



MAGANG INDUSTRI - VW231905

**ROOT CAUSE FAILURE ANALISIS AIR HEATER LEAKAGE PADA PT. PLN
NUSANTARA POWER UP PAITON**

**PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton
Jl. Raya Surabaya-Situbondo No.Km.142, Area Sawah, Bhinor,
Kec. Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur 67291**

PENULIS :

ZUFAR HAKIM PRABOWO

NRP: 2039221100

DOSEN PEMBIMBING:

DR.IR. BAMBANG SAMPURNO, MT

196509191990031003

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2025



LAPORAN MAGANG - VW231905

**ROOT CAUSE FAILURE ANALISIS AIR HEATER LEAKAGE PADA PT. PLN
NUSANTARA POWER UP PAITON**

**PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton
Jl. Raya Surabaya-Situbondo No.Km.142, Area Sawah, Bhinor,
Kec. Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur 67291**

Penulis:

ZUFAR HAKIM PARABOWO

2039221100

Dosen Pembimbing:

DR.IR. BAMBANG SAMPURNO, MT.

NIP. 196509191990031003

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2025



PLN
Nusantara Power

LEMBAR PENGESAHAN

**PT. PLN NUSANTARA POWER UNIT PEMBANGKITAN PAITON
JL. RAYA SURABAYA-SITUBONDO NO.KM.142, AREA SAWAH, BHINOR, KEC.
PAITON, KABUPATEN PROBOLINGGO, JAWA TIMUR 67291**

Probolinggo, 20 Mei 2025

Pesera Magang

Zufar Hakim Prabowo
NRP. 2039221100

Mengetahui,

Asisstant Manager System Owner -I

M. Zainulloh Rizal

Menyetujui,

Pembimbing Kerja Praktik

M Adi Bintarawan P



LEMBAR PENGESAHAN

**PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton
Jl. Raya Surabaya-Situbondo No.Km.142, Area Sawah, Bhinor, Kec. Paiton,
Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur 67291**

Surabaya, 7 Juli 2025

Pesera Magang

Zufar Hakim Prabowo
NRP. 2039221100

Mengetahui,

**Kepala Departemen Teknik
Mesin Industri**

Dr. Atria Pradityana, S.T., M.T.
NIP. 198511242009122008

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT
NIP. 196509191990031003

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan magang industri ini dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi tugas akhir dalam rangka pelaksanaan magang industri di **PT PLN Nusantara Power Paiton Unit 1 & 2** selama empat bulan dari mulai tanggal 20 Januari 2025 – 20 Mei 2024.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dan membimbing selama pelaksanaan magang, khususnya kepada:

1. Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT., sebagai Dosen Pembimbing Departemen
2. Bapak Muhammad Adi Bintarawan P. selaku pembimbing Magang Industri selama di PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Paiton.
3. Ibu Dr. Atria Pradityana, S.T., M.T., sebagai Kepala Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS.
4. Ir. Suhariyanto M.T, selaku Koordinator Program Studi dan selaku Koordinator Pelaksanaan Magang Industri.
5. Seluruh karyawan PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkit Paiton
6. Orang tua yang selalu mendoakan dan memberikan semangat
7. Azzam selaku teman kelompok Magang Industri, serta teman-teman warga HMDM ITS
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan Bantuan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan menjadi referensi bagi mahasiswa yang akan melaksanakan magang di masa depan.

Probolinggo, 20 Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Magang	1
1.3 Manfaat Magang Industri.....	3
BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN.....	5
2.1 Sejarah PT. PLN NUSANTARA POWER.....	5
2.2 Struktur Organisasi	7
2.2.1 Penjabaran Struktur Organisasi	7
2.3 Visi dan Misi Perusahaan.....	13
2.3.1 Visi	13
2.3.2 Misi	13
2.3.3 Budaya Perusahaan	13
2.3.4 Tata Nilai Perusahaan.....	14
2.4 Logo Perusahaan.....	15
2.5 Kegiatan Produksi	17
2.5.1 Proses Produksi Listrik.....	17
BAB III PELAKSANAAN MAGANG	19
3.1 Posisi/kedudukan kegiatan magang	19
3.2 Metodologi Penyelesaian Tugas	31
BAB IV HASIL MAGANG.....	33
4.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	33
4.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap	34
4.3 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Uap	35
4.3.1 Boiler	35
4.3.2 Turbin Uap.....	37
4.3.3 Generator	38
4.3.4 Condensor	39
4.4 Siklus-siklus yang ada pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap	39
4.4.1 Siklus Uap	39

4.4.2 Sistem Bahan Bakar	41
4.4.3 Sistem Air	43
4.4.4 Sistem Pendingin	45
4.3.5 Siklus Kondensat	46
4.4.6 Sistem Gas Buang.....	47
4.5 <i>Air Preheater</i>	51
4.5.1 Definisi dan Fungsi <i>Air PreHeater</i>	51
4.5.2 Prinsip Kerja <i>Air PreHeater</i>	52
4.5.3 Dampak Penggunaan <i>Air PreHeater</i>	52
4.6 <i>Primary Air Heater</i>	52
4.6.1 Prinsip kerja Primary Air Heater.....	52
4.6.2 Manfaat Primary <i>Air Heater</i>	53
4.7 <i>Secondary Air Heater</i>	53
4.7.1 Prinsip Kerja <i>Secondary Air Heater</i>	53
4.7.2 Manfaat <i>Secondary Air Heater</i>	54
4.8 Analisa Masalah	54
4.8.1 Memghitung Kerugian Kebocoran Yang Terjadi.....	55
4.8.2 Perhitungan NPHR	56
4.8.3 Validasi untuk mengeliminasi fokus yang dibahas	58
4.8.4 Diagram Fishbone	59
4.8.5 Pembahasan Kemungkinan Permasalahan	59
4.9 Rekomendasi	64
4.9.1 Perhitungan Biaya Solusi Permasalahan	64
4.9.2 Perhitungan NPV dan IRR.....	67
BAB V PENUTUP	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 PT. PLN Nusantara Power UP Paiton (Tampak Depan)	5
Gambar 2. 2 Struktur Organisasi PT. PLN Nusantara Power UP Paiton 1&2	7
Gambar 2. 3 Budaya 5S	13
Gambar 2. 4 Tata Nilai Perusahaan	14
Gambar 2. 5 Logo PT. PLN Nusantara Power	15
Gambar 2. 6 <i>Flow Diagram Steam Water System</i> PLTU Paiton	17
Gambar 3.2 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Khusus Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 1 Siklus Rankine Sederhana	34
Gambar 4. 2 Boiler Pada PLTU	35
Gambar 4. 3 Turbin PLTU Paiton	37
Gambar 4. 4 Generator PLTU Paiton	38
Gambar 4. 5 Skema Condensor	39
Gambar 4. 6 Siklus Uap Pada PLTU	41
Gambar 4. 7 Top Losses Air Heater	57
Gambar 4. 8 Diagram Fishbone	59
Gambar 4. 9 Alat Ukur MRU Vario Luxx Emision	61
Gambar 4. 10 Seal Aus	62
Gambar 4. 11 Busket Korosi	63

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 <i>Gas Inlet & Outlet Air Heater</i>	55
Tabel 4. 2 Data Kebutuhan NPHR	56
Tabel 4. 3 Data kebutuhan Menghitung Losses Rupiah.....	57
Tabel 4. 4 Tabel Pemeliharaan	58
Tabel 4. 5 Data <i>Fineness</i> Per Mill.....	60
Tabel 4. 6 Jadwal Perawatan <i>Preventive Maintanance</i>	64
Tabel 4. 7 Data Menghitung KKF	65
Tabel 4. 8 Harga Seal	65
Tabel 4. 9 Perbandingan Kualitas Seal.....	66
Tabel 4. 10 PVt Pada <i>Brush Seal</i>	68
Tabel 4. 11 PVt Pada <i>Metallic Strip Seal</i>	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman dan tuntutan akan pengalaman praktis dalam dunia kerja, magang telah menjadi bagian integral dalam pendidikan dan persiapan karir para mahasiswa. Lembaga Pendidikan dituntut untuk meningkatkan metode pengajaran dan pendidikannya demi menciptakan lulusan yang siap menghadapi dunia kerja. Sebagai mahasiswa, saya menyadari pentingnya mendapatkan pengalaman langsung di lapangan untuk memperluas pengetahuan dan keterampilan yang telah dipelajari di dalam perkuliahan. Untuk memenuhi kebutuhan ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, khususnya program studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi menyusun kurikulum dengan mewajibkan mahasiswa melakukan magang industri selama 4 bulan. Hal ini sejalan dengan dasar pendidikan vokasi sebagai akademis yang berorientasi pada ilmu terapan dan pembelajaran praktikal demi membentuk lulusan yang siap bekerja dan mampu beradaptasi dengan perkembangan yang ada.

Pada kesempatan ini, saya mendapat kesempatan untuk menjalani Magang Industri di PT. PLN Nusantara Power Paiton Unit 1&2, sebuah perusahaan pembangkit listrik nomor satu di Indonesia. Selama masa perkuliahan saya, saya telah belajar berbagai konsep teoritis yang berkaitan dengan mata kuliah Konversi Energi. Namun, saya menyadari bahwa penerapan teori dalam situasi praktis adalah langkah yang krusial dalam memahami betapa kompleksnya dunia kerja sesungguhnya. Oleh karena itu, magang ini menjadi kesempatan berharga bagi saya untuk mengaplikasikan pengetahuan yang telah saya peroleh dan memperdalam pemahaman saya terhadap industri ini. Selain itu, melalui magang ini, saya juga bertujuan untuk memperluas jaringan profesional, mengasah keterampilan komunikasi, serta memperoleh wawasan yang lebih mendalam. Saya yakin pengalaman ini akan memberikan kontribusi yang berharga dalam pembentukan karir saya di masa depan.

1.2 Tujuan Magang

1.2.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari pelaksanaan magang industri ini adalah untuk mendukung tercapainya misi pendidikan tinggi, khususnya dalam menyiapkan lulusan yang tidak hanya dalam aspek teoritis, tetapi juga memiliki kompetensi praktis yang dibutuhkan

oleh dunia kerja. Melalui program magang ini, mahasiswa dituntut untuk mampu mengobservasi, menganalisis, dan memahami sistem kerja yang diterapkan di industri, serta mampu berkontribusi dalam pemecahan masalah secara langsung.

Lebih lanjut, magang ini berperan sebagai sarana pembelajaran langsung di dunia kerja, sehingga mahasiswa dapat memperoleh pengalaman praktis yang tidak diperoleh di ruang kelas. Dengan berinteraksi secara intens dengan lingkungan kerja di PT. PLN Nusantara Power UP Paiton, mahasiswa dapat melihat bagaimana prinsip-prinsip teknik diterapkan dalam pengoperasian dan pemeliharaan pembangkit listrik, memahami etos kerja profesional, serta mendapatkan kesempatan untuk memberikan sumbangsih pemikiran melalui perspektif akademik yang dimiliki.

Tujuan umum dilakukannya Magang Industri untuk:

1. Melaksanakan program dari Perguruan Tinggi yakni Magang Industri
2. Membuka wawasan mahasiswa agar dapat mengetahui dan memahami sistem kerja di dunia industri sekaligus mampu mengadakan pendekatan, penyerapan dan pemecahan masalah yang berasosiasi dengan dunia kerja secara utuh.
3. Untuk mengetahui dan mengenal secara langsung dunia kerja yang nyata khususnya di PT. PLN Nusantara Power Paiton Unit 1&2.
4. Menjalin hubungan timbal balik yang menguntungkan bagi perusahaan maupun Perguruan Tinggi. Mahasiswa dapat mengenal lebih jauh kondisi lingkungan kerjasehingga dapat memberikan sumbangan pemikiran yang bermanfaat bagi perusahaan tempat Magang Industri dilaksanakan.
5. Agar mahasiswa mempunyai gambaran nyata mengenai lingkungan kerjanya, mulai dari tingkat bawah sampai dengan tingkat yang lebih tinggi.
6. Mahasiswa peserta magang diharapkan dapat memberikan manfaat dan wawasan baru bagi dirinya serta instansi tempat melaksanakan Magang.

1.2.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari kegiatan magang ini meliputi pencapaian kompetensi teknis dan non-teknis yang lebih spesifik. Di antaranya adalah mengenal secara mendalam lingkungan kerja dan budaya organisasi PT. PLN Nusantara Power UP Paiton, serta memahami secara teknis bagaimana proses pembangkitan listrik tenaga uap berlangsung. Fokus utama dari magang ini adalah pada komponen Air Heater, khususnya dalam menganalisis fenomena kebocoran (leakage) yang terjadi pada sistem tersebut.

Dengan tujuan ini, diharapkan mahasiswa mampu melakukan analisis kerusakan, mencari akar penyebab masalah (*root cause*), dan memberikan rekomendasi teknis sebagai solusi terhadap permasalahan yang ditemukan. Selain itu, pengalaman magang juga diharapkan dapat mempererat hubungan kemitraan antara dunia pendidikan dan industri, sehingga tercipta kolaborasi yang saling menguntungkan bagi kedua belah pihak. Tujuan Khusus dari pelaksanaan magang industri ini antara lain:

1. Mengenali lingkungan perusahaan di PT. PLN Nusantara Power Paiton Unit 1&2.
2. Mengenal secara langsung tentang proses-proses “Pembangkitan Listrik Tenaga Uap” yang berkaitan dengan Mechanical Engineering di PT. PLN Nusantara Power Paiton Unit 1&2.
3. Hubungan Departemen Teknik Mesin Industri dengan perusahaan terkait bisa semakin erat dan saling menguntungkan.
4. Mengetahui Sitem yang ada pada Air Heater di PT. PLN Nusantara Power UP Paiton
5. Mengetahui apa penyebab terjadinya Air Heater Leakage di PT. PLN Nusantara Power UP Paiton

1.3 Manfaat Magang Industri

1. Bagi Mahasiswa

Bagi mahasiswa, magang industri memberikan kesempatan untuk menerapkan secara langsung teori-teori yang telah dipelajari selama kuliah ke dalam situasi kerja nyata. Ini menjadi ajang untuk mengasah kemampuan teknis dan soft skill, seperti problem solving, komunikasi, serta manajemen waktu dan tugas. Pengalaman ini juga sangat berguna sebagai bekal dalam memasuki dunia kerja, karena mahasiswa akan lebih memahami ekspektasi dan dinamika lingkungan kerja sesungguhnya. Selain itu, dengan terlibat langsung dalam kegiatan industri, mahasiswa dapat memperluas wawasan dan memperdalam pemahaman tentang profesi yang akan ditekuni di masa depan.

- a) Sebagai aplikasi pengetahuan atas teori yang diperoleh selama kegiatan perkuliahan.
- b) Sebagai persiapan sebelum memasuki dunia kerja.
- c) Merupakan kesempatan untuk memperkaya ilmu dan memahami suatu profesi dalam dunia kerja.

2. Bagi Perguruan Tinggi

Magang industri memberikan manfaat besar bagi institusi pendidikan tinggi, karena menjadi sarana untuk mengukur efektivitas pembelajaran yang diberikan di bangku kuliah. Melalui evaluasi dan umpan balik dari industri, perguruan tinggi dapat menyesuaikan kurikulum agar lebih relevan dengan kebutuhan dunia kerja. Selain itu, kemitraan yang terjalin dengan industri melalui program magang juga membuka peluang kerja sama lebih luas dalam bentuk penelitian, pengembangan teknologi, maupun penyusunan kurikulum berbasis kebutuhan industri.

- a) Memberi kesempatan kepada mahasiswanya untuk terjun ke lapangan
- b) Menguji sejauh mana kemampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan teori di bidang praktis.

3. Bagi Perusahaan

Bagi perusahaan, program magang merupakan bentuk kontribusi nyata dalam menciptakan sumber daya manusia yang unggul dan siap pakai. Dengan menerima mahasiswa magang, perusahaan dapat berbagi pengetahuan dan pengalaman kepada generasi muda, serta mendapatkan perspektif baru dari mahasiswa yang membawa semangat dan ide-ide segar dari dunia akademik. Hal ini juga menjadi bagian dari tanggung jawab sosial perusahaan dalam mencerdaskan kehidupan bangsa melalui dunia pendidikan.

- a) Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk lebih mengenal tentang perusahaannya.
- b) Sebagai sumbangan perusahaan dalam ikut mencerdaskan kehidupan bangsa.

BAB II

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah PT. PLN NUSANTARA POWER

Salah satu unit dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) milik PT PLN Nusantara Power adalah Unit Pembangkitan Paiton 1 & 2, yang berlokasi di Desa Bhinor, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Lokasi ini berbatasan langsung dengan Kabupaten Situbondo, tepatnya di kilometer 142 jalan raya Surabaya–Situbondo. Kompleks PLTU Paiton berada dalam satu kawasan bersama beberapa pembangkit listrik swasta, yaitu PT YTL Jawa Power (Unit 5 & 6) serta PT Paiton *Energy Company* (Unit 3 & 4 dan Unit 7 & 8). Adapun tampak depan pembangkit tenaga Uap terlihat pada Gambar 2.1.

Gambar 2. 1 PT. PLN Nusantara Power UP Paiton (Tampak Depan)



Unit Pembangkitan Paiton dibentuk berdasarkan Surat Keputusan Direksi PLN No. 030K/023/DIR/1993 tanggal 15 Maret 1992 sebagai unit kerja yang berada di bawah pengelolaan PT PLN (Persero) Pembangkitan dan Penyaluran Jawa Bagian Timur dan Bali (PLN KJT dan Bali) Sektor Paiton. Restrukturisasi PT PLN pada tahun 1995 menghasilkan perubahan organisasi menjadi PT PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali I dan PT PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II. Selanjutnya, pada tahun 1997, Sektor Paiton berubah nama menjadi PT PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II Unit Pembangkitan Paiton (UP Paiton). Berdasarkan Surat Keputusan Direksi No. 039K/023/DIR/1998, dilakukan pemisahan antara fungsi operasi dan fungsi pemeliharaan di Unit Pembangkitan tersebut.

Seiring perkembangan organisasi, pada tanggal 3 Juni 1999 dilakukan penyesuaian struktur organisasi di UP Paiton agar lebih fleksibel dan dinamis untuk menjawab tantangan bisnis yang terus berubah. Perubahan mendasar dalam struktur organisasi tersebut adalah pemisahan fungsi operasi dan fungsi pemeliharaan, sehingga unit ini menjadi organisasi yang lebih ramping (lean) dan bersih (clean), dengan fokus utama pada kegiatan operasional pembangkitan listrik yang menghasilkan GWh.

Sebagai bagian dari kebijakan manajemen dan perkembangan organisasi, pada tanggal 3 Oktober 2000, PT PLN Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II secara resmi berganti nama menjadi PT PLN Pembangkitan Jawa-Bali (PT PJB). Selanjutnya, nama perusahaan kembali berubah menjadi PT PLN Nusantara Power, dengan Unit Pembangkitan Paiton tetap menjadi salah satu unit pembangkitan utama.

Pembangunan PLTU Paiton diawali dengan dua unit pembangkit yang dilaksanakan berdasarkan Keputusan Presiden No. 35 Tahun 1957 mengenai Pelaksanaan Pengawasan dan Koordinasi Pembangunan PLTU Paiton. Sesuai kebijakan pemerintah dalam upaya penghematan penggunaan bahan bakar minyak serta diversifikasi energi, PLTU Paiton dirancang untuk menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utamanya. Total kapasitas Unit 1 dan Unit 2 adalah sebesar 2 x 400 MW atau 800 MW, dan telah beroperasi sejak tahun 1993/1994 sebagai bagian dari Tahap 1 pembangunan.

PLTU Paiton secara keseluruhan terdiri atas delapan unit pembangkit, dengan rincian perencanaan disajikan dalam Tabel 2.1

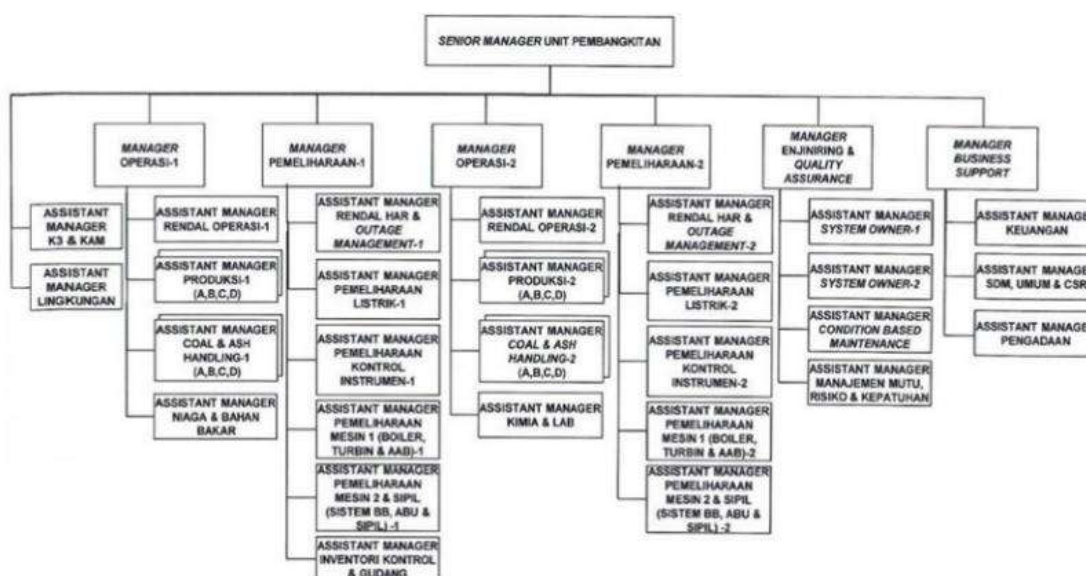
Tabel 2.1 Kapasitas Tiap Uni Pembangkit PT. PLN Nusantara Power

No.	Unit Pembangkit PT. PLN Nusantara Power	Kapasitas
1	UP. Paiton	800 MW
2	UP. Paiton	2260 MW
3	UP. Cirata	1008 MW
4	UP. Brantas	281 MW
5	UP. Muara Karang	1200 MW
6	UP. Muara Tawar	640 MW

PLN PJB II telah mengalami banyak perkembangan selama bertahun-tahun. Hal ini dilakukan untuk menjawab kebutuhan listrik yang terus meningkat. Karena kebutuhan listrik yang terus meningkat akhir-akhir ini, maka dibangunlah pembangkit listrik untuk mengatasi kekurangan pasokan listrik di masyarakat. Sebanyak enam generator telah dibangun sejauh ini. Setiap generator menggunakan jumlah energi yang berbeda dari yang lain dan menghasilkan jumlah daya yang berbeda

2.2 Struktur Organisasi

Tentu saja, setiap perusahaan memerlukan struktur organisasi yang terdefinisi dengan jelas untuk memastikan manajemen yang efektif dan terkoordinasi. Berikut adalah Struktur Organisasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Struktur Organisasi PT. PLN Nusantara Power UP Paiton 1&2

2.2.1 Penjabaran Struktur Organisasi

Pada Gambar struktur organisasi tersebut tercantum bagian bagian yang ada pada PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkit 1&2 dengan urutan teratas hingga jajarannya. Setiap bagian yang telah tercantum tersebut memiliki tugas yang berbeda dan terdiri dari masing-masing tim.

1. Pimpinan Tertinggi (Senior Manajer) Unit Pembangkitan Paiton

Pimpinan tertinggi (Senior manager) dijabatkan oleh seseorang senior manajer yang bertugas mengelola peningkatan kinerja operasi dan kompetensi SDM Unit

Pembangkitan Paiton sehingga mampu memproduksi tenaga listrik dengan efisien, mutu dan keandalan yang tinggi dengan tetap memperhatikan aspek komersial, dengan harga jual kompetitif sesuai kontrak kinerja yang ditetapkan oleh direksi PT. PLN Nusantara Power.

2. Asisten Manajer K3 dan Keamanan

Membantu manajer operasi dalam menyusun rencana dan anggaran bidang K3 serta menjabarkan rencana tersebut kedalam fungsi K3 yang mencakup tentang keselamatan dan kesehatan kerja seluruh karyawan dan semua menyangkut aset operasional di unit pembangkit Paiton sesuai dengan standar internasional yang berlaku.

3. Asisten Manajer Lingkungan

Membantu manajer enjiniring dan quality assurance dalam menyusun rencana dan anggaran dalam bidang lingkungan serta menjabarkan rencana tersebut ke dalam fungsi tata letak, perawatan serta kelestarian lingkungan di sekitar Unit Pembangkit Paiton sesuai dengan standar nasional dan internasional.

4. Manajer Operasi

Mengelola, merencanakan, menganalisa kegiatan operasional pembangkit tenaga listrik dan mengupayakan inovasi serta mengevaluasi sistem yang telah diberlakukan untuk memastikan produksi listrik yang efisien. Fungsi lainnya yaitu memastikan tercapainya sasaran kinerja unit dan melayani pelanggan eksternal dan internal perusahaan serta melaksanakan program sistem manajemen yang ditetapkan perusahaan yaitu Sistem Informasi Terpadu (SIT). Good Corporate Governance (GCG), Intergrated Management System (IMS), Sistem Manajemen K3 (SMK3).

a) Asisten Manajer Perencanaan dan Pengendalian Operasi

Membantu manajer operasi dalam merencanakan, melaksanakan, dan pengendalian kegiatan operasi serta menentukan tindakan teknis pada setiap permasalahan yang timbul pada pelaksanaan program kerja.

b) Asisten Manajer Produksi

Membantu manajer operasi dalam menyusun rencana dan anggaran bidang pengendalian operasi dan menjabarkan rencana tersebut kedalam fungsi tersebut kedalam fungsi produksi, melaksanakan dan mengendalikan agar

dicapai proses produksi tenaga listrik yang efektif dan efisien sesuai rencana operasi.

c) Asisten manajer Coal& Ash Handling

Membantu manajer operasi dalam merencanakan, mengoperasikan, dan mengendalikan pelaksanaan operasi batu bara hingga ke proses pembakaran dan juga sisa hasil pembakaran berupa ash hingga menuju pada bagian yang seharusnya atau ash disposal.

d) Asisten Manajer Bahan Bakar

Membantu manajer operasi dalam menyusun rencana dan anggaran penyediaan dan perniagaan Bahan Bakar yang dibutuhkan dalam proses produksi listrik di Unit Pembangkit Paiton.

e) Asisten manajer Kimia dan Lab

Membantu manajer engineering dan quality assurance dan menyusun rencana dan anggaran bidang kimia serta menjabarkan rencana tersebut kedalam fungsi kimia Teknik dan laboratorium, melaksanakan dan mengendalikan agar mencapai sasaran unit pembangkit Paiton sesuai standar atau ketentuan yang berlaku.

5. Manajer Pemeliharaan

Merencanakan, melaksanakan dan mengendalikan kegiatan bidang pengendalian, pemeliharaan agar selalu siap beroperasi setiap saat sehingga mendukung upaya pencapaian sasaran Unit Pembangkit Paiton sesuai dengan kontrak kinerja yang ditetapkan redaksi.

a) Asisten Manajer Perencanaan Pengendalian (Rendal) Pemeliharaan dan Outage Manajemen

Membantu manajer pemeliharaan dalam melakukan koordinasi atas pelaksanaan kegiatan perencanaan, pengendalian, dan pemeliharaan secara prediktif, preventif, korektif, dan emergency di unit UP. Paiton untuk mendukung pengoperasian unit secara optimal dalam mencapai sasaran unit pembangkit, sesuai dengan kontrak kinerja yang ditetapkan direksi.

b) Asisten manajer Pemeliharaan Mesin 1 (Boiler, Turbin dan alat-alat Bantu)

Membantu manajer pemeliharaan dalam pelaksanaan dan pemeliharaan mekanis secara harian pada peralatan yang berhubungan dengan proses berjalannya boiler, turbin dan alat-alat bantu pada unit pembangkitan Paiton untuk mendukung pengoperasian unit secara optimal.

c) Asisten manajer Pemeliharaan Mesin 2 (Sistem Bahan Bakar dan Abu)

Membantu manajer pemeliharaan dalam pelaksanaan dan pemeliharaan mekanis secara harian pada peralatan yang berhubungan dengan sistem bahan bakar dan abu pada unit pembangkitan Paiton untuk mendukung pengoperasian unit secara optimal.

d) Asisten manajer Pemeliharaan Listrik 1

Membantu manajer pemeliharaan dalam mengorganisir pelaksanaan evaluasi, analisa, dan pemeliharaan secara harian pada sistem kelistrikan unit pembangkitan Paiton untuk mendukung pengoperasian unit secara optimal dan efisien.

e) Asisten manajer Pemeliharaan Listrik 2

Membantu manajer pemeliharaan dalam mengorganisir pelaksanaan evaluasi, analisa, dan pemeliharaan secara harian pada sistem kelistrikan unit pembangkitan Paiton untuk mendukung pengoperasian unit secara optimal dan efisien.

f) Supervisor Harian Control Instrument

Membantu manajer pemeliharaan dalam pelaksanaan dan pemeliharaan harian pada sistem kontrol dan instrument unit pembangkitan Paiton untuk mendukung pengoperasian unit secara optimal.

6. Manajer Enjiniring & Quality Assurance

Memastikan berjalannya kegiatan enjiniring dan quality assurance yang dapat menunjang kinerja operasi dan pemeliharaan. Merekomendasikan dan mengevaluasi implementasi task execution sebagai bahan analisa, mengarahkan dan mengoordinasikan pelaksanaan proses audit dan laporan audit yang komperhensif sesuai dengan kaidah-kaidah yang berlaku.

a) Asisten manajer System Owner

Membantu manajer enjiniring dan quality assurance dalam menyediakan dana dalam implementasi proyek sistem informasi untuk menunjang proses produksi listrik di lingkungan PLN NP UP Paiton. Merencanakan, melaksanakan, dan mengelola pekerjaan Teknologi Informasi (IT), meliputi aplikasi dan software dalam operasional sehari-hari di lingkungan PT. PLN NP UP Paiton serta memberikan solusi maupun konsultasi teknologi untuk mencapai tujuan dan strategi bisnis perusahaan.

b) Asisten manajer Manajemen Mutu, Resiko dan Kepatuhan

Membantu manajer enjiniring dan quality assurance dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengendalikan kegiatan bidang audit internal yang mencakup penentuan dan penilai kualitas (efektif dan Efisiensi) pelaksanaan pengendalian operasi unit pembangkitan Paiton atau unit bisnis, pelaksanaan tanggung jawab yang diberikan realibilitas dan integritas informasi bidang audit operasional keuangan dan administrasi sesuai dengan ketentuan dan kebijakan yang berlaku, sehingga ketentuan perusahaan dan tercapai kinerja perusahaan yang maksimal dan optimal. Serta melaksanakan program Sistem Manajemen Keselamatan dan dan Kesehatan Kerja (SMK3), Sistem Manajemen Lingkungan (SML), sistem manajemen mutu dan manajemen resiko.

c) Asisten manajer Condition Based Maintenance

Membantu manajer enjiniring dan quality assurance dalam perencanaan dalam proses pemeliharaan terutama pada peralatan yang digunakan dalam proses produksi. Mengatur proses pemelihara peralatan yang benar di saat/waktu yang tepat secara real time.

7. Manajer Business Support

Menjabarkan rencana tahunan Unit Pembangkit Paiton, termasuk di dalamnya adalah rencana setiap bidang Unit Pembangkit Paiton ke dalam anggaran tahunan Unit Pembangkit Paiton serta merencanakan bidang pengendalian keuangan dan mengendalikan pelaksanaannya untuk mendukung upaya pencapaian sasaran unit pembangkitan paiton secara efektif dan efisien sesuai dengan kontrak kerja yang ditetapkan direksi. Selain itu, merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi program administrasi kepegawaian ada seluruh jenjang jabatan untuk menciptakan

sistem administrasi SDM yang tertib rapi sesuai dengan kebijakan yang ditetapkan perusahaan.

a) Asisten manajer SDM dan keuangan

Membantu manajer business support dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengendalikan kegiatan bidang SDM, yang mencakup sistem dan organisasi bidang SDM, serta pendidikan, pelatihan, penyediaan fasilitas kerja, pembinaan mutu terpadu, hubungan karyawan yang ada di unit pembangkit Paiton, untuk mendukung upaya pencapaian sasaran unit pembangkit Paiton sesuai kontrak kinerja yang ditetapkan direksi. Selain itu, merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi program pengembangan dan diklat SDM pada seluruh jabatan untuk mencapai SDM yang berkualitas, terampil, dan professional, sesuai dengan kebijakan yang ditetapkan perusahaan. Menyusun rencana dan anggaran bidang pengendalian keuangan dan menjabarkan rencana, tersebut kedalam rencana dan anggaran fungsi akuntansi, mencatat secara sistematis segala transaksi yang mempengaruhi harta, kewajiban perusahaan sehingga dapat diketahui posisi harta dan kewajiban serta besarnya laba rugi perusahaan.

b) Asisten manajer pengadaan

Membantu manajer business support dalam menyusun rencana dan anggaran dalam bidang pengadaan dan melaksanakan serta mengendalikan kegiatan pengadaan secara terorganisir dengan efektif dan efisien. Menjabarkan proses pengadaan sebagai upaya yang mendukung dalam proses produksi.

c) Asisten manajer Sipil, Umum, dan CSR

Membantu manajer business support dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengendalikan kegiatan bidang umum untuk mendukung upaya pencapaian sasaran yang telah direncanakan unit perbankan paiton. Selain itu, menyusun rencana anggaran bidang umum, menjabarkan rencana tersebut kedalam fungsi sekretariat dan humas, dan pelaksana pengendalian kegiatan sekretariat dan hubungan masyarakat dengan efektif dan efisien.

2.3 Visi dan Misi Perusahaan

2.3.1 Visi

“Menjadi perusahaan terdepan dan terpercaya dalam bisnis energi berkelanjutan di Asia Tenggara”.

Visi ini tidak hanya mencerminkan ambisi untuk menjadi yang terbaik di tingkat nasional, tetapi juga menandakan tekad perusahaan untuk berkompetisi secara regional. Kata “berkelanjutan” di sini menunjukkan komitmen perusahaan terhadap pengembangan energi yang ramah lingkungan dan efisiensi jangka panjang.

2.3.2 Misi

1. Menjalankan bisnis energi yang inovatif dan kolaboratif, tumbuh dan berkelanjutan, serta berwawasan lingkungan
2. Menjaga tingkat kinerja tertinggi untuk memberikan nilai tambah bagi stakeholder.
3. Menarik minat dan mengembangkan talenta terbaik serta menjalankan organisasi yang agile dan adaptif.

2.3.3 Budaya Perusahaan

Dalam melakukan tugas-tugasnya pekerja PLN Nusantara Power UP Paiton mengimplementasikan budaya 5S, Adapun penjelasan 5S pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Budaya 5S

a. *Seiri*/Ringkas

Kegiatan memisahkan segala sesuatu barang yang benar-benar diperlukan dan menyingkirkan yang tidak diperlukan.

b. *Seiton*/Rapi

Kegiatan merapikan peralatan dan perlengkapan kerja dengan rapi sehingga memudahkan untuk mencari dan menemukan kembali.

c. *Seiso*/Resik

Kegiatan membersihkan tempat kerja, mesin, perlengkapan, peralatan kerja dari debu dan kotoran.

d. *Seiketsu*/Rawat

Kegiatan memelihara fasilitas tempat kerja, mesin, peralatan serta barang secara teratur agar tidak terdapat barang asing yang tidak diperlukan, tidak ada kerusakan serta menjaga dan mempertahankan kondisi optimal.

e. *Shitsuke*/Rajin

Kegiatan membudayakan dan membiasakan bekerja sesuai sistem dan prosedur serta mengembangkan perilaku kerja yang positif sebagai kebiasaan disiplin.

2.3.4 Tata Nilai Perusahaan

Tata nilai dari PT PLN Nusantara Power adalah **AKHLAK** yang merupakan akronim, Adapun penjelasan mengenai kepanjangan-nya pada Gambar 2.4



Gambar 2. 4 Tata Nilai Perusahaan

- a) Amanah (memenuhi janji dan komitmen, bertanggung jawab atas tugas, keputusan dan tindakan yang dilakukan), yaitu memegang teguh kepercayaan yang diberikan.
- b) Kompeten (meningkatkan kompetensi diri untuk menjawab tantangan yang selalu berubah, membantu orang lain belajar, dan menyelesaikan tugas dengan kualitas terbaik) terus belajar dan mengembangkan kemampuan.
- c) Harmonis (suka menolong orang lain, menghargai setiap orang, membangun lingkungan kerja yang kondusif) saling peduli dan menghargai perbedaan.
- d) Loyal (menjaga nama baik seluruh jajaran, rela berkorban demi mencapai tujuan yang lebih besar dan patuh kepada pimpinan sepanjang tidak bertentangan dengan hukum dan etika) berdedikasi dan mengutamakan kepentingan bangsa dan negara.
- e) Adaptif (cepat menyesuaikan diri untuk menjadi lebih baik, terus menerus melakukan perbaikan mengikuti perkembangan teknologi dan bertindak positif) terus berinovasi dan antusias dalam menggerakkan ataupun menghadapi perubahan.
- f) Kolaboratif (memberi kesempatan kepada berbagai pihak untuk berkontribusi, terbuka dalam bekerjasama untuk menghasilkan nilai tambah, menggerakkan pemanfaatan berbagai sumber daya untuk tujuan bersama) membangun kerjasama yang sinergi.

2.4 Logo Perusahaan

Logo ini mencerminkan identitas perusahaan sebagai entitas di bawah PT. PLN Nusantara Power yang bergerak dalam pengelolaan pembangkit listrik di Indonesia. PT. PLN Nusantara Power memiliki logo yang dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Logo PT. PLN Nusantara Power

Logo PT. PLN Nusantara Power memiliki makna dalam setiap komponennya sebagai berikut:

a) Bentuk Lambang

Bentuk, warna, dan makna lambang Perusahaan yang resmi digunakan adalah sesuai dengan yang tercantum pada lampiran Surat Keputusan Direksi Perusahaan Umum Listrik Negara no. 031/DIR/76 tanggal 1 Juni 1976, mengenai Pembukuan Lambang Perusahaan Umum Listrik Negara.

b) Bidang persegi Panjang vertical

Menjadi bidang dasar bagi elemen-elemen lambang lainnya, melambangkan bahwa PT PLN (Persero) merupakan wadah atau organisasi yang terorganisir dengan sempurna. Berwarna kuning untuk menggambarkan pencerahan, seperti yang diharapkan PLN bahwa listrik mampu menciptakan pencerahan bagi kehidupan masyarakat. Kuning juga melambangkan semangat yang menyala-nyala yang dimiliki tiap insan yang berkarya di perusahaan ini.

c) Petir atau Kilat

Melambangkan tenaga listrik yang terkandung di dalamnya sebagai produk jasa utama yang dihasilkan oleh perusahaan. Selain itu petir pun mengartikan kerja cepat dan tepat para insan PT PLN (Persero) dalam memberikan solusi terbaik bagi para pelanggannya. Warnanya yang merah melambangkan kedewasaan PLN sebagai perusahaan listrik pertama di 7 Indonesia dan kedinamisan gerak laju perusahaan beserta tiap insan perusahaan serta keberanian dalam menghadapi tantangan perkembangan jaman.

d) Tiga Gelombang

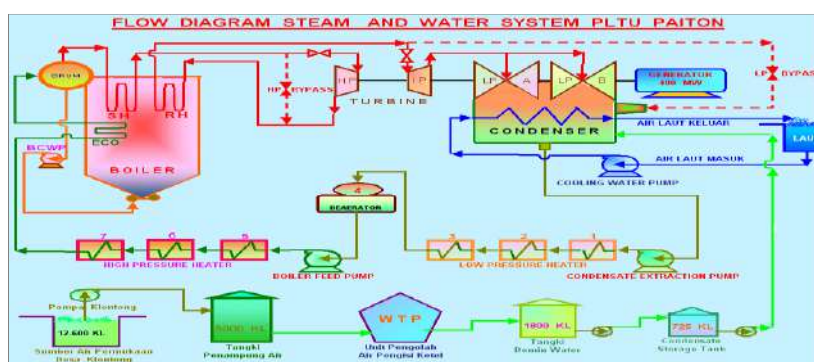
Memiliki arti gaya rambat energi listrik yang dialirkan oleh tiga bidang usaha utama yang digeluti perusahaan yaitu pembangkitan, penyaluran dan distribusi yang seiring sejalan dengan kerja keras para insan PT PLN (Persero) guna memberikan layanan terbaik bagi pelanggannya. Diberi warna biru untuk menampilkan kesan konstan (sesuatu yang tetap) seperti halnya listrik yang tetap diperlukan dalam kehidupan manusia. Di samping itu biru juga melambangkan keandalan yang dimiliki insan-insan perusahaan dalam memberikan layanan terbaik bagi para pelanggannya.

2.5 Kegiatan Produksi

2.5.1 Proses Produksi Listrik

Ketel uap PLTU unit 1 dan unit 2 adalah tipe pembakaran sulut dengan bahan bakar solar sebagai penyulut dan pembakaran awal (untuk awal dan hanya sampai beban 30%). Selanjutnya menggunakan bahan bakar utama batu bara (hingga beban 100%). Batu bara yang berasal dari kapal tongkang ditransfer menuju *Conveyor* (ban berjalan) yang melalui proses penyaringan *Elektromagnetic Separator* (magnet untuk penyaringan batu bara terhadap logam) sebagian ditimbun di *stockpile* (tempat penimbunan batu bara) dan sebagian lagi langsung dikirim ke tripper yang kemudian menggunakan *Ship Unloader* (alat untuk pengambilan batu bara dari tongkang) diisikan ke silo (setiap unit terdiri dari lima silo). Semua proses ini dikontrol di CHCB (*Coal Handling Control Board*), kecuali *Ship Unloader*.

Sebelum dimasukkan ke dalam ruang bakar ketel uap, batu bara digiling halus dengan alat penggiling Mill / Pulverizer (Alat untuk mengiling batu bara). Masing-masing ketel ua dilengkapi dengan 5 unit penggiling dan 4 unit yang beroperasi dan 1 unit sebagai cadangan. Air pengisi ketel dan pemakaian sendiri (*service water*) lainnya diambil dari mata air Kelontong dan dimurnikan melalui beberapa proses seperti Filtration (kemampuan untuk menyaring), Anion Exchanger (menukar ion negatif dalam air), *Cation Exchanger* (menukar ion positif dalam *Mixed Bed Exchanger* (alat menukar resin/ bahan kimia).



Gambar 2. 6 Flow Diagram Steam Water System PLTU Paiton

Air murni sebelum digunakan ditampung di tangki air atau *Demineralizer Tank* (DT). Air murni tersebut disalurkan melalui sistem air pengisi ke dalam Boiler (ruang bakar) dan pemanasan air menjadi uap, uap yang dihasilkan adalah uap panas lanjut

dengan tekanan 16 kg/cm² dan temperatur 538°C, yang akan digunakan untuk menggerakkan turbin uap dan Generator sehingga dihasilkan energi listrik.

Uap panas lanjut tersebut setelah melalui turbin tekanan tinggi dikembalikan lagi ke dalam ketel untuk dipanaskan kembali dan selanjutnya digunakan untuk memutar bagian tekanan menengah dan tekanan rendah dari turbin tersebut. Uap bekas dari turbin uap sebagian digunakan untuk memanaskan air pengisi ketel dan sisanya mengalir menuju alat pengembun (Condenser) dimana uap tersebut diembunkan dengan media pendingin air laut.

Uap yang telah mengembun tersebut (condensate) dipompakan kembali untuk mengisi ketel uap. Generator menghasilkan listrik pada putaran 3000 rpm sebesar 473 MVA, 50 Hz, 18 kV. Daya listrik tersebut dialirkan melalui Trafo Generator untuk menaikkan tegangan menjadi 500 kV sebelum masuk melalui sistem kelistrikan yang ada dan selanjutnya ditransmisikan ke pusat beban melalui transmisi 150 kV ke Gardu Induk Probolinggo dan Situbondo serta Gardu Induk Krian melalui transmisi 500 kV.

Abu batu bara yang dihasilkan dari hasil pembakaran dalam ketel dan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu Abu Terbang (*Fly Ash*) dan Abu Berat (*Bottom Ash*). Abu terbang yang keluar dari ketel uap bersama gas buang mengalir melalui alat penangkap abu terbang (*fly ash silo*) sedangkan abu berat dari ruang bakar ketel uap akan jatuh ke bawah dan dikumpulkan dengan alat pengumpul yang disebut *Submerged Scraper Conveyor* dan selanjutnya dengan ban berjalan dikumpulkan ke dalam alat penampung abu berat (*Bottom Ash Silo*).

Selanjutnya abu terbang akan ditransportasikan ke daerah penimbunan abu (*Ash Disposal Area*) melalui sistem pipa dengan hembusan udara bertekanan, sedangkan abu beratnya akan diangkut dengan truk. Abu terbang dan abu berat tersebut akan diratakan dan dipadatkan secara berlapis-lapis dan pada lapisan teratas ditanami rumput untuk menjaga keserasian hidup.

BAB III

PELAKSANAAN MAGANG

3.1 Posisi/kedudukan kegiatan magang

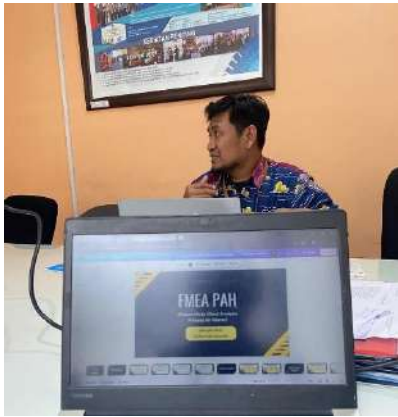
Tabel 3.1 Kegiatan Magang Industri

Hari Ke	Waktu Datang dan Pulang	Jam Masuk	Jam Selesai	Kegiatan
1	20 Januari 2025	07.45	16.00	Pengenalan Perusahaan, pengenalan awal PLTU Unit 1&2 beserta divisi Engineering
2	21 Januari 2025	07.45	16.00	Keliling Unit Pembangkit 1&2 
3	22 Januari 2025	07.45	16.00	Membuat PPT terkait materi <i>Rankine Cycle</i> 
4	23 Januari 2025	07.45	16.00	Membuat PPT terkait materi <i>Rankine Cycle</i>
5	24 Januari 2025	07.45	16.00	Presentasi materi <i>Rankine Cycle</i> 

6	27 Januari 2025	07.45	16.00	Libur Hari Isra Mi'Raj dan Tahun Baru Imlek
7	28 Januari 2025	07.45	16.00	Libur Hari Isra Mi'Raj dan Tahun Baru Imlek
8	29 Januari 2025	07.45	16.00	Libur Hari Isra Mi'Raj dan Tahun Baru Imlek
9	30 Januari 2025	07.45	16.00	Memperlajari <i>Fire Protection System</i>
10	31 Januari 2025	07.45	16.00	Membuat PPT <i>Fire Protection System</i>
11	3 Februari 2025	07.45	16.00	Membuat PPT <i>Fire Protection System</i>
12	4 Februari 2025	07.45	16.00	Presentasi PPT <i>Fire Protection System</i> 
13	3 Februari 2025	07.45	16.00	Mendapat tugas menghitung sistem pendingin pada <i>Low Pressure Co2</i>
14	4 Februari 2025	07.45	16.00	Menghitung sistem pendinginan pada tanki <i>Low Pressure Co2</i>
15	5 Februari 2025	07.45	16.00	Membuat PPT perhitungan sistem pendinginan pada tanki <i>Low Pressure Co2</i>
16	6 Februari 2025	07.45	16.00	Presentasi PPT perhitungan sistem pendinginan pada tanki <i>Low Pressure Co2</i>
17	7 Februari 2025	07.45	16.00	Pergi Ke Unit 2 untuk melakukan pengecekan pada komponen <i>Guide Bearing</i>

				
18	10 Februari 2025	07.45	16.00	Mempelajari bentuk dan struktur pada komponen <i>Guide Bearing</i> 
19	11 Februari 2025	07.45	16.00	Proses Design 3D menggunakan <i>Software Solidwork</i>
20	12 Februari 2025	07.45	16.00	Proses Design 3D menggunakan <i>Software Solidwork</i>
21	13 Februari 2025	07.45	16.00	Proses <i>Design</i> 3D menggunakan <i>Software Solidwork</i> 
22	14 Februari 2025	07.45	16.00	Presentasi Design 3D dari komponen <i>Guide Bearing</i>
23	17 Februari 2025	07.45	16.00	Revisi Design 3D komponen <i>Guide Bearing</i> sesuai keinginan pembimbing

24	18 Februari 2025	07.45	16.00	Hasil Akhir Design 3D dari <i>Guide Bearing</i> 
22	19 Februari 2025	07.45	16.00	Keliling Unit bagian WTP (<i>Water Treatment Plan</i>) 
23	20 Februari 2025	07.45	16.00	Keliling Unit di Area Boiler 
24	21 Februari 2025	07.45	16.00	Penyusunan Logbook selama 1 bulan magang
22	24 Februari 2025	07.45	16.00	Penyusunan Laporan Magang
23	25 Februari 2025	07.45	16.00	Keliling Unit Bagian PAH 

24	26 Februari 2025	07.45	16.00	Mempelajari mengenai FMEA
25	27 Februari 2025	07.45	16.00	Membuat FMEA PAH
26	28 Februari 2025	07.45	16.00	Presentasi FMEA PAH 
27	3 Maret 2025	08.00	15.00	Melakukan Pengecekan ke <i>Stock Pile</i> 
28	4 Maret 2025	08.00	15.00	Pengecekan Pompa Oli FD Fan
29	5 Maret 2025	08.00	15.00	Pengukuran Vibrasi pada Pompa Oli FD Fan 
30	6 Maret 2025	08.00	15.00	Pengecekan Pompa Air Pendingin atau <i>Condensate Water</i>

31	7 Maret 2025	08.00	15.00	Keliling Unit 2 untuk melakukan pengecekan pada Condensor 
32	10 Maret 2025	08.00	15.00	Mempelajari Triangle Tube Models pada <i>Heat Exchanger</i>
33	11 Maret 2025	08.00	15.00	Keliling Unit 2 untuk melakukan pengecekan pada PAH
34	12 Maret 2025	08.00	15.00	Mengecek basket dari PAH yang sudah terjadi korosi 
35	13 Maret 2025	08.00	15.00	Melakukan pengecekan pada seal PAH, <i>Radial seal</i>, <i>Axial seal</i> dan

				<i>Circumferential Seal</i> 
36	14 Maret 2025	08.00	15.00	Melihat Proses pemasangan Turbin
37	17 Maret 2025	08.00	15.00	Melihat Proses pemasangan Turbin 
38	18 Maret 2025	08.00	15.00	Melihat <i>preventive maintane</i> pada <i>boiler feed pump</i> 
39	19 Maret 2025	08.00	15.00	Pengecekan pada pompa bendungan A,B, dan C

40	20 Maret 2025	08.00	15.00	Mengunjungi Ruang CCR
41	21 Maret 2025	08.00	15.00	Pengecekan <i>Drainase</i> Limbah Air Batu Bara
42	24 Maret 2025	08.00	15.00	Pengecekan Ruang Generator Turbin
43	25 Maret 2025	08.00	15.00	Keliling <i>Stock pile</i>
44	26 Maret 2025	08.00	15.00	Mengamati Komponen Breaker
45	27 Maret 2025	08.00	15.00	Pergantian selang pompa 
46	28 Maret 2025	08.00	15.00	Libur Nasional Hari Nyepi
47	31 Maret 2025	08.00	15.00	Libur Nasional Hari Idul Fitri
48	1 April 2025	08.00	15.00	Libur Nasional Hari Idul Fitri
49	2 April 2025	08.00	15.00	Libur Nasional Hari Idul Fitri
50	3 April 2025	08.00	15.00	Libur Nasional Hari Idul Fitri
51	4 April 2025	08.00	15.00	Libur Nasional Hari Idul Fitri
52	7 April 2025	08.00	15.00	Libur Nasional Hari Idul Fitri
53	8 April 2025	08.00	15.00	Halal Bi Halal di PT PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 1 & 2

54	9 April 2025	08.00	15.00	Uji Lab PAH
55	10 April 2025	08.00	15.00	Uji Lab PAH 
56	10 April 2025	08.00	15.00	Pengecekan di ISP 
57	11 April 2025	08.00	15.00	Pengecekan Guide Bearing 
58	14 April 2025	08.00	15.00	Pengecekan <i>Pulverizer</i> 

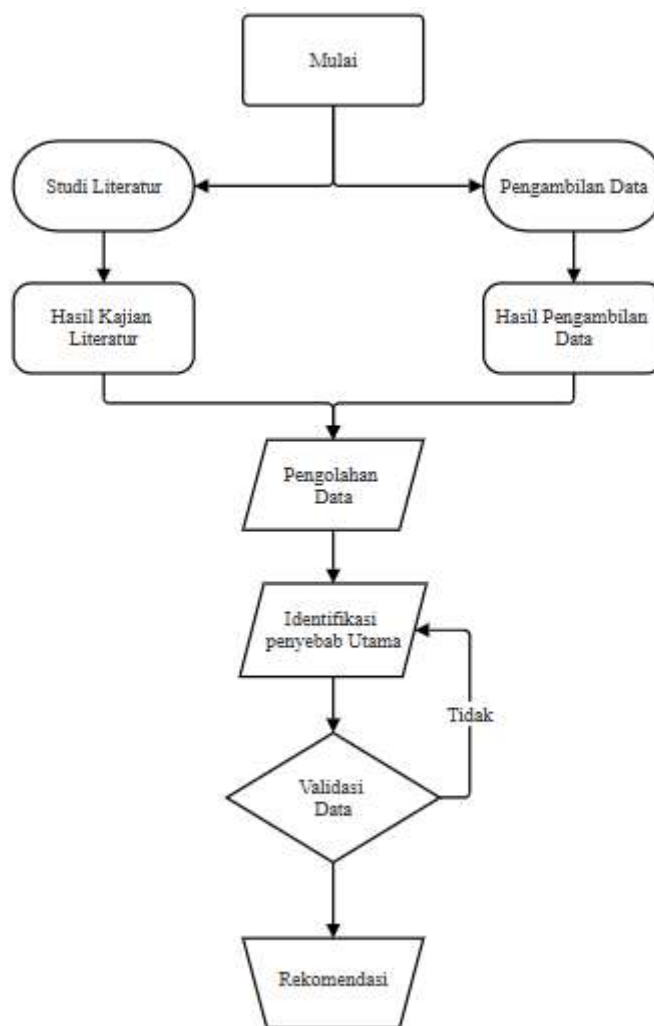
59	15 April 2025	08.00	15.00	Pengecekan Tangki di WTP 
60	16 April 2025	08.00	15.00	Keliling di sekitar <i>tower house</i> 
61	17 April 2025	08.00	15.00	Pengecekan motor di PAH 
62	18 April 2025	08.00	15.00	Melihat Seal yang Aus 
63	21 April 2025	08.00	15.00	Pengukuran tekanan pompa pemadam

				
64	22 April 2025	08.00	15.00	Melakukan Pengecekan Ruang Generator Turbin Oleh Pembimbing
65	23 April 2025	08.00	15.00	Pengecekan <i>Steam</i> generator
66	24 April 2025	08.00	15.00	Dijelaskan mengenai materi <i>Heat</i> Diagram
67	25 April 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
68	28 April 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
69	29 April 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
70	30 April 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
71	1 Mei 2025	08.00	15.00	Libur Hari Buruh Nasional
72	2 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
73	5 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton

74	6 Mei 2025	08.00	15.00	Asistensi dengan pembimbing magang
75	7 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
76	8 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
77	9 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
78	12 Mei 2025	08.00	16.00	Hari Libur Nasional Waisak
79	13 Mei 2025	08.00	16.00	Hari Libur Nasional Waisak
80	14 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
81	15 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
82	16 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
83	19 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton
84	20 Mei 2025	08.00	15.00	Pengerjaan Laporan Magang Industri di Perpustakaan PT. PLN NP UP. Paiton

3.2 Metodologi Penyelesaian Tugas

Dalam pelaksanaan tugas utama selama magang, yaitu menganalisis akar penyebab dari terjadinya Air Heater Leakage (kebocoran pada pemanas udara), digunakan pendekatan sistematis berbasis metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA). Metodologi ini mencakup beberapa tahapan penting, yang dilakukan secara bertahap dan mendalam, mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, analisis teknis, hingga perumusan rekomendasi solusi. Proses RCFA dalam penelitian ini dilakukan melalui langkah-langkah berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Khusus

1. Identifikasi Masalah

- Lakukan inspeksi visual dan pengumpulan data awal untuk mendeteksi adanya kebocoran pada Primary Air Heater (PAH).
- Catat lokasi-lokasi kebocoran yang teridentifikasi, tingkat keparahan, dan indikasi penyebabnya.

2. Pengumpulan Data dan Analisa Awal

- **Data Operasional:** Rekam parameter operasi PAH seperti:
 - Suhu udara primer (masuk dan keluar PAH)
 - Tekanan diferensial PAH
 - Aliran udara primer dan sekunder
 - Kandungan O₂ dan CO pada saluran gas buan
- **Data Historis:** Kaji riwayat pemeliharaan PAH dan data monitoring sebelumnya untuk melihat tren penurunan performa.

3. Evaluasi dan Diagnosis Penyebab Kebocoran

- Lakukan *root cause analysis* (RCA) untuk menentukan penyebab utama kebocoran. Penyebab umum meliputi:
 - Keausan Seal
 - Peningkatan *fly ash* dari *low rank coal* menyebabkan abrasi
 - Kualitas Flue Gas buruk
 - Kurangnya pengawasan pada saat pemeliharaan, sehingga ada bagian yang terlewat

4. Perhitungan Losses dan Validasi

Kerugian akibat kebocoran dihitung dari segi performa teknis (seperti penurunan efisiensi pembakaran, peningkatan konsumsi bahan bakar) maupun ekonomi (kerugian rupiah per jam). Perhitungan *Net Plant Heat Rate* (NPHR) juga digunakan untuk mengukur seberapa besar dampak kebocoran terhadap efisiensi keseluruhan pembangkit. Validasi dilakukan untuk menghilangkan faktor-faktor yang tidak relevan sehingga penyebab utama bisa diidentifikasi dengan tepat.

5. Pelaporan dan Rekomendasi

Tahap akhir adalah penyusunan laporan yang berisi rangkuman temuan lapangan, analisis teknis, dan solusi teknis berupa rekomendasi perbaikan. Salah satu solusi yang diajukan adalah pergantian jenis seal dengan spesifikasi material yang lebih tahan abrasi dan korosi. Selain itu, disertakan juga analisis biaya implementasi solusi, termasuk perhitungan *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR) untuk mengevaluasi kelayakan ekonomis dari tindakan perbaikan tersebut.

BAB IV

HASIL MAGANG

4.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

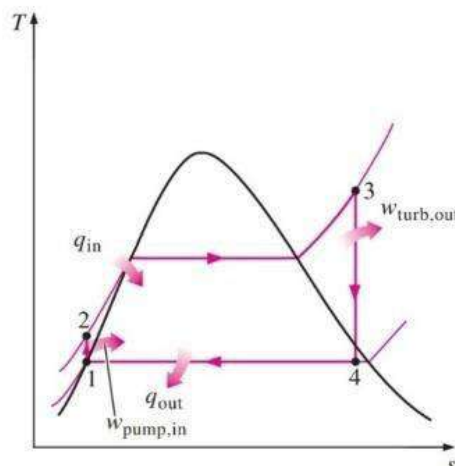
Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan pembangkit yang menghasilkan listrik dengan memanfaatkan daya yang dihasilkan oleh sistem turbin uap. Peralatan utama pada proses produksi PLTU adalah kondensor, pompa, boiler, turbin uap, generator, dan alat bantu (*auxiliary*). Pada PLTU ini memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan poros sudu-sudu turbin. Prinsipnya yaitu mengambil energi kalor yang terkandung di dalam ruang bakar (boiler) untuk memproduksi uap kemudian uap tersebut dialirkan ke turbin. Turbin akan merubah energi kalor yang diterima menjadi energi mekanis dalam bentuk gerak putar. Dari gerakan putar ini kemudian dikopel dengan generator yang akhirnya akan menghasilkan energi listrik.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik konvensional yang paling umum, mengandalkan konversi energi secara bertahap. Sumber energi primernya berasal dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara, minyak *residu* (sisa pengolahan minyak bumi), atau gas alam, namun bisa juga memanfaatkan sumber energi alternatif seperti biomassa (contohnya cangkang kelapa sawit) atau bahkan hasil pengolahan sampah. Energi panas yang dilepaskan dari pembakaran ini digunakan dalam komponen utama yang disebut Boiler (ketel uap) untuk mendidihkan air dalam jumlah besar dan mengubahnya menjadi uap dengan tekanan serta suhu yang sangat tinggi (uap super panas).

Uap berenergi tinggi inilah yang kemudian menjadi 'fluida kerja' utama dalam siklus PLTU. Uap dialirkan dari boiler menuju turbin uap, di mana energi panas dan tekanannya diubah menjadi energi mekanik saat uap mendorong sudu-sudu turbin hingga berputar kencang. Poros turbin ini terhubung langsung ke generator listrik. Saat turbin berputar, generator pun ikut berputar, dan melalui prinsip induksi elektromagnetik, energi mekanik putaran tersebut diubah menjadi energi listrik yang siap disalurkan ke jaringan. Proses ini berjalan dalam siklus tertutup: setelah melewati turbin, uap didinginkan di kondensor menjadi air, lalu dipompa kembali ke boiler untuk dipanaskan lagi, sehingga proses dapat berlangsung secara terus-menerus.

4.2 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Prinsip kerja dari PLTU secara umum mengikuti siklus rankine, yang merupakan siklus termodinamika tertutup. Siklus ini menggambarkan alur konversi energi dari bahan bakar ke uap, kemudian ke turbin, dan akhirnya menghasilkan listrik. Terdapat empat tahapan utama dalam siklus ini: pemompaan air, pemanasan air menjadi uap, ekspansi uap di turbin, dan kondensasi uap kembali menjadi air.



Gambar 4. 1 Siklus Rankine Sederhana

Langkah Langkah dalam siklus ini adalah sebagai berikut:

1 ke 2 Pemompaan Air ke Boiler

Air hasil kondensasi dipompa kembali ke boiler menggunakan pompa *pre* Siklus ini kemudian berulang dari tahap pertama.

2 ke 3 Pemanasan Air di Boiler

Air dipanaskan di dalam boiler menggunakan panas dari pembakaran bahan bakar, seperti batu bara, minyak, atau gas. Proses ini menghasilkan uap bertekanan tinggi dengan suhu yang sangat tinggi. Boiler modern, seperti yang berteknologi superkritis, memungkinkan tekanan dan suhu uap lebih tinggi untuk meningkatkan efisiensi.

3 ke 4 Ekspansi Uap di Turbin

Uap bertekanan tinggi dialirkan ke turbin. Saat uap mengembang di dalam turbin, ia mendorong bilah-bilah turbin untuk berputar, menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian dikonversi menjadi energi listrik oleh generator yang terhubung dengan turbin.

4 ke 1 Kondensasi Uap di Condensor

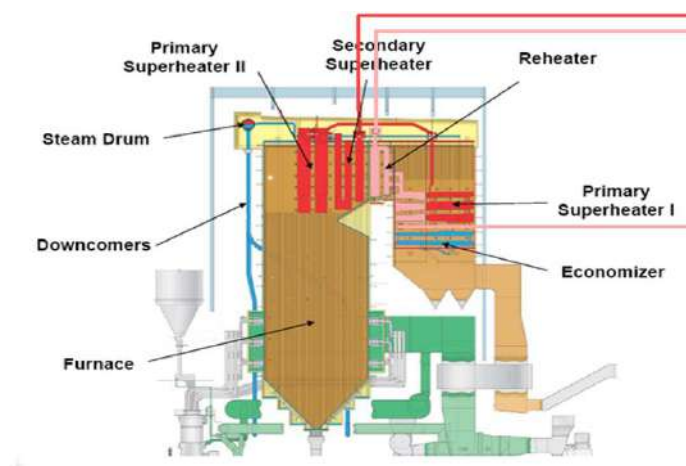
Setelah keluar dari turbin, uap yang sudah kehilangan sebagian besar energinya masuk ke condenser. Di sini, uap dikondensasi kembali menjadi air dengan bantuan sistem pendingin, seperti air dari sungai atau menara pendingin.

4.3 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit listrik tenaga uap memiliki empat komponen utama yang saling berinteraksi untuk menghasilkan energi listrik, yaitu boiler, turbin uap, generator, dan kondensor. Di PLTU Paiton, keempat komponen ini telah dilengkapi dengan teknologi modern dan sistem kontrol otomatis untuk menjaga kestabilan operasi dan efisiensi yang tinggi.

4.3.1 Boiler

Boiler atau ketel steam adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan Uap. Uap diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar (Yohana dan Askhabulyamin 200:13). Boiler mengubah energi-energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja.



Gambar 4. 2 Boiler Pada PLTU

Boiler merupakan tempat pembakaran bahan bakar seperti batu bara, minyak, atau gas untuk memanaskan air hingga menghasilkan uap bertekanan tinggi. Boiler modern, khususnya yang berteknologi superkritis, dapat menghasilkan uap pada suhu dan tekanan lebih tinggi untuk meningkatkan efisiensi. Boiler adalah komponen paling krusial, namun juga menjadi sumber utama kerugian energi akibat irreversibilitas proses pembakaran, seperti kehilangan panas dan pembakaran tidak sempurna. Jenis jenis Boiler antara lain:

1. Pulverizer Fuel Boiler (PF)

Boiler jenis ini Batu bara ditepungkan terlebih dahulu kemudian disemprotkan ke ruang bakar sehingga melayang dan terbakar ditengah-tengah ruang bakar.

2. Circulating Fluidized Bed Boiler (CFB)

Boiler ini ukuran diameter batubaranya sekitar 10 mm dan dilengkapi dengan cyclon diantara ruang bakar dan outlet asapnya. Fungsi Cyclon untuk memisahkan (separator) gas untuk dibuang melalui cerobong asap dan partikel yang tidak terbakar untuk dikembalikan ke ruang bakar (proses sirkulasi).

3. Stoker Boiler

Boiler jenis ini cara pembakarannya mirip seperti panggang sate. Batu bara ditaruh di chain grate/travelling grate yang berjalan pelan sampai batu bara berubah menjadi abu.

Pada PLTU UP Paiton unit 1 & 2 sendiri menggunakan boiler jenis PF. Hal ini dikarenakan untuk penggunaan dan hasil kapasitas outputan yang diharapkan bisa besar. Selain itu, jenis boiler dibedakan lagi berdasarkan fasanya. Jenis jenis boiler berdasarkan fasanya antara lain:

1. Subcritical Boiler Subcritical

Artinya adalah phase yang terbentuk di boiler tidak homogeny (masih bisa dibedakan antara cair dan uap) sehingga tipe boiler ini membutuhkan steam drum/boiler drum untuk memisahkan kedua phase untuk lanjut dipanaskan kembali menjadi superheated steam yang digunakan untuk memutar sudu turbine.

2. Supercritical Boiler Supercritical

Artinya keadaan substansi dimana tidak bisa dibedakan antara phase cair dan uap (kedua phase homogen) dan tipe boiler ini tidak membutuhkan steam drum sehingga sering disebut once through boiler (boiler satu kali lewat dimana air masuk langsung menjadi steam dan langsung digunakan untuk memutar sudu turbine).

3. Ultra Supercritical Boiler Ultra supercritical

Artinya keadaan substansi dimana temperaturnya melebihi temperature supercritical dan material alatnya lebih baik dan tipe boiler ini tidak membutuhkan steam drum sehingga sering disebut once through boiler.

Pada PLTU UP Paiton unit 1 & 2 sendiri menggunakan boiler jenis subcritical. Hal ini dikarenakan unit lama dan pada Pembangunan saat itu belum ada supercritical boiler.

4.3.2 Turbin Uap

Turbin uap mengubah energi kinetik dari uap bertekanan tinggi menjadi energi mekanik. Uap yang masuk mendorong bilah turbin untuk berputar, yang kemudian menggerakkan generator. Turbin biasanya memiliki beberapa tahap (tekanan tinggi, menengah, dan rendah) untuk memaksimalkan ekstraksi energi, meskipun ada kerugian akibat gesekan dan kehilangan panas, terutama pada tahap ekspansi.

Umumnya, turbin uap skala besar seperti yang ada di Paiton menggunakan desain multi-tahap (melibatkan Turbin Tekanan Tinggi/HPT, Tekanan Menengah/IPT, dan Tekanan Rendah/LPT) agar proses ekspansi uap dan pengambilan energinya berlangsung secara bertahap dan lebih efisien. Seringkali, sistem ini juga mencakup proses pemanasan ulang (reheat), di mana uap setelah keluar dari HPT dikembalikan ke boiler untuk dipanaskan lagi sebelum masuk ke IPT, yang bertujuan meningkatkan efisiensi siklus termodinamika. Selain itu, sebagai turbin tipe kondensasi, uap keluaran dari LPT tidak dibuang, melainkan didinginkan di kondensor hingga menjadi air kembali, proses ini menciptakan kondisi vakum yang memaksimalkan ekstraksi energi dari uap dan memungkinkan air didaur ulang kembali ke boiler. Adapun gambaran Turbin uap yang di PLTU Paiton terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Turbin PLTU Paiton

4.3.3 Generator

Di PLTU Paiton Unit 1 & 2, generator adalah komponen masif yang berfungsi sebagai tahap akhir konversi energi, bertugas mengubah energi mekanik putaran yang dihasilkan oleh turbin uap menjadi energi listrik. Secara fisik, poros generator terhubung langsung (terkopel) dengan poros turbin uap, sehingga putaran turbin yang sangat cepat akibat ekspansi uap juga memutar rotor generator dengan kecepatan yang sama (umumnya 3000 RPM untuk sistem 50 Hz seperti di Indonesia). Prinsip kerjanya didasarkan pada induksi elektromagnetik, di mana putaran rotor (yang dialiri arus DC untuk menciptakan medan magnet kuat) di dalam kumparan stator (bagian stasioner generator) menginduksi tegangan listrik bolak-balik (AC) pada kumparan stator tersebut. Generator ini dirancang untuk kapasitas daya yang sangat besar, sesuai dengan kapasitas Unit 1 & 2 yang masing-masing sekitar 400 MW, sebagaimana Gambar 4.4.

Sebagai jantung pembangkitan listrik, generator di PLTU Paiton dilengkapi dengan sistem pendukung yang kompleks untuk memastikan operasi yang andal dan efisien. Ini termasuk sistem eksitasi yang menyediakan arus DC untuk rotor guna mengontrol kekuatan medan magnet dan mengatur tegangan keluaran generator. Selain itu, karena proses konversi energi ini menghasilkan panas yang signifikan, generator dilengkapi sistem pendingin canggih (seringkali menggunakan hidrogen atau kombinasi hidrogen dan air untuk unit sebesar ini) untuk menjaga suhu operasional tetap dalam batas aman dan mencegah kerusakan. Listrik yang dihasilkan oleh generator ini kemudian dinaikkan tegangannya melalui transformator utama sebelum disalurkan ke jaringan transmisi tegangan tinggi (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi - SUTET) untuk didistribusikan ke konsumen.

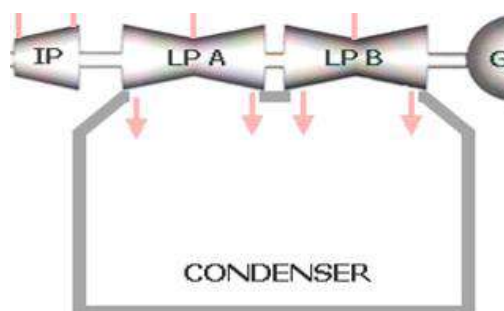


Gambar 4. 4 Generator PLTU Paiton

4.3.4 Condensor

Setelah keluar dari turbin tekanan rendah, uap dialirkan ke kondensor untuk didinginkan secara intensif hingga kembali menjadi air. Proses ini, seringkali menggunakan air laut sebagai media pendingin yang mengalir dalam pipa-pipa, menyebabkan uap panas mengembun saat bersentuhan dengan permukaan pipa yang dingin. Pengembunan ini menciptakan kondisi vakum yang sangat penting karena memaksimalkan pengambilan energi dari uap oleh turbin, sehingga meningkatkan efisiensi keseluruhan siklus PLTU.

Air kondensat yang terkumpul kemudian dipompa kembali menuju boiler. Dalam perjalanannya, air ini akan melalui beberapa tahap pemanasan awal dan penghilangan gas terlarut untuk meningkatkan efisiensi termal dan mencegah korosi. Tekanan air kemudian dinaikkan secara signifikan oleh pompa sebelum akhirnya dimasukkan kembali ke boiler untuk dipanaskan menjadi uap lagi, melengkapi siklus kerja tertutup (siklus Rankine) yang memungkinkan penggunaan air secara berulang dan menjaga keberlanjutan operasi.



Gambar 4. 5 Skema Condensor

4.4 Siklus-siklus yang ada pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap

4.4.1 Siklus Uap

Siklus Uap Superheat PLTU Paiton adalah proses tertutup yang mengubah energi panas dari pembakaran batubara menjadi energi listrik melalui perubahan fase air menjadi uap superheat (uap kering bertekanan dan bersuhu tinggi). Siklus ini melibatkan beberapa komponen utama yang bekerja secara terintegrasi untuk menghasilkan listrik secara efisien. Berikut penjelasan setiap komponen dan prosesnya:

A. Drum Uap (Steam Drum)

- **Fungsi:**

Untuk memisahkan campuran air dan uap jenuh yang berasal dari pipa riser, di mana uap kering kemudian dialirkan ke superheater untuk dipanaskan lebih lanjut, sementara air yang terpisah dikembalikan ke sistem melalui downcomer untuk didaur ulang.

- **Proses:**

Air dari economizer dipanaskan di boiler hingga menjadi uap jenuh. Uap ini terkumpul di drum uap, kemudian dialirkan ke superheater utama dan superheater sekunder untuk dipanaskan lebih lanjut hingga menjadi uap superheat (suhu dan tekanan tinggi, biasanya sekitar 540°C dan 170 bar di PLTU Paiton). Uap superheat ini bebas dari tetesan air, sehingga aman untuk turbin.

B. Turbin Fungsional

- **Fungsi:**

Dalam pembangkit listrik yang berfungsi mengubah energi fluida (uap, gas, atau air) menjadi energi mekanik rotasi, yang kemudian diubah menjadi energi listrik.

- **Tipe:**

Terdiri dari Turbin Tekanan Tinggi (*High Pressure/HP*), Turbin Tekanan Menengah (*Intermediate Pressure/IP*), dan Turbin Tekanan Rendah (*Low Pressure/LP*).

- **Proses:**

Uap superheat dari superheater masuk ke turbin HP, mengembang, dan menghasilkan putaran. Uap yang keluar dari HP (dengan tekanan dan suhu lebih rendah) dialirkan ke reheater, kemudian masuk ke turbin IP dan LP untuk memaksimalkan konversi energi. Poros turbin terhubung ke generator untuk menghasilkan listrik.

C. Reheater

- **Fungsi:**

Meningkatkan suhu uap yang keluar dari turbin HP atau IP sebelum masuk ke turbin LP, sehingga energi termal yang tersisa dapat dimanfaatkan lebih lanjut.

- **Proses:**

Uap dari turbin HP dipanaskan kembali di reheater (biasanya di dalam boiler) hingga mencapai suhu tinggi lagi. Ini meningkatkan efisiensi siklus karena mencegah uap menjadi terlalu basah (mengandung tetesan air) yang dapat merusak bilah turbin LP.

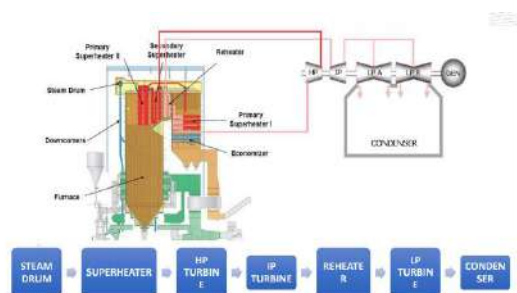
D. Kondensor

- **Fungsi:**

Mengubah uap bekas (exhaust steam) dari turbin tekanan rendah (LP) kembali menjadi air kondensat melalui proses pertukaran panas dengan air pendingin, sehingga menciptakan vakum parsial yang meningkatkan efisiensi termodinamika siklus Rankine dengan memperlebar beda tekanan antara inlet dan outlet turbin. Proses kondensasi ini tidak hanya memungkinkan daur ulang air umpan boiler (mengurangi kebutuhan air makeup dan biaya operasional), tetapi juga mengoptimalkan efisiensi pembangkit dengan meminimalkan kehilangan energi termal.

- **Proses:**

Uap yang telah kehilangan sebagian besar energinya masuk ke kondensor. Air pendingin dari laut (di PLTU Paiton) dipompa melalui pipa kondensor, menyerap panas dari uap, sehingga uap mengembun menjadi air. Air kondensat ini kemudian dipompa kembali ke sistem (melalui pemanas tekanan rendah, deaerator, dan economizer) untuk dipanaskan lagi di boiler, memulai siklus baru.



Gambar 4. 6 Siklus Uap Pada PLTU

4.4.2 Sistem Bahan Bakar

Siklus Bahan Bakar PLTU Paiton mencakup serangkaian proses mulai dari penerimaan batubara hingga pembakarannya di furnace untuk menghasilkan energi panas yang digunakan dalam siklus uap. Sistem ini dirancang untuk memastikan

efisiensi pembakaran yang tinggi, pasokan batubara yang stabil, dan pengurangan dampak lingkungan seperti emisi debu dan gas berbahaya. Berikut adalah penjelasan setiap tahapan dan komponen dalam siklus bahan bakar:

A. Ship Unloader

- **Fungsi:**

Dalam operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), khususnya untuk PLTU berbahan bakar batu bara. Alat ini bertanggung jawab atas proses pembongkaran batu bara dari kapal tongkang ke fasilitas penyimpanan atau langsung ke sistem conveyor PLTU untuk memastikan pasokan bahan bakar yang memadai.

- **Prinsip Kerja:**

Menggunakan crane atau conveyor yang digerakkan oleh motor listrik dan memanfaatkan gaya gravitasi untuk mengangkat dan memindahkan batubara.

- **Efisiensi:**

Sistem unloader dirancang dengan kecepatan tinggi untuk meminimalkan waktu bongkar (downtime) dan menjaga kontinuitas pasokan. Di PLTU Paiton, kapasitas unloader biasanya disesuaikan dengan kebutuhan operasional, misalnya, hingga 2.000 ton/jam, tergantung desain.

B. Pengangkutan Batubara dan Telescopic Chute

- **Fungsi:**

Memindahkan batubara secara efisien dari dermaga ke gudang penyimpanan atau rumah transfer menggunakan conveyor belt yang dirancang untuk kapasitas besar, sementara Telescopic Chute berperan sebagai sistem pengaliran batubara yang dapat memanjang dan memendek secara hidrolik atau mekanis untuk meminimalkan debu dan segregasi partikel selama proses transfer antar conveyor atau ke storage.

- **Telescopic Chute:**

Alat ini menyalurkan batubara ke conveyor dengan ketinggian yang dapat disesuaikan, mengurangi hamburan debu. Prinsip fisika yang digunakan adalah mengurangi gaya gesek dan turbulensi udara saat batubara jatuh.

- **Sistem Conveyor:**

Terdiri dari beberapa unit conveyor (misalnya, CONV-F1 dan CONV-F2) yang digerakkan oleh motor listrik. Belt conveyor dioptimalkan untuk memaksimalkan gaya gesek antara belt dan batubara, memastikan aliran material yang lancar ke rumah transfer atau penyimpanan.

C. Silo Batubara

- **Fungsi:**

Tempat penyimpanan sementara batubara sebelum dialirkan ke pulverizer untuk proses penggilingan, sekaligus berperan sebagai buffer stock yang menjamin ketersediaan bahan bakar secara kontinyu meski terjadi keterlambatan pasokan. Struktur silo dirancang kedap udara untuk mencegah self-combustion (kebakaran spontan) akibat oksidasi batubara, dilengkapi sistem monitoring suhu dan gas CO untuk deteksi dini bahaya kebakaran.

- **Desain dan Proses:**

Silo berbentuk silinder vertikal memanfaatkan gravitasi untuk mengalirkan batubara ke feeder (pemasok batubara). Dilengkapi sensor level untuk memantau stok dan doser untuk mengatur aliran batubara secara konsisten sesuai kebutuhan pembakaran. Getaran mekanis atau sorong digunakan untuk mencegah akumulasi batubara yang dapat menyumbat aliran.

4.4.3 Sistem Air

Sistem Air di PLTU Paiton mencakup serangkaian proses untuk menyediakan air berkualitas tinggi (air demineralisasi) sebagai air umpan boiler dalam siklus uap, sekaligus memastikan efisiensi operasional dan keberlanjutan sistem. Siklus ini melibatkan pengambilan air baku, pengolahan, kondensasi, dan penyimpanan air untuk digunakan kembali dalam proses pembangkitan listrik. Berikut adalah penjelasan rinci setiap tahapan dan komponennya:

A. Sumber Air Baku (Klontong)

- **Fungsi:**

Sebagai penyedia utama air tawar yang akan diolah menjadi air umpan boiler (feedwater) dan air untuk kebutuhan pendukung lainnya dalam proses pembangkitan listrik. Air dari sumber ini harus memenuhi standar kualitas tertentu sebelum melalui proses *pretreatment* seperti koagulasi, sedimentasi, filtrasi, dan

demineralisasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi, mineral, dan kontaminan yang dapat menyebabkan scaling, korosi, atau gangguan pada sistem boiler dan turbin.

- **Sumber:**

Air diambil dari sungai atau danau di sekitar PLTU Paiton, seperti daerah Klontong, yang memiliki kualitas air cukup baik untuk pengolahan lebih lanjut.

- **Tantangan:**

Kualitas air baku dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti musim (hujan atau kemarau), sedimentasi, atau aktivitas manusia (misalnya, polusi pertanian atau industri). Oleh karena itu, pemantauan kualitas air baku sangat penting.

B. Pengolahan Air di Water Treatment Plant (WTP)

- **Fungsi:**

Mengolah air baku untuk menghilangkan kontaminan, padatan, dan mineral agar memenuhi standar air umpan boiler (air demineralisasi atau air demin).

- **Proses:**

Pengendapan (Sedimentation) yaitu Air baku dialirkan ke tangki pengendapan, di mana partikel tersuspensi (seperti lumpur atau pasir) mengendap akibat gaya gravitasi, sering kali dibantu dengan koagulan seperti alum.

Filtrasi yaitu Air dari tahap pengendapan disaring melalui media filter (misalnya, pasir atau karbon aktif) untuk menghilangkan partikel halus yang tersisa.

Demineralisasi: Air disalurkan melalui resin penukar ion untuk menghilangkan ion terlarut (seperti kalsium, magnesium, atau natrium), menghasilkan air demin dengan konduktivitas sangat rendah ($\sim 0.2 \mu\text{S/cm}$). Air demin ini penting untuk mencegah kerak dan korosi di boiler dan turbin.

C. Penyimpanan dan Pengelolaan Air Demin

- **Fungsi:**

Sebagai reservoir sementara untuk air hasil demineralisasi (air demin) sebelum digunakan dalam siklus uap boiler, memastikan pasokan yang stabil dan kontinyu meski terjadi fluktuasi kebutuhan sistem.

- **Proses:**

Air demin dari WTP disimpan dalam tangki penyimpanan kondensat. Tangki ini dirancang untuk mencegah kontaminasi dan menjaga kualitas air. Air dari tangki kemudian dialirkan ke sistem umpan boiler melalui pompa dan pemanas pendahuluan (seperti *low-pressure heater* dan *deaerator*) untuk meningkatkan efisiensi termal sebelum masuk ke economizer dan boiler.

D. Kondensor

- **Fungsi:**

Mengubah uap bekas dari turbin tekanan rendah (LP) kembali menjadi air (kondensat) untuk digunakan kembali dalam siklus uap.

- **Proses:**

Uap dari turbin LP masuk ke kondensor, di mana air pendingin dari laut (di PLTU Paiton) mengalir melalui pipa-pipa kondensor. Panas dari uap diserap oleh air pendingin, menyebabkan uap mengembun menjadi air kondensat. Air kondensat ini dikumpulkan dan dialirkan kembali ke sistem penyimpanan kondensat, kemudian melalui tahap pemanasan dan deaerasi sebelum kembali ke boiler.

- **Efisiensi:**

Kondensor beroperasi pada tekanan rendah (hampir vakum, ~ 0.1 bar) untuk memaksimalkan perbedaan tekanan di turbin, sehingga meningkatkan efisiensi konversi energi.

4.4.4 Sistem Pendingin

Sistem Pendingin di PLTU Paiton berperan penting dalam mendukung efisiensi siklus uap dengan mengelola proses kondensasi uap bekas turbin menjadi air kondensat yang dapat digunakan kembali. Sistem ini memanfaatkan air laut sebagai media pendingin, didukung oleh pompa sirkulasi dan pengelolaan kondensat untuk menjaga operasi yang stabil dan efisien. Berikut adalah penjelasan rinci setiap komponen dan prosesnya:

A. Air Laut Masuk (Dingin)

- **Fungsi:**

Menyediakan media pendingin untuk kondensor guna mengubah uap bekas dari turbin tekanan rendah (LP) menjadi air kondensat.

- **Proses:**

Air laut dingin (suhu sekitar 25–30°C, tergantung kondisi lingkungan) diambil dari perairan sekitar PLTU Paiton melalui saluran masuk. Air ini dialirkan ke kondensor, di mana ia menyerap panas dari uap turbin, memungkinkan kondensasi cepat. Proses ini menjaga tekanan rendah (~0.1 bar) di kondensor, yang meningkatkan efisiensi turbin dengan memaksimalkan perbedaan tekanan.

- **Keunggulan:**

Pendinginan yang efektif memastikan suhu operasional kondensor tetap optimal, mendukung kelancaran siklus uap dan efisiensi konversi energi.

B. Boiler Feed Pump (BFP)

- **Fungsi:**

Boiler feed pump menyalurkan air umpan dari deaerator atau sistem kondensasi ke boiler dengan tekanan tinggi untuk mengatasi tekanan dalam boiler (biasanya antara 100-200 bar atau lebih, tergantung desain boiler).

- **Proses:**

Boiler Feed Pump (BFP) beroperasi. Proses kerjanya meliputi pengambilan air umpan yang telah diolah, peningkatan tekanan melalui pompa sentrifugal multistage, pengaturan aliran sesuai kebutuhan boiler, dan pengiriman air ke boiler untuk dipanaskan menjadi uap.

- **Keunggulan:**

Keunggulannya meliputi kemampuan menangani tekanan tinggi, efisiensi energi dengan desain modern, fleksibilitas operasional melalui sistem kontrol seperti VFD, ketahanan terhadap korosi dengan material khusus, serta keandalan tinggi dengan sistem perlindungan anti-kavitasi.

4.3.5 Siklus Kondensat

Siklus kondensat mengacu pada perjalanan fluida kerja (biasanya air) yang berubah fase antara cair dan uap dalam suatu sistem tertutup, seperti siklus Rankine pada PLTU. Fluida kerja dipanaskan, diuapkan, digunakan untuk menghasilkan kerja, lalu didinginkan kembali menjadi cair untuk diulang dalam siklus.

A. Tahapan Siklus

- Pemompaan (Pump)

Air dalam fase cair (kondensat) dipompa dari kondensor ke boiler menggunakan pompa. Tekanan air ditingkatkan untuk mempersiapkannya masuk ke boiler

- Pemanasan dan Penguapan (Boiler)

Di dalam boiler, air dipanaskan dengan sumber panas (misalnya pembakaran bahan bakar atau reaksi nuklir) hingga berubah menjadi uap bertekanan tinggi. Proses ini melibatkan penyerapan panas laten untuk perubahan fase dari cair ke uap.

- Ekspansi (Turbin)

Uap bertekanan tinggi mengalir ke turbin, di mana ia mengembang dan menghasilkan kerja mekanis yang memutar turbin. Turbin ini biasanya terhubung ke generator untuk menghasilkan listrik

- Kondensasi (Kondensor)

Uap yang telah kehilangan energi di turbin masuk ke kondensor. Di sini, uap didinginkan (biasanya dengan air pendingin atau udara) sehingga berubah kembali menjadi cair (kondensat). Panas yang dilepaskan selama kondensasi dibuang ke lingkungan.

- Kembali ke Pompa

Kondensat yang terkumpul di kondensor dipompa kembali ke boiler, dan siklus dimulai lagi.

4.4.6 Sistem Gas Buang

Siklus Gas Buang di PLTU Paiton dirancang untuk mengelola gas buang hasil pembakaran batubara agar memenuhi standar emisi lingkungan sekaligus meningkatkan efisiensi termal pembangkit. Siklus ini melibatkan beberapa komponen utama, yaitu *furnace*, *air heater*, *electrostatic precipitator* (ESP), *induced draft fan*, dan cerobong (stack), yang bekerja secara berurutan untuk memproses gas buang, mengurangi polutan, dan melepaskannya ke atmosfer dengan dampak lingkungan yang minimal. Berikut adalah penjelasan rinci setiap komponen dan prosesnya:

A. Furnace Boiler

- **Fungsi:**

Sebagai ruang pembakaran utama tempat batubara yang telah digiling (pulverized coal) dibakar untuk menghasilkan energi panas dalam jumlah besar, yang kemudian ditransfer ke air melalui dinding pipa boiler untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi sebagai penggerak turbin, memastikan pembakaran sempurna, meminimalkan emisi gas buang berbahaya (seperti NO_x dan CO), serta mengoptimalkan perpindahan panas radiasi ke sistem boiler.

- **Proses:**

Batubara dibakar pada suhu tinggi ($>1.100^{\circ}\text{C}$) dengan udara yang disuplai dari sistem pembakaran, menghasilkan panas dan gas buang. Reaksi kimia utama meliputi:

- a) Karbon: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ (karbon dioksida, gas rumah kaca).
- b) Sulfur: $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$ (sulfur dioksida, penyebab hujan asam).
- c) Nitrogen: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}$ (nitrogen oksida/NO_x, berkontribusi pada polusi udara dan ozon troposferik).

- **Tantangan:**

Gas buang mengandung polutan seperti CO₂, SO₂, NO_x, dan partikulat (abu), yang harus dikontrol untuk mematuhi regulasi lingkungan.

B. Air Heater (Air Pre Heater/APH)

- **Fungsi:**

Memanaskan udara pembakaran sebelum masuk ke furnace menggunakan panas sisa dari gas buang, sekaligus menurunkan suhu gas buang yang keluar dari sistem untuk memenuhi regulasi emisi. APH juga berperan dalam mengurangi korosi dingin (*cold-end corrosion*) pada boiler dengan menjaga suhu gas buang di atas titik embun asam, sehingga memperpanjang umur peralatan.

- **Proses:**

Gas buang panas (suhu $\sim 300\text{--}400^{\circ}\text{C}$ setelah keluar dari economizer) mengalir melalui APH, mentransfer panas ke udara dingin yang masuk (udara primer dan sekunder). Udara yang telah dipanaskan (misalnya, hingga $\sim 250\text{--}300^{\circ}\text{C}$) meningkatkan efisiensi pembakaran di furnace.

- **Keunggulan:**

Efisiensi Energi: Mengurangi kebutuhan bahan bakar dengan memanfaatkan panas sisa, meningkatkan efisiensi termal PLTU hingga 2–5%. Pengurangan Emisi: Pembakaran yang lebih efisien mengurangi emisi CO₂ dan polutan lainnya.

C. *Electrostatic Precipitator (ESP)*

- **Fungsi:**

Menghilangkan partikulat halus seperti abu terbang (*fly ash*), debu, aerosol, dan partikel padat lainnya dari gas buang industri dengan memanfaatkan prinsip elektrostatis, di mana partikel-partikel tersebut diionisasi oleh medan listrik bermuatan tinggi, diberi muatan negatif, kemudian tertarik dan menempel pada pelat pengumpul bermuatan positif, sebelum akhirnya dikumpulkan melalui getaran atau pencucian, sehingga gas buang yang keluar menjadi lebih bersih dan mengurangi polusi udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia (seperti ISPA dan kanker paru-paru) serta lingkungan (seperti hujan asam dan penurunan kualitas udara).

- **Proses:**

Gas buang dialirkan melalui ESP, di mana partikulat bermuatan listrik ditarik oleh elektroda bermuatan berlawanan melalui gaya elektrostatis. Partikulat menempel pada pelat kolektor dan dihilangkan secara periodik. ESP mampu menghilangkan >99% partikulat dengan ukuran hingga <1 mikron.

- **Keunggulan:**

Mengurangi emisi partikulat yang dapat menyebabkan polusi udara dan masalah kesehatan pernapasan. Abu yang terkumpul dapat dimanfaatkan (misalnya, untuk bahan konstruksi).

- **Tantangan:**

Kebutuhan energi listrik yang signifikan untuk menghasilkan medan elektrostatis bertegangan tinggi (biasanya ribuan volt), yang dapat meningkatkan biaya operasional, terutama di industri skala besar. Selain itu, efisiensi pengendapan partikel sangat bergantung pada kondisi elektroda, sehingga perawatan rutin seperti pembersihan pelat pengumpul (*collection plates*) dan penggantian elektroda korosif atau aus menjadi krusial untuk mencegah penurunan kinerja. Induced Draft Fan (ID Fan).

- **Fungsi:**

Untuk menarik gas buang atau udara dari dalam sistem pembakaran (seperti boiler atau furnace) dan mengeluarkannya melalui cerobong. Ini membantu menjaga tekanan negatif di dalam sistem, meningkatkan efisiensi pembakaran, dan mengontrol aliran udara untuk memastikan pembuangan gas sisa yang optimal

- **Proses:**

ID Fan menciptakan tekanan negatif (*draft*) di furnace dan saluran gas buang, menarik gas buang melalui APH, ESP, dan peralatan pengendalian emisi lainnya. Fan ini biasanya digerakkan oleh motor listrik dengan kapasitas besar untuk menangani volume gas yang besar (misalnya, ratusan ribu m³/jam).

- **Keunggulan:**

ID Fan memastikan aliran gas buang yang stabil dengan menjaga tekanan negatif yang konsisten di dalam sistem, seperti boiler atau furnace menarik gas buang secara efektif, ID Fan membantu mencegah kebocoran gas berbahaya ke lingkungan kerja, sehingga meningkatkan keselamatan operasional keselamatan industri. ID Fan mendukung efisiensi pengendalian emisi memanfaatkan gas buang untuk ke air heater atau ke filter supaya tidak terjadi polutan ketika sudah di atmosfer.

- **Tantangan:**

Konsumsi daya yang tinggi dan kebutuhan perawatan untuk menjaga performa fan.

D. Cerobong (Stack)

- **Fungsi:**

Saluran akhir pembuangan gas buang yang telah melalui proses pengolahan (seperti penyaringan partikulat, desulfurisasi, atau denitrifikasi) ke atmosfer dengan cara mendispersikannya pada ketinggian yang aman untuk memenuhi standar lingkungan. Dengan desain tinggi tertentu, cerobong memanfaatkan efek dispersi atmosferik untuk mengurangi konsentrasi polutan di permukaan tanah, sekaligus mencegah dampak kesehatan dan lingkungan seperti iritasi pernapasan atau hujan asam.

- **Proses:**

Setelah melewati APH, ESP, dan ID Fan, gas buang (dengan kadar polutan yang telah dikurangi) dilepaskan melalui cerobong. Cerobong dirancang tinggi (biasanya >100 meter di PLTU Paiton) untuk memastikan dispersi polutan yang baik, mengurangi dampak pada lingkungan sekitar.

- **Polutan yang Dilepaskan:**

- a) CO₂: Gas rumah kaca yang sulit dihilangkan sepenuhnya, berkontribusi pada perubahan iklim.
- b) SO₂: Penyebab hujan asam, dikurangi dengan sistem desulfurisasi (jika ada, seperti Flue Gas Desulfurization/FGD).
- c) NO_x: Berkontribusi pada polusi udara, dapat dikurangi dengan teknologi low-NO_x burner atau Selective Catalytic Reduction (SCR).
- d) Partikulat: Hampir seluruhnya dihilangkan oleh ESP, tetapi sisa kecil mungkin masih ada.

- **Tantangan:**

PLTU Paiton harus mematuhi standar emisi Indonesia (misalnya, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup tentang emisi SO₂, NO_x, dan partikulat), yang memerlukan teknologi pengendalian tambahan seperti FGD atau SCR jika emisi melebihi batas.

4.5 *Air Preheater*

4.5.1 Definisi dan Fungsi *Air PreHeater*

Air Preheater (PAH) adalah komponen penting pada PLTU yang memanaskan udara pembakaran sebelum masuk ke boiler, meningkatkan efisiensi termal dengan memanfaatkan panas dari gas buang (flue gas). Fungsinya adalah mengurangi konsumsi bahan bakar, memastikan pembakaran lebih sempurna, dan menurunkan kehilangan panas melalui cerobong. APH biasanya digunakan untuk memanaskan udara hingga suhu 200–300°C, tergantung pada desain sistem.

4.5.2 Prinsip Kerja *Air PreHeater*

APH bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas, di mana udara dingin dari lingkungan (sekitar 30°C) dialirkan melalui elemen penukar panas yang dipanaskan oleh gas buang panas dari boiler (biasanya 300–400°C). Proses ini meningkatkan suhu udara pembakaran, mengurangi energi yang dibutuhkan untuk memanaskan boiler.

4.5.3 Dampak Penggunaan *Air PreHeater*

Air Pre Heater (APH) merupakan komponen penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang berfungsi memanaskan udara sekunder untuk pembakaran dengan memanfaatkan panas sisa dari gas buang, sehingga meningkatkan efisiensi termal sistem. Penggunaan APH dapat mengurangi konsumsi bahan bakar, menurunkan suhu gas buang yang dilepaskan ke cerobong, dan mendukung pembakaran yang lebih stabil dan lengkap di dalam boiler. Namun, APH juga memiliki tantangan, seperti penurunan tekanan udara yang memerlukan daya tambahan dari fan, risiko korosi akibat gas buang yang mengandung sulfur, serta potensi fouling pada elemen penukar panas yang dapat menurunkan performa. Selain itu, biaya investasi awal dan perawatan rutin APH cukup signifikan, dan kebocoran udara dapat terjadi jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, meskipun APH memberikan manfaat besar bagi efisiensi PLTU, pengelolaan operasional yang cermat diperlukan untuk meminimalkan dampak negatifnya.

4.6 *Primary Air Heater*

Primary Air Heater (PAH) adalah bagian khusus dari sistem APH atau komponen terpisah yang memanaskan udara primer, yaitu udara yang digunakan untuk mengangkut batu bara yang telah dihancurkan (*pulverized coal*) ke dalam boiler. PAH memastikan udara primer cukup panas (biasanya 250–350°C) untuk mengeringkan batu bara dan mendukung pembakaran awal yang stabil di boiler. PAH biasanya terintegrasi dengan APH atau dipisahkan sebagai pemanas tambahan, terutama pada PLTU batu bara.

4.6.1 Prinsip kerja *Primary Air Heater*

PAH mengambil udara dari sistem APH atau langsung dari lingkungan, kemudian memanaskannya menggunakan panas dari gas buang atau sumber panas tambahan (seperti uap dari boiler). Udara primer yang dipanaskan kemudian dialirkan ke pulverizer untuk mencampur dan mengangkut batu bara ke ruang pembakaran. Proses

ini penting untuk mencegah kelembapan batu bara yang dapat mengganggu pembakaran.

Jurnal *Energy and exergy analysis of the steam power plants: A comprehensive review on the classification, development, improvements, and configurations* (Rahman et al., 2021) menjelaskan bahwa PAH meningkatkan efisiensi pembakaran batu bara dengan memastikan kondisi kering, terutama untuk batu bara berkalori rendah yang sering digunakan di Indonesia.

4.6.2 Manfaat Primary Air Heater

Primary Air Heater (PAH) memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan stabilitas operasi PLTU, terutama pada pembangkit berbahan bakar batu bara. Pertama, PAH berfungsi untuk mengeringkan batu bara dengan mengurangi kadar kelembapan, khususnya pada batu bara kalori rendah yang sering digunakan di Indonesia. Udara primer yang dipanaskan hingga suhu 250–350°C membantu menghilangkan kelembapan, sehingga pembakaran di boiler menjadi lebih stabil dan efisien. Kedua, udara primer yang panas meningkatkan suhu awal pembakaran, memastikan proses pembakaran lebih sempurna dan mengurangi jumlah bahan bakar yang tidak terbakar, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi termal sistem. Ketiga, PAH mendukung stabilitas operasi dengan memastikan aliran batu bara yang konsisten dari pulverizer ke boiler. Dengan suhu udara primer yang optimal, risiko penyumbatan di pulverizer dapat diminimalkan, menjaga kelancaran proses pembakaran.

4.7 Secondary Air Heater

4.7.1 Prinsip Kerja Secondary Air Heater

Secondary Air Heater (SAH) adalah komponen penting dalam sistem pembakaran yang berfungsi untuk memanaskan udara sekunder sebelum dialirkan ke ruang bakar atau burner. Udara sekunder dibutuhkan untuk mendukung proses pembakaran bahan bakar, terutama dalam sistem pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) atau boiler industri. Prinsip kerja SAH melibatkan proses pertukaran panas antara udara segar dan sumber panas, seperti gas buang hasil pembakaran atau uap panas. Dalam tipe pemanas *regeneratif*, udara dipanaskan secara tidak langsung oleh media padat yang menyerap

panas dari gas buang, sedangkan pada tipe pemanas aktif, pemanasan dilakukan oleh elemen listrik atau coil uap.

4.7.2 Manfaat *Secondary Air Heater*

Manfaat utama dari penggunaan *Secondary Air Heater* adalah meningkatkan efisiensi pembakaran. Udara yang telah dipanaskan mempercepat proses penguapan dan pembakaran bahan bakar, sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi termal sistem secara keseluruhan, tetapi juga membantu mengurangi konsumsi bahan bakar. Selain itu, pembakaran yang sempurna akan menurunkan emisi gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) dan nitrogen oksida (NO_x), yang menjadikan sistem lebih ramah lingkungan. SAH juga membantu menjaga kestabilan nyala api pada *burner* dan mengurangi kelembaban udara yang masuk ke sistem, sehingga mencegah terjadinya kondensasi dan potensi korosi pada saluran udara. Dengan demikian, *Secondary Air Heater* berperan penting dalam meningkatkan performa dan keandalan sistem pembakaran.

4.8 Analisa Masalah

Pembangkit listrik tenaga Uap merupakan sumber energi pembakaran utamanya batu bara karena melimpahnya batu bara dan efisiensinya dalam mengubah bahan bakar menjadi listrik. Namun, pembakaran batu bara menghasilkan polusi lingkungan yang signifikan dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Salah satu cara untuk mengurangi emisi karbon adalah dengan meningkatkan efisiensi operasional pembangkit listrik tenaga batu bara. Komponen penting yang memengaruhi efisiensi adalah pemanas udara, yang memanaskan udara pembakaran terlebih dahulu menggunakan panas gas buang sebelum masuk ke boiler lagi, udara yang lebih panas membantu proses pembakaran yang lebih baik dan mengurangi kemungkinan pembentukan sisa pembakaran yang tidak sempurna.

Tetapi kebocoran pada pemanas udara yang terjadi dapat menyebabkan hilangnya efisiensi dengan membiarkan gas buang bercampur dengan aliran udara, mengurangi efisiensi perpindahan panas dan meningkatkan konsumsi bahan bakar dapat merugikan perusahaan secara finansial dan operational, berikut penulis akan menganalisa kerugian kebocoran tersebut menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) dan nantinya bisa dijadikan rekomendasi untuk cara mengatasi losses yang berlebih.

4.8.1 Memghitung Kerugian Kebocoran Yang Terjadi

Tabel 4. 1 Gas Inlet & Outlet Air Heater

Data	CO2 at Inlet (%)	CO2 Outlet (%)
Air Heater A	18.3	16.7
Air Heater B	17.15	15.87

Dari data perusahaan yang diperoleh diatas nilai CO2 Inlet sebesar 18.3 % dan Outlet sebesar 17.15 %, kemudian pada Air Heater B nilai CO2 Inlet 17.15 % dan CO2 Outlet 15.87 %, maka dengan persamaan leakage pada asme ptc 9.1.,[2] didapatkan persamaan untuk mengetahui leakage dengan persamaan 3.2 dibawah:

$$LEAKAGE = \frac{CO_2 \text{ Gas Entering Heater} - CO_2 \text{ Gas Leaving Heater}}{CO_2 \text{ Gas Leaving Heater}} \times 90 \quad (3.2)$$

o Hasil Perhitungan

- Air Heater A Leakage Percentage:

$$LEAKAGE = \frac{18,3 - 16,7}{16,7} \times 90 = 8,62 \%$$

- Air Heater B Leakage Percentage:

$$LEAKAGE = \frac{17,15 - 15,87}{15,87} \times 90 = 7,26 \%$$

Untuk nilai standart aman nya ketika terjadi kebocoran yaitu kurang dari angka 5 %

4.8.2 Perhitungan NPHR

Tabel 4. 2 Data Kebutuhan NPHR

Data Didapat		
Data yang dibutuhkan	Nilai	Satuan
Mass Flow Rate Fuel	198,267	ton/jam
Lower Heating Value	3870	Kcal/kg
Gross Generator Output	288	MW
Self Energy Consumption	26	MW

Terdapat lima entri utama koversi dalam bentuk satuan yang berbeda pertama, dari 3870 Kcal/kg ke 16192,08 kJ/kg, yang menunjukkan jumlah energi per unit massa, kedua, dari 288 MW ke 288000 kW dan ketiga, dari 26 MW ke 26000 kW, yang mencerminkan kapasitas daya dalam skala kilowatt, data ini digunakan untuk konversi hasil nphr ke kcal/kWh yaitu ; 0,2388 kcal/kWh, yang berfungsi sebagai faktor konversi dari energi listrik ke energi termal, berguna untuk menghitung efisiensi atau kehilangan panas; dan kelima, 204760 MW, yang menunjukkan daya dalam skala besar, hasil ini pengurangan dari konversi gross generator output dikurangi *self energy consumption* ada pada NPHR. Data ini dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi kehilangan energi akibat kebocoran seal. Data ini bisa dimanfaatkan untuk perhitungan NPHR.

- $$\text{Nett Plant Heat Rate} = \frac{m_{fuel} \cdot LHV}{GSO - SEC}$$

$$NPHR = \frac{198,267 \times 3870}{288000 - 26000} = 12253,26 \frac{kJ}{kWh} \text{ atau } 2926,08 \frac{kcal}{kWh}$$

TOP LOSSES	
Air Heater Leakage	278,19
Superheat Spray	242,97
HP Turbine Efficiency	225,20
Coal Moisture	112,85
Reheat Spray	107,66
Air Heater B Effectiveness	98,27

Gambar 4. 7 Top Losses Air Heater

Dari "*TOP LOSSES*" yang mencantumkan berbagai faktor penyebab kerugian (losses) dalam suatu sistem, kemungkinan besar terkait dengan operasi pembangkit listrik atau proses termal. Terdapat tujuh kategori kerugian yang diidentifikasi, masing-masing dengan nilai numerik yang menunjukkan besarnya kerugian tersebut. Faktor dengan kerugian tertinggi adalah "*Air Heater Leakage*" sebesar 278,19, diikuti oleh "*Superheat Spray*" dengan 242,97, dan "*HP Turbine Efficiency*" dengan 225,20. Kerugian yang lebih rendah meliputi "*Coal Moisture*" (112,85), "*Reheat Spray*" (107,66), dan "*Air Heater B Effectiveness*" (98,27). Data ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi area prioritas perbaikan guna mengoptimalkan efisiensi sistem, dengan fokus pada pengurangan kebocoran udara dan peningkatan efisiensi.

Tabel 4. 3 Data kebutuhan Menghitung *Losses* Rupiah

Data dari Randal Operasional	
Produksi Listrik 2024	4760180000 kWh
Rata-rata HHV Batu Bara 2024	4266.23 kcal/kg
Harga Batu Bara	939421 Ton
Air Heater Leakage	278.19 kcal/kWh

- Kompensasi Kilogram Batu Bara untuk 1 kWh =

$$\frac{\text{Air Heater Leakage} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kWh}} \right)}{\text{Rata-Rata HHV Batubara 2024} \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \right)} = \frac{278.19 \frac{\text{kcal}}{\text{kWh}}}{4266.23 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} = 0.0652 \frac{\text{kg}}{\text{kwh}}$$

- Losses Batu Bara

$$\text{Kompensasi Batu Bara} \left(\frac{kg}{kWh} \right) \times \text{Produksi Listrik 2024 (kWh)}$$

$$= 0,0652 \frac{kg}{kWh} \times 4760180000 kWh$$

$$= 310399222.3 \text{ kg Atau } \mathbf{342150,8182 \text{ Ton}}$$

- Kerugian Ekonomis

$$\text{Loses Batu Bata (Ton)} \times \text{Harga Batu Bara (Ton)}$$

$$= 342150,8182 \text{ Ton} \times 939,421 \text{ Ton}$$

$$= \text{Rp. } 321,423,663,814$$

4.8.3 Validasi untuk mengeliminasi fokus yang dibahas

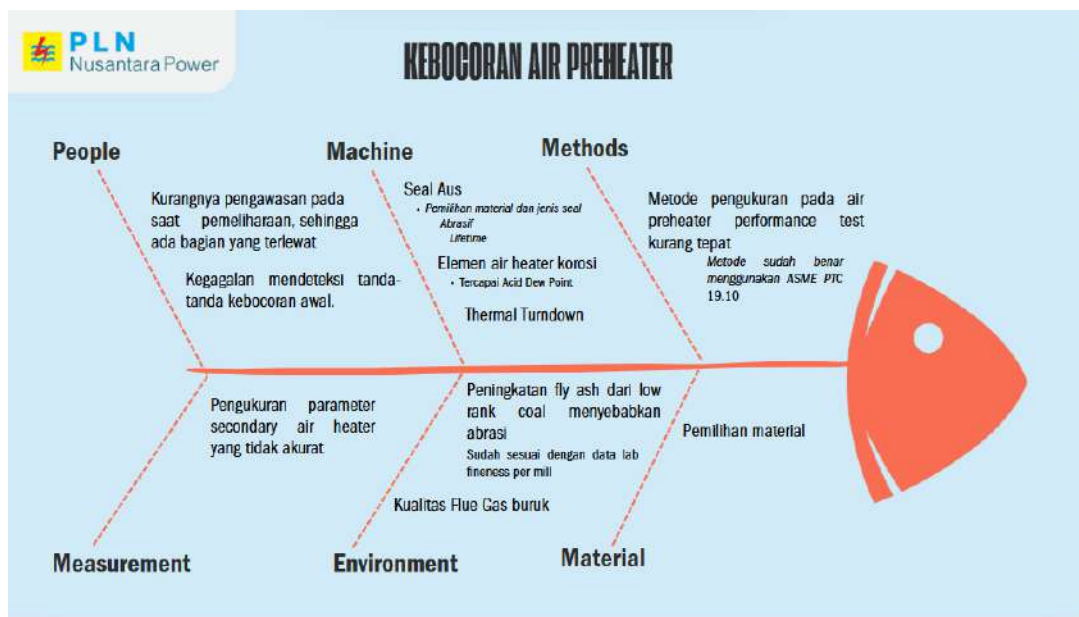
Menurut Formulir pemeliharaan, ditemukan komponen yang rusak pada 2023 yaitu pada Inspeksi dan Adjust circumseal sisi Hot dan Cold, dan tidak ada pergantian komponen, maka terus digunakan sampai dengan perawatan berikutnya, Adapun Tabel Pemeliharaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Tabel Pemeliharaan

		PT PLN NP UNIT MAINTENANCE REPAIR & OVERHAUL			No. Dok. :	
		INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM			Tgl. Terbit :	
		FORM UJI			Revisi :	
		SECONDARY AIR HEATER SYSTEM			Halaman :	1 of 9
UMRO						
Site : UP PAITON		Manufaktur : ABB		Tahun	QP No. P-02-3-2301	FJ No. P-55-1-060205
Unit : 2 A		Inspeksi : SERIOUS INSPECTION		2023	OEM Doc. No.	
INSPECTION SHEET						
NO	ITEM PENGECEKAN			HASIL (kotor, rusak, ok, tidak masuk scope)	KETERANGAN (diganti, diperbaiki, rekomendasi, dll)	
SAH						
1	CLEANING ELEMENT SAH			ok	dilakukan waterwashing insitu menggunakan fasilitas yang ada	
2	INSPEKSI ELEMENT HOT & COLD			ok		
3	WATER WASHING ELEMENT			ok		
4	INSPEKSI & ADJUST RADIAL SEAL SISI HOT & COLD			ok	penggantian cold end radial seal, hot end soft seal rekomendasi penggantian soft seal	
5	INSPEKSI & ADJUST CIRCUMSEAL SISI HOT & COLD			rusak	rusak pada softseal	
6	INSPEKSI & ADJUST AXIAL SEAL			ok	tidak dilakukan perubahan	
7	INSPEKSI LABYRINTH SUPPORT BEARING			ok		
8	INSPEKSI SUPPORT & GUIDE BEARING			ok		
9	PENGANTIAN SEAL SUPPORT BEARING			ok		

4.8.4 Diagram Fishbone

Untuk mencari akar permasalahan pada kasus ini kita menggunakan metode *fishbone* diagram. diagram *fishbone* dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4. 8 Diagram *Fishbone*

Diagram *fishbone* adalah metode/tool di dalam meningkatkan kualitas, untuk mencari akar permasalahan pada kasus ini kita menggunakan metode *fishbone* diagram. Diagram tulang ikan atau *fishbone* adalah salah satu metode/tool di dalam meningkatkan kualitas. Sering juga diagram ini disebut dengan diagram sebab-akibat atau cause effect diagram. Fungsi dasar diagram *fishbone* adalah untuk mengidentifikasi dan mengorganisasi penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari *air heater leakage* dan kemudian memisahkan akar penyebabnya.

Dengan adanya komponen yang rusak tidak diganti pada saat pemeliharaan overhaul bisa jadi salah satu penyebab terjadinya leakage pada *air heater*, dan perhitungan kebocoran membuktikan adanya kebocoran pada beberapa aspek.

4.8.5 Pembahasan Kemungkinan Permasalahan

Dari diagram *fishbone* yang telah ada dan diamati ada beberapa hal yang berkemungkinan besar memiliki efek dalam penyebab terjadinya *air heater leakage*, antara lain:

1. Pemilihan material

Metallic strip seal, yang sering disebut sebagai duo *cone seal*, merupakan komponen penting dalam mesin berat untuk mencegah kebocoran pelumas dan

melindungi sistem dari kotoran. Material yang digunakan pada seal ini terdiri dari cincin logam yang biasanya terbuat dari baja tahan karat atau paduan logam khusus yang tahan terhadap korosi dan keausan, dengan permukaan yang dipoles halus untuk memastikan penyegelan optimal. Selain itu, cincin karet yang terbuat dari bahan seperti *neoprene*, *nitrile*, atau *silicone* digunakan sebagai bantalan untuk menjaga kerataan permukaan saat poros berputar, sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap suhu, tekanan, dan bahan kimia. Pelumas, seperti oli dengan kekentalan tertentu, juga diaplikasikan untuk mengurangi gesekan dan meningkatkan efektivitas penyegelan. Kombinasi material ini memungkinkan *metallic strip seal* menahan kebengkokan poros, *end play*, dan beban mendadak, sekaligus meminimalkan perawatan karena sifatnya yang tahan karat.

2. Peningkatan *fly ash* dari *low rank coal* menyebabkan abrasi

Peningkatan *fly ash* dari pembakaran batubara peringkat rendah (*low rank coal*), seperti lignit atau sub-bituminus, dapat memengaruhi sifat abrasi material, peningkatan abrasi akibat penggunaan *fly ash* dari batubara peringkat rendah biasanya disebabkan oleh beberapa faktor kunci. Pertama, komposisi kimia *fly ash*, yang ditandai dengan kandungan kalsium oksida (CaO) tinggi serta variasi silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sehingga lebih rentan terhadap keausan. Kedua, ukuran partikel *fly ash* yang bervariasi ($45 - 300 \mu\text{m}$) dengan distribusi gradasi yang kurang seragam sering kali menyebabkan ketidakmerataan dalam campuran, melemahkan ketahanan permukaan terhadap abrasi. Ketiga, batubara yang lolos harus di 200 mesh. Adapun data *fineness* per mill terlihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data *Fineness* Per Mill

Sieve Mesh	Weight on sieve (g)	Calc Retained %	Calc Passed %	Fineness (%)	Remarks
50 (300 μm)	0,18	0,36	99,64	99,64	
70 (212 μm)	0,12	0,6	99,4	99,4	
100 (150 μm)	0,12	0,84	99,16	99,16	
200 (75 μm)	0,22	1,28	98,72	98,72	
325 (45 μm)	2,31	5,9	94,1	94,1	

Untuk PLTU Paiton sendiri bisa dikatakan abrasif bila di 200 mesh tingkat *fineness*-nya dibawah 70%, dari tabel tersebut pada 200 mesh nilai *fineness* nya 98,72 %, maka peningkatan *fly ash* dari bata bara tidak terjadi.

3. Kualitas Flue Gas buruk

Kualitas flue gas yang buruk di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), terutama ketika menggunakan batubara peringkat rendah (*low rank coal*), dapat memperburuk abrasi pada komponen seperti *air heater* dan *metallic strip seal*, serta berdampak pada efisiensi dan lingkungan. Flue gas yang buruk biasanya ditandai dengan kandungan partikel padat (seperti *fly ash*), senyawa kimia korosif (misalnya SO_x, NO_x), atau kandungan karbon sisa (*unburned carbon*) yang tinggi. Adapun hasil ukur MRU vario luxx emission terlihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 9 Alat Ukur MRU Vario Luxx Emission

Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan alat MRU, nilai ppm emisi masih melebihi standar yang telah ditetapkan.

4. Pengukuran parameter *secondary air heater* yang tidak akurat

Pengukuran parameter *secondary air heater* yang tidak akurat di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dapat memperburuk masalah kebocoran pada komponen seperti *air heater* dan *metallic strip seal*, terutama ketika kualitas flue gas buruk akibat penggunaan batubara peringkat rendah (*low rank coal*). *Secondary air heater* berfungsi untuk memanaskan udara sekunder yang digunakan dalam proses pembakaran di boiler, dan pengukuran parameter yang tidak akurat, seperti suhu, tekanan, laju aliran udara, atau kandungan partikel dalam flue gas, dapat memengaruhi efisiensi sistem dan meningkatkan risiko kebocoran.

Pengukuran yang dilakukan oleh tim PLTU Paiton telah mematuhi standar ASME PTC 19, memastikan bahwa prosedur pengujian dilakukan sesuai dengan pedoman yang ditetapkan untuk menjamin akurasi dan keandalan hasil.

5. Metode pengukuran pada *air preheater* performance test kurang tepat

Metode pengukuran yang kurang tepat pada *air preheater performance test* di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dapat memperburuk masalah abrasi pada komponen seperti *air preheater* (termasuk *secondary air heater*) dan *metallic strip seal*, terutama ketika menggunakan batubara peringkat rendah (*low rank coal*) yang menghasilkan *flue gas* berkualitas buruk dengan kandungan *fly ash* abrasif. *Air preheater* berfungsi untuk memanaskan udara pembakaran (primer dan sekunder) menggunakan panas dari *flue gas*, dan performanya diukur melalui parameter seperti efisiensi perpindahan panas, penurunan tekanan (*pressure drop*), suhu udara keluar, serta kebocoran udara (*air leakage*). Metode pengukuran yang tidak tepat dapat menyebabkan data yang salah, yang berdampak pada pengoperasian sistem dan meningkatkan risiko kebocoran.

Pengukuran yang dilakukan oleh tim PLTU Paiton telah mematuhi standar ASME PTC 19, memastikan bahwa prosedur pengujian dilakukan sesuai dengan pedoman yang ditetapkan untuk menjamin akurasi dan keandalan hasil.

6. Seal yang Aus

Seal yang aus pada *air heater* merupakan permasalahan umum dalam sistem pembangkit panas, terutama pada unit seperti *Primary Air Heater* (PAH) atau *Rotary Air Heater* (RAH). Contoh seal aus dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4. 10 Seal Aus

Ausnya seal dapat menyebabkan kebocoran udara atau gas buang, yang berdampak pada penurunan efisiensi termal sistem dan potensi kontaminasi udara bersih oleh gas buang yang mengandung senyawa berbahaya seperti NO dan

partikulat. Kondisi ini juga bisa mempercepat kerusakan pada komponen lain akibat perubahan suhu yang tidak terkendali atau paparan partikel abrasif.

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan penggantian seal dengan material yang lebih tahan panas dan korosi, dan dapat meningkatkan efisien.

7. Elemen *air heater* korosi

Elemen *air heater* yang mengalami korosi pada basket biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama pada bagian cold end basket yang beroperasi pada suhu rendah. Busket yang korosi dapat dilihat pada Gambar 4.13



Gambar 4. 11 Busket Korosi

Korosi terjadi akibat kondensasi uap air dan asam (seperti asam sulfat atau hidroklorat) ketika suhu permukaan elemen turun di bawah titik embun asam, yang sering disebabkan oleh kontak *flue gas* dengan udara dingin. Material basket, seperti baja Corten yang tahan korosi, digunakan untuk mengurangi dampak ini, tetapi korosi tetap terjadi jika suhu terlalu rendah atau ada kontaminan seperti klorin dan sulfur dari bahan bakar. Pengendapan abu terbang juga dapat meningkatkan resistensi aerodinamis dan mempercepat korosi dengan menahan kelembapan. Untuk mencegahnya, pastikan suhu operasi di atas titik embun asam, gunakan material tahan korosi seperti baja *enamel* atau *titanium*, dan lakukan pemeliharaan rutin untuk membersihkan endapan. Pemilihan *seal* yang tepat.

8. Kurangnya pengawasan pada saat pemeliharaan, sehingga ada bagian yang terlewat

Kurangnya pengawasan selama pemeliharaan *air preheater* di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dapat menyebabkan bagian-bagian kritis, seperti

metallic strip seal atau pelat pemanas (*heating elements/basket*), terlewat dari inspeksi atau perbaikan. Hal ini memperburuk masalah abrasi, terutama ketika menggunakan batubara peringkat rendah (*low rank coal*) yang menghasilkan flue gas berkualitas buruk dengan kandungan *fly ash* abrasif. Adapun jadwal perawatan *preventive* di PLTU paiton terlihat pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Jadwal Perawatan *Preventive Maintenance*

District Code	Work Order	Work Order Desc	Plan Start Date	Plan Finish Date
SPTN	00327678	Akses ke PAH guide brg 2B tidak aman	2024-10-03	2024-10-15
SPTN	00330737	PDM MCSA PAH 2B MOTOR DRIVE	2024-10-10	2024-10-10
SPTN	00330822	PDM VIBRASI PAH 2B MOTOR DRIVE	2024-10-14	2024-10-14
SPTN	00331282	PM 28D PRIMARY AIR HEATER LISTRIK #2B	2024-10-22	2024-10-22
SPTN	00331356	PM 28D PRIMARY AIR HEATER 2B	2024-10-23	2024-10-23
SPTN	00331812	PDM OIL ANALYSIS SUPPORT BEARING PAH 2B	2024-10-29	2024-10-29
SPTN	00331964	PDM THERMOGRAPHY PAH 2B MOTOR DRIVE	2024-10-31	2024-10-31
SPTN	00332643	PDM VIBRASI PAH 2B MOTOR DRIVE	2024-11-11	2024-11-11
SPTN	00333104	PM 28D PRIMARY AIR HEATER LISTRIK #2B	2024-11-19	2024-11-19
SPTN	00333180	PM 28D PRIMARY AIR HEATER 2B	2024-11-20	2024-11-20
SPTN	00333893	PM 84D CONTROL PRIMARY AIR HEATER	2024-12-02	2024-12-02
SPTN	00334410	PDM VIBRASI PAH 2B MOTOR DRIVE	2024-12-09	2024-12-09
SPTN	00334829	PM 28D PRIMARY AIR HEATER LISTRIK #2B	2024-12-17	2024-12-17
SPTN	00334893	PM 28D PRIMARY AIR HEATER 2B	2024-12-18	2024-12-18
SPTN	00335533	Check sensor PAH 2B differential press	2024-12-18	2024-12-18
SPTN	00336265	PDM VIBRASI PAH 2B MOTOR DRIVE	2025-01-06	2025-01-06
SPTN	00336452	PM 28D PRIMARY AIR HEATER LISTRIK #2B	2025-01-14	2025-01-14
SPTN	00336752	PAH 2B vibrasi (MO 0225)	2025-01-14	2025-01-14
SPTN	00336522	PM 28D PRIMARY AIR HEATER 2B	2025-01-15	2025-01-15
SPTN	00336935	PDM OIL ANALYSIS SUPPORT BEARING PAH 2B	2025-01-21	2025-01-21
SPTN	00337090	PDM THERMOGRAPHY PAH 2B MOTOR DRIVE	2025-01-23	2025-01-23
SPTN	00337569	PAH 2B trip (MO 0225)	2025-01-27	2025-03-26

Berdasarkan gambar pelaksanaan perawatan pada *air heater*, tidak ditemukan adanya kegiatan pemeliharaan yang terlewat oleh tim, memastikan bahwa semua prosedur perawatan telah dilakukan dengan lengkap dan sesuai.

4.9 Rekomendasi

Dari data diatas bisa disimpulkan bahwa leakage yang terjadi pada *air heater* terjadi karena seal yang aus dan pergantian pada busket terlalu lama digunakan walaupun telah terjadi korosi, karna itu untuk meminimalisir terjadinya hal tersebut maka dibuatkanlah perhitungan biaya dan rekomendasi pergantian seal dan busket setiap 2 tahun sekali, penulis menggunakan metode seperti berikut;

4.9.1 Perhitungan Biaya Solusi Permasalahan

Dari rekomendasi Penulis Menggunakan metode Kajian Kelayakan Finansial (KKF) untuk menghitung membandingkan anggaran yang harus dikeluarkan. Adapun Data perhitungan KKF terlihat pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data Menghitung KKF

Keterangan	Nilai
Annual Cost	Rp286,117,018
Harga listrik 1 kWh	Rp1,352
Listrik Operasional (kWh)	211625.0133
Biaya Bahan Bakar Tambahan 2024	Rp321,423,663,814
Discount Rate	15 % atau 0,015
Net Cash Flow (<i>Brush Seal</i>)	Rp403,469,716
Net Cash Flow (<i>Metallic Strip Seal</i>)	Rp225,349,080

Dari tabel data perhitungan diatas membantu untuk mencari NPV dan IRR, nilai *Net cash flow* didapat dari Annual cost 50 % dari nilai harga seal. Adapun harga perbandingan seal yang dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Harga Seal

Jenis	Investasi Harga (Rupiah)
Brush Seal	Rp1,379,173,468
Metallic Strip Seal	Rp1,022,932,195

Terdapat dua opsi jenis seal yang dapat dipertimbangkan, masing-masing dengan nilai investasi yang berbeda. Investasi untuk *brush seal* tercatat sebesar Rp1.379.173.468, yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan *metallic strip seal* yang memiliki nilai investasi sebesar Rp1.022.932.195. Selisih investasi antara kedua jenis seal tersebut mencapai Rp356.241.273. Meskipun demikian, kedua jenis seal dirancang untuk memiliki umur investasi yang sama, yaitu selama 10 tahun.

Dalam kurun waktu tersebut, masing-masing jenis seal memberikan manfaat ekonomi tahunan yang dihitung berdasarkan pengurangan losses (kehilangan energi) dikalikan dengan biaya bahan bakar. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *brush seal* memberikan manfaat tahunan sebesar Rp16.071.183.191, sedangkan *metallic strip seal* menghasilkan manfaat tahunan sebesar Rp8.582.011.824. Perbedaan signifikan dalam manfaat tahunan ini menunjukkan bahwa meskipun investasi awal untuk *brush seal* lebih tinggi, potensi penghematan dan peningkatan efisiensi energi yang ditawarkannya jauh lebih besar.

Oleh karena itu, dalam konteks analisis keekonomian dan pengembalian investasi jangka panjang, *brush seal* dapat dipertimbangkan sebagai pilihan yang lebih menguntungkan, terutama jika prioritas utama adalah optimalisasi efisiensi operasional dan penurunan biaya bahan bakar secara berkelanjutan

Terdapat dua pilihan jenis Seal yang berbeda dan memiliki perbandingan investasi sendiri, Investasi untuk *brush seal* sebesar Rp1.379.173.468 jauh lebih tinggi dibandingkan Strip Seal yang bernilai Rp1.022.932.195, dengan perbedaan harga sekitar Rp356.241.273. Adapun umur investasi selama 10 tahun dan menghasilkan manfaat tahunan dari nilai losses tiap seal dikalikan biaya bahan bakar yaitu untuk *brush seal* sebesar Rp16,071,183,191 dan *metallic strip seal* sebesar Rp8,582,011,824.

Dan ditemukan hasil baypack periode untuk mengetahui berapa lama nilai investasi akan balik modal, dengan cara Investasi Harga dibagi Annual benefit dikali 12 bulan, mendapatkan hasil: 1,03 tahun untuk *brush seal* dan 1,43 untuk *metallic strip Seal*. Adapun perbandingan kualitas seal terlihat pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Perbandingan Kualitas Seal

Aspek	Metallic Strip Seal	Brush Seal
Pemasangan	Mudah dan cepat	Sedang – butuh presisi lebih
Efektifitas	Rendah – banyak kebocoran	Tinggi – fleksibel dan rapat
Biaya	Murah	Sedang
Operasional	Rendah – cepat aus	Sedang – fleksibel, tahan aus
Mereduksi Losses	Tingkat kebocoran tipikal 15 -20 %	Tingkat kebocoran hingga dibawah 10 %
Ketahanan Suhu	Tinggi	Tinggi
Kesesuaian lingkungan	Kurang cocok jika banyak getaran	Cocok untuk sistem dinamis

Berdasarkan tabel perbandingan antara *metallic strip seal* dan *brush seal* untuk pemilihan seal pada *air heater*, dapat disimpulkan bahwa *brush seal* lebih unggul dalam berbagai aspek penting. *brush seal* memiliki tingkat kebocoran yang lebih rendah (di bawah 10%) dibandingkan *metallic strip seal* (15-20%), menjadikannya lebih efektif dalam mencegah kehilangan panas, yang sangat krusial untuk efisiensi *air heater*. Selain itu, *brush seal* lebih tahan aus dan fleksibel, sehingga cocok untuk kondisi operasional dinamis dengan getaran tinggi, serta memiliki ketahanan suhu yang tinggi, sesuai dengan kebutuhan *air heater* yang sering beroperasi pada suhu tinggi. Meskipun *brush seal* memiliki biaya sedang dan pemasangan yang lebih sulit karena membutuhkan presisi, keunggulan dalam hal efektivitas dan daya tahan membuatnya menjadi pilihan yang lebih baik untuk jangka panjang. Sebaliknya, *metallic strip seal* lebih murah dan mudah dipasang, tetapi kebocoran yang lebih tinggi dan ketahanan yang lebih rendah terhadap aus serta getaran membuatnya kurang ideal untuk *air heater* yang menuntut efisiensi tinggi. Oleh karena itu, *brush seal* lebih direkomendasikan untuk *air heater* guna meminimalkan kerugian panas dan meningkatkan performa sistem. Rumus ini digunakan untuk menghitung nilai saat ini dari serangkaian arus kas masa depan dengan mempertimbangkan bahwa uang memiliki nilai yang berbeda seiring waktu (time value of money). Arus kas didiskon kembali menggunakan tingkat (r) untuk mencerminkan risiko dan inflasi. Pengurangan C_0 biasanya relevan dalam menghitung *Net Present Value* (NPV) untuk mengevaluasi profitabilitas investasi.

4.9.2 Perhitungan NPV dan IRR

Sebelum menghitung NPV dan IRR maka harus menghitung PVt tiap tahunnya, maka dengan persamaan PVt pada jurnal A refresher on net present value.,[4] didapatkan persamaan untuk mengetahui leakage dengan persamaan 4.9 dibawah:

$$PV_t = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - C_0 \quad (4.9)$$

Keterangan:

CF_b = Cash Flow Brush Seal

r = discounto

Adapaun tabel perhitungan PVt *Brush seal* dan *Metallic strip seal* yang bisa dilihat pada tabel 4.10 dan 4.11.

Tabel 4. 10 PVt Pada *Brush Seal*

Brush Seal	
Modal awal	-Rp403,469,716
Tahun 1	Rp350,843,231
Tahun 2	Rp305,081,071
Tahun 3	Rp265,287,887
Tahun 4	Rp230,685,119
Tahun 5	Rp200,595,756
Tahun 6	Rp174,431,092
Tahun 7	Rp151,679,211
Tahun 8	Rp131,894,966
Tahun 9	Rp114,691,275
Tahun 10	Rp99,731,543
Total Pv	Rp2,024,921,151

Tabel 4. 11 PVt Pada *Metallic Strip Seal*

Strip Seal	
modal awal	-Rp225,349,080
Tahun 1	Rp195,955,721
Tahun 2	Rp170,396,280
Tahun 3	Rp148,170,678
Tahun 4	Rp128,844,068
Tahun 5	Rp112,038,320
Tahun 6	Rp97,424,626
Tahun 7	Rp84,717,066
Tahun 8	Rp73,667,014
Tahun 9	Rp64,058,273
Tahun 10	Rp55,702,846
Total Pv	Rp1,130,974,891

Setelah menghitung data PVt per 10 tahun maka akan didapat nilai NPV dengan rumus berikut:

- $NPV = \text{Total PV} - \text{Initial Investment}$
- $NPV_{Brush\ Seal} = \text{Rp}2,024,921,151 - \text{Rp}1,379,173,468 = \text{Rp}645,747,683$
- $NPV_{Metallic\ Strip\ Seal} = \text{Rp}1,130,974,891 - \text{Rp}1,022,932,195$
 $= \text{Rp}108,042,696$
- Menghitung nilai IRRC

Dengan memanfaatkan fungsi perhitungan yang tersedia di Microsoft Excel, seluruh data nilai *Net Present Value* (NPV) yang telah dihimpun dari berbagai skenario dianalisis secara menyeluruh. Proses ini memungkinkan identifikasi nilai keekonomian dari masing-masing opsi perbaikan atau penggantian komponen. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, diperoleh bahwa baik *brush seal* maupun *metallic strip seal* sama-sama menunjukkan tingkat efisiensi atau nilai keekonomian yang setara, yakni sebesar 74%. Hasil ini mencerminkan bahwa kedua jenis seal memiliki potensi kontribusi yang sebanding terhadap peningkatan kinerja dan keandalan sistem, serta layak dipertimbangkan lebih lanjut dalam pengambilan keputusan teknis dan ekonomis.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Magang industri yang dilaksanakan di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton Unit 1 & 2 memberikan pengalaman langsung yang sangat berharga dalam memahami proses pembangkitan listrik tenaga uap secara komprehensif, mencakup siklus uap, sistem bahan bakar, sistem air, hingga pengolahan gas buang. Melalui analisis teknis yang dilakukan, penulis berhasil mengidentifikasi penyebab utama kebocoran pada komponen air preheater (APH), yaitu keausan pada seal dan korosi pada cold end basket yang diperparah oleh kondensasi asam. Metode *fishbone* diagram digunakan untuk menguraikan faktor penyebab secara sistematis, termasuk ketidaktepatan metode pengukuran performa APH. Kebocoran ini terbukti menyebabkan kerugian bahan bakar hingga 342.150,82 ton per tahun.

Sebagai tindak lanjut, dilakukan evaluasi finansial menggunakan metode Kajian Kelayakan Finansial (KKF) terhadap dua jenis seal yang menjadi opsi penggantian. Hasilnya menunjukkan bahwa *brush seal* merupakan pilihan yang lebih unggul dengan NPV sebesar Rp645.747.683, *payback period* selama 1,03 tahun, dan tingkat kebocoran yang ditekan di bawah 10%. Selain itu, kegiatan magang juga memperkuat keterampilan teknis penulis, seperti desain 3D menggunakan *SolidWorks*, analisis FMEA, serta pemrosesan data teknis berbasis efisiensi energi. Pengalaman ini tidak hanya memperluas wawasan praktis, tetapi juga memperkuat kesiapan penulis dalam menghadapi dunia industri energi berbasis teknologi dan efisiensi.

Melaksanakan magang industri di PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton Unit 1 & 2 memberikan wawasan mendalam tentang operasional pembangkit listrik tenaga uap, meliputi siklus uap, bahan bakar, air, pendingin, dan gas buang, serta peran komponen utama seperti boiler, turbin, generator, kondensor, dan air preheater (APH). Analisis kebocoran pada APH mengidentifikasi seal yang aus dan korosi pada elemen basket, khususnya cold end basket, sebagai penyebab utama penurunan efisiensi termal, yang diperparah oleh kondensasi asam dari gas buang. Menggunakan metode *fishbone* diagram, faktor-faktor seperti metode pengukuran performa APH yang kurang tepat juga

berkontribusi pada masalah ini. Kebocoran tersebut menyebabkan kerugian bahan bakar sebesar 342,150.82 ton per tahun, yang berdampak signifikan secara ekonomi. Analisis finansial dengan metode Kajian Kelayakan Finansial (KKF) menunjukkan bahwa *brush seal* lebih unggul dibandingkan *metallic strip seal*, dengan NPV sebesar Rp645,747,683, *payback period* 1.03 tahun, dan tingkat kebocoran di bawah 10%. Magang ini berhasil meningkatkan pemahaman praktis tentang konversi energi, memperluas jaringan profesional, dan mengasah keterampilan teknis seperti desain 3D dengan SolidWorks, analisis FMEA, dan perhitungan efisiensi sistem.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan efisiensi operasional dan mencegah kebocoran pada air preheater, disarankan untuk mengganti seal menggunakan *brush seal*, yang terbukti lebih efektif dalam mengurangi kebocoran hingga di bawah 10% dan lebih tahan terhadap kondisi operasional dinamis. Selain itu, penggunaan material tahan korosi seperti baja enamel atau titanium pada elemen basket, terutama cold end basket, dapat meminimalkan korosi akibat kondensasi asam, dengan memastikan suhu operasi APH tetap di atas titik embun asam. Pemeliharaan rutin, termasuk pembersihan elemen penukar panas, perlu dilakukan untuk mencegah fouling akibat pengendapan abu terbang yang dapat meningkatkan resistensi aerodinamis dan mempercepat korosi. Pengukuran performa APH juga harus ditingkatkan dengan mengikuti standar ASME PTC19 atau EPRI guidelines, menggunakan sensor terkalibrasi dan pengambilan data pada kondisi beban stabil untuk hasil yang akurat. Terakhir, optimalisasi pembakaran dapat dicapai dengan menjaga suhu udara primer dan sekunder pada level optimal melalui PAH dan SAH, serta mempertimbangkan teknologi pengendalian emisi seperti Flue Gas Desulfurization (FGD) untuk mengurangi dampak lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fajar, R. N., & Nurhasanah, R. (2020). Analisis Efektivitas Air Preheater B Sebelum dan Sesudah Overhaul di PLTU Banten 3 Lontar OMU Unit 3. *Bachelors Degree (S1) thesis, Institut Teknologi PLN*.
- [2] An American National Standart (1981) – ASME - PTC 19.10 - Flue and Exhaust Gas Analyses - Part 10
- [3] Jiang, L. (2021). Analysis of Leakage and Corrosion of Air Preheater in Coal-Fired Power Plant. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 621(012004). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/621/1/012004>
- [4] Gallo, A. (2014). A refresher on net present value. *Harvard Business Review*, 19, 1-6.
- [5] Shah, R. K., & Sekulic, D. P. (2003). *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. John Wiley & Sons.
- [6] Shayan, M. R., et al. (2015). On the Failure Analysis of an Air-Preheater in a Steam Power Plant. *Journal of Failure Analysis and Prevention*. <https://doi.org/10.1007/s11668-015-0023-7>
- [7] Vendy, A., & Darmawan, I. (2016). Analisis Efisiensi Air Preheater Sebelum Overhaul dan Sesudah Overhaul di UJP PLTU Banten 3 Lontar Unit 3. *Jurnal Power Plant*, 4(3). <http://dx.doi.org/10.33603/jgst.v4i3.3997>
- [7] Zaki, M. F. G., & Ghofur, A. (2020). Analisa Efektivitas Heat Transfer SAH PLTU dengan Metode ASME 4.0 dan 4.3. *Jurnal Rotary*, 2(1).

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Penerimaan Magang Perusahaan



Nomor : 1436/335/PLNNP020001/2024 09 Oktober 2024
 Lampiran : -
 Sifat : Biasa - Biasa
 Hal : Persetujuan PKL Institut Teknologi Sepuluh Nopember An Zufar Ha Kepada
 Yth. Kepala Departemen Teknik Mesin
 Industri Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember

Menindaklanjuti surat dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Nomor : 9509/IT2.IX.7.1.2/B/PM.02.00/IX/2024 tanggal : 26 September 2024, Perihal : Permohonan Izin Praktek Kerja Lapangan. Sehubungan dengan perihal tersebut diatas, dengan ini kami sampaikan bahwa pada dasarnya **kami dapat menerima** permohonan mahasiswa saudara atas nama :

No.	Nama	Jurusan	Pembimbing
1.	Zufar Hakim Prabowo	Teknologi Rekyasa Konversi Energi	Muhammad Adi Bintarawan P
2.	Azzam Radhia Ramadhany Al Mahmudy	Teknologi Rekyasa Konversi Energi	Muhammad Adi Bintarawan P

Untuk melaksanakan Kerja Praktek di PT PLN NP Unit Pembangkitan Paiton pada tanggal 20 Januari 2025 – 20 Mei 2025 di Fungsi System Owner Unit 1&2.

Adapun ketentuan Kerja Praktek sebagai berikut :

1. Mahasiswa/Siswa tersebut supaya menyelesaikan persyaratan dengan menyerahkan **Foto Copy KTP 2 lembar, Pas Photo 3x4 2 lembar, Foto Copy BPJS/KIS 2 Lembar, Surat Keterangan Sehat, Materai Rp 10.000,- 1 lembar** untuk tiap Mahasiswa/Siswa, **membawa surat bukti balasan (Surat persetujuan PKL dari PT PLN Nusantara Power UP Paiton)**, Serta mengisi dan **menandatangani Surat Pernyataan** di PT PLN Nusantara Power UP Paiton.
2. Sebagai bagian dari sistem manajemen pengamanan perusahaan, siswa/mahasiswa wajib melampirkan **Fotocopy Surat Keterangan Catatan Kepolisian (SKCK) terbaru dan telah dilegalisir.**
3. Persyaratan kerja praktek offline saat kunjungan lapangan, siswa/mahasiswa **Wajib menggunakan APD** (Safety Shoes, Safety Helmet Warna Kuning, Rompi Reflector Warna Kuning) dengan biaya menjadi tanggungjawab siswa/mahasiswa
4. Setelah selesai pelaksanaan kegiatan kerja praktek, Soft file laporan dapat dikirimkan ke email sdm.upptn@plnnusantarapower.co.id
5. Sertifikat akan diberikan kepada mahasiswa apabila laporan telah kami terima dan divalidasi oleh pembimbing.
6. Persyaratan dan Ketentuan terkait pelaksanaan Praktek Kerja Lebih detail terdapat pada lampiran.
7. Untuk koordinasi lebih lanjut perihal pelaksanaan Kerja Praktek dapat menghubungi sdr. Misbiantoro bagian SDM, No HP 085228283892.

Sesuai dengan kebijakan perusahaan tentang **"PLN NP Bersih"**, mohon untuk **tidak memberikan souvenir, cinderamata ataupun bingkisan** terkait pelaksanaan Kerja Praktek.

Demikian kami sampaikan atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.



PLH SENIOR MANAGER UP PAITON,
MANAGER PEMELIHARAAN-1 UP
PAITON,



Suyanto

Tembusan:

1. ASMAN SYSTEM OWNER PLTU 1-2 UP PAITON PLN NP
2. Muhammad Adi Bintarawan Pamungkas

SALINAN

Lampiran 2. Surat Pengajuan Magang



**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 : 9509/IT2.IX.7.1.2/B/PM.02.00/IX/2024
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Magang Industri

Kepada Yth.:

PT. PLN Nusantara Power Paiton

Up. Senior Manager

Jl. Raya Surabaya-Situbondo No.Km.142, Area Sawah, Bhinor, Kec. Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur 67291

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. PLN Nusantara Power Paiton

Pelaksanaan magang yang Kami rencanakan adalah:

Lama magang selama : 4 (Empat) bulan

Yang akan dimulai tanggal : 20 Januari 2025 – 20 Mei 2025

Adapun data nama mahasiswa tersebut sebagai berikut :

No.	Nama	NRP	No. Hp	Email
1	Zufar Hakim Prabowo	2039221100	08977992104	Zufarprabowo99@gmail.com
2	Azzam Radhia Ramadhany Al Mahmudy	2039221079	085775006411	Radhiaazzam@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 terima kasih

Surabaya, 26 September 2024



Ditandatangani secara elektronik oleh:
Kepala Departemen Teknik Mesin Industri

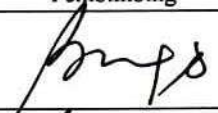
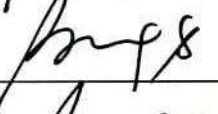
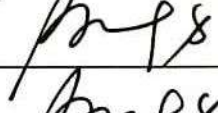
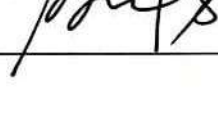
Dr. Ir. Heru Mirmanto, M.T.
NIP. 196202161995121001

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 BSR, BSSN.
- Surat ini dapat dibuktikan keasliannya dengan memindai QR Code

Lampiran 3. Form Bukti Pembimbing Laporan Magang (Dosen Departemen)

Nama Mahasiswa : Zufar Hakim Prabowo
 NRP : 2039221100
 Nama Mitra : PT. PLN Nusantara Power UP Paiton
 Unit Kerja : Sysytem Owner
 Nama Pembimbing Lapangan : Muhammad Adi Bintarawan P
 Nama Pembimbing Departemen: Dr. Ir. Bambang Sampurno, M.T.
 Waktu Magang : 20 Januari 2025 – 20 Mei 2025

No.	. Tanggal	Uraian Kegiatan	Tanda Tangan Pembimbing
1.	14-02-2025	Menyampaikan mengenai latar belakang perusahaan pada PT. PLN Nusantara Power UP Paiton	
2.	05-05-2025	Presentasi mengenai judul laporan magang yang akan diambil saat magang di PT. PLN Nusantara Power UP Paiton	
3.	04-06-2025	Asistensi bab 1 sampai dengan bab 2 dari laporan magang industry pada PT. PLN Nusantara Power UP Paiton	
4.	16-06-2025	Asistensi Revisi bab 1 sampai dengan bab 2 dan Asistensi bab 3 dari laporan magang industry pada PT. PLN Nusantara Power UP Paiton	
5.	30-06-2025	Asistensi bab 4 dari laporan magang industry pada PT. PLN Nusantara Power UP Paiton	

*) Minimal bimbingan MAGANG dilakukan sebanyak 5x

SURABAYA, 7 Juli 2025
 Dosen Pembimbing MAGANG,



Dr. Ir. Bambang Sampurno, M.T.
 NIP. 196509191990031003

Lampiran 4. Penilaian Laporan Magang (Dosen Deapartemen)

Lampiran 13. Form Penilaian dari Pembimbing Departemen
Nama Mahasiswa : Zufar Hakim Prabowo
NRP : 2039221100
Nama Mitra/Industri : PT. PLN Nusantara Power UP Paiton
Unit Kerja : System Owner
Nama Pembimbing Lapangan : Muhammad Adi Bintarawan P
Waktu Magang : 20 Januari 2025 – 20 Mei 2025

No	Nilai	Bobot t SKS	<56	56-60	61 - 65	66-75	75-85	≥86
1	Luaran 1	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92 - 95%	>95%
2	Luaran 2	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92 - 95%	>95%
3	Luaran 3	3	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	93 - 95%	>95%
4	Proposal Penelitian	2	SKB	KB	CB	B	BS	SBS
5	Ringkasan Eksekutif	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 Akhir Pembimbing Lapangan
Nilai Akhir Dosen
Nilai Angka Magang = $\frac{\text{Nilai Akhir PL} + \text{Nilai Akhir Dosen}}{2}$
Surabaya, 7 Juli 2025
Dosen Pembimbing Magang,

94

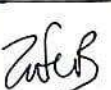
A

(Dr. Ir. Bambang Sampurno, M.T.)
NIP. 196509191990031003

Lampiran 5. Form Bukti Pembimbing Laporan Magang (Lapangan)

Form Bukti Pembimbing Proposal Magang

Nama Mahasiswa : Zufar Hakim Prabowo
 NRP : 2039221100
 Mitra Tujuan : PT. PLN Nusantara Power UP Palton Unit 1 & 2
 Pembimbing Magang : M Adi Bintarawan P.

NO	Tanggal	Rincian Kegiatan	Paraf	
			Pembimbing	Mahasiswa
1.	28 April 2025	Asistensi laporan magang yang dimana perlu perbaikan bagian : 1. Akar permasalahan pada fishbone diagram 2. Penambahan indikasi masalah		
2.	08 Mei 2025	Asistensi laporan magang yang dimana perlu perbaikan bagian : 1. Validasi data yang telah dikumpulkan 2. Penambahan penjelasan kemungkinan masing-masing penyebab yang ada di fishbone diagram		
3.	15 Mei 2025	Asistensi laporan magang yang dimana perlu perbaikan bagian : 1. Perhitungan kerugian pada saat shutdown 2. Perhitungan pada NPV dan IRR		
4.	20 Mei 2025	Persetujuan laporan magang oleh perusahaan; 1. Presentasi laporan magang 2. Penandatanganan laporan magang		

Probolinggo, 20 Mei 2025
 Pembimbing Magang



M Adi Bintarawan P.

Lampiran 6. Penilaian Laporan Magang (Lapangan)

Lampiran 12. Form Penilaian dari Pembimbing Lapangan / Mitra

Nama Mahasiswa : Zulfar Hakim Prabowo NRP : 2039221100
 Nama Mitra/Industri : PT. PLN Nusantara Power UP Paiton Unit Kerja : Sistem Owner
 Nama Pembimbing Lapangan : Muhammad Adi Bintarawan P Waktu Magang : 20 Januari 2025 - 20 Mei 2025

NO	KOMPONEN	NILAI	KRITERIA PENILAIAN						
			<56	56-60	61-65	66-75	75-85	>86	
1	Kehadiran	97	<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**	95	<82%	82-84%	85-90%	89-91%	92-95%	>95%	
4	Sikap positif terhadap atasan/pembimbing	95	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
5	Inisiatif dan solusi kerja	95	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
6	Hubungan kerja dengan pegawai/lingkungan	95	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
7	Kerjasama tim	95	SKB	KB	CB	B	BS	SBS	
8	Mutu pelaksanaan pekerjaan	95	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	92	<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		Nilai Akhir $PL = \sum \text{Nilai} / 11$							

*) Kehadiran **) Ketepatan Waktu

SKB : sangat kurang baik; KB: kurang baik ; CB: cukup baik; B: baik ; BS: Baik sekali; SBS: sangat baik sekali

ABSENSI KEHADIRAN MAGANG

a. Izin :hari b. Sakit :hari c. Tanpa Izin :hari

Surabaya,20..

Pembimbing Magang,



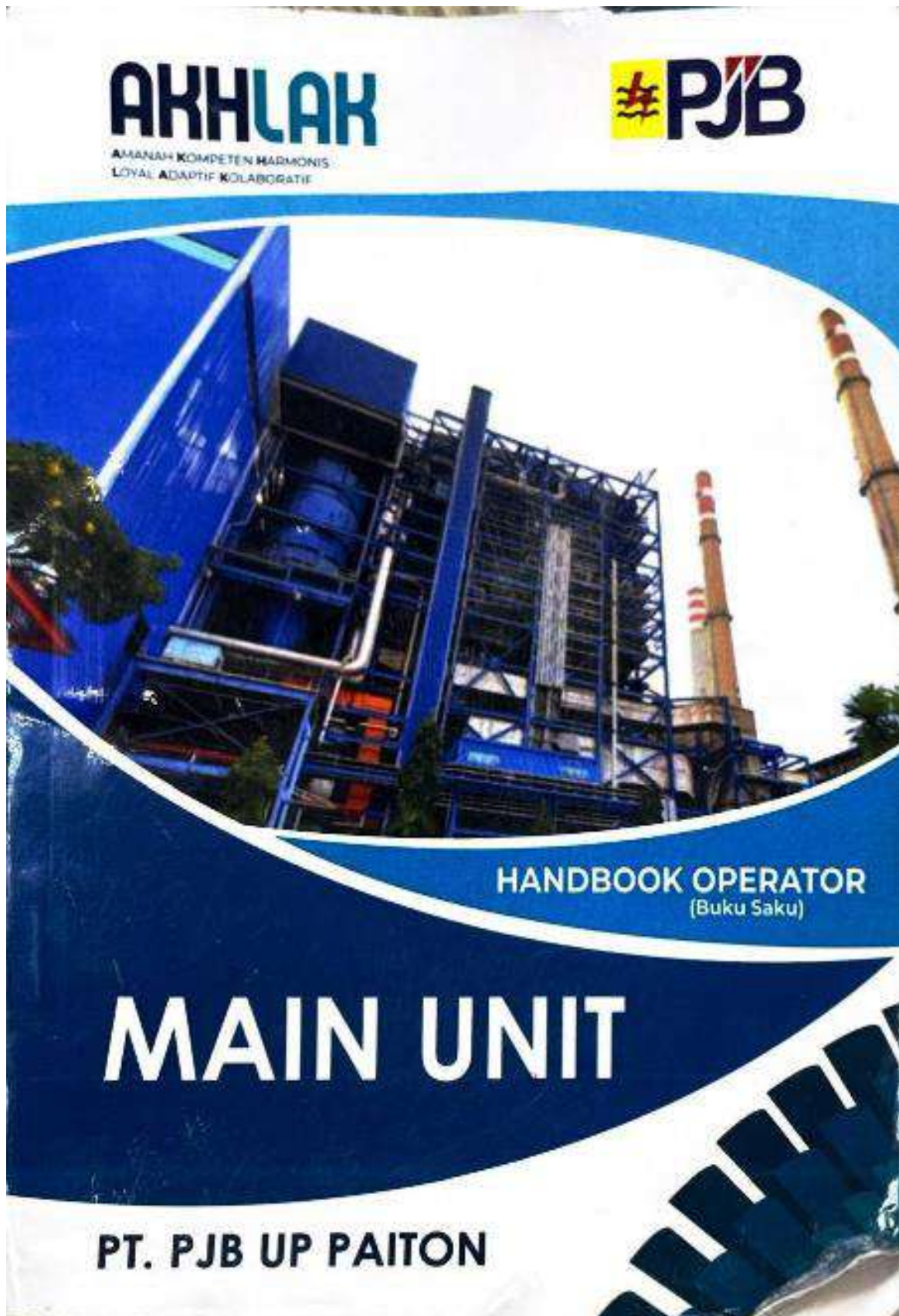
(Dibuat oleh

NIP. 8614150.7.J.Y.

Keterangan:

1. Apabila mitra /instansi tidak menyediakan stempel, maka lembar ini harus dicetak pada kertas dengan KOP Mitra/Instansi
2. Mohon nilai dimasukkan pada amplop tertutup dengan dibubuhkan stempel pada atas amplop.

Lampiran 9. Standard Operation Procedure (SOP) Departemen Operasi dan Teknik





Kata Sambutan

PLTU UP Paiton adalah pembangkit listrik batubara berkapasitas 2 x 400 MW yang dimiliki oleh PT Pembangkitan Jawa-Bali. Dalam upaya untuk meningkatkan kehandalan dan operasional Unit Pembangkitan maka di butuhkan suatu engineer inside atau penguatan kompetensi dari sisi karyawan dalam pemenuhan untuk melakukan proses pemantauan, analisa, serta melakukan evaluasi operasi pembangkit.

Untuk menyikapi kebutuhan akan operasi pembangkit, maka tim operasi UP Paiton melakukan inisiatif pembuatan handbook operator, yakni sebagai panduan baku dalam menjalankan proses pengoperasian atau sebagai sarana dan media untuk pembelajar bagi karyawan bidang operasi guna untuk meningkatkan sisi *knowledge* dan *skill*.

Buku saku operator ini memuat inisiatif yang kami lakukan yaitu semangat *operational excellence* yang di kembangkan oleh team operasi Unit Pembangkitan Paiton guna untuk mewujudkan UP Paiton *zero accident, zero breakdown, zero finding, zero lost productivity*. Namun juga diharapkan mampu untuk terus berkembang dan beradaptasi terhadap permintaan pelanggan dan memenuhi harapan stakeholder.

Paiton, 29 Maret 2022

AGUS PRASTYO UTOMO
PH GENERAL MANAGER

BAB 1: Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1.1 K3 di PLTU Paiton



Gambar 1. Animasi APD Wajib

Melihat besarnya peran Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dalam menciptakan suatu lingkungan kerja yang aman, selamat dan sehat, maka dengan itu aspek K3 menjadi suatu hal yang sangat penting dan merupakan salah satu upaya untuk menurunkan kemungkinan atau meminimalisasir risiko terjadinya kecelakaan kerja (KK), penyakit akibat kerja (PAK) dan pencemaran lingkungan.

Berikut merupakan bahaya/resiko yang mungkin terjadi saat pengoperasian PLTU Paiton :

1. Terbantur benda keras
2. Tersengat listrik
3. Terjatuh dari ketinggian
4. Kebakaran
5. Ledakan
6. Kejatuhan benda dari atas
7. Terpeleset
8. Vibrasi tinggi
9. Tingkat kebisingan tinggi
10. Terpapar Gas/Debu
11. Paparan Radiasi

Maka dari itu diperlukan pencegahan bahaya yang mungkin terjadi dengan selalu

menerapkan perilaku sebagai berikut:

1. Konsentrasi dan serta menguasai pekerjaan yang dihadapi.
2. Hati-hati dan teliti dalam melaksanakan pekerjaan.
3. Melaksanakan pekerjaan sesuai S.O.P (*Standart Operation Procedure*).
4. Menggunakan peralatan kerja yang sesuai.
5. Memakai alat keselamatan kerja APD yang sesuai standart keselamatan.
6. Menjaga kebersihan lingkungan.

Sebagai penyebab terjadinya Kecelakaan kerja (KK) dan Penyakit Akibat Kerja (PAK) adalah kurangnya kesadaran pekerja dan kualitas serta keterampilan kerja yang kurang memadai. Banyak pekerja yang meremehkan risiko kerja, sehingga tidak menggunakan alat-alat pengaman walaupun sudah tersedia. Adapun peralatan keselamatan kerja yang digunakan adalah :

1. Sepatu safety
2. Helm
3. Masker
4. Kacamata
5. Sarung tangan
6. Pelindung telinga
7. Wearpack (baju kerja)
8. Body Harnest (bila kerja diatas 1,5 m)



Gambar 2. APD di lingkungan kerja



Dalam penjelasan Undang-Undang nomor 01 tahun 1970 tentang keselamatan dan kesehatan kerja mengamanatkan antara lain setiap tempat kerja harus melaksanakan upaya kesehatan kerja agar tidak terjadi gangguan kesehatan pada pekerja dan lingkungannya.

1.2 Syarat Operator Boiler

Di PLTU Paton terdapat 2 Buah Boiler tipe vertical balance draft dengan kapasitas masing masing boiler 1330 ton/jam sehingga menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor : PER.01/MEN/1989 tentang Kualifikasi dan syarat syarat operator pesawat uap Boiler dengan kapasitas >80 ton/jam mempunyai operator kelas II sebanyak 3 kali jumlah boiler dan operator kelas I sebanyak jumlah boiler. berikut merupakan kualifikasi operator terdiri dari :

1. Operator kelas I
 - a. Sekurang-kurangnya berpendidikan SLTA Jurusan mekanik, listrik, atau IPA.
 - b. Telah berpengalaman dibidang pelayanan pesawat uap sekurang-kurangnya 2 tahun.
 - c. Berkelakuan baik dari kepolisian.
 - d. Berbadan sehat dari dokter.
 - e. Umur sekurang-kurangnya 23 tahun.
 - f. Harus lulus paket A1 + A2.
 - g. Lulus ujian yang diselenggarakan oleh Departemen Tenaga Kerja
2. Operator kelas II.
 - a. Sekurang-kurangnya berpendidikan SLTP, dan diutamakan teknik mekanik, atau listrik.
 - b. Pernah sebagai pembantu operator selama 1 tahun.
 - c. Berkelakuan baik dari kepolisian.
 - d. Umur sekurang-kurangnya 20 tahun.
 - e. Berbadan sehat dari dokter.
 - f. Mengikuti kursus operator paket A1.
 - g. Lulus ujian yang diselenggarakan oleh Departemen Tenaga Kerja Ditjen Binawas

1.3 Kewajiban Operator Boiler

1. Dilarang meninggalkan tempat pelayanan selama pesawat uapnya dioperasikan.
2. Melakukan pengecekan dan pengamatan kondisi/kemampuan kerja serta merawat pesawat uap, alat-alat pengaman dan alat perlengkapan lainnya yang terkait dengan bekerjanya pesawat uap yang dilayaninya.
3. Operator harus mengisi buku laporan harian pengoperasian pesawat uap yang bersangkutan selama melayani pesawat uap meliputi data tekanan kerja, produksi uap, debit air pengisi ketel uap, pH air, jumlah bahan bakar dan lain-lain, serta tindakan operator yang dilakukan selama melayani pesawat uap yang bersangkutan.
4. Apabila pesawat uap dan atau alat-alat pengaman/perlengkapannya tidak berfungsi dengan baik atau rusak, maka operator harus segera menghentikan pesawatnya dan segera melaporkan pada atasannya.
5. Untuk operator kelas I disamping kewajiban tersebut pada ayat (1), (2), (3) dan (4) juga wajib mengawasi kegiatan dan mengkoordinir operator kelas II.
6. Operator kelas I bertanggung jawab atas seluruh unit instalasi uap.
7. Pemakaian pesawat uap dimana menurut peraturan ini tidak diperlukan operator kelas I, maka operator kelas II atau salah satu operator kelas II yang ditunjuk oleh perusahaan bertanggung jawab atas seluruh instalasi uap.
8. Segera melaporkan kepada atasannya apabila terjadi kerusakan/peledakan atau gangguan-gangguan lain pada pesawat uap, penyalur uap dan alat-alat perlengkapannya.
9. Membuat laporan bulanan pemakaian pesawat uap kepada P2K3 di perusahaan yang bersangkutan.