkan setiap bulan

Asuransi Kematian (AK)	0.30 %	Dibayar oleh perusahaan
Asuransi Kecelakaan Kerja (AKK)	0.89 %	Dibayar oleh perusahaan
Tunjangan Hari Tua (THT)	3.70 %	Dibayar oleh perusahaan
Tambahan	2.00 % 3.70 %	Dibayar oleh karyawan

Tiap bulan perusahaan akan memotong iuran karyawan dari penghasilannya serta menyetorkannya bersama-sama dengan iuran perusahaan ke PT. Jamsostek.

2.8.7. Asuransi Pengobatan dan Kesehatan

Perusahaan memberikan kepada karyawan dan anggota keluarganya fasilitas pengobatan dan pertanggungan asuransi, yang terdiri dari istri dan maksimum 3 (tiga) anak. Asuransi pengobatan dan kesehatan meliputi perawatan rumah sakit, sakit keras, melahirkan, pengobatan gigi, dan perawatan khusus.

2.8.8. *Personal Accident and Term Life Insurance*

Perusahaan memberikan kepada karyawan asuransi *Personal Accident*. Premi asuransi ini secara keseluruhan ditanggung oleh perusahaan. Nilai pertanggungan dibayarkan apabila terjadi kematian atau cacat tetap akibat dari suatu kecelakaan.

2.8.9. Perumahan Perusahaan

Perumahan disediakan oleh perusahaan untuk karyawan tertentu yang ditentukan oleh perusahaan. Suatu *housing allowance* dapat diberikan tergantung golongan karyawan. Lokasi perumahan ini berjarak ± 6 km di sebelah barat *plant*.

BAB III

PELAKSANAAN MAGANG

3.1 Pelaksanaan Magang

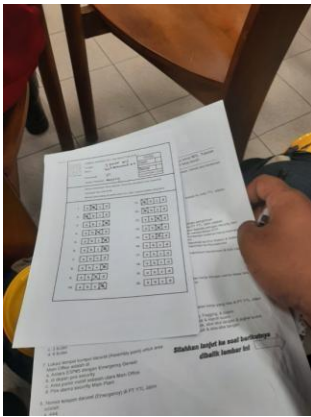
Tahun : 2025

Periode : Magang Bulan Januari Sampai Bulan Mei (87 hari kerja)

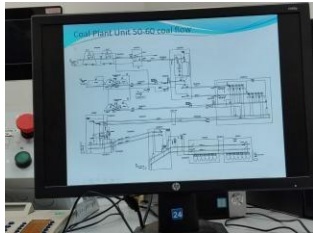
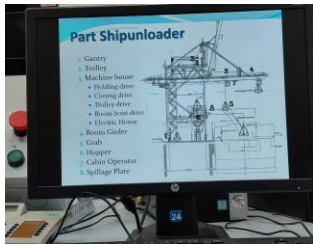
Tempat : PT. YTL Jawa Timur Power II Station Unit 5 & Unit 6 PLTU
Paiton

Divisi Magang : *Daily Shift Operational*

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Magang

Hari ke-	Waktu (Datang dan Pulang)	Kegiatan			
		Jam Mulai	Jam Selesai	Informasi Kegiatan (Beserta Tempat)	Dokumentasi
1	Jumat, 10 Januari 2025 (6.38 - 16.00)	7.00	16.00	<i>Self Introduction dan safety induction pembuatan ID Card Mengetahui K3 pada lokasi dan pengetahuan tentang nama lokasi yang ada di site plant.</i>	 

2	Senin, 13 Januari 2025 (6.30- 16.00)			Mengidentifikasi kualitas pembakaran dari slag yang dihasilkan	
3	Selasa, 14 Januari 2025 (6.20- 16.00)	7.00	16.00	Operator conveyor dan Pembuangan Limbah Mengetahui cara kerja conveyor dan proteksi, serta mengetahui apa saja limbah dari batubara PLTU dan cara penanganannya, seperti flyash, bottom ash, serta alatnya yaitu esp.	
4	Rabu, 15 Januari 2025 (6.49- 16.00)	7.00	16.00	<i>Workdown Operator WTP</i> Mengetahui bagaimana apa itu WTP (<i>Water Treatment Plant</i>) dan cara kerja dari WTP, yaitu air perlu melalui beberapa proses seperti Reverse Osmosis (RO), pemberian resin untuk menjadi air demind. Serta tank yang dikelola yaitu <i>service, demin, portable tank</i>	

5	Kamis, 16 Januari 2025 (6.40- 16.00)	7.00	16.00	Pengenalan alat alat yang ada di stockpile secara langsung serta mempelajari alat-alat yang ada di stockpile secara langsung dan apa saja sistem proteksinya disama seperti conveyor, tower conveyor, stacker dan reclaimers di <i>coal plant</i>	 
6	Jumat, 17 Januari 2025 (6.30- 16.00)	7.00	16.00	Visit ke UBX (sistem kontrol <i>coal plant</i>) mulai dari <i>on going</i> sampai dengan outgoing batu baru dengan melihat bagaimana sistem kontrol <i>coal plant</i> mulai dari batu bara dari kapal tongkang hingga ke bunker dan dimasukkan ke <i>Boiler</i> dan mengetahui <i>fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> hasil dari sisa pembakaran batu bara.	 

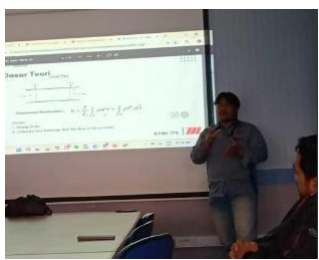
7	Senin, 20 Januari 2025 (6.52 - 16.01)	7.00	16.00	<i>Work down</i> mengenai <i>coal plant</i>, dan mengetahui kedatangan <i>tugboat</i>, proses <i>stacking</i>, <i>reclaiming</i> sampai dikirimnya <i>treatment</i> batubara di <i>coal plant</i>. (Coal Plant, Jetty PLTU Paiton 5 dan 6 PT YTL Jawa Timur)	
8	Selasa, 21 Januari 2025 (6.50 – 16.00)	7.00	16.00	Pemberian materi WTP (<i>Water Treatment Plant</i>), WWTP (<i>Waste Water Treatment Plant</i>), ECP (<i>Electric Chloronize Plant</i>) sampai Pompa Dosing dan materi dibawa oleh Bapak Didik. (Trainning Room 2 Gedung TO PT YTL Jawa Timur)	
9	Rabu, 22 Januari 2025 (7.12– 16.00)	7.00	16.00	<i>Work down</i> ke <i>Soot Blow area</i>, <i>Longstroke Retractable</i>, <i>Half stroke Retractable</i>, dan <i>Wall Blow</i> serta pembekalan materi <i>ZoloBoss</i> dan <i>Ansys CFD</i> oleh Mas Gigih.	 

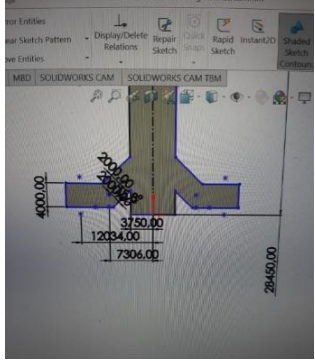
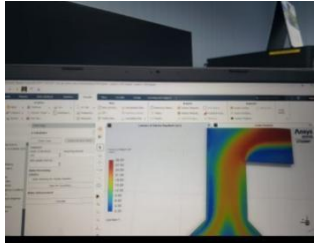
10	Kamis, 23 Januari 2025 (6.56– 15.45)	7.00	16.00	Visiting ke Dokumen <i>Control</i> untuk membaca dan mencari buku yang berkaitan dengan PLTU serta membaca dan mengetahui PLTU secara menyeluruh dalam bentuk penulisan sehingga mengetahui detail alat - alat yang dibutuhkan.	
11	Jumat, 24 Januari 2025 (7.15– 16.00)	7.00	16.00	Visiting ke CCR (<i>Central ControlRoom</i>) dengan mengetahui cara kontrol <i>main</i> <i>plant</i> PLTU serta mengetahui indikator <i>Alarm</i> yang ada di industri	
12	Senin, 27 Januari 2025	Cuti Bersama Isra Mikraj Nabi Muhammad 2025			
13	Selasa, 28 Januari 2025	Cuti Bersama Tahun Baru Imlek 2025			
14	Rabu, 29 Januari 2025	Cuti Bersama Tahun Baru Imlek 2025			

15	Kamis, 30 Januari 2025 (6.50- 16.01)	7.00	16.00	<i>Visiting ke ash plant/ ash lagoon area untuk melihat pembuatan paving dari limbah batubara (bottom ash) dari hasil pembakaran Boiler (furnace) didampingi oleh Pak Yazid.</i>	
16	Jumat, 31 Januari 2025 (6.43- 16.01)	7.00	16.00	Melakukan kegiatan di <i>paving plant</i> melihat cara pembuatan paving dan mengukur beban listrik yang ada di pabrik paving didampingi oleh Pak Yazid.	
17	Senin, 3 Februari 2025 (6.43- 16.01)	7.00	16.00	Melakukan pengukuran kecepatan angin di paving plan serta mengetahui cara mengukur kecepatan angin menggunakan anemometer sehingga dapat mengetahui potensi kecepatan angin di <i>paving plant</i> .	

18	Selasa, 4 Februari 2025 (6.40- 16.01)	7.00	16.00	Melakukan visit ke baterai PLTU dan mengetahui kegunaan baterai di PLTU sehingga mengetahui spesifikasi baterai yang digunakan di unit 50 dan 60 dan visiting ditemani oleh Pak Maman.	
19	Rabu, 5 Februari 2025 (6.58- 16.01)	7.00	16.00	Melakukan <i>Visit</i> ke <i>Inverter</i> PLTU dan mengetahui kegunaan <i>inverter</i> di PLTU serta mengetahui spesifikasi <i>inverter</i> yang digunakan ditemani <i>visiting</i> oleh Pak Maman.	
20	Kamis, 6 Februari 2025 (6.50- 16.01)	7.00	16.00	Mengerjakan laporan magang serta mengerjakan project magang.	

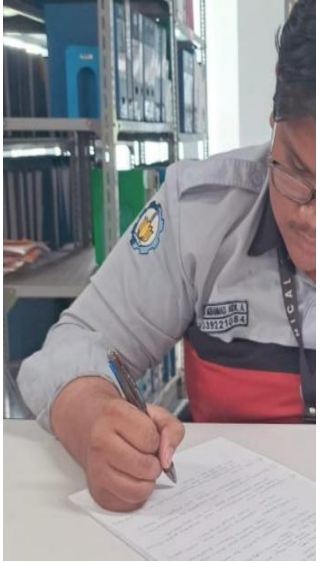
21	Jumat, 7 Februari 2025 (6.52- 16.01)	7.00	16.00	Melakukan pengukuran beban pada paving <i>plant</i> serta mengetahui beban daya yang ada pada paving <i>plant</i> sehingga Mengetahui cara mengukur beban menggunakan <i>tang amperemeter</i> .	
22	Senin, 10 Februari 2025 (7.00- 16.01)	7.00	16.00	Penjelasan mengenai PLTB oleh Pak Maman sehingga mengetahui <i>Software</i> yang dibutuhkan untuk perencanaan PLTB dan mengetahui hal apa saja yang harus dihitung sebelum realisasi PLTB.	
23	Selasa, 11 Februari 2025 (6.49- 16.01)	7.00	16.00	Penjelasan mengenai PLC di <i>ash plant</i> dan mengetahui PLC yang digunakan di <i>ash plant</i> .	

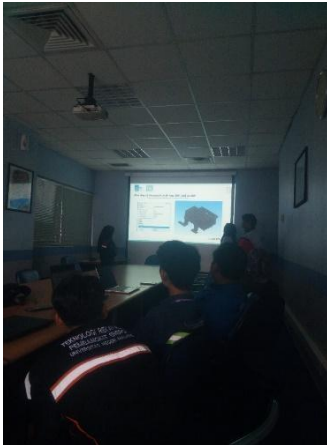
24	Rabu, 12 Februari 2025 (6.50- 16.00)	7.00	16.00	Penjelasan mengenai kelistrikan di <i>paving plant</i> serta mengetahui alur kelistrikan di <i>paving plant</i> .	
25	Kamis, 13 Februari 2025 (6.31- 16.20)	7.00	16.00	Presentasi ke-1 mengenai <i>progress</i> laporan magang tentang ID Fan dengan judul “Analisis Aliran Fluida Pada <i>Ducting Outlet Air heater</i> Hingga <i>Inlet Gas-Gas Heater</i> Menggunakan <i>ANSYS CFD</i> untuk Mengetahui Efek <i>Head Loss</i> Terhadap Performa <i>ID FAN</i> Pada PLTU Paiton Unit 5 PT YTL Jawa Timur”. (Meeting Room Daily Shift Operation).	

26	Jumat, 14 Februari 2025 (6.55-16.00)	7.00	16.00	Menyimak dan berdiskusi pada presentasi tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Bayu dengan Bapak Maman Pribadi, S.T sebagai pembimbing lapangan. (Day Operation Controller).	
27	Senin, 17 Februari 2025 (6.56-16.04)	7.00	16.00	Pengambilan data ukuran 2D untuk membuat 3D Modelling dari Inlet to outlet ESP (Electrostatic Percipitator). (Document Control)	
28	Selasa, 18 Februari 2025 (6.49-16.01)	7.00	16.00	Mulai menggambar 3d Modelling menggunakan Solidworks 2020 Software : 1. Selasa : membuat Hopper Chute dan ESP	
29	Rabu, 19 Februari 2025 (6.49-16.01)	7.00	16.00	2. Rabu : Membuat Inlet ESP 3. Kamis : membuat outlet ESP	

30	Kamis, 20 Februari 2025 (6.49- 16.01)	7.00	16.00	Assembly bagian (HVAC Day Operation Controller Room)	
31	Jumat, 21 Februari 2025 (6.49- 16.01)	7.00	16.00		
32	Senin, 24 Februari 2025 (6.49- 16.01)	7.00	16.00	Merevisi 3D <i>Modelling ESP Inlet</i> sampai <i>Outlet</i>	
33	Selasa, 25 Februari 2025 (6.38- 15.49)	7.00	16.00	Pembekalan materi analisis <i>ansys</i> dengan poros medium oleh Pak Gigih.	

34	Rabu, 26 Februari 2025 (6.58- 16.00)	7.00	16.00	Diskusi mengenai TMM (Technical Manager Meeting) dengan materi yang dibawakan setiap pagi pukul 08.30 tentang apa yang sudah terjadi, apa yang dikerjakan hari ini, dan apa yang dikerjakan yang akan datang Bersama Pak Maman S.T. (DSO room).	
35	Kamis, 27 Februari 2025 (6.50- 16.00)	7.00	16.00	Mengetahui SLD dari unit 6, serta data UAT dan spesifikasinya yaitu jenis Siemens TLUN	
36	Jumat, 28 Februari 2025 (6.58- 16.00)	7.00	16.00	Memahami bagaimana cara kerja dari Genset, bagaimana cara melakukan tes dari cek oli, cek bahan bakar, ruang mesin, serta proses menyalakan, sinkronisasi dan mematikannya.	

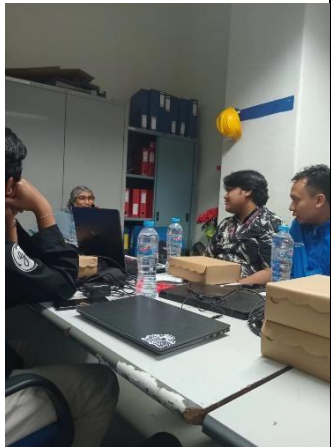
37	Senin, 3 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melakukan diskusi bagaimana project PLTB yang sudah di rencanakan, konsultasi terkait judul laporan magang	
38	Selasa, 4 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melakukan Predictive Maintenance dan warm up pada Generator	
39	Rabu, 5 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mengetahui Output yaitu nett dan gross, berapa MW yang dipakai sendiri, serta data arus pada beban.	

40	Kamis, 6 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mendapat pengarahan dan penjelasan terkait Pf dan juga contoh kasus.	
41	Jumat, 7 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mengetahui cara kerja PWG bagaimana fungsi PWG untuk membersihkan slack pada <i>boiler</i>	
42	Senin, 10 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	<i>Workdown</i> bagian dari unit 6 dari atas dan, memahami bagaimana alur conveyor dari atas	
43	Selasa, 11 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Presentasi ke-2 mengenai <i>progress</i> menganalisis aliran pada saluran depan, <i>main ESP</i> , dan saluran belakang atau <i>outlet Electrostatic Percipitator (ESP)</i> laporan dan tugas magang tentang ID Fan dengan judul “Analisis Aliran Fluida Pada <i>Ducting</i>	

				<i>Outlet Air heater</i> Hingga <i>Inlet Gas-Gas Heater</i> Menggunakan <i>ANSYS CFD</i> untuk Mengetahui Efek <i>Head Loss</i> Terhadap Performa <i>ID FAN</i> Pada PLTU Paiton Unit 5 PT YTL Jawa Timur”. (Meeting Room Daily Shift Operation).	
44	Rabu, 12 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Menyimak dan berdiskusi pada presentasi tentang Pembangkit Listrik Tenaga Surya.	
45	Kamis, 13 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Memahami bagaimana cara kerja dari pull cord, bagaimana cara me <i>release</i> setelah penggunaan pull cord	

46	Jumat, 14 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mengetahui dan memahami terkait harmonisa kelistrikan dalam itu apa serta pengertian Bersama Pak Gladih di HVAC PT YTL Jawa Timur	
47	Senin, 17 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mengetahui cara kerja proses pengangkutan batu bara dan mengidentifikasi apa saja kendala yang mungkin terjadi.	
48	Selasa, 18 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mengetahui bagaiman cara kerja <i>steam drum</i> , dan bagaimana bentuk dari <i>steam drum</i> .	
49	Rabu, 19 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mengambil data real time pada CCR untuk UAT	

50	Kamis, 20 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melakukan pengecekan pada oli di disel, serta pengecekan bahan bakar solar	
51	Jumat, 21 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Penjelasan mengenai <i>power factor electro</i> dengan menyimak penjelasan dari filosofinya hingga rumus-rumusnya oleh Pak Glady di HVAC Room.	
52	Senin, 24 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melihat runtest genset 1 dengan Mengetahui cara cek oli diesel, mengetahui cara cek bahan bakarnya cara kerja runtest genset pada ruang <i>Container UBX PT YTL Jawa Timur</i> .	

53	Selasa, 25 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melihat dan mencoba mengoperasikan runtest genset 2 dengan mengetahui cara cek oli diesel, mengetahui cara cek bahan bakarnya serta mengetahui cara runtest genset pada ruang <i>Container UBX PT YTL Jawa Timur</i> .	
54	Rabu, 26 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Penjelasan oleh konsultan mengenai project PLTB dengan mengetahui cara menghitung BEP PLTB serta mengetahui investasi awal yang dikeluarkan untuk pembangunan PLTB.	
55	Kamis, 27 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Menyimak dan berdiskusi pada presentasi tentang Pembangkit Listrik Tenaga Bayu..	

56	Jumat, 28 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Penjelasan mengenai harmonisa elektro dengan menyimak penjelasan dari filosofinya hingga rumus-rumusny serta mengetahui solusi agar tidak terjadi harmonisa pada gelombang sinus oleh Pak Glady di HVAC Room.	
57	Senin, 31 Maret 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Cuti Bersama Hari Raya Idul Fitri 1446 Hijryah 2025	
58	Selasa, 1 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00		
59	Rabu, 2 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00		
60	Kamis, 3 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00		
61	Jumat, 4 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00		
62	Senin, 7 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00		

63	Selasa, 8 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Workdown ke lokal untuk melihat <i>High Pressure</i> turbine, <i>Intermediate Pressure</i> turbine untuk mengetahui alur kerja dari <i>high Pressure</i> turbine serta <i>intermediet Pressure</i> turbine, mengetahui bentuk dari <i>high-Pressure</i> turbine serta <i>intermediet Pressure</i> turbine Bersama Pak Glady.	
64	Rabu, 9 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	<i>Workdown</i> ke lokal untuk melihat <i>Low Pressure</i> turbine dengan mengetahui alur kerja dari <i>low Pressure</i> turbine dan mengetahui bentuk dari <i>low Pressure</i> turbine.	
65	Kamis, 10 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	<i>Workdown</i> ke lokal untuk melihat BFWP(<i>Boiler Feed water pump</i>) dengan mengetahui bentuk serta <i>main equipment</i> dan atau <i>auxillary equipment</i> dari <i>Boiler</i>	

				<i>feed water pump</i> Mengetahui parameter apa saja yang terdapat pada <i>Boiler feed water pump</i> bagian Electric dan manually.	
66	Jumat, 11 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mengetahui coal <i>plant</i> proses batu bara di distribusikan - Mengetahui ala tapa saja yang berada di coal <i>plant</i> serta melihat proses pengambilan batu bara dari stockpile hingga silo batu bara.	

67	Senin, 14 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mencari data sistem proteksi pull cord di conveyor pada ruang CCR sehingga dapat mengetahui data seberapa sering pull cord pada conveyor ditarik.	
68	Selasa, 15 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	<i>Workdown</i> ke lokal untuk melihat Trafo auxiliary untuk mengetahui bentuk trafo auxiliary serta mengetahui spesifikasi trafo auxiliary Bersama Pak Glady.	
69	Rabu, 16 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Workdown pada unit 6 untuk mengetahui bagian dari unit 6 dari atas bagian <i>Boiler</i> dan memahami bagaimana alur conveyor dari atas dengan pak Glady.	

70	Kamis, 17 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melakukan walkdown dan penjelasan terkait pullcord untuk memahami bagaimana cara kerja dari pull cord bagaimana cara me-release setelah penggunaan pull cord	
71	Jumat, 18 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Workdown ke lokal ship unloader untuk mengetahui bagaimana cara kerja dari ship unloader dan bagaimana cara mengoperasikan nya serta juga ada batas angin untuk mengoperasikan ship unloader.	

72	Senin, 21 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mendapat penjelasan terkait wall blow dengan mengetahui bagaimana cara kerja dari wall blow yaitu membersihkan pipa pada <i>Boiler</i> bagian dinding berbeda dengan soot blow, tetapi untuk sistemnya sama.]	
73	Selasa, 22 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Penjelasan terkait cara kerja fuel gas yang akan dikeluarkan dari stack atau chimney dengan fuel gas yang mengarah ke stack harus sesuai dengan regulasi emisi, maka dari itu harus melalui filter yaitu GGH untuk menjadikan uap panas suhunya turun dan absorber untuk mengurangi kadar SOx dan NOx	

74	Rabu, 23 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Mengunjungi Electro Chlorine Plant untuk mengetahui bagaimana cara kerja alat yang ada. Alat yang ada adalah untuk elektrolisis untuk memisahkan garam, alat ini berisi sel elektroda dan katoda	
75	Kamis, 24 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Workdown pada pompa intake canal untuk mengetahui bagaimana cara air dari intake cannal di pompa masuk menggunakan 3 pompa lalu masuk ke filter penyaringan.	
76	Jumat, 25 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melakukan pengambilan kecepatan angin di Paving Plant Mengetahui kecepatan angin di lokasi tersebut serta Mengetahui produk hasil pada plant tersebut	

77	Senin, 28 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Visit ke <i>Main Plant</i> Mengetahui cara kerja keseluruhan <i>main plant</i> Mengetahui siklus <i>water</i> di <i>main plant</i>	
78	Selasa, 29 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Visit ke WTP (lab kimia) untuk Mengetahui cara mengukur kadar garam yang terlarut dalam air reject RO	
79	Rabu, 30 April 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	<i>Workdown</i> ke lokal untuk melihat dan mempelajari bagian pompa <i>Boiler feed water pump</i> dengan Mengetahui bentuk dari <i>Boiler feed water pump</i> dan Mengetahui parameter apa saja yang terdapat <i>Boiler feed water pump</i>	

80	Kamis, 1 Mei 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Work down ke ESP untuk mengetahui prinsip kerja dan komponen - komponen ESP	
81	Jumat, 2 Mei 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melihat secara langsung proses klorinasi dan demineralisasi di <i>water treatment plant</i>	
82	Senin, 4 Mei 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melihat proses pengangkutan <i>ash</i> yang selanjutnya akan diangkut menuju <i>paving plant</i> untuk di daur ulang.	

83	Selasa, 5 Mei 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Menyiapkan untuk presentasi akhir dan gladi resik di <i>meeting room UCA Building</i> .	 
84	Rabu, 6 Mei 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Melakukan presentasi akhir Analisis Aliran Fluida Pada <i>Ducting Outlet Air heater</i> Hingga <i>Inlet Gas-Gas Heater</i> Menggunakan <i>ANSYS CFD</i> untuk Mengetahui Efek <i>Head Loss</i> Terhadap Performa <i>ID FAN</i> Pada PLTU Paiton Unit 5 PT YTL Jawa Timur”. (Meeting Room Daily Shift Operation.	
85	Kamis, 7 Mei 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Menyimak Presentasi TRPE UM dan berdiskusi mengenai PLTB sebagai topik presentasi.	

86	Jumat, 8 Mei 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	Menyimak Presentasi TRPE UM dan berdiskusi mengenai PLTS sebagai topik presentasi.	
87	Sabtu, 9 Mei 2025 (6.58-16.00)	7.00	16.00	<i>Over Haul</i> PLTU UNIT 5 dan 6 PT YTL JAWA TIMUR dan mempersiapkan akan berkas penyelesaian magang (pengembalian <i>ID Card</i>)	  

Tabel 3.2	<i>Jadwal Pelaksanaan</i>	<i>Magang</i>			
88	Minggu, 10	7.00	16.00	<i>Over Haul</i> PLTU	
	Mei 2025			UNIT 5 dan 6 PT YTL	
	(6.58-16.00)			JAWA TIMUR.	

3.2. Metodologi Penyelesaian Tugas Khusus

Di tempat magang PT YTL Jawa Timur, saya ditempatkan di Divisi *Daily Operational Shift* (DSO). Di Divisi tersebut saya mendapati adanya relevansi teori mata kuliah dengan praktik yang telah saya dapatkan di kelas. Mata Kuliah yang dimaksud adalah Compressor, Mekanika Fluida, Termodinamika 1, dan Teknik Manajemen perawatan. Hal ini sesuai dengan ranah kerja Divisi DSO yang melaksanakan pelaksanaan dan pemeliharaan alat operasi seperti Compressor.

3.2.1. *Work Down* Lapangan

Melakukan *Work down* atau *survey* lapangan untuk mengetahui apa saja komponen komponen yang digunakan di PT YTL Jawa Timur dan mencari permasalahan yang sering menjadi kendala selama operasional.

3.2.2. Studi Literatur

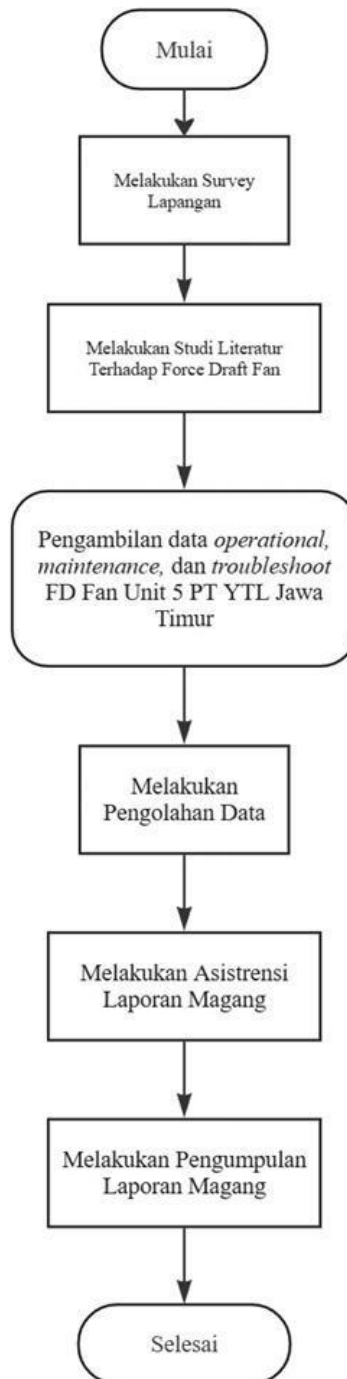
Melakukan studi literatur guna mencari dan mengumpulkan data teoritis dan dimensi komponen.

3.2.3. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan untuk melengkapi laporan magang industri

3.2.4. Diagram Alir Metodologi

Diagram alir metodologi pengerjaan laporan magang industri dapat dilihat pada gambar berikut



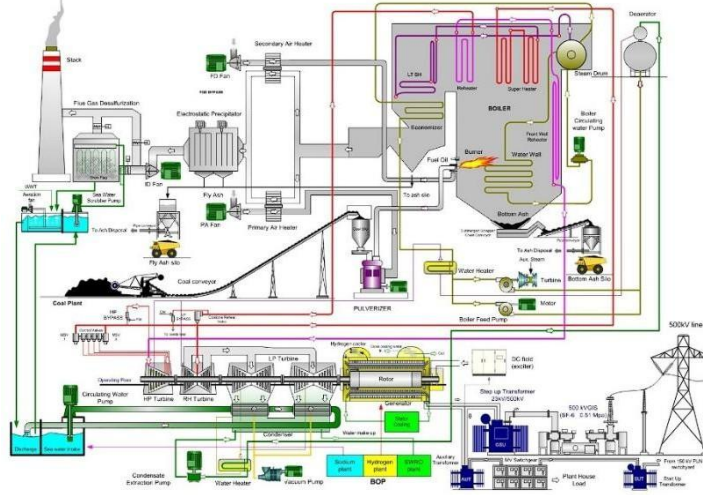
Gambar 3 1 *Flow Chart*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Pembangkit Listrik Tenaga Uap



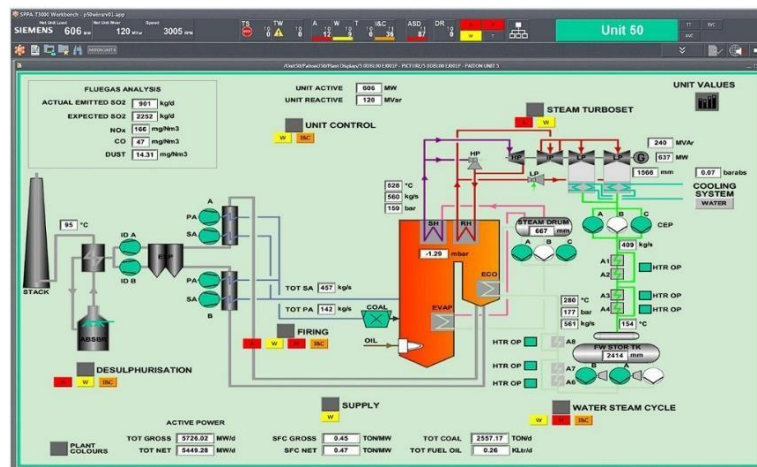
Gambar 4. 1 Sistem PLTU

Secara umum, proses pembangkitan daya di Unit 5 & 6 PLTU Paiton ini memanfaatkan *steam* atau uap air sebagai hasil pemanasan air dalam *Boiler* (pemanas) hingga melebihi titik didihnya sebagai energi utama pemutar turbin. Energi thermal uap tersebut diubah oleh turbin menjadi energi kinetik, kemudian energi kinetik dari turbin diubah menjadi energi listrik oleh kumparan medan magnet pada *Generator*. Hal yang menjadi sorotan utama adalah bahan bakar apa yang digunakan untuk menghasilkan pemanasan yang optimal, bagaimana cara mengolah air yang hendak dipanaskan untuk mendapatkan efisiensi energi pembakaran, serta bagaimana cara pengolahan limbah hasil produksi untuk meminimalisir pencemaran lingkungan. Pokok-pokok utama di atas akan dibahas secara terperinci pada bab ini.

Proses pembangkitan listrik di PLTU Unit 5 & 6 yang dioperasikan oleh PT YTL Jawa Timur, menggunakan 3 bahan utama yaitu: air, solar, dan batu bara. Air adalah bahan yang dipanaskan untuk menjadi uap panas bertekanan tinggi, yang nantinya memutar turbin uap. Sedangkan batu bara digunakan sebagai bahan bakar utama. Solar adalah bahan bakar yang mudah terbakar serta memiliki harga yang relatif murah dibanding dengan jenis minyak yang lainnya. Solar digunakan untuk

memicu pembakaran awal. Setelah pembakaran terjadi, maka secara perlahan batu bara akan menggantikan solar. Terdapat banyak sekali proses yang terjadi di dalam pembangkit listrik tenaga uap. Pada PLTU Unit 5 & 6, yang dioperasikan oleh PT YTL Jawa Timur sistem proses dibagi menjadi tiga, yaitu proses utama (*main plant*), sistem *Auxiliary* (*Auxiliary System*), dan Proses Penanganan limbah (*flue gas system* dan *ash handling*).

4.1.1. Proses Utama (*main plant*)



Gambar 4. 2 Sistem *Main Plant*

Proses Utama (*Main Plant*) adalah proses produksi listrik yang diawali dari penanganan batu bara sebagai bahan bakar utama, proses pembakaran untuk memanaskan air menjadi uap panas bertekanan tinggi, dan proses pembangkitan listrik dimana uap panas bertekanan tinggi digunakan untuk memutar serangkaian turbin uap. Turbin uap dihubungkan dengan *Generator* sehingga ketika turbin uap berputar maka *Generator* akan bergerak dan menghasilkan muatan listrik bertegangan 24 kV. Muatan listrik ini dinaikkan tegangannya menjadi 500 kV dengan menggunakan *Transformer* step up. Kemudian, muatan listrik ini didistribusikan oleh PLN ke konsumen, baik sektor industri dan rumah tangga.

Secara rinci, proses utama atau disebut juga *main plant* terdiri dari proses penanganan batu bara (*coal handling*), sistem pembakaran (*Firing System*), siklus air-uap (*water steam cycle*), dan proses pembangkitan listrik.

a. ***Coal Handling***

Penanganan batu bara disebut *Coal Handling*, terdiri dari tiga tahapan yaitu: pemangkalan, penyimpanan dan pengangkutan batu bara.

- Pemangkalan

Batu bara yang digunakan sebagai bahan bakar utama di PLTU Unit 5 & 6 didatangkan dari Kalimantan Timur, Kota Berau, Kideco dan Adaro dengan menggunakan kapal laut kapasitas 45.000 ton dan tongkang 12.0000 ton. Kemudian, batu bara ini dibongkar di pelabuhan khusus batu bara milik PT Jawa Power yang disebut *Jetty*.

- Penyimpanan

Selanjutnya, batu bara memasuki tahap penyimpanan di area penyimpanan yang disebut *stock pile*. Disini, batu bara disemprot dengan air untuk mengurangi debu yang menempel dapat menimbulkan percikan api. Penyemprotan air ini dinamakan *water population controller*.

- Pengangkutan

Tahap pengangkutan batu bara pertama kali terjadi di *stock pile*. Batu bara diangkut oleh *reclaimer* untuk disalurkan ke silo menggunakan *belt conveyor*. Dalam proses pengiriman menggunakan *belt conveyor*, terdapat sensor logam untuk mendeteksi logam yang ikut tercampur dalam tumpukan batu bara. Jika ada logam yang tercampur dalam tumpukan batu bara maka, *belt conveyor* akan otomatis berhenti dilakukan pengambilan sampel batu bara yang mengandung logam tersebut secara manual. Logam dan batu bara yang mengandung logam akan dipisahkan oleh *magnetic separator*.

Selain itu, pada *belt conveyor* juga terjadi proses *belt scale* untuk mengetahui jumlah tonase batu bara yang diangkut. Setelah itu, batu bara memasuki tempat penyimpanan silo, atau disebut juga *coal bunker* dengan bantuan *tripper* yang dihubungkan dengan *belt conveyor*. Pengisian silo dilakukan dengan cara menjatuhkan batu bara, yang dilakukan oleh operator di *Coal Handling Control Building* (CHCB).

b. *Firing System*

Tahap pembakaran berawal ketika batu bara yang tersimpan di dalam silo, diumpan feeder ke dalam *pulverizer* atau disebut juga *mill*. *Feeder* mengatur jumlah batu bara yang masuk ke dalam *mill*, sesuai dengan kebutuhan. Di dalam *mill*, batu bara digerus untuk memperkecil ukuran batu bara menjadi bubuk batu bara yang disebut *pulverizer coal*.

Kemudian, bubuk batu bara ini dikeringkan kembali menggunakan *Primary Air Fan* (PA Fan), dan dijaga suhunya agar bubuk batu bara tidak terbakar. Selain itu, PA Fan juga mendorong bubuk batu bara untuk memasuki *furnace*. Oksigen untuk pembakaran juga diberikan oleh PA Fan. Di dalam *furnace* udara panas tidak cukup hanya dari PA fan, *Force Draft Fan* atau disebut juga *Secondary Air Fan* juga berfungsi sebagai sumber udara panas tambahan.

Udara dan bubuk batu bara masuk melalui sudut-sudut di dalam *furnace* yang diarahkan ke bagian tengah melalui *furnace puller*. Namun, pembakaran awal terjadi menggunakan solar. Kemudian pemantik (*ignitor*) akan menyala dan pembakaran terjadi. Berlahan-lahan batu bara akan menggantikan solar sebagai bahan bakar utama. Setelah itu, akan tercipta bola api yang menghasilkan energi panas dan gas panas. Energi panas dan gas panas akan bergerak ke atas *furnace* untuk memanaskan air menjadi uap panas. Uap panas ini terbentuk di dalam *boiler*, khususnya bagian *steam drum* yang terletak di atas *furnace*. Disini, uap air diubah menjadi uap lewat jenuh dengan tekanan 175 bar.

c. *Proses Pembangkitan Listrik*

Setelah itu, proses berlanjut ke pembangkitan listrik dengan memanfaatkan energi panas pada uap panas lewat jenuh bertekanan tinggi. Energi panas ini ditransformasikan menjadi energi mekanik untuk memutar serangkaian turbin uap. Rangkaian turbin uap ini terdiri dari tiga turbin yang dirangkai secara seri. Seri pertama adalah *HP Turbine* (*High Pressure Turbine*) yang dapat berputar karena tekanan tinggi, seri kedua *IP Turbine* (*Intermediet Pressure Turbine*) yang tekanannya sedang seri terakhir adalah *LP Turbine* (*Low Pressure Turbine*) yang tekanannya rendah.

Pertama, uap lewat jenuh ini memasuki *HP Turbine* sehingga turbin dapat berputar. Kemudian, sisa uap keluaran *HP Turbine* dipanaskan kembali di *reheater furnace* di dalam *boiler*. Keluaran dari *boiler*, uap panas itu

menggerakkan *IP Turbine*, dan sisa uap keluaran dari *IP Turbine* dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin. Ketiga turbin ini berputar dengan kecepatan 3.000 rpm.

Turbin uap ini dihubungkan dengan shaft yang berupa silinder elektromagnetik berukuran besar, maka ketika turbin berputar *Generator* ikut berputar bagian Rotor-nya. Rotor *Generator* tergabung dengan stator. Stator adalah bagian dari *Generator* yang tidak ikut berputar, berupa gulungan dan menggunakan batang tembaga sebagai pendingin internal. Di dalam batang tembaga stator ini, menghasilkan listrik dengan elektrostatis di dalam rotor melalui putaran magnet. Listrik yang dihasilkan memiliki tegangan 21 kV. Muatan listrik ini kemudian masuk ke *Transformator step up* untuk dinaikkan tegangannya menjadi 500 kV, dan dialirkan melalui Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) ke gardu induk dengan tegangan ekstra tinggi milik PLN. Setelah itu, PLN akan mendistribusikan listrik ke konsumen dari berbagai sektor dan kebutuhan, seperti industri dan rumah tangga.

d. *Water Steam Cycle*

Proses awal dari produksi air demin dimulai dari air laut yang telah disaring kotorannya kemudian dipompa oleh *sea water feed pump* ke coagulant storage tank, air laut diberi coagulant untuk memadatkan partikel yang besar besar (pasir, lumpur dll) agar mengendap. Kemudian air dipompa ke *primary sea water filter* air menuju ke polishing filter. Partikel-partikel padat yang belum tertangkap pada *primary sea water filter* diharapkan akan tertangkap di polishing filter. Air yang telah difilter kemudian ditampung pada *filtered water storage tank*. Air dari *filtered water storage tank* kemudian dipompakan menuju *cartridge filter*. Tetapi sebelumnya air diberi anti septik, *acid* dan *sodium bisulfit*. Dalam *cartridge filter* air disaring kembali untuk mendapatkan air yang lebih murni. Kemudian air dijadikan air tawar melalui proses *desalination reverse osmosis*. Namun air tawar yang diperoleh masih mengandung banyak karbon.

Kemudian karbon dipisahkan pada tangki dekarbonat (*decarbonate tank*), dan dengan *decarbonate pump* dan *decarbonate blower*, air dipindahkan menuju *permeate storage tank*. Air dari *permeate storage tank* sudah bisa digunakan untuk menyuplai kebutuhan sehari-hari. Namun air ini belum bisa digunakan untuk menyuplai kebutuhan *boiler*.

Air dari *permeate storage tank* dengan menggunakan *permeate supply pump* kemudian diproses lagi dengan menggunakan *reverse osmosis* yang kedua. Air yang telah mengalami *reverse osmosis* yang kedua ditampung dalam *mixed beds*. Dari *mixed beds* ini air telah berupa air demin di tampung dalam demin *water tank*. Air yang berasal dari *Water Treatment Plant* (WTP) pertama kali disuplai ke kondensor. Dengan menggunakan *condensor extraction pump* air dipindahkan ke *Deaerator* melalui *heater A1*, *heater A2*, *heater A3* dan *heater A4*. Di *Deaerator*, kadar oksigen dikurangi agar tidak terlalu banyak terjadi oksidasi. Karena bila terjadi oksidasi maka pipa akan mudah korosi dan bisa mengakibatkan kebocoran. Air yang telah dihilangi kadar oksigennya ditampung di *feedwater storage tank*.

Selanjutnya air yang berada pada *feedwater storage tank* dipindahkan ke *economizer* melalui *heater A6*, *heater A7* dan *heater A8* dengan *Boiler feedwater pump*. Di *economizer* air mendapat pemanasan dari *furnace* yang pertama kali walaupun sebelumnya telah beberapa kali mendapat pemanasan dari *heater*. Keluar dari *economizer* air yang sudah bercampur dengan *steam* ditampung di *steam drum*, di *steam drum*, yang masih berupa air akan dipanaskan kembali oleh evaporator dan yang sudah berupa *steam* akan dipanaskan di *superheater*. Di *superheater* inilah pemanasan yang utama karena di *superheater* ini pipa-pipa *Boiler* bersentuhan langsung dengan api. Disini *steam* akan ditingkatkan suhunya sampai sekitar 500°C. Di *superheater* ini dalam bentuk uap. Uap ini digunakan untuk memutar *HP Turbine*. Keluar dari *HP Turbine*, temperatur dan tekanan uap *superheater* berkurang. Karena itu, uap ini masuk ke dalam *reheater* untuk dipanaskan kembali.

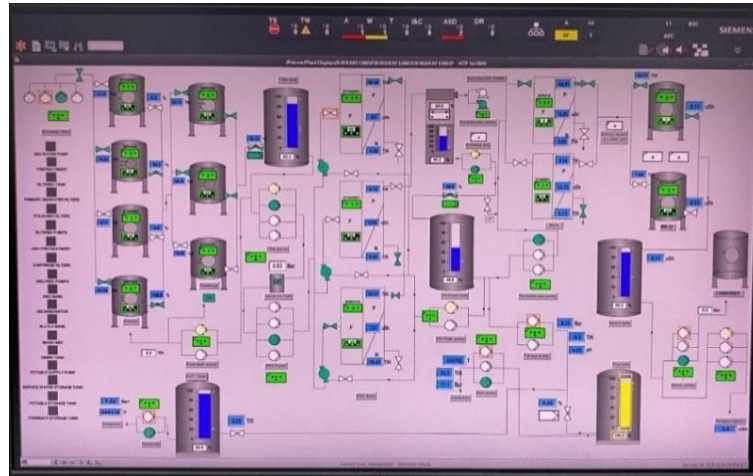
Kemudian, uap *superheater* digunakan untuk memutar *IP Turbine*. Keluarannya, berupa uap jenuh yang dimanfaatkan untuk memutar dua buah *LP turbine*. Sisa uap keluaran *LP Turbine*, akan dimanfaatkan kembali menjadi air, dengan masuk ke kondensor lagi.

5.1.1. Auxillary System

Auxiliary System adalah sistem yang terdiri dari kumpulan proses sampingan yang berfungsi untuk menunjang proses produksi listrik utama. Sistem ini terdiri sistem pengolahan air (*Water Treatment Plant*), proses pengolahan air limbah PLTU (*Waste Water Treatment Plant*), sistem air pendingin (*cooling water system*), dan

proses pembuatan larutan sodium hipoklorin (NaOCl) yang disebut *Electro Chlorination Plant*.

- ***Water Treatment Plant***



Gambar 4. 3 Proses *Water Treatment*

Siklus pengolahan air di *water treatment* merupakan proses transformasi air laut menjadi air tawar dan air demineral yang siap digunakan untuk mengisi *Boiler* serta memenuhi kebutuhan PLTU. Proses ini menghasilkan tiga jenis air yang diinginkan, yaitu air demineral (air tanpa mineral), air untuk keperluan service dan fire protection, serta air potable.

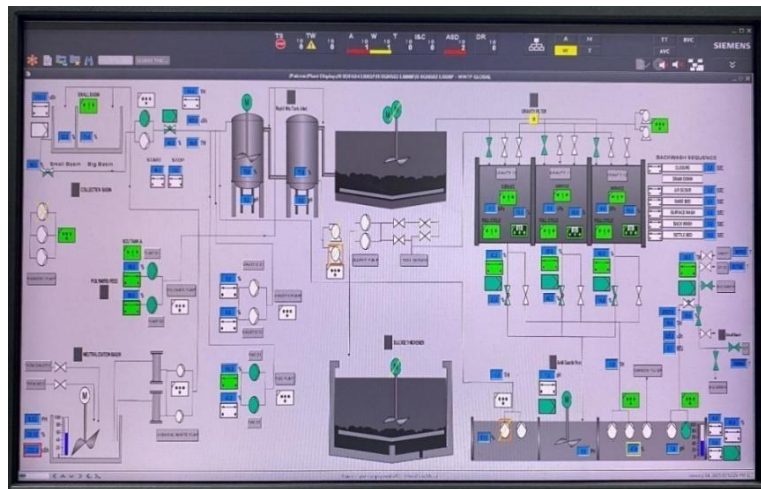
Proses awal dimulai dengan penyaringan air laut dari media berukuran besar yang kemudian ditampung dalam net basin. Selanjutnya, air disalurkan ke tangki filter yang berfungsi menyaring kembali air laut contohnya pasir, karbon aktif, dan penyaring kotoran berukuran kecil. Setelah melalui filtrasi, air ditampung dalam *filter tank*. Kemudian, air disalurkan ke *cartridge filter* yang mampu menyaring partikel dengan ukuran hingga 5 mikron, sedangkan partikel yang berukuran lebih besar tidak akan terfilter.

Setelah melewati cartridge filter, air disalurkan ke sistem *reverse osmosis*. Prinsip dasar *reverse osmosis* adalah penggunaan membran semipermeabel yang dapat dilalui air tetapi tidak dapat dilalui garam. Metode ini menggunakan tekanan untuk memaksa air melewati membran semipermeabel sehingga menghasilkan air tawar. Air hasil proses ini kemudian ditampung dalam permeate tank.

Air yang tersimpan dalam permeate tank selanjutnya didistribusikan ke tiga tangki, yaitu potable tank, service tank, dan demin tank. Air tawar dipompa ke service tank untuk memenuhi kebutuhan *service* dan *fire protection*. Sebelum dipompa ke potable tank, pH air terlebih dahulu diatur hingga mendekati kondisi ideal untuk kebutuhan konsumsi.

Sebelum dipompa ke demin tank, air tawar melewati proses *reverse osmosis* kembali untuk menghilangkan mineral. Namun, masih terdapat sejumlah kecil mineral yang dapat lolos. Oleh karena itu, air dimasukkan ke mixed bed yang berisi resin. Metode resin berfungsi mengikat ion positif dan negatif, sehingga ion negatif akan terserap oleh resin positif dan sebaliknya. Dengan jumlah resin yang banyak, hampir semua ion seperti natrium, magnesium, dan silika dapat terserap. Setelah melewati kedua metode tersebut, air demineral telah siap digunakan untuk mengisi *boiler*.

- ***Waste Water Treatment Plant***



Gambar 4. 4 Proses *Waste Water Treatment*

Waste Water Treatment Plant (WWTP) di PLTU merupakan sistem pengolahan limbah cair yang berfungsi untuk memproses air limbah sebelum dibuang ke laut. Semua air limbah ditampung terlebih dahulu dalam *waste* basin. Selanjutnya, air limbah dimasukkan ke dalam tangki dan diinjeksi dengan bahan kimia melalui proses awal koagulasi yang menyebabkan butiran air limbah memisah dan mengental menjadi butiran yang lebih besar. Proses berikutnya adalah flokulasi, di mana media ditambahkan flokulan untuk membentuk flok.

Flokulan yang berasal dari polimer berfungsi seperti perekat, sehingga butiran-butiran dapat saling melekat dan membentuk agregat yang lebih besar.

Setelah proses flokulasi, air limbah dialirkan ke tangki besar tempat butiran-butiran besar akan mengendap. Kemudian, air dari tangki sebelumnya akan melimpah (*overflow*) dan difilter kembali. Untuk memenuhi persyaratan regulasi pemerintah, ditambahkan asam kaustik (*acid caustic*) yang berfungsi mengontrol pH agar sesuai dengan standar yang ditetapkan. Pengendalian pH ini merupakan langkah penting dalam pengolahan air limbah untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan lingkungan yang berlaku.

Sementara itu, lumpur yang mengendap dari proses pengolahan akan masuk ke dalam *sludge thickener* untuk dipadatkan. Lumpur kemudian diproses lebih lanjut dengan cara dipres untuk mengurangi kadar airnya. Air yang terpisah dari proses pengepresan akan diproses kembali melalui sistem pengolahan, sedangkan lumpur yang telah dipadatkan akan dibuang sesuai dengan protokol pembuangan limbah padat. Rangkaian proses pengolahan ini memastikan bahwa air limbah yang dibuang ke laut telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, sehingga meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan.

5.1.2. Pemrosesan Limbah

Limbah di PLTU ada tiga buah, yaitu limbah padatan, cair dan gas. Limbah padatan berupa sisa bahan bakar berupa serbuk batu bara. Sedangkan limbah cairan adalah sisa air laut yang digunakan dalam proses *cooling water*, dan proses penyemprotan sisa pembakaran di bagian bawah *boiler*. Limbah gas adalah limbah gas pembakaran di dalam *Boiler* yang mengandung racun.

Limbah cairan akan dibuang ke laut, namun sebelum itu air limbah ini diproses terlebih dahulu di WWTP. Sedangkan limbah gas akan dibuang melalui cerobong atau disebut juga stack, sebelum itu gas berbahaya ini diproses dalam *flue gas system*. Limbah padatan akan diproses terlebih dahulu dalam *ash handling system* kemudian akan dimanfaatkan oleh perusahaan lain, menjadi bahan campuran semen.

a. *Flue Gas System*

Flue Gas System adalah sistem yang mengolah gas-gas hasil pembakaran pada *boiler*. Gas-gas ini tidak bisa dibuang begitu saja di udara karena gas ini bersifat racun. Selain itu, gas-gas ini masih mengandung debu dan memiliki temperatur yang sangat tinggi. Oleh karena itu, gas hasil pembakaran *Boiler*

disedot oleh ID Fan (*Induces Draft Fan*) untuk masuk ke dalam ESP (*Electrostatic Precipitator*). ESP memisahkan kandungan debu pada gas. Gas buang yang masih mengandung debu memiliki muatan negatif, maka lempengan diberi muatan positif. Sehingga, gas buang akan menempel pada lempengan yang bermuatan positif tersebut. Kemudian, di dalam ESP ada sebuah palu yang akan mengetuk lempengan tersebut agar debu jatuh dan ditampung di *ash collecting hopper*.

Gas yang sudah bebas dari debu ini masih mengandung gas sulfur yang beracun. Karena hal itu, gas memasuki FGD (*Flue Gas Desulphurization*) untuk dihilangkan kadar sulfur nya. Pada FGD, ada absorber yang berfungsi untuk menyemprot air laut untuk menghilangkan kadar sulfurnya serta menurunkan temperatur sisa pembakaran. Caranya dengan menyemprotkan air laut pada udara tersebut. Setelah udara di-spray maka udara tersebut akan menjadi dingin. Udara yang telah menjadi dingin akan dipanaskan sebelum dibuang ke atmosphere. Udara tersebut dipanaskan di GGH dengan cara menukarkan panas udara yang berasal dari ESP untuk diambil oleh udara dingin yang berasal dari absorber.

FGD memiliki beberapa komponen penting, yaitu:

1. *Absorber Pump*

Pump station terdiri dari tiga absorber feed pump, untuk memompa air laut dan dua absorber sump pump. Absorber pump adalah pompa tipe sentrifugal.

2. *Absorber Zone*

Absorber zone dilengkapi dengan sistem *nozzle* yang terdiri dari tiga level. Air laut di-spray melewati *nozzle* secara *counter current*.

3. *Absorber Sump*

Air bekas *spray* dari *absorbtion zone* dikumpulkan di *absorber sump*. Di *absorber pump* dilakukan reaksi oksidasi melewati sebuah sistem distribusi udara, selain itu juga ditambahkan air laut untuk kontrol pH.

4. *Air Dryer*

Air dryer berfungsi untuk menimbulkan *spray air* yang merata pada *absorber*. Air dryer terletak di sekeliling dinding *absorber*. Hal ini bertujuan agar tidak ada ruang bagi udara untuk melepaskan diri dari spray air laut sehingga spray air laut bisa merata ke seluruh bagian ruangan *absorber*.

5. *HP Plushing Pump*

HP plusing pump merupakan pompa yang memiliki head paling tinggi. Pompa ini berfungsi untuk menambah pH air laut yang di-spraykan pada absorber.

6. Oksidasi Blower

Udara yang telah bersih dan sesuai dengan standar lingkungan hidup dibuang melalui stack

b. *Ash Handling*

Ash Handling adalah proses penanganan limbah padatan sisa pembakaran di dalam *boiler*. Limbah padatan ini berupa serbuk batu bara dan batu bara yang tidak dapat digerus mill yang tertampung di dalam *pyrates hopper*. Kemudian, akan dialirkan menuju *Submerged Scraper Chain Conveyor (SSCC)* untuk digabungkan dengan padatan hasil pembakaran di dalam *boiler*. Pemindahan ini menggunakan pipa-pipa berisi air dari SSCC ini sendiri.

SSCC adalah bak penampungan berisi air. Padatan hasil pembakaran pada *Boiler* akan jatuh ke dalam air dan menjadi dingin. Kemudian, limbah padatan ini akan ditarik oleh *chain conveyor*. *Chain conveyor* adalah rantai yang bergerak yang menuju penampungan padatan. Setelah itu, padatan ini akan dipindahkan ke ash disposal. Ash disposal adalah tempat penampungan limbah padatan yang jauh dari lingkungan hidup. Namun, sejak tahun 2003 limbah padatan sudah dimanfaatkan kembali oleh perusahaan lain untuk menjadi bahan campuran semen. Selain itu, limbah B3 lainnya digunakan dalam proses pembakaran *boiler* untuk mengurangi gas Nox yang tercipta. Limbah B3 yang tidak bisa dimanfaatkan lagi disimpan ke dalam drum yang nantinya akan dibuang ke tempat pembuangan limbah B3 yang sudah dilegalkan oleh pemerintah.

5.1.3. Sistem Pembakaran

a. Feeder



Gambar 4. 5 Feeder

Berfungsi untuk menimbang dan mengatur mass flow rate batu bara yang akan masuk ke mill sekaligus sebagai penyalur batu bara ke mill. Jika putaran pulley atau *conveyor feeder* makin cepat maka batu bara yang diumpankan juga makin banyak.

Spesifikasi Teknis Coal Feeder Unit 5 dan 6 PLTU Paiton tertera pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Spesifikasi Teknis Feeder (PT YTL, 2016)

Uraian	Spesifikasi Teknis
Jumlah Unit	6 buah
Kapasitas dari <i>load</i>	20 %
Kapasitas Unit	89 Ton/jam
Putaran	50-1380 rpm
Daya motor	2,2 KW
Tegangan motor	1440 v
Putaran motor	1440 rpm
Kuat Arus motor	5,3 A

b. Pulverizer (Mill)



Gambar 4. 6 *Pulvirizer*

. Bongkahan bongkahan batu bara yang seperti batu harus dihancurkan menjadi butiran butiran halus agar batu bara muda tercampur dengan udara. Pulverizer atau mill adalah mesin yang berfungsi sebagai penghancur/penggiling batu bara sehingga ukuran partikelnya efektif untuk pembakaran, yaitu 200 mesh. Fungsi lain dari pulverizer adalah untuk mengeringkan batu bara sehingga mudah dihaluskan dan dibakar, dan untuk mengklasifikasikan atau menyaring batu bara untuk memastikan bahwa batu bara yang masuk ke dalam boiler benar-benar halus. Cara kerja pulverizer yaitu dengan cara menggerus batu bara yang disuplai oleh feeder. Di dalam pulverizer terdapat sebuah silinder pejal yang sangat besar.

Silinder tersebut berputar statis menggilas batu bara yang berada pada lempengan dibawahnya. Lempengan tersebut juga berputar namun putarannya pada arah horizontal. Batu bara yang sudah hancur akan diterbangkan ke atas menuju furnace oleh udara oleh PA Fan, tetapi yang ukurannya belum sesuai dengan yang diinginkan akan kembali jatuh pada tempat penggilingan dan dihancurkan kembali.

Sedangkan batu bara atau benda-benda lain yang benar-benar tidak dapat hancur akan bergerak ke samping karena adanya gaya radial dari putaran lempeng. Batu bara atau benda-benda lain yang tidak hancur tersebut di tampung dalam tempat yang dinamakan pyrates hopper. Dari pyrates hopper dibawah dengan air menuju SSCC (*Scraper Submerged Chain Conveyor*) dan

dikumpulkan bersama dengan kotoran-kotoran lain. Dari SSCC kotoran-kotoran tersebut dimasukkan kedalam kotak-kotak penampung dan akhirnya dibawah dengan truk ke tempat pembuangan batu bara.

Pulverizer juga memiliki proteksi untuk mencegah agar batu bara tidak menempel pada dinding-dinding *pulverizer*. Proteksi yang digunakan adalah proteksi dari *seal air*. Proteksi ini konsepnya sama dengan yang ada di *feeder* yaitu dengan menyemprotkan udara ke *pulverizer* agar batu bara yang menempel pada dinding-dinding *pulverizer* terlepas. Proteksi ini dilakukan dengan cara menyeimbangkan udara yang berada di dalam *pulverizer*, jangan sampai udara di dalam *pulverizer* terlalu banyak mengandung oksigen. Karena bila di dalam *pulverizer* terlalu banyak oksigen akan terjadi kebakaran.

Berikut adalah tabel 4.2 memberikan informasi spesifikasi teknis *pulverizer* unit 5 dan 6 PLTU Paiton Jawa Timur:

Tabel 4. 2 Spesifikasi Teknis *Pulverizer* (PT YTL, 2016)

Uraian	Spesifikasi Teknis
Jumlah unit	6
Kapasitas dari load	20%
Kapasitas/unit	66 ton/jam
Putaran	39,4 rpm
Daya motor	597 KW
Tegangan motor	10 KV
Putaran motor	962 rpm
Kuat arus motor	54 A

c. *Primary Air Fan*



Gambar 4. 7 *Primary Air Fan*

Primary Fan berfungsi sebagai penggerak udara untuk mendorong batu bara masuk ke dalam furnace, namun udara akhirnya ikut terbakar di dalam furnace. Selain fungsinya sebagai pendorong batu bara, udara pada PA Fan juga berfungsi sebagai pengering batu bara sebelum masuk ke furnace. Oleh karena itu udara dari PA Fan sebelum masuk ke pulverizer di panaskan terlebih dahulu di *air heater*. Udara yang digunakan oleh PA Fan berasal dari atmosphere. PA Fan sendiri jumlahnya ada dua di setiap unit.

Berikut adalah spesifikasi teknik *Primary Air Fan* unit 5 dan 6 PLTU Paiton .

Tabel 4. 3 Spesifikasi Teknis *Primary Air Fan* (PT YTL, 2016)

Uraian	Spesifikasi
<i>vendor</i>	TLT Babcock
Tipe	<i>Axial, single stage</i>
Jumlah/unit	2 buah
Kapasitas dari <i>load</i>	50%
<i>Mass flowrate</i>	253 kg/s
Outlet pressure	24,1 mbar
Daya motor	1600 Hp
Tegangan motor	10 kV
Putaran motor	989 rpm
Arus motor	88 A

d. *Force Draft Fan*



Gambar 4. 8 *Force Draft Fan*

Force Draft Fan (FD Fan) atau bisa disebut juga dengan *Secondary Air Fan (SA Fan)*. Udara yang dihasilkan oleh FD Fan adalah udara yang memang digunakan khusus untuk pembakaran, sehingga udara yang dihasilkan oleh FD Fan langsung menuju ke tempat pembakaran batu bara. Untuk mengatur banyak sedikitnya udara yang keluar dari fan ini (kebutuhan udara untuk pembakaran di *furnace*) digunakan blade-blade yang mempunyai elevasi tertentu. Blade-blade tersebut akan menyesuaikan sudut kemiringan (*tillting*) dengan kebutuhan udara pada sistem hidrolisis yang bergabung dengan sistem pelumas motor fan. Jadi selain sebagai pelumas, minyak pelumas pada motor berfungsi sebagai mesin hidrolisis.

e. *Induced Draft Fan*



Gambar 4. 9 *Induced Draft Fan*

ID Fan merupakan fan yang mempunyai ukuran yang paling besar di banding fan yang lain. ID Fan digunakan untuk mengambil sisa - sisa pembakaran di dalam furnace, sisa pembakaran ini berupa abu dan gas buang. Sisa pembakaran dari furnace tersebut langsung di kirim ke ESP (*Electro Static Precipitator*) dengan menggunakan ID Fan. ID Fan juga digunakan sebagai pengurang tekanan dalam furnace sehingga tekanan dalam furnace menjadi vakum. Hal ini bertujuan agar pembakaran dapat berlangsung dengan baik dan api dapat dikendalikan.

Berikut tabel 4.4 yang memuat spesifikasi teknis dari *Induce Draft Fan*:

Tabel 4. 4 Spesifikasi Teknis *Force Draft Fan* (PT YTL, 2016)

uraian	spesifikasi
Vendor	TLT Babcock
Tipe	<i>Axial, single stage</i>
Jumlah/unit	2 buah
Kapasitas dari load	50%
Mass flowrate	480 Kg/s
Daya motor	5483 KW
Tegangan motor	10 kV
Putaran motor	746 rpm
Arus motor	376 A

f. Furnace



Gambar 4. 10 *Furnace*

Furnace merupakan tempat terjadi pembakaran yang pada dindingnya tersusun pipa pipa. Proses pembakaran dimulai dengan bahan bakar solar kemudian perlahan lahan akan diganti dengan bahan bakar batu bara. Pada saat *Start up* dan shut down bahan bakar solar di masukkan kedalam furnace dari setiap corner, selanjutnya bahan bakar solar perlahan lahan akan dihentikan dan akan digantikan dengan batu bara apabila api yang dihasilkan sudah besar dan temperature sudah panas dalam hal ini proses sudah *running*.

Batu bara yang diterbangkan dari mill akan masuk ke dalam furnace dari setiap corner, yang mana setiap elevasi ketinggian tertentu terdapat sebuah pipa batu bara yang berfungsi agar pembakaran batu bara berjalan seimbang sehingga api tepat berada di tengah furnace.

Api yang dihasilkan seperti bola yang berputar-putar, karena bahan bakar yang dimasukkan diarahkan ke samping samping furnace sehingga api yang dihasilkan akan terlihat mengelilingi furnace, sehingga panas yang dihasilkan akan berkumpul di tengah furnace dan membentuk bola api yang sangat besar.

Batu bara yang masuk akan diatur sudut masuknya dengan CCFOA (*Close Coupled Overfire Air Compartment*), yang mana CCFOA berfungsi mengatur sudut masuk batu bara agar api yang dihasilkan tepat pada posisi yang diinginkan, CCFOA ditempatkan pada masing-masing elevasi pada setiap corner.

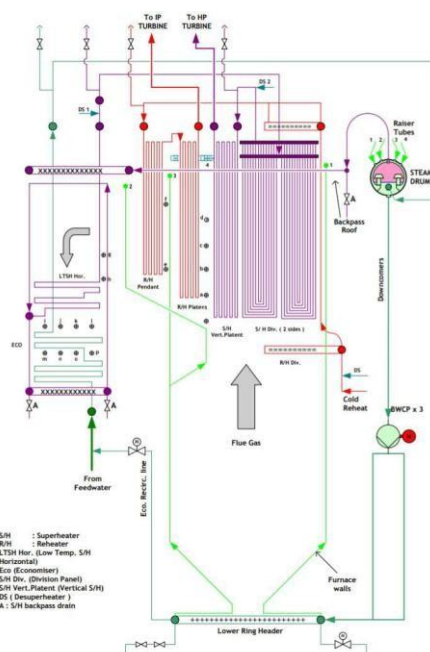
Selain CCFOA juga terdapat SOFA (*Separated Overfire Air Register*). SOFA berfungsi sebagai pengatur sudut elevasi udara masuk sehingga api yang dihasilkan dapat dinaikkan dan diturunkan. Udara yang masuk di furnace berasal dari FD Fan (*Forced Draft Fan*).

Berikut tabel 4.5 yang memuat informasi teknis pada *furnace*:

Tabel 4. 5 Spesifikasi Teknis *Furnace* (PT YTL, 2016)

Uraian	Spesifikasi
<i>Volume of furnace total</i>	10.054 m ³
<i>Tube wall furnace</i>	5,4 mm
<i>Distance between adjacent tube center line</i>	57,2 mm
Material ASME	SA 178 C
<i>Size of Furnace</i>	1.219 mm

g. Boiler



Gambar 4. 11 Proses Boiler

Dalam *power plant*, energi secara terus-menerus diubah dari satu bentuk ke bentuk lain untuk menghasilkan listrik. Komponen yang mengalami perubahan dan pengaliran energi disebut *boiler*. Definisi sendiri sebagai suatu komponen pada *power plant* adalah suatu bejana tertutup yang secara efisien dapat mengubah air menjadi uap (*steam*) dengan bantuan panas dari proses

pembakaran batu bara, yang nantinya digunakan sebagai penggerak turbin. *Steam* tersebut berasal dari air dalam pipa pipa *Boiler* yang dipanaskan menggunakan panas yang dihasilkan pada ruang pembakaran (*furnace*).

Jika dioperasikan dengan benar, *Boiler* secara efisien dapat mengubah air dalam volume yang besar menjadi *steam* yang sangat panas dalam volume yang lebih besar lagi. Jika *Boiler* yang digunakan pada Unit 5 dan 6 adalah drum type *boiler*, yang memungkinkan sirkulasi sebagian air dalam *Boiler* secara terus menerus. Pengoperasian drum type *Boiler* yang efisien dan aman sangat tergantung pada sirkulasi air yang konstan di beberapa komponen *steam circuit*, diantaranya *economizer*, *steam drum*, dan *Boiler water circulating pump*.

- *Economizer*

Economizer berfungsi untuk meningkatkan temperature air (pemanas awal) sebelum masuk ke *boiler* untuk selanjutnya disalurkan ke *steam drum* dengan memanfaatkan gas hasil pembakaran (*flue gas*) dari *furnace*. komponen ini berada dalam *Boiler* yang terdiri rangkaian pipa pipa (*tubes*) yang menerima air dari inlet. Sumber panas yang diperlukan oleh alat tersebut berasal dari gas buang dalam *boiler*. Air mengalir dalam pipa - pipa, sementara diluar mengalir gas panas yang berasal dari hasil pembakaran *boiler*. Selanjutnya *steam* panas dimanfaatkan untuk memanaskan air. Sehingga suhunya meningkat. Penggunaan *economizer* untuk pemanasan awal sangatlah penting karena:

1. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi *Boiler* secara keseluruhan, karena panas yang ada pada gas buang bisa dimanfaatkan untuk pemanas.
2. Dengan memanaskan air sebelum diubah menjadi *steam*, evaporator hanya perlu tambahan panas saja untuk merubah fase cair dari air menjadi fase uap (*saturated steam*)
3. Pemanasan air pada *economizer* akan mengurangi thermal shock pada *boiler*.

Spesifikasi teknis *economizer* unit 5 dan 6 PLTU Paiton tercantum pada tabel 4.6 berikut:

Tabel 4. 6 Spesifikasi Teknis *Economizer* (PT YTL, 2016)

Uraian	Spesifikasi Teknis
--------	--------------------

Material pipa	SA 178 <i>grade c</i>
Diameter pipa	50,88 mm
Jarak antara pipa	101,6 mm
Permukaan pemanasan efektif	11284 m ²
Tekanan <i>economizer</i>	213,7 kg/cm ²

- *Steam drum*

Berfungsi untuk menyimpan air dalam volume yang besar dan untuk memisahkan uap dari air setelah proses pemanasan yang terjadi dalam *boiler*. Secara umum, ada empat jenis pipa sambungan dasar yang berhubungan dengan *steam drum*, yaitu:

1. *Feed Water Pipe*

Berfungsi mengalirkan air dari *economizer* ke distribution pipe yang panjangnya sama persis dengan *steam drum*. Distribute berfungsi mengalirkan air dari *economizer* secara merata ke seluruh bagian *steam drum*.

2. *Down Corner Pipe*

Ditempatkan di sepanjang bagian dasar *steam drum* dengan jarak yang sama antara satu dengan yang lainnya. Pipa pipa ini mengalirkan air dari *steam drum* ke *Boiler Circulation Pump*. *Boiler Water Circulating Pump* (BWCP) digunakan untuk memompa air dari downcomer dan mensirkulasikannya ke *waterwall* yang kemudian air tersebut dipanaskan oleh pembakaran di *Boiler* dan dikirimkan ke *steam drum*.

Waterwall pipe Terletak di kedua sisi *steam drum* dan merupakan pipa pipa kecil yang berderet vertikal dalam *boiler*, setiap pipa disambung vertikal satu sama lain agar membentuk selubung yang kontinu dalam *boiler*. Konstruksi seperti ini disebut konstruksi membran. *Waterwall* bertugas menerima dan mengalirkan air dalam *Boiler circulating pump* kemudian dipanaskan dalam *Boiler* dan dialirkan ke *steam drum*.

Steam Outlet Pipe Merupakan sambungan terakhir, diletakkan dibagian atas *steam drum* untuk memungkinkan saturated *steam* keluar dari *steam drum* menuju superheater. Dalam *steam drum*, saturated

steam akan dipisahkan dan diteruskan untuk pemanasan lebih lanjut di superheater, sedangkan airnya tetap berada dalam *steam drum* dan dialirkan ke *down comer*, dari sini proses akan dimulai lagi. Selain pipa tersebut, juga terdapat *Blowdown* pipa yang letaknya dibagian bawah *steam drum*, tepat dibawah permukaan air. Saat air berubah menjadi uap, kotoran kotoran air akan tetap tinggal di air dalam *steam drum*. Jika konsentrasi kotoran tersebut menjadi tinggi, kemurnian *steam* yang akan keluar dari *steam drum* akan terpengaruh dan akan terbawa superheater ataupun ke turbin. Pipa *Blowdown* akan menghilangkan sebagian kotoran air *boiler*, dan pada akhirnya dapat menjaga konsentrasi kotoran dalam air *boiler*, dan pada akhirnya dapat menjaga superheater dan turbin tetap bersih.

h. Heater

1. Superheater

Superheater merupakan kumpulan pipa - pipa *Boiler* yang terletak di jalan aliran gas panas hasil pembakaran. Panas dari gas ini dipindahkan ke saturated *steam* yang ada dalam pipa superheater, sehingga berubah menjadi superheated *steam*. Superheater ini ada dua bagian, yaitu primary superheater dan secondary superheater. Primary superheater merupakan pemanas pertama yang dilewati oleh saturated *steam* setelah keluar dari *steam drum*, setelah itu baru melewati secondary superheater dan menjadi superheated *steam*. SH *Steam* akan dialirkan untuk memutar *high Pressure* turbine, dan kemudian tekanan dan suhunya akan turun.

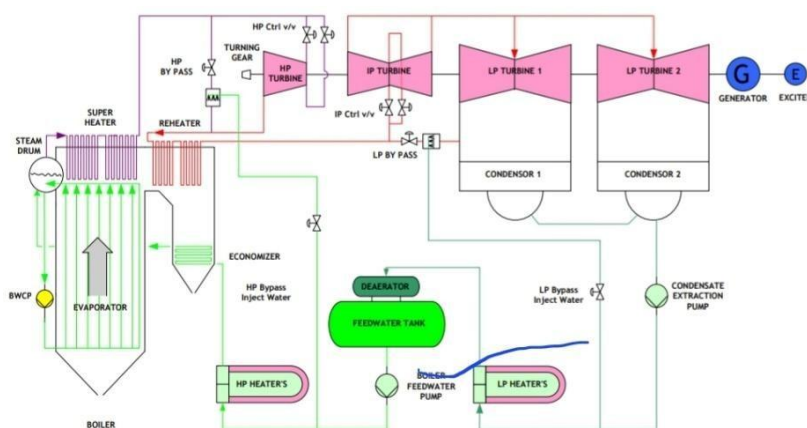
2. Re-heater

Setelah temperature dari SH *Steam* turun maka SH *Steam* tersebut akan dikembalikan ke dalam *Boiler* untuk pemanasan ulang. Pemanasan ulang ini berlangsung di bagian *Boiler* yang disebut re-heater yang merupakan pipa *Boiler* yang diberi panas dari gas pembakaran seperti superheater. Jadi re-heater berfungsi untuk untuk menaikkan temperature SH *Steam* tanpa mempengaruhi tekanannya. Di bagian *re-heater*, SH *steam* akan dikembalikan untuk memutar *intermediate Pressure turbine* (IP Turbine) dan *low Pressure turbine* (IP Turbine).

3. Pre-Heater

Pre-heater adalah instrument yang sistem kerjanya berputar dengan putaran rendah dan berfungsi untuk memanasi udara pembakaran sebelum dikirim ke furnace. Pemanasan udara pembakaran tersebut diambil dari gas buang hasil pembakaran dari furnace yang dialirkan melalui pre-heater sebelum dibuang ke chimney.

5.1.4. Proses Pembangkitan Listrik



Gambar 4. 12 Proses Pembangkitan Listrik

a. Turbin

Dalam proses yang terjadi pada *Boiler master system* telah disinggung tentang aliran uap kering yang dihasilkan *boiler*. Lebih detail, setelah uap kering mengalami proses ekspansi dalam HP Turbin, maka tekanan dan temperature uap akan menurun sehingga uap keluaran turbin berupa uap jenuh.

Uap ini memiliki efek negatif yang dapat menimbulkan erosi pada sudu-sudu turbin dan juga bersifat korosif. Oleh karena itu, uap keluaran HP Turbine tidak langsung disalurkan ke IP Turbine, melainkan dipanaskan ulang di *re-heater* sampai menjadi uap kering lagi, setelah itu baru disalurkan ke first LP Turbine. Dari first LP Turbine, uap disalurkan ke secondary LP Turbine. Uap panas keluaran secondary LP Turbine akan masuk ke kondensor untuk dikondensasikan menjadi wujud cair lagi sehingga air hasil proses kondensasi ini akan menjadi air untuk siklus berikutnya.

Turbin yang dipakai pada unit ini merupakan turbin satu poros dengan bagian *High Pressure (HP)*, *Intermediate Presnre (IP)* dan *Low Pressure (LP)* yang

terpisah. Masing-masing memiliki spesifikasi sesuai kegunaan dari turbin itu sendiri.

- *High Pressure Turbine*



Gambar 4. 13 *High Pressure Turbine*

High Pressure turbine atau HP Turbine adalah turbin dengan aliran silinder tunggal. Uap yang masuk ke HP Turbine ini adalah initial *steam*, uap yang pertama kali keluar dari *boiler*. Uap ini mengenai sudu - sudu turbin dengan diatur oleh *main stop* dan *Control valves*.

Casing terluar dari turbin ini berbentuk seperti tong (barrel type) tanpa flens aksial. Simetri melingkar yang hampir sempurna memungkinkan keseragaman tebal dinding casing pada semua bagian. Casing bagian dalam terpisah secara aksial dan ditutup rapi sehingga mudah bergerak untuk merespon ekspansi thermal. Casing tipe barrel atau tong ini memungkinkan fleksibilitas dalam operasionalnya baik ketika *Start up* dalam waktu yang singkat maupun perubahan beban yang besar walaupun pada initial condition yang sedang tinggi.

Uap yang masuk ke HP turbine akan menggerakkan sudu - sudu dan sebagian lagi untuk memanaskan *high Pressure heater*. Lalu uap akan masuk re-heater untuk dipanaskan kembali. Karena setelah melewati HP turbine, uap mengalami ekspansi temperature yang cukup besar. Untuk itu, dalam instalasinya, pada jalur utama exhaust HP Turbine ke re-heater dipasang swing check *valve* agar uap tidak mengalir masuk kembali ke HP Turbine.

- *Intermediete Pressure Turbin*



Gambar 4. 14 *Intermediete Pressure Turbin*

Intermediate Pressure turbine atau *IP Turbine* adalah turbin yang terdiri casing terpisah dengan aliran aksial ganda. Antara casing bagian dalam (*inner casing*) dan luarnya harus ada jarak agar pergerakan inner casing yang terjadi karena panas dapat terakomodasi, dimana pada inner casing ini terdapat sudu sudu tetap. Uap yang masuk ke IP turbine ini adalah uap yang keluar dari re-heater dan masuk melalui kedua sisi samping. Konstruksi inner casing harus mampu mengatasi inlet uap yang mempunyai suhu dan tekanan tinggi sedangkan casing dan sambungan flens-nya cukup mampu mengatasi exhaust IP turbine yang mempunyai suhu dan tekanan rendah. Uap yang masuk ke IP turbine ini sebagian besar digunakan untuk memutar poros *Generator* dan sebagian lagi untuk memanaskan air yang akan masuk *Boiler* melalui *low Pressure heater*

- *Low Pressure Turbin*



Gambar 4. 15 *Low Pressure Turbin*

Low Pressure Turbine atau LP Turbine adalah turbin yang terdiri dari dua rumah turbin dengan aliran ganda. Casing bagian luarnya terhubung dengan kondensor sedangkan inner casing didukung oleh lengan penyangga yang terletak pada bracket pada bantalan pedestal. Uap yang masuk ke LP Turbine ini berasal dari IP turbin dan sebagian besar digunakan untuk memutar poros *Generator*, sebagian lagi untuk memanaskan air yang akan masuk *Boiler* melalui *Low Pressure Heater* (LP Heater). Dikarenakan ada dua LP turbine, masing-masing uap turbin masuk ke *low Pressure heater* yang berbeda, LP turbine satu (MAC 1) memanaskan LP Heater 1 dan LP Turbine dua (MAC 2) memanaskan LP Heater 2 dan 3.

b. *Generator*

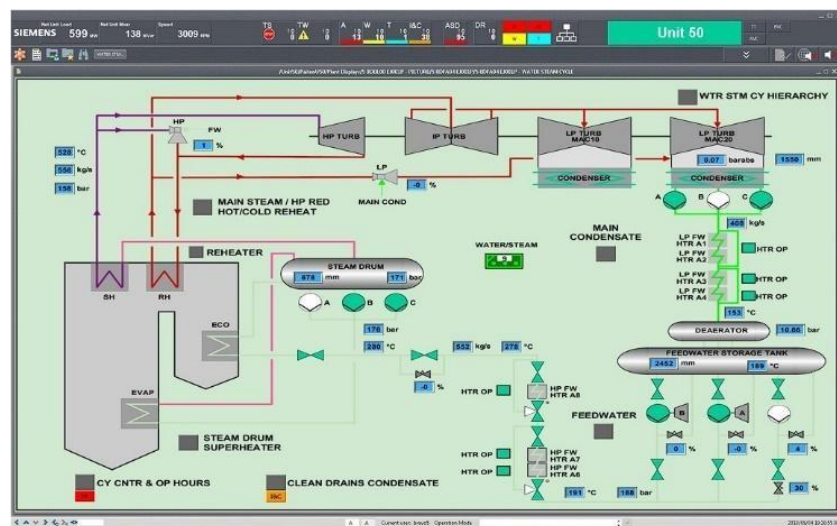


Gambar 4. 16 *Generator*

Generator adalah alat untuk membangkitkan listrik. *Generator* sendiri terdiri dari stator dan rotor. Rotor dihubungkan dengan shaft turbin sehingga berputar bersama-sama. Stator bars di dalam sebuah *Generator* membawa arus hubungan *Output* pembangkit. Arus Direct Current (DC) dialirkan melalui brush gear yang langsung bersentuhan dengan slip ring yang dipasang jadi satu dengan rotor sehingga akan timbul medan magnet (flux). Jika rotor berputar, medan magnet tersebut memotong kumparan di stator, sehingga pada ujung-ujung kumparan stator timbul arus listrik. Untuk penyediaan arus listrik *Generator* diambilkan dari luar. Setelah sesaat *Generator* timbul tegangan, sehingga melalui exitasi *Transformator*

Arus AC akan disearahkan oleh rectifier dan arus DC akan kembali ke *Generator*. Proses ini disebut dengan *self excitation*. Dalam sistem tenaga, disamping *Generator* mensuplai listrik tegangan tinggi 500 kV, juga dipakai untuk pemakaian sendiri dimana tegangan *Output Generator* diturunkan melalui *Transformator* sesuai kebutuhan. Untuk kebutuhan saat start diambilkan dari 150 kV line. Untuk sistem tegangan ekstra tinggi tenaga listrik yang dihasilkan oleh power plan disuplai ke jaringan PLN sebesar 500 kV.

5.1.5. Water Steam Cycle



Gambar 4. 21 *Water Steam Cycle*

a. Condensor

Setelah LP Turbine diputar *steam* akan mengalir menuju kondensor untuk didinginkan dan berubah menjadi air. *Condenser* ada dua, A dan B yang letaknya di bawah LP Turbine A dan B. Proses yang terjadi *steam*

bersentuhan langsung dengan pipa yang di dalamnya dialiri pendingin berupa air laut. Kondensasi ini mengubah *steam* menjadi air yang kemudian ditampung di *condensate hot well*. Air laut selain berfungsi sebagai media heat transfer juga berfungsi untuk mendinginkan kondenser dan juga untuk mendinginkan *closed Cooling System* (air pendingin). *closed Cooling System* ini mendinginkan berbagai peralatan yang membutuhkan pendingin seperti air compressor, pump dan *Generator stator cooling* dan juga penting untuk mendinginkan oli untuk pelumas turbin. Proses pertukaran panas antar close cooling dengan air laut terjadi pada alat yang disebut heat exchanger. Karena adanya *Blowdown* pada *steam drum* , maka untuk mengembalikan volume air ke volume semula, pada *Condenser* terdapat *Make-up Water* diambil dari *make-up demineralizing RO*. Kondensor bekerja dalam kondisi vakum, hal ini dikarenakan proses kondensasi yang terjadi perubahan *steam* ke air yang menyebabkan berkurangnya volume. Untuk menjaga agar kondensor tetap dalam kondisi vakum, maka gas-gas yang dilepas dari *steam* (ketika *steam* berubah menjadi air) dipompa keluar oleh vakum pump. Alasan lain keadaan vakum adalah efisiensi, *steam* yang diambil dari turbin adalah *enthalpy steam* (selisih *steam* masuk dan keluar) sehingga tekanan diminimalkan agar energi yang dimanfaatkan semakin besar karena entalpinya juga besar.

b. Pompa

Pompa berfungsi untuk memindahkan fluida dengan cara memberikan energi ke aliran fluida sehingga headnya bertambah dan bisa dialirkan atau dipindahkan ke tempat yang berenergi lebih rendah.

- *Demin Water Pump (DWP)*

Demin water pump berfungsi untuk memindahkan air demineralisasi yang disimpan di *demin storage tank* menuju *Condenser* sebagai *make up water*, karena level air turun akibat adanya *Blowdown*.

Spesifikasi teknis *demin water pump* Unit 5 & 6 PLTU
 Paiton tercantum pada tabel berikut:

Tabel 4. 7 Spesifikasi Teknis *Demin Water Pump* (PT YTL, 2016)

Uraian	Spesifikasi Teknis
Jumlah unit	3 buah
Presentase kapasitas unit	50%
Tipe pompa	<i>Centrifugal</i>
<i>Pressure pump</i>	6 bar
<i>Mass flow rate</i>	2530 l/min

- *Condensor Extraction Pump*

Condenser extraction pump merupakan pompa utama yang mengalirkan air yang akan digunakan untuk menjalankan siklus uap-air (*water steam cycle*). Pompa ini memindahkan air yang telah terkondensasi (*condasate*) yang terakumulasi *di condensate hot well* menuju *feed water storage tank* melalui *low Pressure heater* A1, A2, A3, A4 dan *Deaerator*.

Spesifikasi teknis *Condenser extraction pump* Unit 5 & 6 PLTU Paiton tercantum pada tabel 4.9 berikut berikut:

Tabel 4. 8 Spesifikasi Teknis *Condensor Extraction Pump* (PT YTL, 2016)

Uraian	Spesifikasi Teknis
Jumlah/unit	3 buah
Tipe pompa	Mix
Presentase kapasitas load	50%
<i>Pressure pump</i>	36 bar
<i>Mass flowrate</i>	218kg/s
<i>Pump temperature</i>	41
Daya motor	1010 kW
Tegangan motor	10 kV
Putaran motor	1485 rpm
Arus motor	70 A

- *Feed water pump*

Feed water pump berfungsi untuk memindahkan air dari *feed water storage tank* menuju *steam drum* melalui *low Pressure heater* A5, A6; *high Pressure heater* A7, A8; dan *economizer*. Berdasarkan penggerakannya *feed water pump* dibagi menjadi dua jenis yaitu *OVERHAUL* dan *electric turbine feed water pump*. Terdapat dua buah *turbine feed water pump* dan satu buah *electric turbine feed water pump*. *Electric turbine feed water pump* digunakan ketika *starting* awal, ketika *steam* belum dapat diproduksi. Ketika sistem telah berjalan dengan baik, *steam* telah terproduksi, *electric turbine feed water pump* akan digantikan oleh *turbine feed water pump*, yang menyebabkan *electric turbine feed water pump* dalam keadaan *standby* dan *turbine feed water pump* dalam keadaan *running*. Spesifikasi teknik *turbine feed water pump* Unit 5 & 6 PLTU Paiton terdapat pada tabel 4.9 berikut:

Tabel 4. 9 Spesifikasi Teknis *Turbin Feed Water Pump* (PT YTL, 2016)

Uraian	Spesifikasi teknis
Jumlah unit	2 buah
Pump type	<i>Centrifugal, 5 stage</i>
Kapasitas % load	50 %
<i>Pressure pump</i>	190 bar
Mass flowrate	282 kg/s
<i>Pump temperature</i>	183,6
Daya motor	
Tegangan motor	10kV
Putaran motor	1493 rpm
Arus motor	495 A

- *Boiler Water circulating Pump (BWCP)*

Berfungsi untuk memompa dan mensirkulasi air dari *steam drum* menuju wall tubes atau evaporator yang disalurkan melalui down comer dan ditampung di lowering header.

- *Boiler Feed water pump*

Uap yang digunakan *Boiler* diperoleh dengan memanaskan air yang dialirkan oleh *Boiler Feed Water Pump (BFP)* dengan menggunakan bahan bakar batu bara. Pada setiap unit terdapat 3 buah BFP, dengan kondisi 1 BFP digerakkan oleh motor listrik yang digunakan pada waktu *Start up* dan 2 lainnya digerakkan dengan menggunakan turbin yang disebut dengan *Turbine feed water pump (TFWP)*.

- *Turbine feed water pump*

Pompa ini digunakan untuk menggerakkan *Boiler Feed Water Pump (BFP)* yang berfungsi untuk memindahkan air dari *feed water storage tank* ke *Boiler economizer* melalui 3 feedwater heater A6, A7, A8. *Turbine feed water pump (TFWP)* yang berfungsi untuk menggerakkan *Boiler Feed Water Pump (BFP)* ini tidak digerakkan menggunakan motor listrik tapi digerakkan menggunakan uap atau *steam*.

c. *Polisher*

Dari condensate hot well, condensate *water* akan dipompa oleh condensate pump ke polisher. Ada tiga condensate pump yaitu dua aktif dan satu *standby* dengan kapasitas tiap pompa sebesar 50%. Di polisher terdapat resin kation dan anion, resin ini berfungsi untuk:

- Resin kation: mengikat ion negatif penyebab korosi.
- Resin anion: mengikat ion positif penyebab kerak atau scale.

Ion-ion tersebut diikat oleh resin dalam polisher untuk memurnikan air yang masuk ke *boiler*. Parameter ion-ion tersebut dapat diukur dengan melihat nilai konduktivitasnya (umumnya nilai 0,2 termasuk tinggi) bisa berarti dua hal:

- Terdapat kebocoran air laut di dalam polisher, terdeteksi dengan leak detector.

- Resin telah jenuh dan harus diregenerasi. Regenerasi resin dapat digunakan resin kation menggunakan asam kuat (H_2SO_4) dan resin anion menggunakan basa (NaOH).

Dari *polisher*, air dipanaskan di *Feed Water Heater* 2, 3, dan 4 dengan sebelumnya diinjeksikan amonia untuk meningkatkan pH (PH ideal = 9,5) agar sodium dari air hilang karena sodium akan mengakibatkan kerusakan pada material *Boiler*. Setelah itu baru ke *feed water heater* di *Deaerator*.

d. *Deaerator*

Deaerator berfungsi untuk menyerap atau menghilangkan gas-gas yang mengandung air pengisi *boiler*. Terutama gas O_2 , karena gas ini akan menimbulkan korosi. Gas-gas lain yang cukup berbahaya adalah karbon dioksida (CO_2). Gas O_2 dan CO_2 akan bereaksi dengan material *Boiler* dan menyebabkan korosi yang sangat merugikan. Prinsip kerjanya air yang masih mengandung O_2 dan CO_2 akan disemprotkan ke *steam Deaerator*, sehingga gas-gas tersebut diserap secara termis dan dikeluarkan melalui *valve* pelepas udara atau gas. Penempatan posisi *Deaerator* yang tinggi memungkinkan pemberian *suction heat* yang cukup untuk *feed water pump* dan satu pompa yang tenaganya dari extraction IP Turbine disebut *turbine driven pump* dan satu pompa yang digerakkan oleh motor disebut *motor driven pump*, dimana kapasitas tiap pompa 100% menuju *feed water heater* 6, 7, 8, A-B dan akan menuju ke *economizer* terus ke *steam drum*.

e. *Feed Water Heater*

Terdapat 8 *Feed Water Heater*, yaitu:

- *Feed Water Heater* 1

Terletak di bagian bawah *condensor*, fungsinya untuk memanaskan air yang keluar dari *condensor*. Panas yang digunakan berasal dari extraction LP Turbine.

- *Feed water heater* 2, 3, dan 4

Fungsinya untuk memanaskan air sebelum air memasuki *Deaerator*. Panas yang digunakan berasal dari extraction LP Turbine.

- Feed *Water* Heater 5

Terletak di atas *Deaerator*. Panas yang digunakan berasal dari extration IP Turbine.

- Feed *Water* Heater 6 A-B, 7 A-B & 8 A-B

Fungsinya untuk memanaskan air yang akan masuk ke *economizer*, untuk feed *water* heater 6 A-B & 7 A-B panas yang digunakan berasal dari extration IP Turbine sedangkan untuk feed *water* heater A & B panas yang berasal berasal dari extration HP Turbine.

5.1.6. Coal Handling

a. Kapal

Pengiriman batu bara dari Kalimantan Timur ke *plant* dilakukan menggunakan kapal laut yang berkapasitas sekitar 43.000 ton. Untuk kapal tongkang mampu menampung dengan kapasitas 12.000 ton.

b. Jetty



Gambar 4. 22 *Jetty*

Jetty merupakan dermaga atau tempat merapat kapal laut pengangkut batu bara di PLTU Paiton unit 5 dan 6 ke dalam dermaga ini 18 m dari dasar laut, sehingga memungkinkan kapal - kapal besar untuk merapat.

c. Stock Pile

Stock Pile adalah tempat untuk menyimpan batu bara yang telah dimuat dari dermaga. Penyimpanan pada stock pile ini bersifat sementara.

d. *Reclaimer*

Reclaimer merupakan alat yang mengangkat batu bara dari stock pile dan menyalurkan ke silo.

e. *Belt Conveyor*



Gambar 4. 23 *Belt Conveyor*

Belt Conveyor berbentuk semacam sabuk besar yang terbuat dari karet yang bergerak melewati head pulley dan tail pulley, keduanya berfungsi untuk menggerakkan *belt conveyor*, serta tansioning pulley yang berfungsi sebagai peregang *belt conveyor*. Untuk menyangga belt conveyor beserta bobot batu bara yang diangkut dipasang *idler* pada jarak tertentu diantara *head pulley* dan *tail pulley*. *Idler* adalah bantalan berputar yang dilewati oleh belt conveyor. Batu bara yang diangkut oleh *conveyor* dituangkan dari sebuah bak peluncur (*chute*) diujung tail *pulley* kemudian bergerak menuju ke arah *head pulley*. Biasanya muatan batu bara akan jatuh ke *conveyor* lainnya atau masuk ke bak penyimpanan. Disetiap belokan antara *conveyor* satu dengan yang lainnya dihubungkan dengan *transfer house*, selain itu pada *belt conveyor* ditambahkan juga beberapa aksesoris yang bertujuan untuk meningkatkan fleksibelitasnya antara lain:

- *Metal Detector*

Merupakan alat untuk mendeteksi adanya logam-logam di dalam batu bara yang tercampur saat proses pengiriman.

- *Magnetizing Separator*

Untuk memisahkan logam-logam yang terkandung dalam batu bara yang sebelumnya sudah melewati *metal detector* namun logam-logam masih bisa lewat.

- *Belt Scale*

Untuk mengetahui jumlah tonase berat batu bara yang diangkut oleh *belt conveyor*.

- Dust Suppression, berfungsi untuk:

- ❖ *Air pollution controller*
- ❖ Menyemprot air pada batu bara
- ❖ Menghemat batu bara agar tidak menjadi debu.
- ❖ Menghalangi terjadi percikan api akibat debu panas dari batu bara.

f. Coal Silo



Gambar 4. 24 *Coal Silo*

Berfungsi sebagai tempat untuk menampung batu bara dari stock pile sebelum dihaluskan di mill. Spesifikasi teknik coal bunker Unit 5 dan 6 PLTU Paiton:

- Jumlah tiap unit : 6 unit
- Kapasitas / unit : 500 ton.

4.1 Pengertian dan Fungsi Fan

4.2.1 Pengertian dan Klasifikasi Fan



Gambar 4. 25 *Force Draft Fan*

Fan merupakan salah satu mesin fluida yang didesain untuk mengalirkan fluida dari satu tempat ke tempat yang lain dalam fase gas seperti udara. Fan sendiri mempunyai kaitan yang cukup erat dengan *blower* dan *compressor*. *The American Society of Mechanical Engineering* (ASME) membedakan fan, *blower* dan *compressor* berdasarkan pada spesifik *Pressure ratio*, yaitu rasio tekanan pada sisi tekan dibandingkan dengan tekanan pada sisi hisap. Pembagiannya dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut:

Tabel 4. 10 Perbedaan Fan, Blower dan Kompresor

Peralatan	<i>Spesific Pressure Ratio</i>	<i>Pressure Rise</i> (<i>pascal</i>)
Fan	<1.1	<1108
<i>Blower</i>	1.11 - 1.20	1108-2021
<i>Compressor</i>	>1.20	>20201

Dari tabel 4.10, dapat dilihat bahwa fan mempunyai *specific Pressure ratio* yang paling kecil. Karakteristik lain dari fan walaupun memiliki tekanan yang kecil, namun memiliki *flow rate* yang lebih besar. Berdasarkan arah aliran udara masuk dan keluarnya, fan umumnya dibagi dua yaitu fan sentrifugal dan aksial.

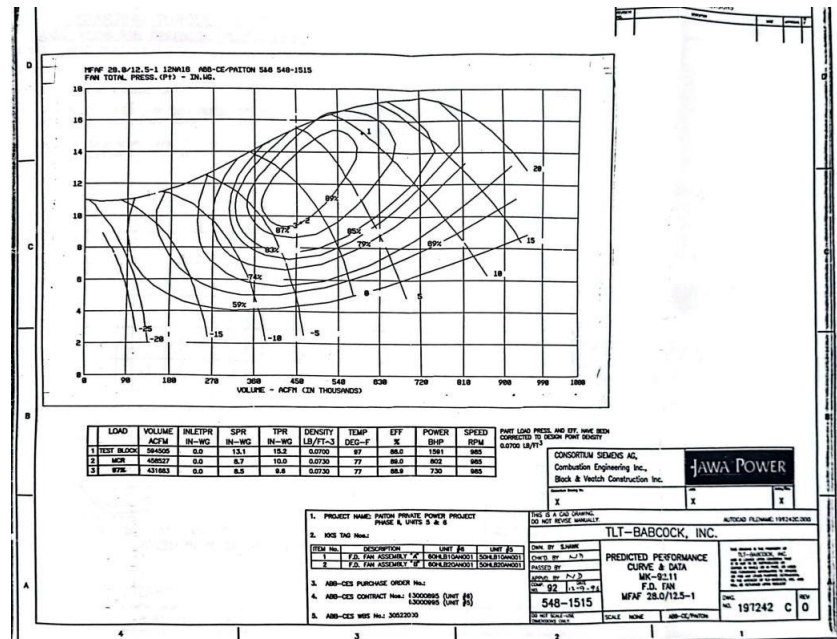
Fan sentrifugal menggunakan prinsip gaya sentrifugal dan mengalirkan fluida secara kontinu mengikuti bentuk kelengkungan sudu rotor. Udara terhisap melalui sisi inlet yang berada di pusat putaran fan sentrifugal tersebut, lalu udara terdorong menjauhi poros fan akibat adanya gaya sentrifugal dari sudu sudu fan yang berputar. Pada ujung sudu – sudu fan kecepatan berubah menjadi tekanan, housing pada fan sentrifugal berguna untuk mengarahkan fluida dan mengonversi sebagian tekanan dinamis ke tekanan statis melalui perubahan dari penampang pada arah gerak fluida. Pada debit aliran yang sama, fan sentrifugal dapat menghasilkan tekanan udara outlet yang lebih besar dibandingkan dengan fan aksial.

Fan aksial adalah fan yang aliran fluidanya masuk dan keluarnya sejajar dengan porosnya. Cara kerja fan aksial adalah dengan memanfaatkan gaya *lift* yang dihasilkan oleh sudu fan sehingga dapat mengalirkan fluida. Berdasarkan kemampuannya menaikkan tekanan statis fan aksial diklasifikasikan menjadi beberapa jenis antara lain, propeller fan, tube-axial fan, vane-axial fan, dan two stage axial fan. Propeller fan adalah fan aksial yang paling kecil tekanannya, sedangkan two stage axial flow fan yang paling besar.

Force Draft Fan yang digunakan di PLTU unit 5 PT YTL adalah jenis *two stage axial flow fan*. Fan jenis ini didesain untuk mempunyai tekanan yang lebih besar dibandingkan jenis fan aksial lainnya, jika dilihat dari konstruksinya fan ini merupakan gabungan dari dua fan secara seri. Sudu dari fan ini biasanya dapat diatur sehingga mempermudah mencapai optimisasi kebutuhan bahan bakar.

5.3.2. Karakteristik Fan

Karakteristik fan dapat dinyatakan dalam bentuk kurva fan. Kurva fan merupakan kurva kinerja untuk fan tertentu pada sekumpulan kondisi yang spesifik. Kurva fan Grafik yang ditampilkan merupakan kurva karakteristik dari sebuah fan aksial, yang digunakan untuk menggambarkan performa fan dalam berbagai kondisi operasi.



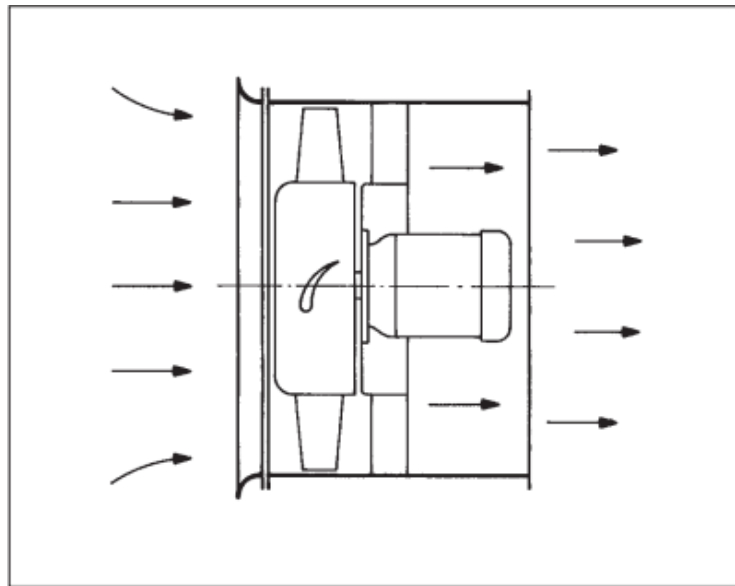
Gambar 4. 26 Grafik Kurva Karakteristik Axial Fan (TLT-Babcock Inc, 1996)

Dalam grafik ini, sumbu horizontal menunjukkan laju aliran udara atau volume flow rate dalam satuan CFM (Cubic Feet per Minute), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan total tekanan yang dihasilkan fan, dinyatakan dalam satuan inch *water gauge* (in. w.g.). Kurva-kurva yang membentuk pola melengkung dalam grafik menggambarkan hubungan antara tekanan dan aliran pada kondisi kecepatan atau sudut bilah tertentu.

Di dalam grafik ini juga dapat ditemukan kurva efisiensi, yang ditandai dengan angka-angka seperti 60%, 70%, hingga 80%, menunjukkan area-area performa fan yang paling efisien. Zona efisiensi tertinggi biasanya terletak di tengah kontur, dan itulah area di mana fan sebaiknya dioperasikan untuk menghindari energi terbuang dan menjaga kestabilan sistem. Bagian kiri atas grafik sering kali merupakan area terjadinya fenomena stall, yaitu ketika aliran udara tidak lagi mengikuti permukaan bilah secara aerodinamis, menyebabkan penurunan tekanan, efisiensi yang rendah, serta potensi getaran atau kebisingan.

4.2 Operational Fan

4.3.1 Cara kerja *Force Draft Fan*



Gambar 4. 27 Arah Aliran Axial Fan (TLT Babcock Inc, 1996)

Force Draft Fan (FD Fan) adalah komponen penting dalam sistem pembakaran, khususnya pada *Boiler* industri. FD Fan berfungsi untuk mengalirkan udara segar dari atmosfer ke dalam ruang bakar. Udara ini terlebih dahulu disaring agar bebas dari partikel berbahaya sebelum masuk ke dalam fan yang memiliki impeller berputar cepat. Putaran ini menghasilkan peningkatan tekanan dan kecepatan udara, menciptakan aliran dengan tekanan positif yang kemudian digunakan untuk proses pembakaran (Rajput, 2008). Udara bertekanan tinggi tersebut sangat penting untuk memastikan pencampuran yang baik dengan bahan bakar, sehingga menghasilkan pembakaran yang efisien dan bersih (Çengel & Boles, 2015). Penggunaan FD Fan memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap suhu ruang bakar dan efisiensi termal sistem secara keseluruhan (Spirax Sarco, n.d.).

4.3.2 *Operational Condition*

Satu unit *Force Draft Fan* mempunyai kapasitas 50%, jadi dalam satu unit PLTU mempunyai dua unit *Force Draft Fan* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Spesifikasi Teknis *Force Draft Fan* (TLT Babcock inc, 1996)

Uraian	Spesifikasi Teknik
Flow	253 kg/s
Pressure	24.1 mbar
Tipe fan	aksial
Daya motor	1600 HP
Volt	10 kV
Putaran	989 rpm
Amp.	88

Test block (kapasitas maksimum saat uji coba): 328 kg/s

Selain kurva utama, terdapat pula tabel performa fan yang memuat data kombinasi antara volume aliran, tekanan, daya, dan efisiensi. pada table tersebut, diketahui parameter operasional fan pada tiga kondisi beban yang berbeda yaitu test block (100%), maximum continour Rating (MCR), dan 97% load yang tercatat pada tabel 4. 12 berikut:

Tabel 4. 12 Performa Fan (TLT-Babcock inc, 1996)

LOAD	VOLUME (ACFM)	INLETPR (IN-WG)	SPR (IN- WG)	TPR (IN- WG)	DENSITY (LB/FT-3)	TEMP (DEG-F)	EFF %	POWER (BHP)	SPEED (RPM)
TEST BLOCK	394505	0.0	13.1	15.2	0.0700	97	88.0	1591	985
MCR	58527	0.0	8.7	10.0	0.0730	77	88.0	802	985
97%	431683	0.04	8.5	9.6	0.0730	77	88.9	730	985

Pada table tersebut diketahui pada kondisi test block, fan mengalirkan udara sebesar 594.505 ACFM, dengan static *Pressure* rise 13.1 in WG dan kenaikan tekanan total 15.0 in WG, suhu udara masuk 97 F atau 36.1 C dan kecepatan putaran 985 Rpm, membutuhkan daya sebesar 1501 BHP, dengan efisiensi sebesar 88%.

Pada kondisi maximum continous rating atau fan bekerja pada beban maksimum selama 24 jam sehari, dalam kondisi normal tanpa melebihi batas teknisnya, fan menghasilkan udara sebanyak 458.527 ACFM, dengan kenaikan tekanan statis 8.7 in WG dan kenaikan tekanan total 10 in WG, dengan density sebesar 0,073 lb ft3, temperature 77 deg- F. membutuhkan

daya sebesar 802 BHP, dengan kecepatan putaran 985 rpm, dan efisiensi sebesar 89%.

Pada kondisi beban 97%, fan menghasilkan udara sebanyak 431,683 ACFM, dengan kenaikan tekanan statis sebesar 8.7 in WG dan kenaikan tekanan total sebesar 10 in WG. Densiti sebesar 0,0730, htemperatur 77 F, effisiensi sebesar 88,8%, daya sebesar 730 BHP dengan kecepatan putaran sebesar 985 rpm.

4.3.3 Initial Start-Up

Sebelum fan dioperasikan, perlu diperhatikan bahwa fan tidak boleh dinyalakan dalam kondisi aerodynamic stall, karena kondisi ini sangat membahayakan sistem. Fan akan mengalami aerodynamic stall apabila terjadi beberapa kondisi , antara lain:

- Adanya penyumbatan baik di upstream maupun di downstream fan yang menghambat aliran udara
- Pengoperasian alat pengatur udara yang tidak benar, seperti damper yang tertutup sebagian atau seluruhnya
- pengaturan blade pitch angle yang tidak benar. Blade pitch angle yang benar tergantung pada resistensi sistem dan kecepatan aliran udara. Jika sudut terlalu tinggi pada kecepatan tertentu menyebabkan fan mengalami stall.

Fan yang mengalami stall akan menunjukkan beberapa ciri khas, antara lain:

- a. efisiensi buruk yang menyebabkan daya yang lebih tinggi daripada yang seharusnya
- b. aliran udara dan tekanan yang tidak stabil
- c. suara yang gemuruh dengan frekuensi yang rendah
- d. vibrasi yang lebih tinggi dari vibrasi normal

Saat fan beroperasi pada kondisi stall, arus turbulen dan wrilling akan terbentuk disekitar permukaan fan blade. Aliran turbulen ini akan menyebabkan kelelahan material pada blade fan yang berpotensi menimbulkan kerusakan parah.

Adapun langkah – langkah persiapan sebelum *Start up*

7. pastikan semua cribbing dan scaffolding sudah diangkat dari area dala housing, rotor, area rotor, dan saluran udara yang terhubung.
8. Pastikan rotor dapat diputar secara manual dengan bebad. Hal ini untuk memvericvikasi tidak ada gangguan atau hambatan mekanis.

9. Periksa arah putaran dari drive unit. Gunakan GAD (General Arrangement Drawing).
10. Sebelum dan sesudah operasi awal:
 - Periksa semua baut pengikat
 - Periksa bearing dan sekrup penyesuaian angle blade pitch
 - Pastikan semua dikencangkan dengan torsi yang tepat.
 - Jangan kencangkan ulang komponen yang tidak disarankan untuk dikencangkan ulang.
11. Pastikan semua pintu akses dan shaft seals telah dipasang, termasuk penutup kopling shaft guards.
12. Terapkan dan periksa aliran pelumas, tekanan, serta suhu, sesuai dengan gambar sistem pelumasan (Lube Unit Drawing)
13. Periksa level oli pada bantalan dan tangki reservoir
14. Pantau suhu *main* bearing. Suhnya perlu dicatat dan dipastikan sudah stabil sebelum fan dioperasikan lebih lanjut.
15. Fan tidak boleh dijalankan sebelum *Start up* checklist selesai diisi dan informasi pada start stop sequence telah diverifikasi.
16. Pasang alat ukur getaran IRD untuk pengujian awal. Gunakan pembacaan getaran ini untuk verifikasi kalibrasi alat getaran permanen.
17. Mulai jalankan fan dalam kondisi bukaan blade terkecil.

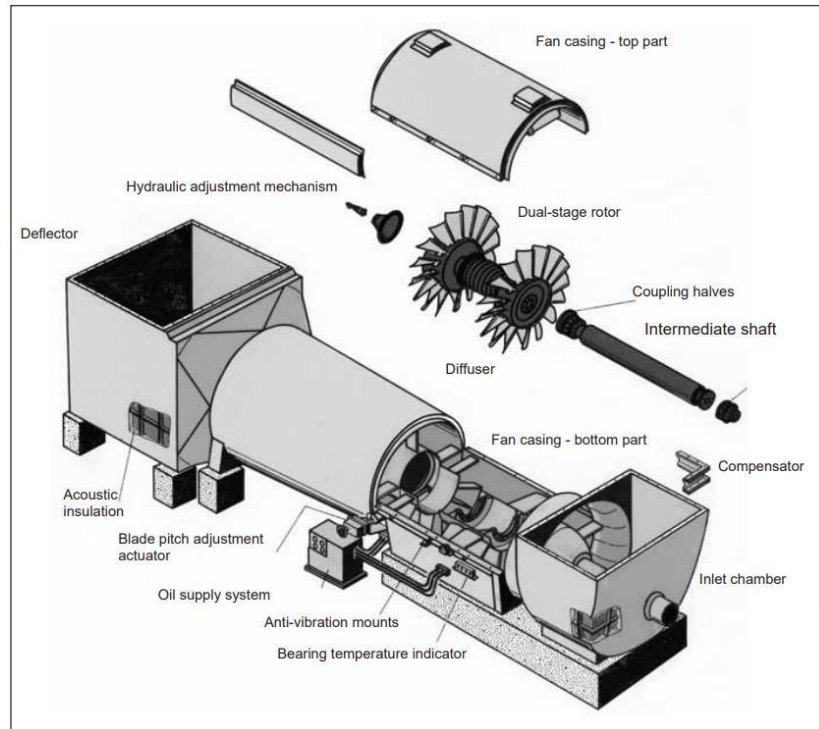
Guna meminimalisir adanya kesalahan dan memastikan semua hal penting telah dipersiapkan maka perlu dilakukan *Start up check list* yang ada pada tabel 4.14 berikut:

Tabel 4. 13 *Start Up Check List Force Draft Fan (TLT-BABCOCK, INC)*

INTERNAL	YA	TIDAK
1. Apakah jarak sudu telah diperiksa		
2. Apakah pengaturan termal ekspansi telah diperiksa		
3. Apakah Penyetelan kopling ke rotor sudah benar		
4. Apakah Indikator Suhu bantalan utama dipasang dengan benar		
5. Apakah pengatur posisi <i>blade hydraulic</i> dipasang dengan benar?		

6. Apakah ada kebocoran cairan internal yang terlihat		
7. Apakah semua bungkus pelindung pengiriman telah dilepas?		
8. Apakah <i>blade</i> disinkronkan diantara <i>stages</i> ?		
9. Apakah semua sambungan listrik telah dialihkan ke <i>Panel board</i> ?		
MOTOR PENGGERAK		
1. Apakah putaran ujung poros motor telah diperiksa dan dicatat?		
2. Apakah penyetalan kopling ke motor sudah benar>?		
3. Apakah motor terpasang dengan kuat ke pondasi dan diikat dengan baik?		
4. Apakah sambungan listrik permanen sudah terpasang?		
5. Apakah putaran motor telah diverifikasi?		
Auxillary Tool		
Sitem minyak peluman <i>main bearing</i>		
1. Apakah <i>Controlhydraulic</i> sudah terpasang?		
2. Apakah kabel pompa dan verifikasi rotasi sudah sesuai?		
3. Apakah filter telah dipasang?		
4. Apakah <i>Pressure</i> yang benar sudah diatur?		
5. Apakah unit telah diputar dan diperiksa apakah ada kebocoran?		
6. Apakah kopling telah diberi pelumas?		
Konsol pengatur posisi <i>blade hidraulic</i>		
1. Apakah semua sambungan selang sudah benar dan anti bocor?		
2. Apakah kabel pompa dan pemanas sudah lengkap?		
3. Apakah filter sudah terpasang dengan benar?		
4. Apakah unit telah diputar dan diperiksa apakah ada kebocoran?		
5. Apakah kopling telah diberi pelumas?		

5.3.3. Equipment



Gambar 4. 28 Komponen - Komponen *Force Draft Fan* (TLT-Babcock inc, 1997)

Klasifikasi *Main Equipment* dan *Auxillary Equipment* untuk forced Draft Fan tipe Variable Pitch Axial Fan antara lain:

- *Main Equipment*

- a. *Fan Housing*

Fan housing adalah struktur utama yang menopang seluruh sistem fan dan terpasang di atas pondasi. Bagian atas dan bawah fan housing dihubungkan dengan flange yang telah dikerjakan dengan presisi untuk memastikan kestabilan dan ketahanan terhadap getaran. Penyelarasan antarbagian dilakukan dengan pin kunci agar posisi tetap presisi.

Bagian atas fan housing dirancang dapat dilepas untuk memudahkan proses penggantian rotor tanpa membongkar seluruh sistem. Rotor dipasang pada bagian bawah fan housing melalui flange penyelarasan atau dudukan bantalan yang memastikan rotor tetap sejajar selama operasi. Terdapat bilah pendukung dan bilah penyeimbang yang menghubungkan hub rotor ke casing luar fan housing, membantu

mengurangi getaran dan meningkatkan efisiensi aerodinamis. Beberapa bilah ini memiliki rongga yang digunakan untuk jalur kabel instrumen, tabung tekanan, dan selang oli guna mendukung sistem pemantauan dan pelumasan.

b. Rotor Assembly

Rotor Assembly adalah rakitan poros utama fan yang terdiri dari rotor hub, blade fan, serta bearing. Berada di bagian tengah housing, rotor berputar bersama poros utama menggerakkan udara melalui blade dengan kecepatan tinggi untuk menghasilkan aliran udara secara aksial. *Rotor assembly* berfungsi mengkonversi energi mekanik dari motor menjadi energi kinetik pada udara.

Rotor adalah komponen utama pada *rotor assembly* yang mendukung blade shaft dan bilah fan, sekaligus terhubung ke poros utama. Rotor, yang berada tepat di pusat fan housing, berputar langsung karena mendapat tenaga dari intermediate shaft yang digerakkan motor.

c. Inlet Box

Inlet Box berfungsi mengarahkan udara masuk secara merata ke impeller. Inlet box yang diperbesar dapat menurunkan kecepatan aliran masuk, mengurangi losses, dan meningkatkan efisiensi fan. Di dalamnya terdapat inlet guide vanes statis yang mengkondisikan aliran udara sebelum mengenai bilah rotor, memberikan pra-putaran (pre-swirl) yang sesuai sehingga bilah bekerja lebih efektif. Setelah udara melewati impeller, terdapat guide vanes keluaran atau sirip statis di belakang bilah. Guide vanes ini berfungsi mengarahkan ulang aliran udara keluaran impeller agar alirannya lurus aksial, mengurangi turbulensi, getaran, dan kebisingan, serta meningkatkan efisiensi tekanan.

d. Noise Fairing

Nose Fairing adalah bagian aerodinamis yang dipasang di depan bilah fan untuk memperlancar aliran udara masuk. Komponen ini dirancang untuk mengurangi hambatan udara yang dapat menyebabkan

turbulensi dan ketidakseimbangan aliran. Dengan nose fairing yang optimal, efisiensi fan meningkat dan konsumsi energi dapat ditekan.

e. Blades

Blade fan adalah komponen berbentuk airfoil yang menghasilkan aliran udara. Cara kerjanya adalah Pada *Variable Pitch Axial Fan*, sudut blade dapat disesuaikan secara hidrolik untuk mengontrol kapasitas aliran udara tanpa mengubah kecepatan putaran fan. Desain ini memungkinkan fleksibilitas operasional yang lebih baik dibandingkan fan dengan bilah tetap (*fixed blade fan*), sehingga lebih efisien dalam berbagai kondisi beban

f. Diffuser

Diffuser merupakan saluran ekspansi yang memperlambat aliran udara sehingga mengonversi tekanan dinamis menjadi tekanan statis.. Dengan adanya diffuser, udara keluar dari fan dalam kondisi lebih stabil dan siap untuk digunakan dalam sistem pembakaran *boiler*. Diffuser juga berperan dalam mengurangi kehilangan energi akibat perbedaan tekanan antara fan dan saluran udara berikutnya.

Diffuser pada *Variac* dirancang dapat dibuka/geser untuk mempermudah akses *Maintenance* ke rotor tanpa perlu melepas seluruh casing. Pada fan dua tahap, diffuser pertama bahkan bisa digeser untuk memberi akses ke impeller tahap pertama, sementara diffuser kedua tetap terpasang. Ini mempermudah perawatan impeller di lokasi (*on-site*) karena semua komponen dapat dijangkau dengan menggeser diffuser saja.

g. Rotor Assembly

Rotor Assembly terdiri dari hub rotor yang ditopang oleh sistem bantalan untuk memastikan rotasi yang stabil dan minim gesekan. Bantalan yang digunakan dapat berupa pillow block bearings atau bantalan utama kompak yang dirancang untuk menangani beban radial dan aksial dari putaran fan. Perawatan dan pelumasan bantalan sangat

penting untuk menjaga umur panjang sistem dan menghindari kegagalan akibat keausan.

h. Straightening Vanes

Straightening Vanes adalah *blade* pemandu udara yang terletak setelah diffuser. Fungsinya adalah untuk meluruskan aliran udara yang keluar dari fan, mengurangi turbulensi, meningkatkan efisiensi tekanan, serta mengurangi kebisingan dan getaran. Dengan aliran udara yang lebih terarah, efisiensi sistem keseluruhan dapat ditingkatkan.

i. Outlet Air

Outlet Air adalah titik keluaran udara setelah melalui proses percepatan dan difusi di dalam fan. Udara yang keluar dari fan ini kemudian dialirkan ke *Boiler* atau sistem ducting lainnya untuk memenuhi kebutuhan pembakaran atau proses industri. Stabilitas dan tekanan udara yang dihasilkan di outlet sangat bergantung pada kinerja seluruh komponen sebelumnya.

j. *Blade Pitch Adjustment Actuator*

Blade Pitch Adjustment Actuator adalah perangkat elektromekanis yang digunakan untuk mengatur sudut kemiringan blade pitch. Perubahan sudut blade ini dilakukan secara otomatis melalui aktuator pneumatik yang *Gambar* dikendalikan dari sistem kontrol



Gambar 4. 29 *Blade Pitch Adjustment*

5.3.4. *Auxillary Equipment*

Komponen pendukung dari *Force Draft Fan* antar lain:

a. Sistem pelumasan

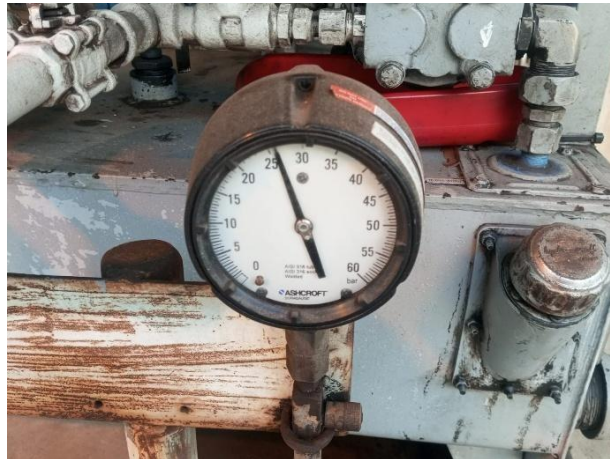
Sistem oli pelumas terorisah digunakan untuk melumasi bantalan utama dan penggerak lainnya. Terdiri dari oil station (tanki oli, pompa, filter, cooler) yang mensirkulasikan oli pelumas ke bantalan bantalan rotor. Pelumasan yang baik menurunkan gesekan dan keausan pada bantalan, sehingga fan dapat beroperasi terus menerus dengan aman.

b. *Hydraulic Oil Station*

Hydraulic Oil station adalah unit pemompa oli hidrolik yang memasok tekanan untuk menggerakkan silinder hidrolik di dalam hub. Hydrailic oil station mencakup pompa, *valve*, akumulator, filter, dan pendingin oli untuk menjaga suhu. Sistem hidrolik ini dibuat terpisah dari sistem pelumasan utama demi stabilitas kontrol. Unit ini beroperasi secara kontinu selama fan berjalan, bahkan saat sudut bilah tidak berubah, sehingga oli hidrolik terus bersirkulasi melalui *filter* dan *cooler*. Dengan demikian, kotoran dapat terangkut, panas dapat terbuang dan respon pengaturan sudut *blade* tetap cepat tanpa lag. Keberadaan sistem hidrolik inilah yang memungkinkan *Force Draft Fan* menyesuaikan kapasitas udara dengan cepat sesuai beban *boiler*.

c. *Pressure Gauge*

Pressure Gauge adalah alat ukur mekanis yang digunakan untuk menunjukkan tekanan pelumas oli yang akan dipompakan menuju komponen – komponen bearing atau shaft



Gambar 4. 32 *Pressure Gauge*

d. *Sight Glass*

Sight glass adalah jendela transparan yang dipasang pada reservoir untuk melihat secara visual level oli



Gambar 4. 33 *Sight Gauge*

e. *Flow Indicator/ Flow Switch*

Digunakan untuk mendeteksi atau memonitor aliran fluida, dalam hal ini oli pelumas atau pendingin pada *Force Draft Fan*



Gambar 4. 34 *Flow Indicator*

f. Termometer Bimetal

Termometer Bimetal adalah alat ukur suhu yang berdasarkan prinsip pemuaian dua logam berbeda (bimetal) yang melengkung saat suhu berubah, menggerakkan jarum penunjuk pada skala.



Gambar 4. 35 *Termometer Bimetal*

g. Perangkat Kendali dan Aktuator Servo

Untuk mengatur sudut blade secara otomatis, terdapat servo aktuator dan sistem kendali elektronik. Aktuator servo (motor listrik torsi tinggi) menggerakkan katup pengatur hidrolik atau mekanisme linkage yang mengubah sudut bilah sesuai perintah sistem kontrol. Sistem ini menerima

sinyal dari DCS untuk menyesuaikan airflow sesuai kebutuhan proses. Perangkat kendali ini termasuk sensor-sensor umpan balik posisi blade, pressure/flow transmitter, serta *Panel* kontrol lokal atau modul kontrol terintegrasi.

4.4 Proteksi Sistem

Axial fan variable pitch dilengkapi dengan *stall probes* dan *stall Alarm system*. Sensor stall (yang berupa sensor tekanan differential pressure) mendeteksi gejala *stalling* aerodinamis pada blade. Jika terdeteksi mendekati stall, sistem *Alarm* akan memberikan peringatan atau intervensi (misal mengubah sudut bilah) untuk mencegah fan beroperasi pada garis limit set. Fitur ini penting untuk keamanan operasional, karena stall berkepanjangan dapat menyebabkan getaran tinggi dan kerusakan pada blade.

Berbagai instrumentation tool, seperti termokopel/RTD pada bantalan untuk memantau suhu, vibrtaror sensor untuk memantau getaran poros, *Pressure* and flow sensor untuk meMonitor kinerja fan, dan *oil level/Pressure* sensor pada sistem pelumas dan hidrolik.

4.5 Maintenance

Menurut Mobley, J. (2002) mendefinisikan *Maintenance* adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menjaga, memperbaiki, atau mengembalikan suatu peralatan, mesin, atau *system* ke kondisi yang dapat berfungsi secara optimal.

Maintenance adalah aktifitas yang dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan, sistme atau fasilitas berfungsi dengan baik dan tetap dala kondisi operational. Tujuannya adalah untuk mencegah kerusakan yang terjadi dan memasrtikan bahwa performa peraatan tetap optimal. *Maintenance* mencakup berbagai kegiatan seperti pemeriksaan rutin, perbaikan, penggantian komponen, serta pencegahan kerusakan lebih lanjut.

- *Preventive Maintenance*

Menurut Smith (2004), *preventive Maintenance* merupakan pemeliharaan yang dilakukan secara teratur dan terjadwal dengan tujuan menghindari terjadinya kerusakan atau kegagalan pada peralatan. Kegiatan ini dapat berupa inspeksi berkala, pelumasan, hingga peggantian komponen yang sudah menua sebelum mengalami kegagalan fungsi.

Untuk mendeteksi penyimpangan dari kondisi operasi normal, simpan catatan amplitudo getaran dan suhu bearing fan. Gunakan bagian "*Start-Stop*

Sequence" untuk mendapatkan amplitudo dan suhu bearing yang direkomendasikan. Inspeksi menyeluruh harus dijadwalkan untuk memperbaiki setiap getaran atau perubahan suhu yang tidak biasa. Diagram "*Vibration Identification*" di bagian ini akan membantu dalam menentukan penyebab getaran serta tindakan koreksi yang diperlukan.

- **Pemeliharaan Rutin (*Routine Maintenance*)**

Interval waktu antara inspeksi bergantung pada kondisi operasi fan.

Pemeriksaan Harian (*Daily*)

1. Periksa level minyak pada *main* bearing menggunakan sight gauge yang terpasang pada fan housing .
2. Periksa level minyak pada *reservoir* utama menggunakan *sight gauge* pada unit pelumasan dan unit suplai hidrolik.
3. Periksa suhu *main* bearing. Lihat bagian "*Start-Stop Sequence*" untuk informasi *Alarm* dan suhu trip.
4. Periksa *sight glass* pada saluran *equalizing* tekanan untuk memastikan tidak ada akumulasi minyak. Buang minyak yang terkumpul jika ditemukan.
5. Periksa tekanan minyak pada unit pelumasan dan suplai hidrolik. Diagram "*LUBE OIL SYSTEM SCHEMATIC*" menunjukkan pengaturan tekanan normal.
6. Periksa kopling (*coupling*) dan sambungan damper secara berkala selama enam bulan pertama pengoperasian fan. Hal ini bertujuan untuk mendeteksi setiap pergeseran atau penurunan pada struktur, pondasi, atau bangunan tempat fan dipasang.

- **Pemeriksaan Mingguan (*Weekly*)**

1. Periksa pengoperasian fan untuk memastikan operasi yang halus. Lihat grafik untuk mengetahui batas getaran yang masih dapat diterima.
2. Periksa saluran pipa oli pelumas, saluran suplai hidrolik, dan fitting terhadap kebocoran oli.
3. Periksa filter unit suplai oli hidrolik.

- **Setelah 100 Jam Pertama (*After First 100 Hours*)**

1. Periksa perubahan atau efek pada getaran di unit pelumasan dan suplai oli hidrolik.

2. Periksa baut pondasi (foundation bolts), kencangkan jika diperlukan.
 3. Ganti oli pelumas pada *main* bearing dan unit suplai oli hidrolik. Periksa oli bekas yang dikeluarkan untuk mengetahui apakah terjadi kontaminasi atau sifat pelumasan yang tidak baik. Ganti filter-filter pada unit pelumasan yang menunjukkan tanda-tanda kontaminasi atau kondisi pelumasan yang tidak baik.
- Setelah 4000 Jam (*After 4000 Hours*)
 1. Ganti oli pelumas pada *main* bearing dan unit suplai oli hidrolik. Periksa oli bekas yang dikeluarkan untuk mengetahui kontaminasi dan kondisi pelumasan.
 2. Periksa baut pondasi, kencangkan jika diperlukan.
 3. Periksa bilah fan (*blades*) dari kemungkinan terdapat kotoran, keausan, atau kerusakan.
 - Setelah 8000 Jam (*After 8000 Hours*)
 1. Perhatikan aliran atau kebocoran oli dari actuator unit hidrolik. Aliran oli sebesar 1 tetes per 6 detik (1/1/6) dapat terjadi setelah penyesuaian posisi bilah. Aliran kontinu menunjukkan kemungkinan adanya masalah seal pada unit hidrolik.
 2. Lakukan pelumasan (*greasing*) pada poros penyesuaian sudut bilah fan (*blade adjustment shaft bearings*) serta *linkage*-nya.
 3. Periksa baut pondasi (*foundation bolts*), kencangkan jika diperlukan.
 4. Periksa bilah fan (*blades*) dari kemungkinan terdapat kotoran, keausan, atau kerusakan.

4.6 Troubleshoot Force Draft Fan

Force Draft Fan (FD Fan) tipe axial merupakan komponen penting dalam sistem pembakaran, karena berfungsi mengalirkan udara bertekanan positif ke ruang bakar. Karena beroperasi secara terus-menerus dan memiliki bagian berputar berkecepatan tinggi, FD Fan sangat rentan terhadap masalah getaran. Salah satu penyebab paling umum dari getaran adalah ketidakseimbangan (*unbalance*) pada rotor atau blade. Ketidakseimbangan ini menghasilkan getaran dominan pada frekuensi 1 kali putaran per menit ($1 \times \text{RPM}$), biasanya terasa dalam arah radial. Hal ini dapat disebabkan oleh penumpukan debu di sudu, blade

yang bengkok, atau distribusi massa yang tidak merata. Solusinya adalah melakukan balancing dinamis terhadap rotor.

Penyebab lain yang cukup sering adalah ketidaksejajaran (*misalignment*) antara poros motor dan fan, atau antar kopling. Ketidaksejajaran biasanya menghasilkan getaran besar dalam arah aksial, muncul pada frekuensi $1 \times \text{RPM}$ dan kadang-kadang juga $2 \times$ atau $3 \times \text{RPM}$. Kondisi ini bisa terjadi karena pemasangan kopling yang tidak tepat, fondasi bergeser, atau deformasi struktur. Deteksi awal dapat dilakukan dengan pengukuran menggunakan dial indikator atau alat laser *alignment*, dan solusinya adalah penyetelan posisi kopling hingga sejajar secara presisi.

Kerusakan bantalan (*bearing defect*) juga menjadi salah satu penyebab utama getaran pada *axial fan*. Bantalan yang rusak akan memunculkan getaran pada frekuensi yang sangat tinggi, bahkan hingga beberapa kali RPM. Getarannya bersifat tidak stabil dan sering kali disertai suara dengung atau gesekan. Ciri khas lain adalah kenaikan suhu bantalan. Kondisi ini sering diakibatkan oleh pelumasan yang tidak memadai, usia pakai yang sudah lewat, atau keausan pada raceway dan elemen gulir. Penggantian bantalan dan evaluasi pelumasan adalah langkah perbaikannya.

Kelonggaran (*looseness*), baik pada fondasi,udukan motor, atau baut pengikat, juga dapat menyebabkan getaran. Getaran ini biasanya muncul pada frekuensi harmonik $1 \times$, $2 \times$, dan $3 \times \text{RPM}$ dan bisa terdengar seperti ketukan saat fan beroperasi. Kondisi ini terjadi karena komponen yang seharusnya rigid mulai mengalami pergerakan mikro. Pemeriksaan rutin dan pengencangan baut atau grouting ulang sangat diperlukan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.

Resonansi struktural merupakan fenomena serius di mana frekuensi alami struktur penopang fan bertepatan dengan frekuensi operasi fan, biasanya di sekitar $1 \times \text{RPM}$. Dalam kondisi ini, getaran bisa meningkat drastis meskipun tidak ada kerusakan mekanis. Solusinya adalah melakukan modifikasi pada struktur, seperti penambahan pengaku (*stiffener*) atau perubahan kecepatan operasi.

Selain faktor mekanis, gangguan aerodinamis juga bisa menyebabkan getaran, khususnya bila terjadi ketidakseimbangan aliran udara atau *blade* mengalami kotoran, erosi, atau kerusakan. Getaran aerodinamis biasanya muncul pada frekuensi *blade pass frequency*, yaitu jumlah *blade* dikalikan dengan RPM. Meski tidak selalu menyebabkan masalah besar, jika terjadi bersamaan dengan resonansi, efeknya bisa sangat signifikan. Oleh karena itu, pemeriksaan kebersihan dan kondisi *blade* sangat penting.

Terakhir, gangguan kelistrikan seperti ketidakseimbangan elektromagnetik pada motor juga bisa menjadi sumber getaran. Gejala khasnya adalah getaran langsung hilang saat daya dimatikan, dan biasanya muncul pada frekuensi sinkron seperti $1\times$ atau $2\times$ RPM. Masalah ini disebabkan oleh rotor motor yang tidak simetris atau gangguan pada lilitan stator, dan perlu ditangani dengan pengujian kelistrikan secara menyeluruh.

Selain penyebab utama seperti *unbalance*, *misalignment*, dan kerusakan bearing, jurnal eksentrik juga bisa menjadi penyebab getaran pada Force Draft Fan. Jurnal eksentrik adalah kondisi ketika poros tidak berputar pada sumbu pusatnya, sehingga menghasilkan putaran yang tidak simetris. Hal ini menyebabkan getaran pada frekuensi $1\times$ RPM, meskipun amplitudo getarannya biasanya tidak sebesar unbalance atau misalignment. Getaran akibat jurnal eksentrik bersifat periodik dan dapat dikenali jika poros fan tampak "bergelombang" saat berputar. Pada motor atau generator, getaran jenis ini sering hilang ketika daya dimatikan karena poros tidak lagi berputar. Untuk pompa atau blower seperti FD Fan, salah satu solusi untuk mengatasi jurnal eksentrik adalah dengan melakukan proses penyeimbangan ulang atau pengecekan toleransi fabrikasi poros.

Sementara itu, meskipun roda gigi (gear) jarang digunakan secara langsung dalam sistem axial fan, jika FD Fan digerakkan melalui gearbox, maka kondisi roda gigi yang buruk juga dapat menyebabkan getaran. Kerusakan roda gigi, seperti keausan gigi, kerusakan profil gigi, atau backlash berlebih, akan menghasilkan getaran frekuensi tinggi yang khas, yaitu berupa frekuensi gigi dikalikan dengan RPM. Biasanya amplitudonya tidak terlalu besar, tetapi suara berdengung atau "menggerutu" bisa terdengar, khususnya saat beban meningkat. Gear mesh frequency analysis adalah salah satu metode diagnosis umum untuk mendeteksi masalah ini. Bila ditemukan kerusakan pada gigi, solusinya bisa berupa penggantian gir, penyetelan ulang backlash, atau pelumasan ulang sistem gearbox.

Belt penggerak yang buruk juga bisa menjadi sumber getaran apabila FD Fan dihubungkan ke motor penggerak melalui sistem belt-pulley (meskipun lebih umum pada ID fan atau fan industri skala kecil). Kerusakan pada belt bisa menyebabkan getaran tidak stabil yang muncul pada frekuensi $1\times$ hingga $4\times$ RPM belt. Ciri khas getaran akibat belt adalah pola getaran yang seperti denyutan atau "bergelombang", sering disertai suara mencicit. Penyebabnya bisa bermacam-macam, mulai dari belt kendur atau terlalu tegang, ketidaksejajaran pulley, hingga permukaan belt yang aus atau robek. Deteksi visual menggunakan lampu strobo sangat efektif untuk mengidentifikasi belt yang rusak, karena dapat "membekukan" gerakan belt saat fan berputar. Perawatan berkala seperti penyetelan

tension belt, pelumasan pulley (jika perlu), dan penggantian belt yang aus sangat penting untuk mencegah kegagalan total.

Penyebab kegatarn pada axial fan beserta solusi penanganannya disajikan pada tabel 4.14 berikut:

Tabel 4. 14 Penyebab Getaram dan Solusinya (TLT-Babcock Inc, 1997)

No.	Penyebab	Solusi yang Disarankan
1.	Endapan pada Rotor	Bersihkan rotor secara menyeluruh dengan sikat kawat untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Jika memungkinkan, gunakan pencucian air setelah memastikan fan dalam kondisi dingin hingga mencapai suhu lingkungan. Pastikan sistem drainase berfungsi dengan baik agar tidak ada akumulasi air yang dapat menyebabkan korosi atau ketidakseimbangan rotor.
2.	Misalignment pada Fan	Periksa dan sesuaikan alignment rotor serta komponen pendukungnya untuk memastikan keseimbangan dan menghindari getaran berlebih. Gunakan alat alignment laser jika diperlukan untuk hasil yang lebih presisi.
3.	Abrasi pada Rotor	Lakukan inspeksi rutin untuk mendeteksi tanda-tanda keausan rotor. Jika ditemukan abrasi yang menyebabkan ketidakseimbangan, lakukan penyeimbangan ulang pada rotor. Jika keausan sudah mencapai batas yang tidak dapat ditoleransi, pertimbangkan penggantian rotor untuk mencegah getaran berlebih dan kerusakan lebih lanjut.
4.	Rotor rusak pada saat pengangkutan atau pada saat instalasi	Periksa rotor setelah pengangkutan atau pemasangan untuk memastikan tidak ada kerusakan fisik. Jika ditemukan kerusakan, lakukan perbaikan atau penyeimbangan ulang sebelum dioperasikan. Jika rotor mengalami kerusakan parah, segera hubungi pihak produsen (TLT-Babcock) untuk mendapatkan solusi atau penggantian komponen yang sesuai.

5.	Poros Bengkok (bent Shaft)	Jika poros dalam kondisi bengkok, segera lakukan pemeriksaan menyeluruh untuk menentukan tingkat kerusakan. Jika poros sudah tidak layak digunakan, gantilah dengan poros yang baru. Hubungi pihak manufaktur untuk rekomendasi spesifikasi poros yang sesuai dengan sistem.
6.	Baut Pengunci Longgar	Pastikan semua baut pengunci pada bantalan atau dudukan dikencangkan dengan torsi yang sesuai. Gunakan alat pengukur torsi untuk memastikan baut terpasang dengan benar dan tidak mengalami pelonggaran selama operasi. Periksa kembali keselarasan setelah pemasangan ulang untuk memastikan kestabilan sistem.
7.	Pondasi beton atau grouting tidak memadai	Perkuat pondasi beton atau grouting dengan campuran material berkualitas tinggi untuk memastikan stabilitas struktur. Pastikan bahwa basis fan terpasang dengan kuat pada lantai beton atau struktur baja pendukung. Gunakan metode perbaikan seperti injeksi grouting jika ditemukan retakan atau kelemahan pada pondasi.
8.	Dukungan Struktural Lemah	Memperkuat struktur pondasi dengan menambahkan elemen penguat seperti balok baja atau struktur tambahan yang sesuai. Pastikan semua sambungan dikencangkan dengan baik dan terhubung kuat ke struktur utama untuk mengurangi risiko getaran berlebih dan potensi kerusakan pada sistem fan.
9.	Bantalan rusak	Lakukan inspeksi rutin terhadap bantalan untuk mendeteksi tanda-tanda keausan atau kerusakan. Jika bantalan mengalami cacat atau sudah tidak berfungsi dengan optimal, segera lakukan penggantian menggunakan bantalan dengan spesifikasi yang sesuai. Gunakan sistem pelumasan yang tepat untuk

		memperpanjang umur bantalan dan mengurangi gesekan yang berlebihan.
--	--	---

Jika terjadi getaran berlebihan saat fan beroperasi langkah pertama yang harus dilakukan adalah segera mematikan fan. Pasokan daya listrik harus dimatikan dan dikunci untuk memastikan keselamatan kerja. Penting untuk diingat bahwa tidak boleh ada pekerjaan dilakukan pada fan selama fan masih teraliri listrik.

Langkah selanjutnya adalah melakukan inspeksi terhadap rakitan rotor fan. Hal pertama yang perlu diperiksa adalah adanya kotoran pada rotor dan *blade*, karena ini merupakan gejala paling umum dari gangguan. Bilah dan rotor harus dibersihkan dari benda asing atau korosi, serta dilakukan perbaikan dan penyeimbangan ulang bila diperlukan. Selain itu, gesekan antar bagian akibat celah bantalan yang tidak sesuai, segel yang perlu disesuaikan, atau keretakan pada pondasi beton juga harus diperiksa.

Komponen yang longgar merupakan penyebab umum getaran, sehingga semua baut perlu dikencangkan ulang sesuai dengan torsi yang direkomendasikan. Selanjutnya, jika permukaan penyangga tidak kokoh, maka penguatan pada struktur penyangga atau pengencangan baut jangkar dapat mengurangi getaran yang terjadi. Pemeriksaan juga perlu dilakukan pada kopling dinamis yang seimbang, karena bisa jadi pemasangannya berbeda dari pengaturan awal di pabrik. Dalam pemasangan, penting untuk tidak menyambungkan langsung pipa atau tabung ke rumah fan, karena hal ini dapat menyebabkan masalah tambahan.

Apabila getaran tetap berlanjut meskipun langkah-langkah di atas sudah dilakukan, maka celah dan penyelarasan kopling perlu diperiksa ulang. Selain itu, periksa juga kemungkinan adanya “set” atau keausan pada bantalan yang disebabkan oleh penyimpanan jangka panjang, sesuai yang dijelaskan pada bagian “*Maintenance After Erection and Before Operation*” dalam bab 3. Untuk memastikan kondisi getaran, amplitudo dan frekuensinya harus diukur menggunakan alat pengukur getaran portabel yang sudah dikalibrasi. Data yang diperoleh dari sisi, ujung, dan atas rumah bantalan harus berada dalam batas yang diizinkan, sebagaimana tercantum dalam grafik getaran pada manual ini.

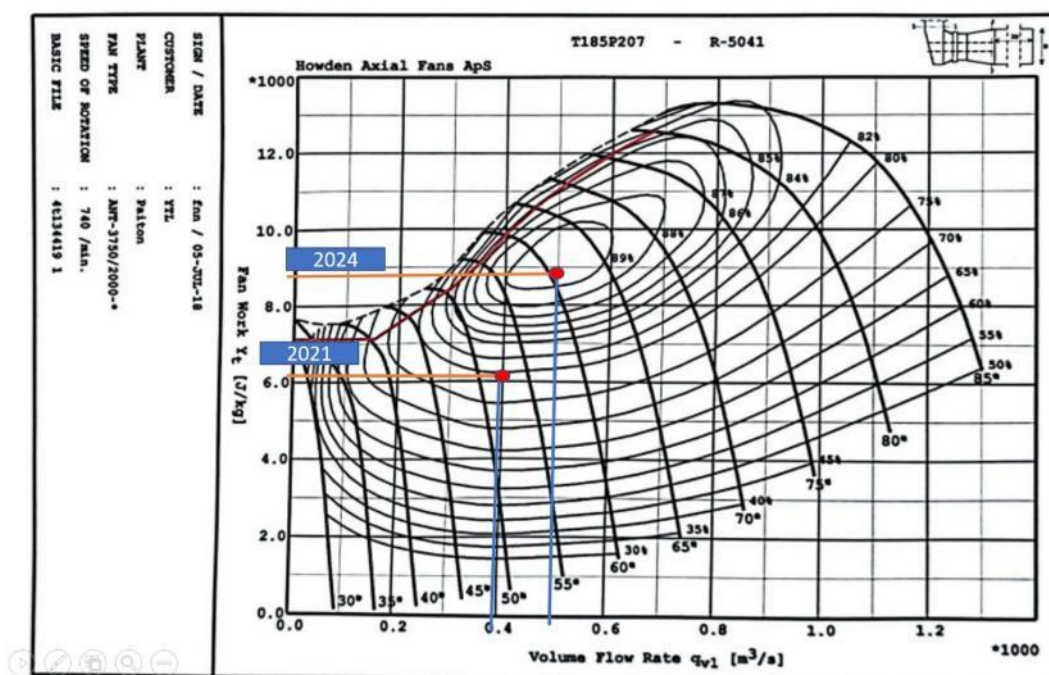
4.7 Tugas Khusus PT YTL Jawa Timur

4.7.1 Latar Belakang Permasalahan

Induced Draft Fan (*ID Fan*) adalah *fan* yang menyedot udara di dalam boiler dan mengalirkannya melalui sistem *ducting* menuju *Gas-Gas Heater* menjaga

tekanan udara di dalam *furnace* tetap negatif dengan *set point* tertentu sesuai dengan permintaan load unit PLTU. *Set Point* tersebut memerintahkan secara otomatis kepada *Vane Blade Pitch* untuk bergerak membuka atau menutup sehingga menjaga sirkulasi udara pembakaran di dalam boiler tetap seimbang.

Dari tahun ke tahun, kualitas batu bara yang digunakan untuk operasional mengalami penurunan. Penurunan kualitas ini salah satunya dicirikan oleh menurunnya nilai kalori per satuan massa (kilogram). Akibat penurunan nilai kalori tersebut, untuk menghasilkan daya listrik dalam jumlah yang sama, misalnya sebesar 600 MW, massa batu bara yang dibutuhkan menjadi lebih banyak dibanding dengan tahun - tahun sebelumnya. Pertambahan massa batu bara yang digunakan secara otomatis meningkatkan jumlah abu yang dihasilkan dari proses pembakaran di dalam *furnace*. Akibatnya, beban kerja *Induced Draft* (ID) fan yang bertugas menghisap *fly ash* keluar dari *furnace* menjadi semakin berat. Di bawah ini terdapat perbandingan efisiensi ID Fan pada tahun 2024 dan 2021 yang diambil pada *DCS Logic Control Room* kurva karakteristik.



Gambar 4. 36 Perbandingan Efisiensi ID Fan pada kurva karakteristik tahun 2024 dan 2021

Berdasarkan kurva performa *Axial ID FAN* Howden tipe T185P207 – R-5041, terlihat perbedaan signifikan antara kondisi operasi tahun 2021 dan 2024. Pada tahun 2021, titik operasi berada pada sudut *blade* sekitar 45°, dengan *volume flow rate* sekitar 0,34 m³/s dan *fan work* sekitar 6,5 kJ/kg. Titik ini terletak dekat dengan

area *surge*, yaitu wilayah yang berisiko menyebabkan ketidakstabilan aliran seperti *stall* atau *surge* akibat tekanan tinggi namun aliran rendah. Selain itu, efisiensi *ID Fan* pada titik tersebut berada di bawah 80%, yang menunjukkan performa belum optimal.

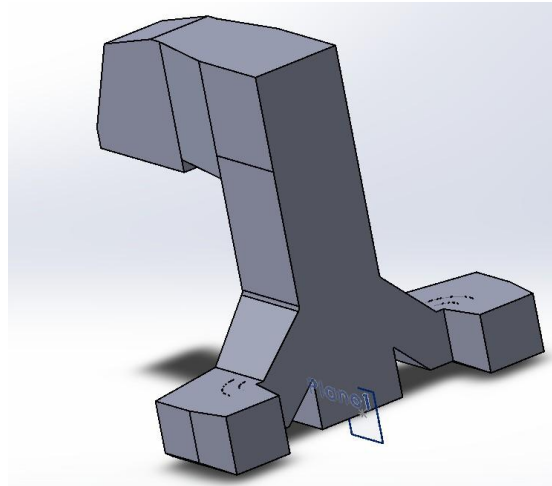
Sementara itu, pada tahun 2024, kondisi operasi menunjukkan perbaikan signifikan. Titik operasi berpindah ke sudut blade sekitar 55° , dengan *volume flow rate* meningkat menjadi sekitar $0,51 \text{ m}^3/\text{s}$ dan fan work mencapai $9,2 \text{ kJ/kg}$. Titik ini berada di wilayah puncak efisiensi *ID Fan*, mendekati 89%, dan tetapi sangat mendekati area *surge*. Hal ini menunjukkan bahwa *Fan* sering mengalami *surging* sehingga *ID Fan* pun mati dan *flue gas* akan di buang ke udara tanpa melewati *desulphurization* yang menyebabkan alarm peringatan serta teguran pembuangan udara kotor di unit 5 oleh Dinas Kesehatan Kab. Probolinggo karena tidak sesuai dengan aturan pembuangan udara. Perubahan ini mengindikasikan adanya upaya perbaikan sistem, seperti modifikasi *ducting* dan penambahan *inlet guide vane*, yang berhasil menggeser titik kerja *ID Fan* ke area yang lebih optimal.

4.7.2 Batasan Masalah

Fluida kerja yang digunakan dalam simulasi ini diasumsikan sebagai udara, dengan mengabaikan perpindahan panas yang terjadi pada *fan*. Seluruh data yang dihasilkan berasal dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak Ansys Student 2025 R1. Simulasi pada *duct downstream ID Fan*. Selain itu, simulasi dilakukan dalam kondisi *steady-state* untuk menggambarkan aliran fluida yang stabil tanpa mempertimbangkan perubahan terhadap waktu.

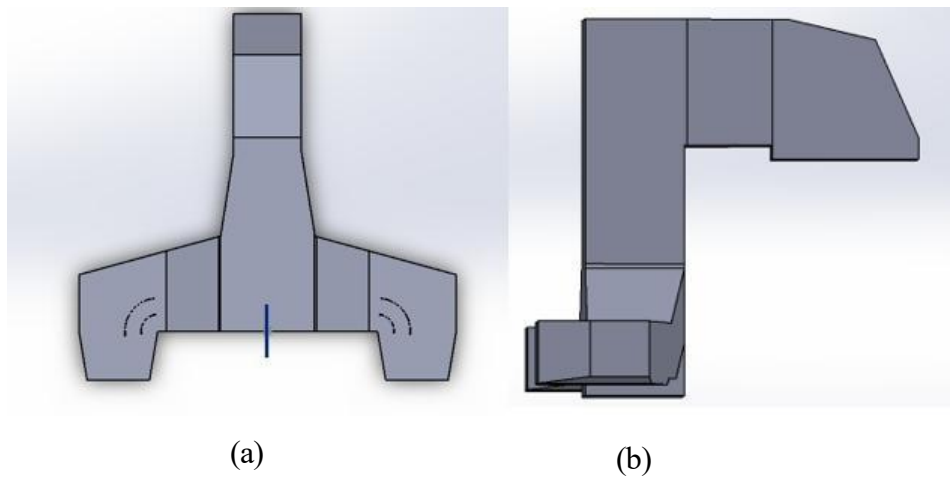
4.7.3 3D Modelling Ducting

3D Modelling ini menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2020 yang di mana terdapat dua *3D Modelling* yaitu kondisi *existing* dan kondisi yang sudamodifikasi. Pada Gambar 2.24 terdapat tampak depan atas 3D *Duct Downstream ID Fan* dalam kondisi *existing*.



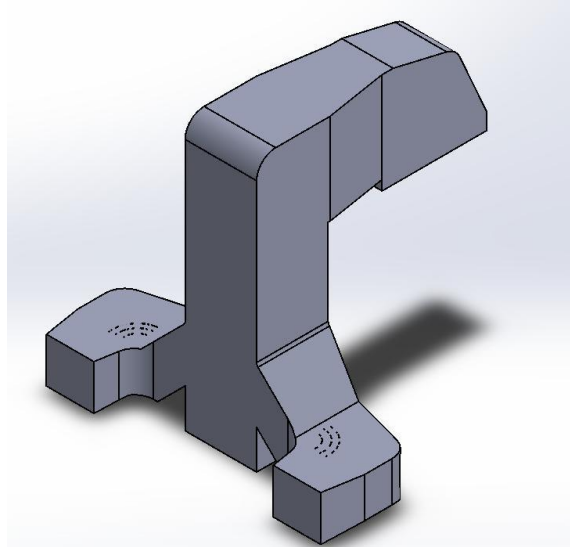
Gambar 4. 37 Isometri dari *existing 3D Modelling Duct Downstream ID Fan*

Untuk tampak atas agar *inlet guide vane* jelas yakni terdapat pada gambar 4.38 di bawah ini



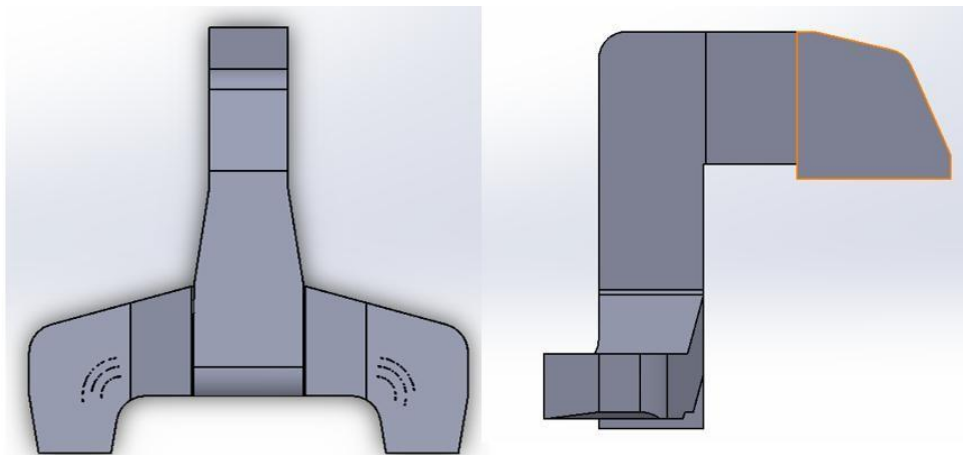
Gambar 4. 38 Tampak atas (a) dan samping (b) *existing 3D Modelling Duct Downstream ID Fan*

Dengan ini di buatlah modifikasi dari model 3D *existing* yang di mana menambahkan *inlet guide vane* serta memodifikasi sudut lancip pada *duct*. Di bawah merupakan gambar 4.26 yakni gambar isometri modifikasi model 3D *Downstream ID FAN*.



Gambar 4. 39 Isometri dari modification of 3D Modelling Duct Downstream ID Fan

Untuk tampak atas dan tampak samping agar *inlet guide vane* sudut yang jelas yakni terdapat pada gambar 4.40 di bawah ini :



Gambar 4. 40 tampak atas (a); tampak samping (b) *modification of 3D Modelling Duct Downstream ID Fan*

4.7.4 Set-up ANSYS CFD simulation

Dalam simulasi ini, penulis melakukan pemodelan dan simulasi aliran fluida menggunakan perangkat lunak ANSYS *Fluent*. Proses setup simulasi diawali dengan pembuatan geometri domain aliran yang merepresentasikan jalur *ducting downstream ID Fan*. Geometri dibuat secara 3D menggunakan Solidwork.

Setelah geometri selesai, proses dilanjutkan dengan pembuatan *mesh* menggunakan ANSYS *Meshing*, dengan pendekatan *mesh* halus pada area belokan dan penyempitan *ducting* untuk menangkap detail aliran secara lebih akurat. Jenis *mesh* yang digunakan adalah *Polyhedral* dengan tabel dibawah dan dengan penambahan *inflation layer* pada dinding *ducting* untuk memperhatikan efek dinding (wall effect).

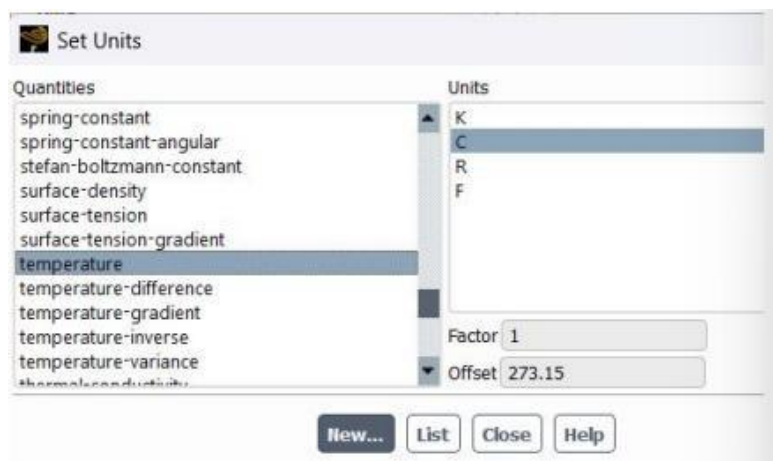
Tabel 4. 15 Kebutuhan Meshing

<i>Mesh Type</i>	<i>Polyhedral</i>
Geometry Type	Fluid without voids
Element Size	0,35 m
Min. Size	8,2E-06 m
Max	0.0007

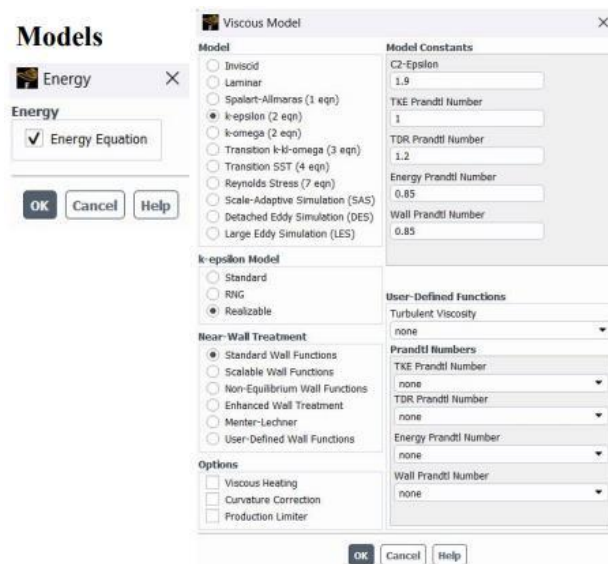
Setelah berhasil mengimpor *mesh* ke dalam ANSYS *Fluent*, penulis melakukan pengecekan dan penyesuaian skala *mesh* melalui menu *Scale Mesh*. Pada tahap ini, penulis mengamati batas-batas domain geometri (Xmin, Xmax, Ymin, Ymax, Zmin, Zmax) yang ditampilkan dalam satuan meter. Informasi tersebut digunakan untuk memastikan bahwa ukuran geometri telah sesuai dengan satuan yang digunakan dalam simulasi. Apabila *mesh* yang digunakan sebelumnya dibuat dalam satuan milimeter namun terbaca sebagai meter, maka dilakukan proses scaling dengan faktor konversi sebesar 0.001 agar skala geometri sesuai. Penulis dapat memilih opsi "*Convert Units*" untuk konversi satuan otomatis, atau "*Specify Scaling Factors*" untuk mengatur skala secara manual pada arah x, y, dan z. Setelah parameter caling sesuai, penulis menekan tombol "Scale" untuk menerapkan perubahan tersebut seperti gambar di bawah ini.

Gambar 4. 41 *Scale Mesh* pada Ansys CFD

Tahap berikutnya yang dilakukan oleh penulis adalah mengatur satuan melalui menu Set Units. Pada menu ini, penulis menentukan satuan-satuan untuk berbagai besaran fisik seperti suhu, tekanan, massa jenis, dan lain sebagainya. Sebagai contoh, satuan suhu diatur dalam derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$), namun secara internal ANSYS tetap melakukan perhitungan dalam satuan Kelvin (K) dengan faktor 1 dan offset 273.15 seperti pada gambar 4.42 di bawah.

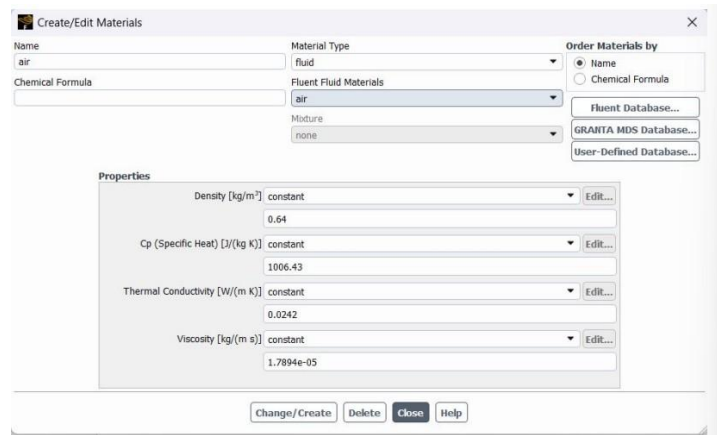
Gambar 4. 42 *Set Unit*

Setelah menyelesaikan proses pengaturan skala *mesh* dan satuan unit. Pada bagian Models, penulis mengaktifkan opsi Energy Equation karena simulasi yang dilakukan melibatkan perpindahan panas di dalam fluida. Selanjutnya penulis memilih model turbulensi *k-epsilon* (2 eqn) dengan *sub-model Realizable*, karena model ini dikenal lebih akurat dalam menangani aliran yang memiliki lengkungan tajam atau shear tinggi, seperti pada aliran di dalam *ID Fan* ini. Selain itu, pada gambar 4.30 di bawah penulis mempertahankan nilai-nilai *default* pada parameter model turbulensi, seperti konstanta *C2-Epsilon* sebesar 1.9 dan *TKE Prandtl Number* sebesar 1.0, yang umumnya sudah mencerminkan karakteristik aliran umum oleh Cengel *et al*



Gambar 4. 43 Model energi dan *Viscous model*

Tahap berikutnya adalah mendefinisikan properti fluida yang digunakan dalam simulasi melalui menu *Materials*. Penulis memilih jenis material dari *library default* ANSYS, yaitu air, karena fluida kerja dalam simulasi ini diasumsikan sebagai udara. Setelah memilih material, penulis mengecek kembali properti termofisika yang digunakan, seperti massa jenis (Density) sebesar 1.225 kg/m³, kapasitas panas jenis (Cp) sebesar 1006.43 J/kg·K, konduktivitas termal (Thermal Conductivity) sebesar 0.0242 W/m·K, dan viskositas dinamik (Viscosity) sebesar 1.7894e-05 kg/m·s oleh Cengel *et al.*, [2]. Semua nilai ini diatur sebagai konstanta karena simulasi dilakukan dalam kondisi ideal tanpa mempertimbangkan perubahan suhu atau tekanan yang ekstrem pada gambar 4.44 di bawah.



Gambar 4. 44 Material Fluida Setup

Setelah itu adalah *setting boundary conditions* yang di mana meliputi *mass flow inlet*. Dengan data masa jenis dari *DCS Logic controller* Unit 5 yakni $0,8 \text{ kg/m}^3$ dan kapasitas dari *ID Fan* adalah $492,1981 \text{ m}^3/\text{s}$, maka dengan persamaan kontinuitas oleh Prichard *et al.*, [3] di dapat kan mass flow secara matematis dengan persamaan 4.1 di bawah :

$$\dot{m} = \rho \times Q \quad (4.1)$$

Keterangan :

$\dot{m}$ = Mass Flow Rate (kg/s)

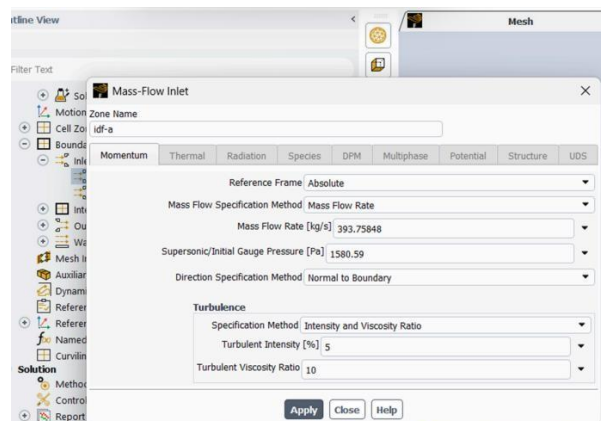
ρ = Massa jenis (kg/m^3)

Q = Kapasitas (m^3/s)

Sehingga dapat disubstitusikan di persamaan 4.2 di bawah ini:

$$\begin{aligned} \dot{m} &= 0,8 \text{ kg/m}^3 \times 492,1981 \text{ m}^3/\text{s} \\ \dot{m} &= 393,75848 \text{ kg/s} \end{aligned} \quad (4.2)$$

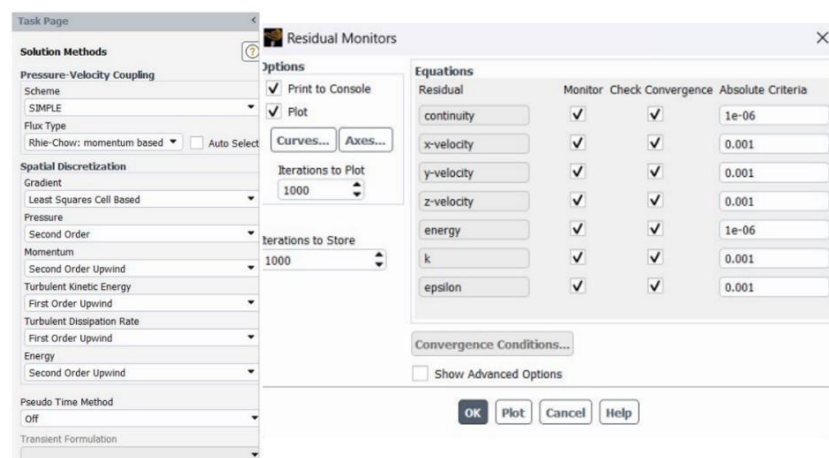
Dengan data *mass flow* yang sudah didapatkan, lalu di *set-up mass flow-inlet downstream duct ID Fan* dengan tekanan $1580,59 \text{ Pa(g)}$ yang di dapat dari *DCS Logic Controller* seperti gambar 4.45 :



Gambar 4. 45 Boundary Condition of Mass Flow Inlet

Setelah itu melanjutkan ke bagian *Solution Methods* untuk menentukan metode numerik yang digunakan selama proses iterasi simulasi. Pada pengaturan ini, dipilih skema SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations) sebagai metode *pressure-velocity coupling*. Metode ini merupakan pilihan umum untuk simulasi aliran steady-state dan cocok digunakan pada fluida inkompresibel karena memberikan hasil yang stabil sehingga untuk metode diskretisasi spasial, gradien dihitung menggunakan *Least Squares Cell Based*, sementara tekanan menggunakan metode Second Order oleh Durga *et al.*, [1]. Selanjutnya, untuk momentum dan energi digunakan skema *Second Order Upwind*, yang mampu meningkatkan akurasi hasil simulasi. Untuk parameter model turbulensi, dipilih skema *First Order Upwind* baik untuk energi kinetik turbulen (k) maupun laju disipasi (epsilon) agar proses konvergensi awal tetap stabil.

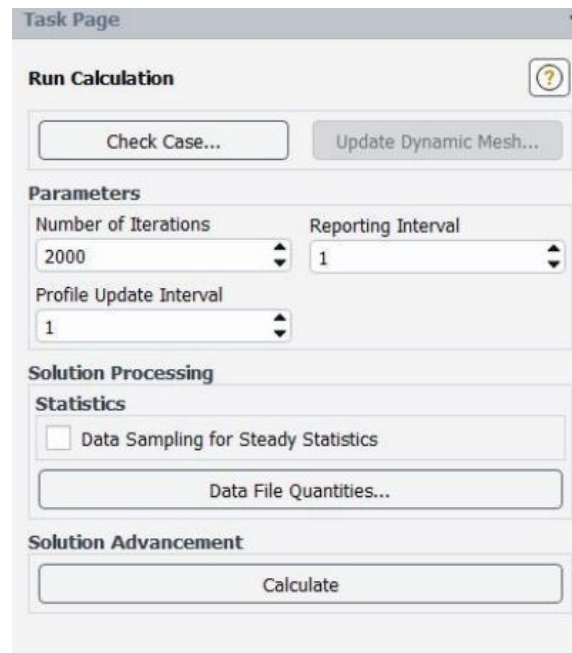
Tahapan selanjutnya adalah pengaturan *Residual Monitors* yang berfungsi untuk memantau nilai residual setiap parameter selama iterasi berlangsung. Dalam pengaturan ini, opsi *Print to Console* dan *Plot* diaktifkan agar perkembangan nilai residual dapat dimonitor secara visual dan numerik. Jumlah iterasi yang diplot dan disimpan ditetapkan sebanyak 1000 iterasi. Penulis mengaktifkan pemantauan (monitor) serta pengecekan konvergensi (check convergence) untuk seluruh persamaan yaitu *continuity*, komponen kecepatan (x, y, z), energy, k, dan epsilon oleh Durga *et al.*, [1]. Nilai kriteria konvergensi absolut ditetapkan sebesar $1e-06$ untuk *continuity* dan *energy*, sedangkan untuk x-velocity, y-velocity, z-velocity, k, dan *epsilon* ditetapkan sebesar 0.001 pada gambar 4.46 di bawah:



Gambar 4. 46 *Residual monitors* dan *solution methods*

Setelah seluruh parameter simulasi telah ditentukan, tahap akhir yang dilakukan adalah menjalankan perhitungan melalui menu *Run Calculation* dengan *Hybrid*. Selanjutnya, penulis menentukan jumlah iterasi sebanyak 2000 iterasi sebagai batas maksimum perhitungan numerik. Nilai ini dipilih untuk memberikan ruang yang cukup bagi solver dalam mencapai konvergensi sesuai dengan kriteria residual yang telah ditetapkan sebelumnya.

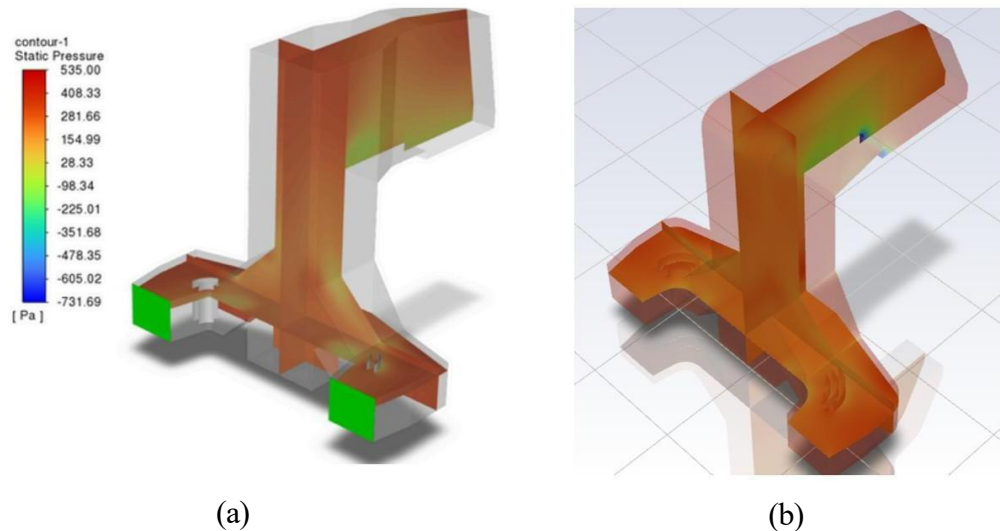
Pada bagian *Reporting Interval* dan *Profile Update Interval*, masing-masing diatur bernilai 1, yang berarti *solver* akan menampilkan hasil setiap satu iterasi dan memperbarui profil solusi pada setiap iterasi juga. Pada gambar 4.34 di bawah opsi *Data Sampling for Steady Statistics* tidak diaktifkan karena simulasi dilakukan dalam kondisi *steady-state* tanpa memerlukan statistik waktu rata-rata.



Gambar 4. 47 Setup of run calculation on Ansys Fluent

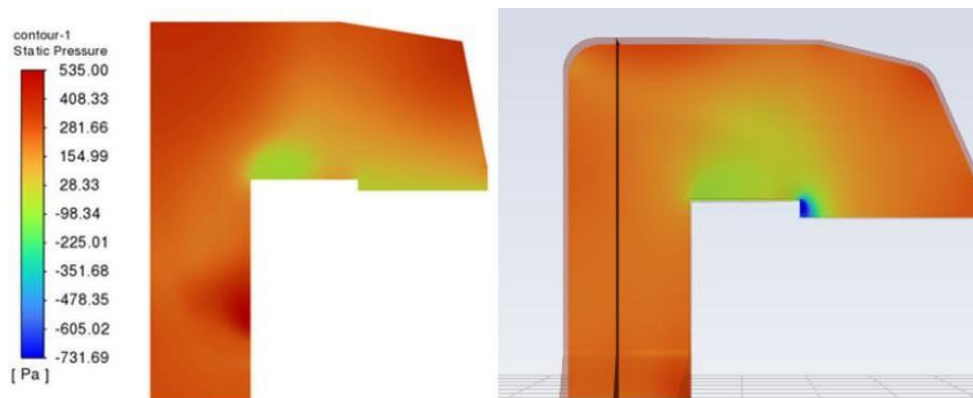
4.7.5 Hasil ANSYS CFD Simulation

Gambar 4.35 berikut merupakan hasil visualisasi distribusi tekanan statis (static pressure) pada model eksisting (kiri) dan model modifikasi (kanan) yang disimulasikan menggunakan ANSYS *Fluent*. Warna pada kontur menunjukkan variasi tekanan statis di sepanjang domain aliran, dengan skala warna yang ditunjukkan di sebelah kiri gambar. Warna merah mewakili tekanan tinggi, sedangkan warna biru menunjukkan tekanan rendah.



Gambar 4. 48 Kontur isometri tekanan statis pada kondisi eksisting (a);
modifikasi (b)

Untuk memperoleh pemahaman yang lebih rinci mengenai distribusi tekanan di sepanjang jalur aliran, dilakukan visualisasi kontur tekanan statis pada bidang potong tampak samping seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.35. Gambar kiri merupakan hasil dari model eksisting, sedangkan gambar kanan menunjukkan hasil dari model modifikasi.

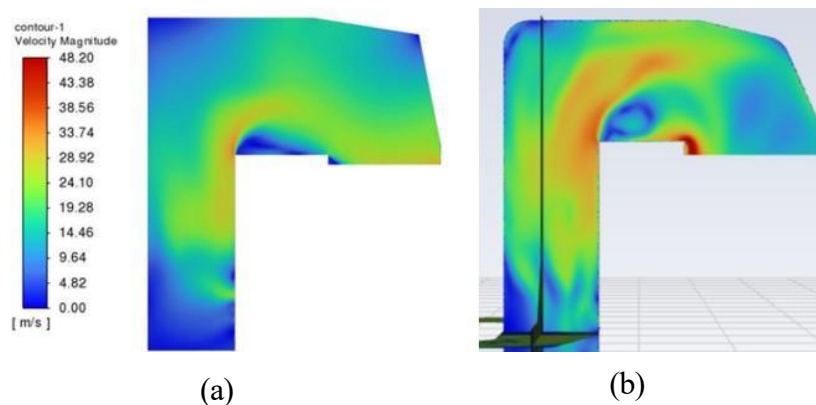


Gambar 4. 49 Kontur tampak samping tekanan statis pada kondisi eksisting
(a); modifikasi (b)

Pada model eksisting, terlihat bahwa distribusi tekanan menunjukkan nilai maksimum mencapai sekitar 535 Pa, dengan penyebaran tekanan tinggi yang dominan berada di bagian atas dan beberapa bagian terdistribusi tidak merata di cabang bawah saluran. Terdapat area dengan gradien tekanan cukup tajam, yang menunjukkan kemungkinan terjadinya losses atau turbulensi lokal yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa desain awal masih memiliki area yang menyebabkan tekanan terbuang atau tidak optimal dalam mendistribusikan aliran.

Sementara itu, pada model modifikasi (kanan), pola distribusi tekanan terlihat lebih halus dan merata di sepanjang saluran terutama pada bagian inlet guide vane karena terdapat tambahan pengarah aliran sehingga bisa lebih merata. Tekanan tinggi tetap terkonsentrasi di bagian atas inlet vertikal, namun tekanan menurun secara lebih bertahap menuju outlet. Pola warna kontur yang lebih teratur menunjukkan bahwa modifikasi bentuk saluran telah membantu mengurangi gradien tekanan tajam, serta meningkatkan aliran fluida agar lebih stabil dan efisien.

Visualisasi selanjutnya menunjukkan distribusi magnitudo kecepatan aliran (*velocity magnitude*) pada bidang potong vertikal, dengan model eksisting di sebelah kiri dan model modifikasi di sebelah kanan. Kontur warna pada gambar menunjukkan variasi kecepatan aliran fluida di dalam saluran, dengan warna merah mewakili kecepatan tertinggi hingga 48.20 m/s, dan biru menunjukkan kecepatan mendekati nol pada gambar 4.37 di bawah ini :



Gambar 4. 50 Kontur *velocity magnitude* pada kondisi eksisting (a); modifikasi (b)

Pada model eksisting, aliran tampak mengalami penurunan kecepatan signifikan di bagian bawah saluran, ditandai dengan area berwarna biru tua. Terlihat juga adanya perputaran atau vorteks di area belokan, ditunjukkan oleh pola kecepatan yang tidak seragam dan distribusi warna yang tidak mulus. Hal ini mengindikasikan

bahwa geometri saluran pada desain awal menyebabkan gangguan aliran seperti recirculation dan separasi aliran, yang berpotensi menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan.

Sementara itu, pada model modifikasi, pola distribusi kecepatan menunjukkan aliran yang lebih terarah dan merata. Warna hijau dan kuning yang mendominasi sepanjang lintasan menunjukkan bahwa aliran memiliki kecepatan yang relatif stabil dan lebih sedikit area stagnan. Meskipun masih terdapat sedikit pusaran pada belokan, ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan model eksisting. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi geometri berhasil mengurangi pembentukan vorteks, meningkatkan kontinuitas aliran, serta membantu mempertahankan kecepatan fluida dalam batas optimal.

5.7.6. Kesimpulan Tugas Khusus

Perbandingan nilai head loss antara kondisi eksisting dan modifikasi akan menjadi indikator utama keberhasilan desain. Dengan mengetahui flow rate (volume) dan pressure drop (head loss) yang diukur dari simulasi CFD, titik operasi *ID Fan* dapat diproyeksikan pada kurva karakteristik Axial Howden Fan yang telah disediakan, analisis mencakup :

1. Pergeseran titik operasi modifikasi mempengaruhi posisi titik operasi pada kurva karakteristik (misalnya, bergeser ke kanan atas, kiri bawah).
2. Efisiensi Fan pada titik operasi baru. Meskipun simulasi ini tidak langsung mensimulasikan *impeller fan*, penurunan head loss pada *ducting* dapat secara tidak langsung menunjukkan peningkatan efisiensi sistem keseluruhan.
3. Jarak ke Titik Stall/Surge apakah titik operasi baru menjauh dari *zona stall* atau *surge* (fluktuasi aliran dan tekanan tinggi), yang dapat meningkatkan keandalan dan stabilitas operasional *fan*. Studi telah menunjukkan bahwa modifikasi dapat menghasilkan sistem yang lebih andal meskipun ada sedikit penurunan efisiensi fan secara teoretis.
4. Analisis Efek IGV yakni Kuantifikasi sejauh mana IGV berhasil mengurangi *pre-rotation* atau menciptakan *pre-swirl* yang diinginkan di depan *impeller*, yang dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi beban pada *fan*.

BAB V

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengumpulan data yang dilakukan, getaran pada *Force Draft Fan* (FD Fan) tipe axial sebagian besar disebabkan oleh faktor mekanis, seperti ketidakseimbangan putaran (*unbalance*), ketidaksejajaran poros (*misalignment*), serta kemungkinan terjadinya resonansi pada struktur penyangga. Getaran yang terdeteksi paling sering muncul pada frekuensi 1 kali putaran per menit ($1 \times \text{RPM}$), yang menunjukkan bahwa sumber gangguan berasal langsung dari perputaran utama fan. Tingkat getaran atau amplitudonya juga bervariasi, tergantung arah dan jenis kerusakannya — misalnya, *misalignment* cenderung menyebabkan getaran tinggi ke arah aksial, sedangkan *unbalance* lebih terasa ke arah radial. Selain itu, beberapa faktor lain juga berkontribusi terhadap tingginya getaran, seperti kondisi *bearing* yang sudah aus, eksentrisitas pada jurnal poros, serta gangguan dari komponen transmisi seperti *belt* dan roda *gear*. Selama proses analisis, tim juga menghadapi beberapa kendala, terutama keterbatasan akurasi alat ukur, usia fan yang sudah cukup lama beroperasi, dan terbatasnya akses fisik ke bagian-bagian tertentu karena pertimbangan ruang dan keamanan kerja.

Untuk menjaga performa *Force Draft Fan* tetap optimal dan meminimalkan risiko kerusakan, beberapa langkah perbaikan dan pencegahan perlu dilakukan antara lain:

1. Penting untuk meningkatkan sistem pemeliharaan prediktif dengan menerapkan pendekatan berbasis kondisi (condition-based *maintenance*). Hal ini bisa dilakukan dengan memanfaatkan alat *vibration analyzer* yang dikalibrasi secara berkala, serta menggunakan sistem pemantauan online yang dapat mendeteksi gejala awal getaran sebelum mencapai batas kritis.
2. Selanjutnya, karena hasil analisis menunjukkan getaran dominan pada frekuensi $1 \times \text{RPM}$, disarankan untuk melakukan *rebalancing* pada rotor fan secara dinamis. Pemeriksaan ulang keselarasan antara motor dan fan juga perlu dilakukan menggunakan alat *laser alignment* agar posisinya kembali presisi.
3. Mengingat kemungkinan adanya kerusakan pada *bearing* yang ditandai dengan frekuensi tinggi, sebaiknya dilakukan pemeriksaan visual dan analisis getaran yang lebih detail, seperti analisis envelope, untuk menentukan apakah bearing perlu diganti.

4. Jika semua upaya tersebut sudah dilakukan tetapi getaran masih tinggi, maka ada kemungkinan terjadi resonansi pada struktur penyangga. Dalam kasus ini, uji modal atau analisis resonansi perlu dilakukan untuk memastikan tidak ada kecepatan kritis (critical speed) yang berdekatan dengan kecepatan kerja fan.
5. sangat penting melakukan pengecekan rutin terhadap tingkat keausan, ketegangan, dan keselarasan belt, serta memeriksa kondisi roda gigi. Gangguan di area ini sering menjadi sumber getaran harmonik yang mengganggu kinerja keseluruhan sistem.
6. Terakhir, jangan lupakan pentingnya dokumentasi. Semua hasil pemantauan getaran sebaiknya dicatat dengan baik agar dapat digunakan sebagai acuan tren jangka panjang. Selain itu, pelatihan bagi operator juga perlu ditingkatkan, khususnya dalam mengenali tanda-tanda awal getaran yang tidak normal. Dengan begitu, tindakan korektif dapat dilakukan lebih cepat sebelum terjadi kerusakan yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *Thermodynamics: An engineering approach* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS. (2025). *Panduan magang industri Fakultas Vokasi ITS*. ITS Press.
- Mansoori, G. A. (2005). *Principles of nanotechnology: Molecular-based study of condensed matter in small systems*. World Scientific Publishing.
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H. (2009). *Fundamentals of fluid mechanics* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- Mulyono, T. (2012). *Termodinamika teknik*. Erlangga.
- PT YTL Jawa Timur. (2016). *Dokumentasi teknis Unit 5 & 6 PLTU Paiton*. Internal document PT YTL Jawa Timur.
- Sularso, A., & Suga, T. (2003). *Pompa dan kompresor*. Andi Offset.

LAMPIRAN

18. Surat Penerimaan Magang PT YTL Jawa Timur



PT. YTL Jawa Timur

Paiton, 19 November 2024

Nomor : YTLJT/LTR/2024/00917

Perihal : Ijin Magang Industri

Kepada Yth:
Kepala Departemen Teknik Mesin Industri
ITS

Dengan Hormat,
Berdasarkan surat Saudara Perihal Permohonan Ijin Magang Industri, maka dengan ini kami sampaikan bahwa kami mengizinkan Mahasiswa Saudara sebagai berikut:

No	Nama	NIM	Jurusan / Program Studi
1.	Puput Anitasari	2039221076	Teknologi Rekayasa Konversi Energi
2.	Gusti Muhammad Aidil A	2039221084	
3.	Lia Nanda Wulandari	2039221089	

Untuk melaksanakan **Magang Industri** di Bagian **Day Shift Operation** dengan persyaratan dan ketentuan sebagai berikut:

1. Mahasiswa **Magang Industri** tidak mendapatkan akses ke data / informasi yang kami anggap rahasia.
2. Kami tidak menyediakan akomodasi / kompensasi.
3. Mahasiswa yang melaksanakan **Magang Industri** diharuskan menyerahkan 1 salinan laporan kepada perusahaan.
4. Waktu pelaksanaan: **10 Januari 2025 – 10 Mei 2025**.
5. Menjelang berakhirnya kegiatan, mahasiswa diharuskan mengembalikan semua buku dan apapun yang pernah dipinjam dari perusahaan.
6. Mahasiswa diharap hadir pada acara **Safety Induction** yang akan dilaksanakan pada hari **Kamis tgl. 9 Januari 2025 pukul 10:00 WIB**.
7. Mahasiswa diminta melakukan konfirmasi ulang ke Perusahaan, selambat-lambatnya 3 hari sebelum pelaksanaan **Safety Induction** dengan **Koordinator PKL (Sdr. Jaumiddin)** melalui nomor telepon **0335 – 773100 Ext. 4531**.
8. Mahasiswa harap menyiapkan 1 photo copy KTP / SIM yang masih berlaku.
9. Mahasiswa **diwajibkan** membawa kartu **BPJS Kesehatan** atau **Asuransi Kesehatan Pribadi** (copy kartu **BPJS** atau **Asuransi Kesehatan** dilampirkan)
10. **Karena tidak disediakan oleh Perusahaan**, maka selama pelaksanaan Magang Industri, Mahasiswa **diharuskan melengkapi diri dengan Peralatan Pelindung Diri (Sepatu Safety, Kacamata Safety dan Helm Safety)**.

Demikian surat ijin dari kami, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.
Hormat kami,



Budhi Santoso
Acting Section Head of Human Resource

CC: - Day Shift Manager

19. Surat Pengajuan Magang Industri



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

Gedung VOKASI AA dan BB, R. Sekretariat AA Lt.2, Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111

Telepon: 031-5922942, 5932625, PABX 1275

Fax: 5932625

<https://www.its.ac.id/tmi/> email: mesin_fvokasi@its.ac.id

Nomor : **9559/IT2.IX.7.1.2/B/PM.02.00/X/2024**

Lampiran : -

Perihal : Permohonan Magang Industri

Kepada Yth.:

PT. YTL Jawa Timur (Paiton II Power Plant)

Up. Bapak Mukti Wahyudi Kepala Maintenance PT. YTL Jawa Timur (Paiton II Power Plant)

Jalan Ujung, Kec. Semampir, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia 60155

Dalam rangka untuk meningkatkan kompetensi diri, membuka wawasan & pengalaman dalam dunia usaha dan untuk memenuhi kewajiban kurikulum bagi mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri Prodi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Fakultas Vokasi ITS, maka bersama ini Kami bermaksud mengajukan permohonan program magang dan kiranya mahasiswa tersebut dapat diizinkan untuk melaksanakan magang di PT. YTL Jawa Timur (Paiton II Power Plant)

Pelaksanaan magang yang Kami rencanakan adalah:

Lama magang selama : 4 (Empat) bulan

Yang akan dimulai tanggal : 6 Januari 2025 s/d 6 Mei 2025 (atau dapat menyesuaikan kebijakan perusahaan)

Adapun data nama mahasiswa tersebut sebagai berikut :

No.	Nama	NRP	No. Hp	Email
1	Puput Anitasari	2039221076	081919607648	anitasaripuput08@gmail.com
2	Gusti Muhammad Aidil Aliffian	2039221084	085731387079	gustialiffian88@gmail.com
3	Lia Nanda Wulandari	2039221098	0881026069428	lianandaw1005@gmail.com

Besar harapan Kami untuk bisa diterima dan mohon untuk jawaban atas surat permohonan Kami ini dapat dikirimkan melalui email: mesin_fvokasi@its.ac.id.

Demikian permohonan Kami, atas perhatian dan kerjasamanya yang baik Kami sampaikan terimakasih.

Surabaya, 29 Oktober 2024



Ditandatangani secara elektronik oleh:
Kepala Departemen Teknik Mesin Industri #
Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T.
NIP. 196202161995121001

Catatan:

- UU ITE No 11 Tahun 2008 Pasal 5 ayat 1
"Informasi Elektronik dan/atau Dokumen Elektronik dan/atau hasil cetaknya merupakan alat bukti hukum yang sah"
- Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan **sertifikat elektronik** yang diterbitkan **BSrE, BSSN**
- Dokumen ini dapat dibuktikan keasliannya dengan memindai QR Code

20. Form Penilaian Pembimbing Lapangan

Nama Mahasiswa : Lia Nanda Wulandari NRP : 2039221098
 Nama Mitra/Industri : PT YTL Jawa Timur Unit Kerja : Day Shift Operational
 Nama Pembimbing Lapangan: Maman Pribadi, S.T & A. Gigih B., S.T Waktu Magang : 10 Januari 2025 – 10 Mei 2025

NO	KOMPONEN	NILAI	KRITERIA PENILAIAN						
			<56	56-60	61-65	66-75	75-85	≥86	
1	Kehadiran	96	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92-95%	>95%	
2	Ketepatan waktu kerja*	96	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92-95%	>95%	
3	Bekerja sesuai Prosedur dan K3**	96	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	93-95%	>95%	
4	Sikap positif terhadap atasan/pembimbing	85	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
5	Inisiatif dan solusi kerja	85	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
6	Hubungan kerja dengan pegawai/lingkungan	85	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
7	Kerjasama tim	85	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
8	Mutu pelaksanaan pekerjaan	85	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
9	Target pelaksanaan pekerjaan	90	<56%	56-60%	61-65%	66-75%	75-85%	≥86%	
10	Kontribusi peserta terhadap pekerjaan	90	<56%	56-60%	61-65%	66-75%	75-85%	≥86%	
11	Kemampuan mengimplementasikan Alat	90	<56%	56-60%	61-65%	66-75%	75-85%	≥86%	
Jumlah Nilai		623	Nilai Akhir PL = $\sum$ Nilai/11						93

*Kehadiran ** Ketepatan Waktu
 SKB : sangat kurang baik; KB: kurang baik ; CB: cukupbaik; B: baik ; BS: Baik sekali; SBS: sangat baik sekali
 ABSENSI KEHADIRAN MAGANG
 a. Izin :hari b. Sakit :hari c. Tanpa Izin.....hari

Probolinggo, 25 April 2025

Operation Coordinator Manager,



Arief Wibisono
 NIP: 19802041

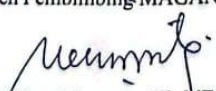
21. Lembar Asistensi Dosen pembombin

21 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing Departemen

Nama Mahasiswa : Lia Nanda Wulandari
 NRP : 2039221098
 Nama Mitra : PT YTL Jawa Timur
 Unit Kerja : Daily Shift Operational
 Nama Pembimbing Lapangan : Maman Pribadi
 Nama Pembimbing Departemen : Dr. Ir. Heru Mirmanto, ST., MT.
 Waktu Magang : 10 Januari 2025 – 10 Mei 2025

No	Tanggal	Materi Yang Dibahas	Tanda Tangan Pembimbing
1.	24/1 2025	pembahasan dan pengenalan dengan pembimbing lapangan mengenai tugas khusus	hm
2.	05/2 2025	pembahasan 3D modelling untuk simulasi ASyC CFD 10F	hm
3.	24/2 2025	pembahasan perhitungan mass flow dan pressure, meshing	hm
4.	24/4 2025	perhitungan pressure Inlet-outlet 10F serta pembagian tugas khusus	hm
5.	09/5 2025	Laporan tugas khusus persiapan (ASyC CFD FDF)	hm
6.	26/5 2025	asistensi laporan magang : BAB I, BAB II, BAB III	hm
7.	12/05 2025	asistensi laporan magang mengenai tujuan dan pembahasan PPT, POSTER, video	hm
8.	19/06 2025	asistensi laporan magang BAB IV dan V, poster, ppt	hm
9.	23/06 2025	finalisasi kumaran magang	hm

Surabaya, 23 Juni 2025
 Dosen Pembimbing MAGANG,


 Dr. Ir. Heru Mirmanto, ST., MT.
 NIP. 196202161995121001

22.

23. Form Penilaian Dosen Pembimbing Departemen

Lampiran. Form Penilaian dari Pembimbing Departemen

Nama Mahasiswa : Lia Nanda Wulandari
 NRP : 2039221098
 Nama Mitra/Industri : PT YTL Jawa Timur (Power II Station)
 Unit Kerja : Daily Shift Operation
 Nama Pembimbing Lapangan : Maman Abadi, S.T.
 Waktu Magang : 10 Januari – 10 Mei (88 Hari)

No	Nilai	Bobot t SKS	<56	56-60	61 – 65	66-75	75-85	≥86
1	Luaran 1 (Video)	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92 – 95%	>95%
2	Luaran 2 (PowerPoint)	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92 – 95%	>95%
3	Luaran 3 (Poster)	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	93 – 95%	>95%
4	Proposal Pengajuan Magang	2	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
5	Laporan Hasil Magang	2	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
6	Presentasi Akhir	1	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
	Jumlah Nilai	14	Nilai Akhir Dosen = $\frac{\sum \text{Nilai} \times \text{bobot}}{14}$					

SKB: sangat kurang baik; KB: kurang baik; CB: cukup baik; B: baik; BS: Baik sekali; SBS: sangat baik sekali
 URAIAN NILAI ANGKA AKHIR NILAI

Nilai Akhir Pembimbing Lapangan

Nilai Akhir Dosen

$$\text{Angka Magang} = \frac{\text{Nilai Akhir PL} + \text{Nilai Akhir Dosen}}{2}$$

Surabaya, 23 Juni 2025

Dosen Pembimbing Magang,

Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T.

NIP. 19620216 199512 1 001