

PRAKTEK KERJA LAPANGAN

(ON THE JOB TRAINING 1)

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

(PLTU PAITON)

12 OKTOBER-12 DESEMBER 2025

**PEMELIHARAAN GENERATOR 473 MVA PADA CARBON BRUSH
UNTUK MENCEGAH TERJADINYA OVER HEAT DAN UNBALANCE
ARUS DI PLTU PAITON UNIT 1 & 2**



Disusun oleh :

MIGUEL EDUARDO S. DA SILVA NUNES

NIT: 30123003

PROGRAM STUDI D-III TEKNIK LISTRIK BANDARA

POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

2025

LEMBAR PENGESAHAN INDUSTRI

**PEMELIHARAAN GENERATOR 473 MVA PADA CARBON BRUSH UNTUK MENCEGAH
TERJADINYA OVER HEAT DAN UNBALANCE ARUS DI PLTU PAITON UNIT 1 & 2**

Oleh :

MIGUEL EDUARDO S. DA SILVA NUNES
NIT: 30123003

Laporan *On the Job Training* telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat
penilaian *On the Job Training*

Disetujui oleh :

Assistant Manager



SELAMET BASORI
NID. 7294035JA

Pembimbing Lapangan



LUKMANUL HAKIM
NID. 9013112ZJY

Mengetahui
Manager Pemeliharaan



WAWAN SURYANTO
NID. 8208038JA

LEMBAR PERSUTUJUAN

**PEMELIHARAAN GENERATOR 473 MVA PADA CARBON BRUSH UNTUK MENCEGAH
TERJADINYA OVER HEAT DAN UNBALANCE ARUS DI PLTU PAITON UNIT 1 & 2**

Oleh :

MIGUEL EDUARDO S. DA SILVA NUNES

NIT: 30123003

Laporan *On the Job Training* telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat
penilaian *On the Job Training*

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing OJT



DR. HARTONO ST, M.Pd, MM

NIP. 19610727 198303 1 001

Ketua Program Studi



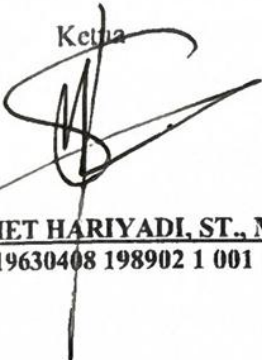
DR. Jr. GUNAWAN SAKTI ST, MT.

NIP. 19881001 20012 1 003

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan *On The Job Training* telah dilakukan pengujian di depan Tim Penguji pada 10 Desember dan dinyatakan memenuhi syarat sebagai salah satu komponen penilaian *On The Job Training* Tim Penguji:

Ketua


Dr. SLAMET HARIYADI, ST., MM
NIP. 19630408 198902 1 001

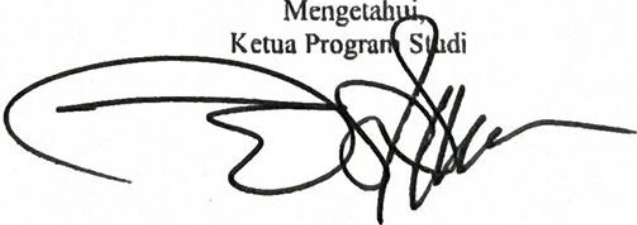
Sekretaris


YUDHIS THIRO KABUL YUNIOR, S.T., M.Kom
NIP. 19870224 202203 1 003

Anggota


Drs. HARTONO, ST. M.Pd. MM
NID. 19610727 198303 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi


Dr. GUNAWAN SAKTI, ST, MT.
NIP. 19881001 200912 1 003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur pertama-tama penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan petunjuk, sehingga penulis dapat melaksanakan OJT (*On the Job Training*) di Unit Pelaksana pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) paiton ini dengan baik. Laporan ini disusun sebagai gambaran sekaligus tanggung jawab atas pelaksanaan *On the Job Training* Teknik Listrik Bandara Angkatan XVII.

Laporan ini merupakan catatan penulis selama melakukan *On The Job Training* yang berisikan tentang sistem kelistrikan pltu paiton dan siklus pltu paiton yang berada di pembangkit listrik tenaga uap serta kegiatan harian yang telah kami laksanakan.

Adapun manfaat yang penulis dapat dari bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan laporan OJT (*On The Job Training*) merupakan suatu anugerah yang dapat menjadi pelajaran selama melaksanakan OJT (*On The Job Training*) di PLTU paiton Unit 1&2.

Dalam kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada;

1. Tuhan Yang Maha Esa, Sang Maha Pencipta yang telah memberikan anugerah dan perlindungan.
2. Kedua Orang Tua serta rekan yang selalu memberikan dukungan serta doa yang diberikan demi kelancaran pelaksanaan kegiatan *On the Job Training* maupun kegiatan belajar mengajar dalam menempuh pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya
3. Wawan Suryanto selaku manager pemeliharaan
4. Dr. Hartono ST.M.Pd.MM. selaku dosen pembimbing sekaligus dosen penguji *On the Job Training*.

5. Selamat Basori selaku Assistant Manager yang telah membimbing serta memberikan ilmu selama pelaksanaan *On the Job Training*.
6. Lukmanul Hakim selaku pembimbing lapangan yang telah membimbing serta memberikan ilmu selama pelaksanaan *On the Job Training*.
7. DR.Ir.Gunawan Sakti ST.MT, selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Listrik Bandara di Politeknik Penerbangan Surabaya
8. Ahmad Bahrawi, S.E.,M.T. selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya
9. Seluruh Karyawan dan Staf PLN Nusantara Power
10. Seluruh teknisi PLTU Paiton Unit 1&2
11. Dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulisan laporan *On the Job Training*.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan *On the Job Training* (OJT) ini masih terdapat kekurangan baik isi, sistematika maupun redaksinya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun bagi kesempurnaan pengembangan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya yang melaksanakan *On The Job Training* di PLTU Paiton.

Paiton, 12 Desember 2025



Miguel Eduardo Soares da Silva Nunes

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN INDUSTRI.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSUTUJUAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	3
KATA PENGANTAR.....	5
DAFTAR ISI	7
DAFTAR GAMBAR	9
DAFTAR TABEL	11
BAB I.....	12
PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang.....	12
1.2. Maksud dan Tujuan Pelaksanaan On The Job Training.....	13
BAB II	15
PROFIL LOKASI OJT	15
2.1. Sejarah Singkat.....	15
2.3. Visi dan Misi Perusahaan	18
2.3.1. Visi.....	18
2.3.1. Misi	18
2.4. Strategi O&M PJB	18
2.5. Struktur Organisasi	19
2.5.1. Struktur organisasi di PLN NP UP Paiton Unit 1&2	19
2.6. Struktur Organisasi	25
2.6.1 Struktur Organisasi PT. PLN NP UP Paiton Unit 1 & 2.....	25
2.7 Nilai Dasar dan Budaya Perusahaan	26
2.7.1 Nilai Dasar Perusahaan	26
2.7.2 Budaya Perusahaan	26
2.8 Kesehatan, Keselamatan Kerja (K3) dan Lingkungan Bagi Karyawan.....	27
BAB III LANDASAN TEORI.....	34
3.1. Proses Produksi Listrik PLTU Paiton Unit 1&2	34
3.1.1. Proses Kebutuhan Bahan Bakar PLTU Paiton Unit 1&2	34
3.1.1.1. Siklus Bahan Bakar Minyak	35
3.1.1.2 Penanganan Batubara.....	36

3.1.2 Siklus Umum PLTU Paiton Unit 1&2	42
3.1.3 Siklus Air dan Uap	43
3.1.4 Siklus Udara Pembakaran	54
3.1.5 Ash Handling (Unit Penanganan Abu) Electrostatic Precipitator atau (ESP)	56
3.2 Teori Dasar Generator.....	57
3.2.1 Generator Arus Bolak Balik.....	58
3.2.2 Komponen Pada Generator AC.....	60
3.3 Eksitasi Generator	62
3.4 Generator Sinkron Pada Unit & 2 PLTU Paiton.....	63
3.5 Transformator.....	64
3.6 Sistem Proteksi.....	66
3.7 Pemeliharaan.....	66
Predictive Maintenance (Conditional Maintenance).....	66
Preventive Maintenance (Time-Based Maintenance).....	67
BAB IV	68
PELAKSANAAN ON THE JOB TRAINING (OJT).....	68
4.1 Pola Kelistrikan PLTU Paiton Unit 1&2	68
4.2 Bagian Generator PLTU Paiton Unit 1 & 2	71
4.2.1 Casing Generator.....	71
4.2.2. Nameplate Generator PLTU Paiton Unit 1&2	72
4.2.3. Carbon Brush	72
4.2.4. penyebab carbon brush cepat habis.....	73
4.3. Identifikasi Permasalahan Carbon Brush	73
4.4. Dampak Kerusakan Carbon Brush terhadap Operasi PLTU	74
4.5. Tindakan Pemeliharaan dan Perbaikan yang Dilakukan.....	74
BAB V.....	78
PENUTUP.....	78
5.1. KESIMPULAN	78
5.2. SARAN	79
DAFTAR PUSTAKA.....	81
LAMPIRAN.....	82
DOKUMENTASI ON THE JOB TRAINING	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pltu Paiton Unit 1-9.....	16
Gambar 2. 2 Struktur Organisasi.....	19
Gambar 2. 3 Struktur Organisasi Bagian Pemeliharaan Listrik Unit 1 & 2.....	25
Gambar 2. 4 Struktur Organisasi Ruang Listrik.....	25
Gambar 2. 5 Cover Values BUMN	26
Gambar 2. 6 Budaya 5S PT. PLN Nusantara Power.....	27
Gambar 2. 7 Permit to Work	29
Gambar 2. 8 Work Order	30
Gambar 2. 9 Instruksi Kerja	31
Gambar 2. 10 Pelindung Wajah dan Mata	31
Gambar 2. 11 Helem Safety	32
Gambar 2. 12 Sepatu Safety.....	32
Gambar 2. 13 Pelindung Telinga	32
Gambar 2. 14 Masker Safety.....	33
Gambar 2. 15 Werk pack	33
Gambar 3. 1 Siklus Bahan Bakar Minyak PLTU Paiton 1&2	35
Gambar 3. 2 Siklus Bahan Bakar Batubara pada PLTU Paiton Unit 1&2.....	36
Gambar 3. 3 Ship Unloader.....	37
Gambar 3. 4 Conveyor	38
Gambar 3. 5 Transfer House	38
Gambar 3. 6 Stockpile.....	39
Gambar 3. 7 Silo	39
Gambar 3. 8 Coal Feeder	40
Gambar 3. 9 Mill	40
Gambar 3. 10 Burner.....	41
Gambar 3. 11 Furnace	41
Gambar 3. 12 Siklus Umum Pltu Paiton Unit 1&2	42
Gambar 3. 13 Siklus Air dan Uap PLTU Paiton Unit 1&2.....	43
Gambar 3. 14 Water Treatment Plant	46
Gambar 3. 15 Well Water Tank	46
Gambar 3. 16 Demin Water Tank	47

Gambar 3. 17 Kondensor	47
Gambar 3. 18 Condensate Pump	48
Gambar 3. 19 Condensate Poliser	48
Gambar 3. 20 Gland Steam Condeser	49
Gambar 3. 21 Low Pressure Heater	49
Gambar 3. 22 Daerator	50
Gambar 3. 23 Boiler Feed Pump	50
Gambar 3. 24 High Pressure Heater	51
Gambar 3. 25 Boiler	51
Gambar 3. 26 Economizer	52
Gambar 3. 27 Steam Drum	52
Gambar 3. 28 Turbin	53
Gambar 3. 29 Generator	53
Gambar 3. 30 Siklus Udara Pembakaran	54
Gambar 3. 31 Ash Handling (ESP)	56
Gambar 3. 32 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkon	59
Gambar 4. 1 SLD Diagram Kelistrikan PLTU Paiton Unit 1&2	68
Gambar 4. 2 Nameplate Generator PLTU Paiton Unit 1&2	68
Gambar 4. 3 Perggantian Carbo Brush baru	68
Gambar 4. 4 pembersihan Slip ring	72
Gambar 4. 5 Pengukuran Tekanan Pegas	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data Umum	18
Tabel 4. 1 Nameplate Generator PLTU Paiton Unit 1&2	72
Tabel 4. 2 Sebelum Ganti Carbon Brush.....	75
Tabel 4. 3 Sesudah Ganti Carbon Brush	76



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi akan terus mengalami kemajuan, termasuk kebutuhan listrik yang menjadi salah satu kebutuhan primer bagi kehidupan manusia modern, baik di daerah perkotaan maupun pedesaan (Halifa Haqqi & Hasna Wijayati, 2019). Keberadaan energi listrik memudahkan masyarakat dalam melaksanakan aktivitas sehari-hari. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, banyak dibangun pembangkit listrik, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Derajad S. Widhyharto, 2015).

PLTU merupakan jenis pembangkit listrik yang cukup banyak dibangun di Indonesia guna memenuhi permintaan energi listrik. PLTU bekerja dengan mengonversi energi mekanik berupa putaran turbin menjadi energi listrik (Parulian Manurung, 2016). Energi mekanik ini berasal dari energi potensial uap air bertekanan tinggi yang memutar turbin. Poros turbin yang terhubung dengan poros generator akan memutar rotor pada generator. Putaran rotor menyebabkan perubahan fluks pada stator generator sehingga menghasilkan energi listrik di ujung kumparan stator. Energi listrik yang dihasilkan ini kemudian didistribusikan kepada masyarakat melalui gardu distribusi (Eka Darmana, 2019).

PT PLN Nusantara Power adalah salah satu perusahaan utama penyedia listrik di Indonesia yang memiliki jaringan di berbagai wilayah, termasuk pulau Jawa dan Bali. Perusahaan ini menggunakan berbagai jenis instrumen untuk menghasilkan energi listrik sesuai kriteria yang dibutuhkan. Salah satu unitnya, PT PLN Nusantara Power UP Paiton Unit 1&2, berlokasi di Desa Bhinor, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur.

Sebagai salah satu bentuk penunjang pendidikannya maka Politeknik Penerbangan Surabaya memiliki sistem praktik langsung di lapangan yang disebut *On The Job Training* (OJT). Diadakannya *On The Job Training* ini

dimaksudkan agar para anak didik di Politeknik Penerbangan Surabaya dapat menguasai berbagai peralatan secara langsung di lapangan. Pada kesempatan tersebut dalam pelaksanaannya pada prodi Diploma III Teknik Listrik bandara Politeknik Penerbangan Surabaya bekerjasama dengan pembangkit listrik tenaga uap PLTU Unit 1 & 2.

Selama pelaksanaan *On The Job Training* ini, pada dasarnya para Taruna diharapkan mampu menerapkan ilmu yang telah didapat selama menjalani pendidikan untuk dipraktekkan dengan situasi yang sebenarnya di lapangan, serta dapat menambah ilmu yang belum diperoleh ketika menjalani pendidikan dan dapat memahami pentingnya prosedur penggunaan dan tata cara mengoperasikan peralatan di lokasi *On The Job Training*.

Selama melaksanakan kegiatan *On the Job Training* I, penulis menemukan beberapa permasalahan diantaranya adanya beberapa marka di area bawah garbarata yang mengalami pemudaran warna serta merehabilitasi plafon di pos keamanan terminal. Berdasarkan dari latar belakang yang disampaikan laporan *On the Job Training* ini mengambil judul analisis permasalahan dan penanganan kerusakan brush generator 473 MVA di Pltu Paiton Unit 1&2.

1.2. Maksud dan Tujuan Pelaksanaan On The Job Training

Adapun maksud dan tujuan pelaksanaan kegiatan *On The Job Training* selama Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton untuk program studi Teknik Listrik Bandara Politeknik Penerbangan Surabaya adalah sebagai berikut :

- a. Agar setiap Taruna dapat memperoleh pengalaman, keterampilan, pengetahuan, dan gambaran secara langsung tentang tugas dan pekerjaan Teknik Listrik Bandara dalam dunia kerja yang sebenarnya di masa mendatang
- b. Agar setiap Taruna dapat menerapkan ilmu-ilmu yang didapatkan selama dalam masa pendidikan di Politeknik Penerbangan surabaya terhadap

situasi lapangan kerja yang sesungguhnya baik secara teori maupun praktik.

- c. Melatih kerja sama taruna dengan personel teknisi yang sama unit maupun berbeda unit agar terciptanya jiwa disiplin dan tanggung jawab yang tinggi.
- d. Sebagai persyaratan kelengkapan pelaksanaan pendidikan taruna Politeknik Penerbangan Surabaya.



BAB II

PROFIL LOKASI OJT

2.1. Sejarah Singkat

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton unit 1 dan 2 mulai beroperasi masing – masing pada tahun 1993 dan 1994. Dimana PLTU Paiton unit 1 dan 2 merupakan pembangunan PLTU Paiton tahap pertama (Paiton 1). Dimana kompleks PLTU Paiton sendiri diresmikan pada tahun 1999 setelah pembangunan PLTU Paiton tahap kedua (Paiton 2) selesai dan telah beroperasi. Kompleks PLTU Paiton merupakan hasil kerja sama dari beberapa perusahaan energi seperti, PT. PLN (Persero), Mitsui & Co. Ltd., Tokyo Electric Power Company, dan International Power PLC.

Proyek ini dibangun di lahan seluas 48 hektar terletak di komplek area PLTU Paiton yang dimana total terdapat 8 unit yang beroperasi didalamnya. PLTU unit 1, 2 dioperasikan oleh PT. PJB (Pembangkitan Jawa Bali), PLTU unit 3 dioperasikan oleh PT. POMI (Paiton Operation and Maintenance Indonesia), PLTU unit 5, 6 dioperasikan oleh PT. YTL (Yeoh Tiong Lay), PLTU unit 7,8 dioperasikan oleh PT. POMI (Paiton Operation and Maintenance), dan unit 9 dioperasikan oleh PT. PJB (Pembangkitan Jawa Bali). Sedangkan unit 4 dikabarkan belum dibangun dengan alasan keterbatasan lahan dan unit 3 dianggap sudah memenuhi kapasitas yang dibutuhkan yaitu sebesar 815 MW.

Pembangkit listrik Paiton Unit 1 dan 2 memiliki kapasitas masing-masing 400 MW, sehingga totalnya mencapai 2x400 MW. Lokasinya berada di antara Desa Sumber Glatik dan Desa Binor, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Tempat ini terletak sekitar 35 km di sebelah timur Kota Probolinggo dan berjarak sekitar 140 km di timur laut Kota Surabaya.



Gambar 2. 1 Pltu Paiton Unit 1-9

Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Unit 1 & 2 sekarang dioperasikan oleh PT. PLN NP (Nusantara Power) yang merupakan anak perusahaan dari PT. PLN Persero. Sejarah PT. PLN Nusantara Power UP Paiton berawal dari pendirian perusahaan yang bergerak di bidang listrik dan gas pada tahun 1945. Kemudian, pada tahun 1965, sektor kelistrikan dipisahkan dari perusahaan gas, sehingga terbentuk Perusahaan Listrik Negara (PLN). Pada tahun 1972, PLN resmi menjadi Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dengan status sebagai Perusahaan Umum. Restrukturisasi di wilayah Jawa-Bali dimulai pada tahun 1982 dengan pemisahan unit kerja berdasarkan fungsinya, sehingga terbentuk unit distribusi serta unit pembangkitan dan penyaluran. Selanjutnya, pada tahun 1994, PLN mengalami perubahan status menjadi Persero, dan pada tahun 1995 dilakukan restrukturisasi internal untuk memisahkan fungsi sosial dan komersial dengan mendirikan dua anak perusahaan di bidang pembangkitan listrik.

PT. Pembangkitan Tenaga Listrik Jawa-Bali II (PLN PJB II) resmi didirikan pada 3 Oktober 1995 dengan tujuan mengelola usaha ketenagalistrikan yang berkualitas tinggi, andal, serta berlandaskan prinsip industri dan niaga yang sehat dan efisien. Seiring perkembangan organisasi dan kebijakan manajemen, pada 3 Oktober 2000, PLN PJB II berganti nama menjadi PT. PLN Pembangkitan Jawa-Bali (PT PJB), dengan Unit Pembangkitan Paiton sebagai salah satu unit utama. Pembangunan awal PLTU Paiton dimulai dengan pembangunan dua unit pembangkit, yaitu unit 1 dan unit 2. Untuk mendukung pelaksanaan proyek ini, pemerintah mengeluarkan Surat Keputusan Presiden Nomor 35 Tahun 1957 sebagai dasar pengawasan dan koordinasi pembangunan PLTU Unit

Pembangkitan Paiton. Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang ketenagalistrikan, PT. PJB berperan dalam penyediaan tenaga listrik yang efisien, andal, dan berkualitas tinggi. Selain itu, PT. PJB juga menjalankan berbagai kegiatan seperti pembangunan dan pemasangan pembangkit, pemeliharaan, serta operasional pembangkit. Perusahaan juga mengembangkan usaha lain yang mendukung kegiatan inti guna mengoptimalkan potensi dan sumber daya yang dimiliki.

Dalam operasional bisnisnya, PT. PJB mengadopsi standar internasional yang berlandaskan tiga pilar strategis utama, yaitu manajemen aset sebagai kompetensi inti perusahaan (organization capital), sistem pengelolaan sumber daya manusia (human capital), serta pemanfaatan teknologi informasi sebagai pendukung bisnis (information capital readiness). Ketiga pilar ini diwujudkan melalui 10 sistem manajemen berbasis praktik terbaik, meliputi Manajemen Aset, Manajemen Risiko, Manajemen Mutu sesuai standar ISO 9000, Manajemen Lingkungan berdasarkan ISO 14000, serta Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sesuai OHSAS 18000. Selain itu, PT. PJB juga menerapkan Manajemen Tata Kelola Perusahaan yang Baik (Good Corporate Governance/GCG), Manajemen Teknologi Informasi, Manajemen Pengetahuan (Knowledge Management), Manajemen SDM berbasis Kompetensi, Manajemen Baldrige, serta Manajemen House Keeping 5S.

Sebagai bagian dari transformasi dan perkembangan perusahaan, sejak 22 September 2022, PT. Pembangkitan Jawa-Bali (PJB) telah melakukan rebranding dengan mengubah namanya menjadi PT PLN Nusantara Power, menandai langkah baru dalam peningkatan efisiensi dan daya saing di sektor ketenagalistrikan.

2.1 Data Umum

Indikator Lokasi proyek	Desa Bhinor, kecamatan Paiton-kab. probolinggo
Koordinat Geografis	7°42'58.7"S dan 113°35'11.0"E
Perbatasan a). Sebelah Utara b). Sebelah Timur c). Sebelah Selatan d). Sebelah Barat	Laut Jawa, Selat Madura Kompleks PLTU Paiton Unit 1-8 Jalan Raya Probolinggo – Situbondo Garis Pantai Lokasi Pembangunan
PLTU Luas Area	± 476 ha
Kapasitas	2 x 400 MW
Spesifikasi Bahan Bakar	Batu Bara Kalori Rendah
Kebutuhan Batu Bara	3.467.500 t/Tahun

Tabel 2. 1 Data Umum

2.3. Visi dan Misi Perusahaan

2.3.1. Visi

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

2.3.1. Misi

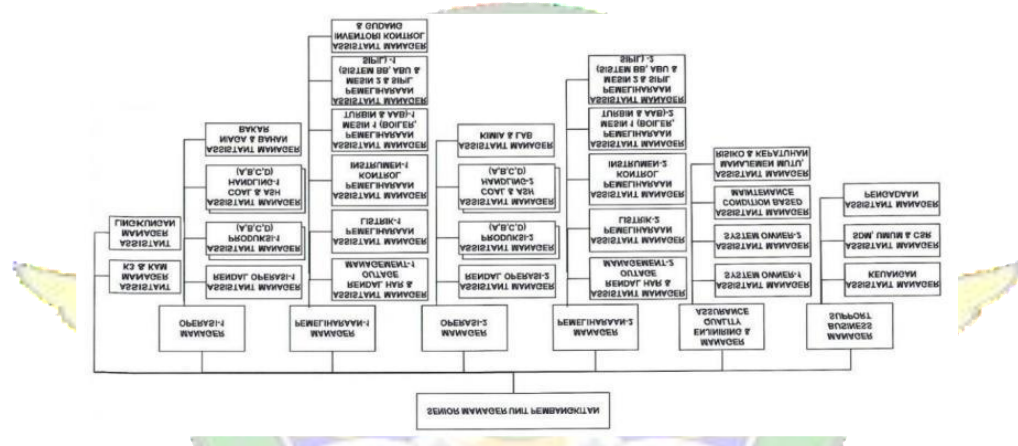
1. Menjalankan bisnis energi yang inovatif dan kolaboratif, tumbuh dan berkelanjutan, serta berwawasan lingkungan.
2. Menjaga tingkat kinerja tertinggi untuk memberikan nilai tambah bagi para pemangku kepentingan.
3. Menarik minat dan mengembangkan talenta terbaik serta menjalankan organisasi yang agile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

2.4. Strategi O&M PJB

1. menerapkan O&M dengan kaidah *Asset Management Best Practice*
2. Tahap Mobilisasi (O&M) selesai paling lambat 3 bulan sebelum COD
3. Berpartner dengan O&M Svc. Int'l
4. Technical support oleh konsultasi ahli Batubara
5. *Benchmarking* ke perusahaan pengelola PLTU China yang berhasil.

2.5. Struktur Organisasi

2.5.1. Struktur organisasi di PLN NP UP Paiton Unit 1&2



Gambar 2. 2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton 1&2 terdiri dari berbagai bagian dengan hierarki yang jelas, di mana setiap bagian memiliki peran dan tanggung jawab yang berbeda. Setiap tim dalam struktur ini berkontribusi sesuai dengan tugasnya masing-masing guna memastikan kelancaran operasional perusahaan.

1. Pimpinan Tertinggi (Senior Manajer) Unit Pembangkitan Paiton

Sebagai pemimpin utama, Senior Manajer bertanggung jawab atas peningkatan kinerja operasional serta pengelolaan kompetensi sumber daya manusia di Unit Pembangkitan Paiton. Tujuan utamanya adalah memastikan produksi tenaga listrik yang efisien, berkualitas, dan andal, dengan tetap memperhitungkan aspek komersial. Selain itu, senior manajer juga memastikan harga jual listrik tetap kompetitif sesuai kontrak kinerja yang telah ditetapkan oleh

direksi PT. PLN Nusantara Power.

2. Manajer Operasi

Manajer Operasi bertugas mengelola, merencanakan, serta menganalisis seluruh kegiatan operasional pembangkit listrik. Selain itu, ia juga mendorong inovasi dan mengevaluasi sistem yang diterapkan agar produksi listrik tetap optimal dan efisien. Fungsi lainnya mencakup pemantauan pencapaian target kinerja unit, pelayanan kepada pelanggan internal dan eksternal, serta penerapan berbagai sistem manajemen yang telah ditetapkan perusahaan, seperti Sistem Informasi Terpadu (SIT), Tata Kelola Perusahaan yang Baik (Good Corporate Governance/GCG), Sistem Manajemen Terpadu (IMS), serta Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3).

1) Asisten Manajer Perencanaan dan Pengendalian Operasi

Bertanggung jawab dalam memberikan dukungan kepada Manajer Operasi terkait perencanaan, pelaksanaan, serta pengendalian kegiatan operasional. Selain itu, memastikan langkah-langkah teknis yang tepat dalam menangani permasalahan yang timbul selama implementasi program kerja.

Struktur organisasi PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton 1&2 terdiri dari berbagai bagian dengan hierarki yang jelas, di mana setiap bagian memiliki peran dan tanggung jawab yang berbeda. Setiap tim dalam struktur ini berkontribusi sesuai dengan tugasnya masing-masing guna memastikan kelancaran operasional perusahaan.

2) Asisten Manajer Produksi (A, B, C, D)

Membantu Manajer Operasi dalam menyusun rencana serta anggaran pengendalian operasional, kemudian menguraikannya ke dalam fungsi produksi. Selain itu, bertugas untuk menjalankan serta mengawasi proses produksi guna memastikan pencapaian produksi tenaga listrik yang efisien dan efektif sesuai dengan rencana operasional yang telah ditetapkan.

3) Asisten Manajer Coal & Ash Handling

Mendukung Manajer Operasi dalam merancang, mengoperasikan, serta

mengawasi kegiatan operasional terkait batu bara, mulai dari tahap pengolahan hingga proses pembakaran. Selain itu, bertanggung jawab atas pengelolaan limbah pembakaran berupa abu (ash) hingga proses pembuangan yang sesuai dengan regulasi.

4) Asisten Manajer Bahan Bakar

Berperan dalam membantu Manajer Operasi dalam perencanaan dan penyusunan anggaran terkait penyediaan serta distribusi bahan bakar yang diperlukan dalam produksi listrik di Unit Pembangkit Paiton.

5) Asisten Manajer K3 dan Keamanan

Bertugas membantu Manajer Operasi dalam merancang serta mengalokasikan anggaran untuk bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Selain itu, menjalankan fungsi K3 yang mencakup keselamatan serta kesehatan seluruh pekerja, serta memastikan pengelolaan aset operasional di Unit Pembangkit Paiton sesuai dengan standar internasional yang berlaku.

1. Manajer Pemeliharaan

Bertanggung jawab dalam merancang, melaksanakan, dan memantau kegiatan pemeliharaan serta pengendalian agar unit selalu dalam kondisi siap beroperasi setiap saat. Hal ini dilakukan untuk memastikan pencapaian target Unit Pembangkit Paiton sesuai dengan kontrak kinerja yang telah ditetapkan.

1) Asisten Manajer Perencanaan Pengendalian (Rental) Pemeliharaan dan Outage Manajemen

Bertugas mendukung Manajer Pemeliharaan dalam mengoordinasikan pelaksanaan perencanaan, pengendalian, serta pemeliharaan yang mencakup tindakan prediktif, preventif, korektif, dan darurat di Unit Pembangkitan Paiton. Tugas ini dilakukan untuk memastikan unit dapat beroperasi secara optimal dalam mencapai target yang telah ditetapkan berdasarkan kontrak kinerja dari direksi.

2) Asisten Manajer Harian Mesin 1 (Boiler, Turbin, dan Peralatan Pendukung)

Mendukung Manajer Pemeliharaan dalam menjalankan dan menjaga kondisi peralatan mekanis secara harian, terutama yang berkaitan dengan pengoperasian

boiler, turbin, serta peralatan pendukung lainnya di Unit Pembangkitan Paiton. Tanggung jawab ini bertujuan untuk memastikan unit tetap beroperasi secara optimal.

3) Asisten Manajer Harian Mesin 2 (Sistem Bahan Bakar dan Abu)

Bertanggung jawab membantu Manajer Pemeliharaan dalam pelaksanaan serta pemeliharaan mekanis harian pada peralatan yang berkaitan dengan sistem bahan bakar dan abu di Unit Pembangkitan Paiton. Hal ini bertujuan untuk mendukung keberlangsungan operasi unit secara maksimal.

4) Asisten Manajer Pemeliharaan Listrik

Mendukung Manajer Pemeliharaan dalam mengelola evaluasi, analisis, serta pemeliharaan harian pada sistem kelistrikan Unit Pembangkitan Paiton. Upaya ini dilakukan untuk memastikan unit tetap beroperasi dengan efisien dan optimal.

5) Supervisor Harian Control Instrument

Bertugas membantu Manajer Pemeliharaan dalam menjalankan serta menjaga sistem kontrol dan instrumen di Unit Pembangkitan Paiton melalui kegiatan pemeliharaan harian. Tanggung jawab ini bertujuan untuk menjamin unit tetap beroperasi dengan baik dan optimal.

1. Manajer Enjiniring & Quality Assurance

Bertanggung jawab atas kelancaran aktivitas enjiniring dan quality assurance guna mendukung kinerja operasional serta pemeliharaan. Memberikan rekomendasi dan mengevaluasi pelaksanaan eksekusi tugas sebagai bahan analisis, serta mengarahkan dan mengoordinasikan proses audit dan penyusunan laporan audit yang komprehensif sesuai dengan standar yang berlaku.

1) Asisten Manajer System Owner

Mendukung manajer enjiniring dan quality assurance dalam pengalokasian dana untuk implementasi proyek sistem informasi yang menunjang produksi listrik di PLN NP UP Paiton. Merancang, mengelola, dan menjalankan pekerjaan terkait Teknologi Informasi (IT), termasuk aplikasi dan perangkat lunak dalam operasional harian PT. PLN NP UP Paiton, serta memberikan konsultasi dan solusi teknologi guna mencapai tujuan serta strategi bisnis perusahaan.

2) Asisten Manajer Manajemen Mutu, Risiko, dan Kepatuhan

Mendukung manajer enjiniring dan quality assurance dalam merancang, mengimplementasikan, serta mengontrol kegiatan audit internal. Tugasnya mencakup penentuan dan penilaian efektivitas serta efisiensi pengendalian operasional unit pembangkitan Paiton atau unit bisnis lainnya. Selain itu, memastikan pelaksanaan tanggung jawab yang diberikan memiliki reliabilitas serta integritas informasi di bidang audit operasional, keuangan, dan administrasi sesuai dengan kebijakan yang berlaku.

3) Asisten Manajer Kimia dan Laboratorium

Mendukung manajer enjiniring dan quality assurance dalam menyusun rencana serta anggaran di bidang kimia, yang kemudian dijabarkan ke dalam fungsi teknik kimia dan laboratorium. Bertanggung jawab dalam pelaksanaan serta pengendalian agar tujuan unit pembangkit Paiton dapat tercapai sesuai standar atau ketentuan yang berlaku.

4) Asisten Manajer Condition Based Maintenance

Membantu manajer enjiniring dan quality assurance dalam merancang strategi pemeliharaan peralatan yang digunakan dalam proses produksi. Mengatur pelaksanaan pemeliharaan yang tepat waktu dan akurat secara real-time guna memastikan keandalan serta efisiensi operasional peralatan.

5) Asisten Manajer Lingkungan

Mendukung manajer enjiniring dan quality assurance dalam merancang serta mengalokasikan anggaran terkait aspek lingkungan. Tugasnya mencakup penerapan rencana tersebut dalam pengelolaan tata letak, pemeliharaan, serta pelestarian lingkungan di sekitar Unit Pembangkit Paiton, dengan memastikan kepatuhan terhadap standar nasional maupun internasional.

5. Manajer Business Support

Bertanggung jawab dalam merumuskan rencana tahunan Unit Pembangkit Paiton, termasuk menyusun anggaran tahunan yang mencakup berbagai bidang di dalam unit tersebut. Selain itu, merancang strategi pengendalian keuangan serta memastikan pelaksanaannya berjalan optimal guna mendukung pencapaian target unit pembangkitan Paiton secara efektif dan efisien sesuai dengan kontrak kerja

yang ditetapkan oleh direksi.

1) Asisten Manajer SDM dan Keuangan

Mendukung manajer business support dalam perencanaan, pelaksanaan, serta pengendalian kegiatan di bidang sumber daya manusia (SDM). Tanggung jawabnya mencakup pengelolaan sistem dan struktur organisasi SDM, pengembangan pendidikan dan pelatihan, penyediaan fasilitas kerja, pembinaan mutu terpadu, serta manajemen hubungan karyawan di Unit Pembangkit Paiton. Semua ini dilakukan guna memastikan pencapaian target unit sesuai dengan kontrak kinerja yang telah ditetapkan oleh direksi.

2) Asisten Manajer Inventori Kontrol dan Gudang

Membantu manajer business support dalam merancang rencana serta anggaran terkait pengendalian dan pemeliharaan inventori. Tugasnya mencakup penerapan strategi inventori kontrol dan katalogisasi, serta memastikan pelaksanaan dan pengawasan yang efektif agar tingkat inventori tetap optimal.

3) Asisten Manajer Pengadaan

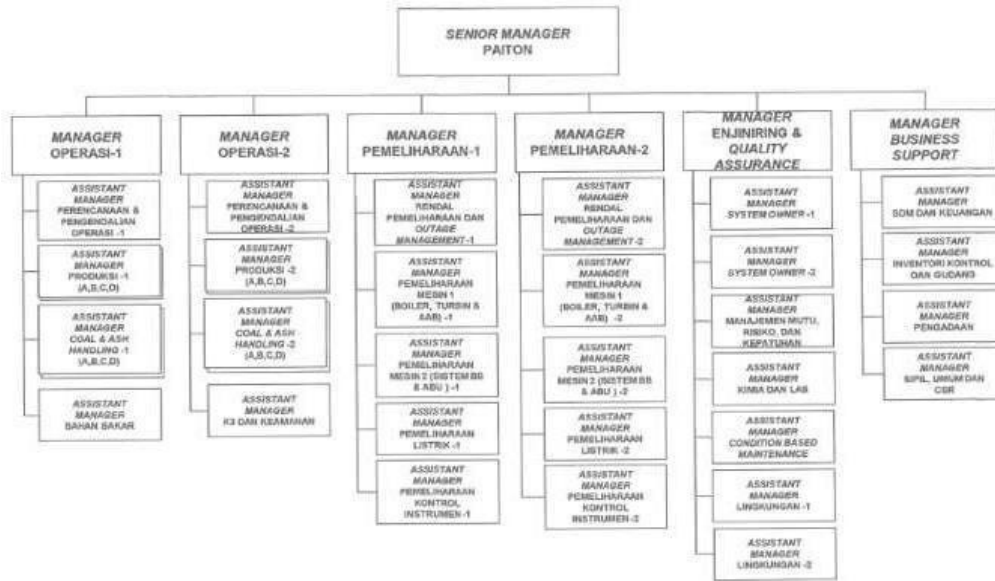
Mendukung manajer business support dalam merancang serta mengalokasikan anggaran di bidang pengadaan. Selain itu, bertanggung jawab atas pelaksanaan dan pengendalian proses pengadaan agar berjalan secara sistematis, efektif, dan efisien. Proses ini dijalankan sebagai bagian dari upaya mendukung kelancaran produksi.

4) Asisten Manajer Sipil, Umum, dan CSR

Membantu manajer business support dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengawasi berbagai kegiatan di bidang umum. Tanggung jawab ini bertujuan untuk memastikan pencapaian target yang telah direncanakan oleh Unit Pembangkit Paiton berjalan sesuai rencana.

2.6. Struktur Organisasi

2.6.1 Struktur Organisasi PT. PLN NP UP Paiton Unit 1 & 2



Gambar 2. 3 Struktur Organisasi Bagian Pemeliharaan Listrik Unit 1 & 2



Gambar 2. 4 Struktur Organisasi Ruang Listrik

2.7 Nilai Dasar dan Budaya Perusahaan

2.7.1 Nilai Dasar Perusahaan



Gambar 2. 5 Cover Values BUMN

1. Amanah : Memegang teguh kepercayaan yang diberikan
2. Kompeten : Terus belajar dan mengembangkan kapabilitas
3. Harmonis : Saling peduli dan menghargai perbedaan
4. Loyal : Berdedikasi dan mengutamakan kepentingan Bangsa dan Negara
5. Adaptif : Terus berinovasi dan antusias dalam menggerakkan ataupun menghadapi perubahan
6. Kolaboratif : Membangun Kerjasama yang sinergis

2.7.2 Budaya Perusahaan



Gambar 2. 6 Budaya 5S PT. PLN Nusantara Power

- a. Seiri (Ringkas): Memisahkan barang sesuai prioritas
- b. Seiton (Rapi): Menyimpan barang di tempat yang tepat
- c. Seiso (Resik): Membersihkan area kerja, mesin, dan perlengkapan secara rutin
- d. Seiketsu (Rawat): Memelihara fasilitas alat dan mesin secara teratur
- e. Shitsuke (Rajin): Membiasakan bekerja sesuai prosedur secara disiplin

2.8 Kesehatan, Keselamatan Kerja (K3) dan Lingkungan Bagi Karyawan

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) adalah upaya untuk membuat tempat kerja sehat dan aman sehingga lebih sedikit kecelakaan kerja dan penyakit yang disebabkan oleh kelalaian yang menyebabkan orang tidak termotivasi dan kurang produktivitas. Menurut UU Pokok Kesehatan RI No. 9 Th. 1960 Bab I Pasal II, Kesehatan Kerja adalah kondisi kesehatan yang bertujuan untuk memastikan masyarakat pekerja memperoleh derajat kesehatan setinggi mungkin, baik jasmani, rohani, maupun sosial, dengan usaha pencegahan dan pengobatan penyakit atau gangguan kesehatan yang disebabkan oleh pekerjaan dan lingkungan kerja mereka, serta penyakit umum.

Menurut Undang – Undang Keselamatan kerja No.1 tahun 1970, tujuan keselamatan kerja adalah untuk:

Mencegah dan mengurangi dan memadamkan kebakaran.

Mencegah dan mengurangi kecelakaan.

Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan.

Memberikan keselamatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian lain yang berbahaya.

Memberikan pertolongan pada kecelakaan.

Memberikan alat-alat perlindungan pada kecelakaan.

Memberikan alat-alat perlindungan kepada para pekerja.

Mencegah dan mengendalikan timbul dan menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara dan getaran.

Mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja, baik fisik, psikis, peracunan, infeksi dan penularan.

Memperoleh penerangan yang cukup sesuai.

Menyelenggarakan suhu dan lembab udara yang baik.

Memelihara kebersihan, kesehatan dan kertertiban.

Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya.

Mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang.

Mencegah sengatan aliran listrik yang berbahaya.

Menyelesaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yang kecelakaannya menjadi bertambah tinggi.

Teknik Pekerjaan

Sebelum melakukan pekerjaan, pada PT. PLN NP UP Paiton memiliki peraturan yang harus dilaksanakan yaitu diantaranya:

Permit to Work (PTW)

Untuk memastikan bahwa pekerjaan dilakukan dengan aman dan efektif, sistem manajemen dikenal sebagai Persetujuan untuk Pekerjaan (PTW). Tujuan

dari perizinan pekerjaan ini adalah untuk memastikan bahwa kondisi tempat pekerjaan sudah aman. Perizinan ini juga mengidentifikasi tahap awal bahaya dan tindakan pencegahan yang dilakukan oleh pekerja serta peralatan yang mereka gunakan.

PLN Nusantara Power		PT PEMBANGKITAN JAWA BALI		No. Dokumen : FMZ-08-2-3-21
		PJB INTEGRATED MANAGEMENET SYSTEM		Tgl Berlaku : 5 Jan 2015
		PERMIT TO WORK		Revisi : 0.1
		UNIT PEMBANGKITAN PAITON		Halaman : 1 dari 1
Work Order No : 00291295 / 001		Permit to Work No : PT028501		No Kuncil :
Lokasi Pekerjaan : PLANT AREA		Pekerjaan dengan banyak pihak : Y / N		
Nama Pekerjaan : Perbaikan Lampu Sampling Room #1		Specify When : ROS / TEST / LIVE		
Mulai Pekerjaan : 01 February 2023		Akhir Pekerjaan : 08 February 2023		
Disahkan / Signed : <i>[Signature]</i> SPVS Produkul		Disahkan / Signed : <i>[Signature]</i> PTW Officer		Mengetahui : <i>[Signature]</i> Safety Officer (K3)
Tanggal :		Waktu :		
KKS ID	Deskripsi	Metode Isolasi	Catatan	
	Koordinasi dgn operator sampling room MCB lampu	koordinasi off		
Di Isolasi Oleh :		Di Restorasi Oleh :		
Waktu / Time : 09:09:15		Waktu / Time : 10:00		
Tandatangan / : <i>[Signature]</i>		Tandatangan / : <i>[Signature]</i>		
Tanggal / Date : 09:09		Tanggal / Date : 09:09:15		
Note by PTW Officer : PERBAIKAN LAMPU SAMPLING ROOM #1				
Diterima / Accepted : <i>[Signature]</i> Accepter / SPV Maintenance		Nama / Name : <i>[Signature]</i> Perusahaan / Company : PT PLN MP		
CLEARANCE (dilis/stempel oleh Maintenance setelah pekerjaan selesai) Pekerjaan telah selesai, selanjutnya untuk keadaan pembatalan di area PT, PJB harus dituliskan :		CANCELLATION Izin Ini / Akses pembatalan dan tindakan telah diambil sehubungan dengan pengecualian dinyatakan di atas.		
Waktu / Time : <i>[Signature]</i> Tanggal / : <i>[Signature]</i>		Waktu / Time : <i>[Signature]</i> Tanggal / : <i>[Signature]</i>		
Waktu / Time : <i>[Signature]</i> Tanggal / : <i>[Signature]</i>		Waktu / Time : <i>[Signature]</i> Tanggal / : <i>[Signature]</i>		
1. Putih Untuk pelaksana Pekerjaan		2. Merah untuk pelaksana K3		3. Biru untuk PTW Officer

Gambar 2. 7 Permit to Work

Work Order

Work Order adalah perintah kerja. Secara umum, work order adalah dokumen tertulis yang di dalamnya berisi perintah suatu pekerjaan dalam ruang lingkup internal maupun eksternal perusahaan pada pelaksana yang memang ditugaskan.

UNIT PEMBANGKITAN PAITON			
00303638/001		Surat Perintah Kerja	
		Page : 1	
No. SPK/WO : 00303638	No. Equipment : P0077		
Diterbitkan Oleh : FAIZAL DMI FEBRIANTO	Nama : POMPA KELONTONG A P000GAF10AP001		
Tanggal : 03 AUG 2023	Productive Unit : PU PAITON OUTSIDE SUPPORTING PLANT		
Jam Dilaporkan : null	Lokasi : KELONTONG (DESA)		
	Kode Perkiraan : APT122050000800		
Ditujukan Ke : PELEC	Deskripsi Umum Pekerjaan : REGREASING MOTOR KLONTONG A		
Tipe SPK/WO : MAINTENANCE	Deskripsi Tambahan :		
Tipe Pemeliharaan : PREDICTIVE MAINTENANCE			
Prioritas : NORMAL (PRIORITY 1)			
Disetujui Oleh : FAIZAL DMI FEBRIANTO	Petunjuk Pelaksanaan :		
Jadwal : Start: 09 AUG 2023 Finish : 09 AUG 2023	Motor Operasi:		
WG Pelaksanaan : PELEC	1. Regreasing bearing motor. Tipe		
Dilaksanakan Oleh :	grease: Shell Gadus S3 T100 2. Quantity		
Kelas Isolasi : ISOLATION THAT COULD NOT DISTURB UNIT	grease: 100 gram		
Safety Permit : SAFETY OPERATION PERMIT (IJIN KERJA OPS. SAFETY)			
No. Task : 001/001			
Deskripsi Task : REGREASING MOTOR KLONTONG			
Tenaga Kerja	Jumlah Lama Kerja		
LISTRIK SENIOR TEKNIK	01 1.00		
LISTRIK JUNIOR TEKNIK	01 1.00		
WORKING PERMIT / SAFETY PERMIT			
Pemintaan : 1 / 2 / 3 / 4	Safety Permit		
Diminta Oleh :	Disetujui : E Safety		
Tanggal / Jam :	Tanggal / Jam :		
Pelaksana Isolasi : Produksi A / B / C / D			
Izin Kerja Oleh : E Produksi A / B / C / D			
Tanggal / Jam :			
Diuji Oleh : - Produksi A / B / C / D	Release Isolasi		
: - Kinerja	Diminta Oleh :		
Pelaksana :	Tanggal/Jam :		
	Pelaksana : E Produksi A / B / C / D		
Tanggal / Jam :	Tanggal / Jam : 09-08-2023		
Hasil :	Diperiksa : E Produksi A / B / C / D		
Diuji : E Produksi A / B / C / D			
: E Kinerja			
SPK/WO Ditutup :			
Tanggal / Jam :			
[] Shutdown : Start Tanggal / : /	Repair : Start Tanggal / : 09-08-2023 09.00		
Stop Tanggal / : /	Stop Tanggal / : 09-08-2023 10.00		
Pekerjaan Selesai :	Pelaksana Pekerjaan :	Pay Class	E/A Code
Tanggal : 09-08-2023	Hendra	List	101
Lama Pekerjaan : 1.00 jam	Regna	List - Off	101
Jumlah Tenaga : 2 orang			
Material : grease			
Aktual Kerusakan Yang Terjadi : rusak PA	Penyebab Kerusakan : rusak PA	Pekerjaan Yang Dilakukan :	regreasing

Gambar 2. 8 Work Order

Instruksi Kerja (IK)

Instruksi Kerja (IK) adalah sekumpulan langkah yang dilakukan seseorang untuk menyelesaikan pekerjaan secara aman dan lengkap. IK mendampingi Standar Operasi Prosedur (SOP), yang menjelaskan secara rinci langkah instruksional yang ada dalam kegiatan SOP, dan hanya mencakup satu unit kerja.

INSTRUKSI KERJA (IK) PJB-IMS 2.0

PENGOPERASIAN ESP

NO. DOKUMEN : IKPT-001-14.2.1.8.g-048

TANGGAL DITETAPKAN : 01/06/2004

TANGGAL DIPERBARUI : 12/11/2021

REVISI : 05

Disusun,	Disetujui,	Disahkan,
		
SPV S Produksi B	Manager Unit	General Manager Unit

PJB

PT PEMBANGKITAN JAWA BALI

PJB INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEM

INSTRUKSI KERJA VERY HOT START

Nomor Dokumen : IKPT-001-14.2.1.8.g-048

Revisi : 05

Tanggal Terbit : 01-06-2004

Halaman : 5 dari 10

F Detail Aktivitas (Persiapan, Pelaksanaan dan Tindakan Akhir)

- **Perencanaan/ Persiapan:**
 - a. Pastikan semua ESP casing / man-hole sudah tertutup
 - b. Pastikan tidak ada kebocoran oli pada Gear-box Rapper Motor baik itu pada GDM, CRM dan ERM
 - c. Pastikan High-Voltage Transformator di atas ESP casing dalam kondisi aman (ESP casing tertutup rapat) serta tidak ada penangan air yang disebabkan Fire Protection yang aktif, saluran sanitasi yang tersumbat, dsb.
 - d. Pastikan Ground and Disconnecting Switch (tergabung dengan HV Transformator) sudah masuk / terhubung pada jalur DE (Discharge Electrode), bukan pada jalur Ground.
 - e. Pastikan tidak ada sinyal MFT (Main Fuel Trip) atau Boiler Trip di CCR (Unit tidak trip / shutdown) atau Unit dalam kondisi Coal Firing bukan HSD Oil Firing.
 - f. Pastikan Breaker ESP dalam kondisi ON atau sudah masuk (rack-in)
 - g. Pastikan Main Circuit Breaker (train A dan B) pada posisi ON di ESP Control Room
 - h. Pastikan Switch-Gear Room Ventilator (Fan) running ketika memposisikan ON breaker dari PPTR (Perceptitor) Switch-Gear Ventilation (nVUICA & nVUICB).
 - i. Pastikan Breaker pada Central Control Unit (nPL15J dan nPL28J) pada posisi ON
 - j. Pastikan Breaker pada Rapper Control Panel (nPL27J dan nPL29J) pada posisi ON
 - k. Pastikan pada modul ESP Controller EPIC III (nPE08EX dengan X = 1-16) dalam kondisi berikut ini:
 1. Main Breaker dalam posisi ON dan tombol-lampu OFF menyala (warna hijau)
 2. Posisikan selector pada posisi AUTO
 3. Tidak ada tombol-lampu ALARM RESET (warna orange) yang menyala
 4. Tidak ada lampu TRIP (warna kuning) yang menyala
 5. Pastikan semua display (seven-segment) dalam kondisi baik (menyala / menunjuk angka)
 6. Primary / Secondary Current yang terbaca pada display menunjuk nol
 - l. Pastikan / posisikan OFF, semua selector pada Control Panel berikut ini :

Gambar 2. 9 Instruksi Kerja

Menggunakan Alat Pelindung Diri

Alat pelindung diri adalah alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang dalam bekerja yang fungsinya untuk mengisolasi tubuh tenaga kerja dari bahaya di tempat kerja. Alat pelindung yang dipakai oleh tenaga kerja secara langsung untuk mencegah sebuah kecelakaan yang disebabkan oleh berbagai faktor yang ada atau timbul di lingkungan kerja.

Perlindungan Personal

Perlindungan Mata dan Muka

Untuk melindungi muka dan mata dari loncatan bunga api, loncatan benda-benda kerja, percikan bahan kimia dan sinar yang bersifat keras.



Gambar 2. 10 Pelindung Wajah dan Mata

1) Topi Pelindung atau Helm

Untuk melindungi kepala terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas dan lain lain.



Gambar 2. 11 Helem Safety

2) Sepatu *Safety*

Untuk melindungi kaki terhadap bahaya listrik, mekanis, panas dan lain-lain.



Gambar 2. 12 Sepatu Safety

3) Pelindung Telinga

Untuk melindungi pendengaran petugas dari suara keras yang melampaui batas kekuatan pendengaran.



Gambar 2. 13 Pelindung Telinga

4) Masker Safety

Untuk melindungi alat pernafasan petugas (kerongkongan, paru-paru dan lain-lain) terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh debu, serbuk-serbuk cat, gas beracun lainnya.



Gambar 2. 14 Masker Safety

5) Sarung tangan dan Sarung Lengan

Untuk melindungi tangan dan lengan terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia, panas dan lain-lain.



Gambar 2. 14 Sarung Tangan

6) Werk Pack

Untuk melindungi badan terhadap bahaya listrik, mekanik, kimia panas dan lain-lain.



Gambar 2. 15 Werk pack

5. Koordinasi Dengan Operator Terkait

Koordinasi dengan operator terkait sangat diperlukan sebelum melakukan pekerjaan, tujuannya untuk berkoordinasi agar pelaksanaan pekerjaan berjalan sesuai perintah dan arahan yang benar sehingga pekerjaan yang dilaksanakan berjalan dengan aman.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Proses Produksi Listrik PLTU Paiton Unit 1&2

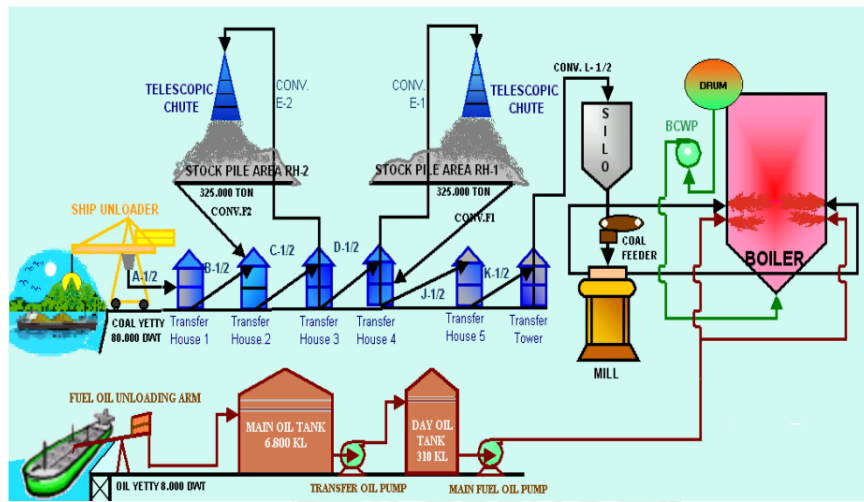
Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Sistem kerja PLTU menggunakan uap sebagai media untuk memutar sudu-sudu turbin, di mana uap yang digunakan adalah uap kering. PLTU berbahan bakar batu bara beroperasi berdasarkan siklus Rankine yang telah dimodifikasi dengan mencakup proses pemanasan lanjut (*superheating*), pemanasan air pengisi ketel/boiler (*feed water heating*), serta pemanasan kembali uap keluar dari turbin tekanan tinggi (*steam reheating*).

Secara prinsip, PLTU menghasilkan energi listrik melalui proses konversi energi panas dari bahan bakar menjadi energi mekanik yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik. Energi panas dari bahan bakar digunakan untuk menghasilkan uap yang dialirkan ke turbin guna mengubah energi panas menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar. Perputaran ini kemudian dikopel dengan generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Dalam proses ini, energi panas dalam bahan bakar tidak langsung disalurkan ke turbin, melainkan terlebih dahulu dialirkan ke dalam *steam generator* atau yang dikenal sebagai *boiler* (ketel uap).

3.1.1. Proses Kebutuhan Bahan Bakar PLTU Paiton Unit 1&2

Bahan bakar dalam pengoperasian PLTU Paiton unit 1 & 2 menggunakan bahan bakar Batu bara dan Solar (minyak HSD) Penggunaan Solar di pergunakan saat awal pembakaran pada *boiler* atau biasa disebut dengan proses *firing*, setelah itu bahan bakar solar digantikan dengan menggunakan bahan bakar batu bara.

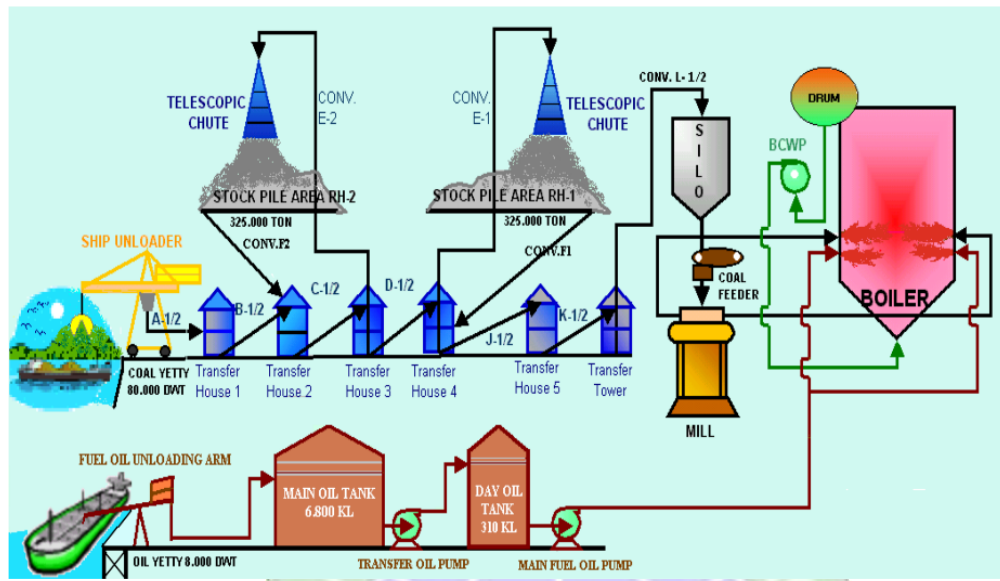
3.1.1.1. Siklus Bahan Bakar Minyak



Gambar 3. 1 Siklus Bahan Bakar Minyak PLTU Paiton 1&2

Bahan bakar minyak diangkut oleh kapal yang kemudian dibongkar di unloading arm. Dari unloading arm, minyak dipompa dengan menggunakan pompa dari kapal tersebut menuju *Main Oil Tank*. Dari *Main Oil Tank*, minyak dipompa oleh *transfer oil pump* menuju *Day Oil Tank*. Kemudian minyak akan ditransfer menggunakan *Main Fuel Oil Pump* menuju *boiler* untuk digunakan pada saat proses *Firing*.

3.1.1.2 Penanganan Batubara



Gambar 3. 2 Siklus Bahan Bakar Batubara pada PLTU Paiton Unit 1&2

Batubara terlebih dahulu masuk ke *coal feeder* untuk ditimbang dan diatur laju alirannya sebelum dialirkan ke *mill*. Di dalam *mill*, batubara digiling hingga mencapai tingkat kehalusan yang sesuai dengan standar, yaitu 200 mesh. Setelah itu, batubara ditiup ke *burner* menggunakan PA fan (*Primary Air fan*). Proses pembakaran berlangsung di ruang bakar *boiler* (*furnace*), dengan udara pembakaran yang dipasok oleh FD fan (*Force Draft fan*) setelah terlebih dahulu dipanaskan.

Sisa batubara yang tidak terbakar sempurna akan dibuang menuju bottom ash silo. Sementara itu, gas buang (*flue gas*) diarahkan oleh ID fan ke ESP (*Electrostatic Precipitator*). Kotoran pada gas buang dibersihkan dengan cara mematikan muatan positif pada pelat, sehingga partikel kotoran jatuh dengan sendirinya dan dikumpulkan di *fly ash silo*. Proses ini berlangsung secara berulang dalam siklus bahan bakar.

Sistem *coal handling* memiliki tiga tahap utama pemindahan batubara,

yaitu:

a. *Unloading*: Pemindahan batubara dari kapal tongkang ke stockpile (*coal yard*) menggunakan ship unloader.

b. *Loading*: Pemindahan batubara dari stockpile 1 atau 2 ke dalam silo dengan bantuan conveyor.

c. *Direct Unloading*: Pemindahan langsung dari kapal tongkang ke stockpile sementara dan silo menggunakan conveyor.

Berikut adalah deskripsi singkat dari setiap instrumen yang terlibat dalam siklus bahan bakar batu bara:

a. *Ship Unloader*



Gambar 3. 3 Ship Unloader

Ship unloader merupakan alat yang digunakan untuk membongkar batu bara dari kapal tongkang. Batu bara yang telah dibongkar akan dikirimkan ke stockpile atau silo melalui conveyor

b. Conveyor



Gambar 3. 4 Conveyor

Conveyor adalah alat mekanik yang digunakan untuk memindahkan batu bara dari satu lokasi ke lokasi lain. Conveyor yang digunakan berbentuk ban karet berjalan yang berfungsi mendistribusikan batu bara untuk kebutuhan bahan bakar.

c. Transfer House



Gambar 3. 5 Transfer House

Transfer house adalah fasilitas yang memungkinkan perpindahan batu bara dari satu jalur conveyor ke jalur conveyor lainnya. Di dalam transfer house

terdapat hopper yang berfungsi mengarahkan perpindahan batu bara dengan lebih teratur.

d. Stockpile



Gambar 3. 6 Stockpile

Stockpile adalah area penyimpanan sementara untuk batu bara yang diterima dari ship unloader sebelum batu bara tersebut dikirimkan ke silo.

e. Silo



Gambar 3. 7 Silo

Silo berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara batu bara sebelum dipasok ke boiler. Pada PLTU Paiton, setiap unit dilengkapi dengan lima

silo. Silo dirancang untuk memasok kebutuhan boiler selama beberapa jam meskipun tidak ada pasokan batu bara masuk.

f. Coal Feader



Gambar 3. 8 Coal Feeder

Coal feeder berfungsi untuk menimbang dan mengatur laju aliran batu bara yang akan masuk ke mill. Selain itu, alat ini juga berfungsi sebagai penyalur batu bara menuju mill.

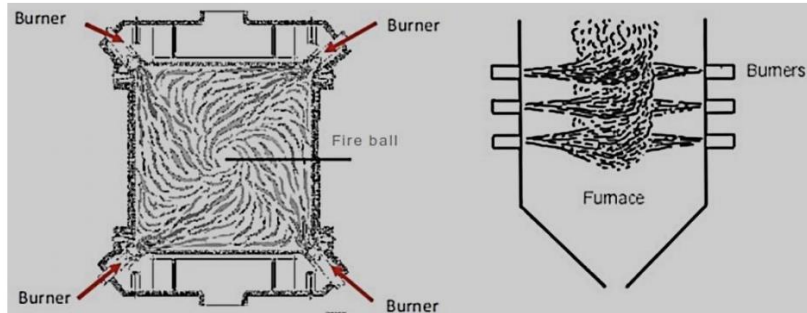
g. Mill (Pulverizer)



Gambar 3. 9 Mill

Mill digunakan untuk menggiling batu bara yang disuplai oleh coal feeder hingga mencapai tingkat kehalusan 200 mesh. Serbuk batu bara yang dihasilkan kemudian dibawa ke boiler dengan bantuan udara primer.

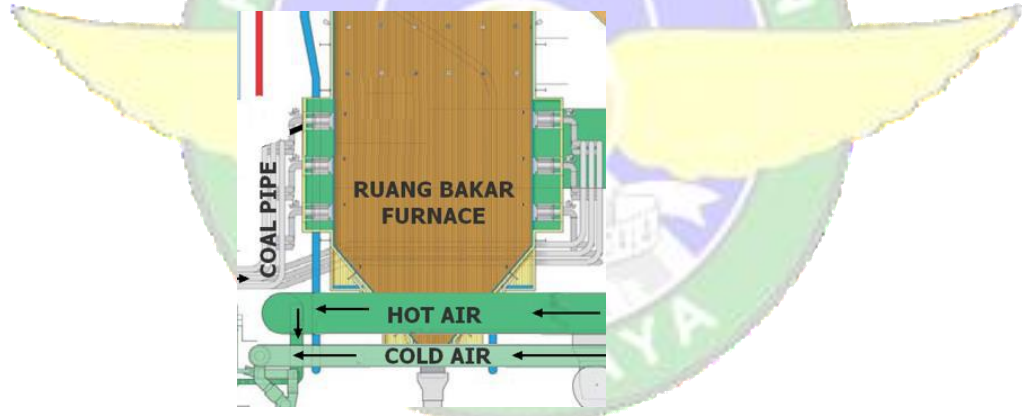
h. Burner



Gambar 3. 10 Burner

Burner adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk membakar serbuk batu bara di area furnace.

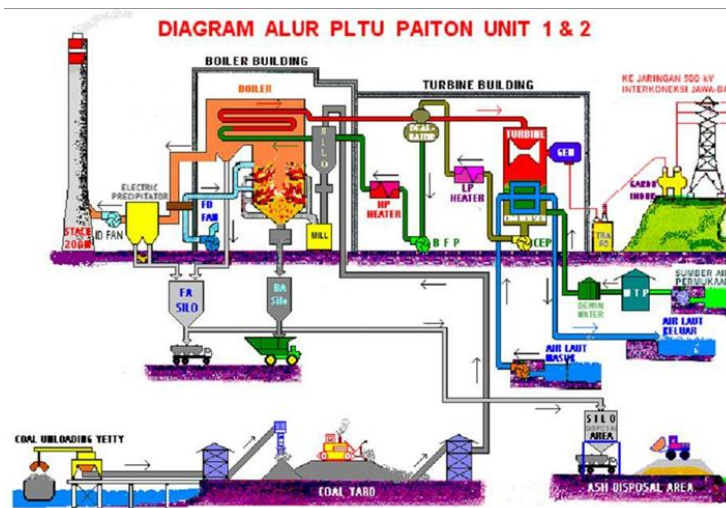
i. Furnace



Gambar 3. 11 Furnace

Furnace adalah ruang tempat terjadinya pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan panas yang digunakan untuk memanaskan dan mengubah air menjadi uap.

3.1.2 Siklus Umum PLTU Paiton Unit 1&2



Gambar 3. 12 Siklus Umum Pltu Paiton Unit 1&2

Sumber air untuk PLTU Paiton Unit 1 dan 2 berasal dari mata air di Desa Klontong. Air ini dihisap oleh enam pompa yang menyalurkannya ke tangki sumur berkapasitas 5000 KL, lalu dipompa kembali menuju tangki layanan dengan kapasitas 12000 KL. Air dari tangki layanan ini didistribusikan untuk tiga kebutuhan utama: pemadam kebakaran, penanganan batu bara dan abu (coal and ash handling), serta pengolahan air di WTP (water treatment plant).

Di WTP, air difiltrasi menggunakan clarifier dan sand filter, kemudian disimpan dalam tangki clear well. Sebagian air dari tangki ini dipompa ke tangki portabel untuk kebutuhan sanitasi di kantor PLTU Paiton Unit 1 dan 2, sementara sisanya diproses lebih lanjut menjadi air make-up yang digunakan sebagai kondensat dalam proses pembentukan uap.

Air kondensat yang telah diproses akan mengalami pemanasan bertahap melalui LPH (Low Pressure Heater), Deaerator, HPH (High Pressure Heater), dan Economizer hingga berubah menjadi uap di water wall/water tube/evaporator. Uap panas ini kemudian dialirkan ke Superheater untuk mencapai suhu 538°C dengan tekanan 169 kg/cm², yang digunakan untuk memutar turbin uap yang terhubung dengan generator. Generator ini berputar dengan kecepatan 3000 rpm, menghasilkan daya listrik sebesar 473 MVA pada frekuensi 50 Hz dan tegangan

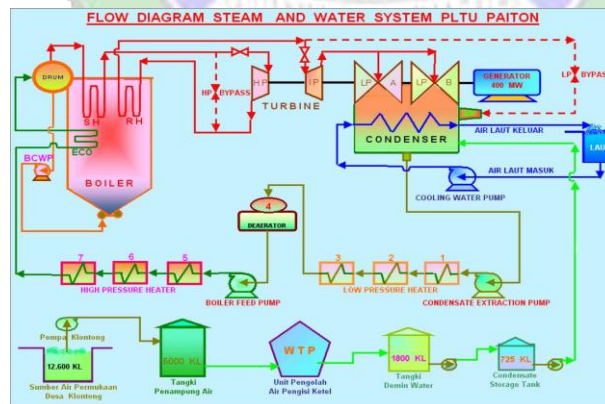
18 kV.

Listrik yang dihasilkan kemudian ditingkatkan tegangannya oleh Generator Transformer (GT) menjadi 18/500 kV dengan kapasitas 473 MVA, lalu disalurkan melalui jaringan transmisi 500 kV ke GI Krian serta melalui transmisi 150 kV ke GI Probolinggo dan Situbondo.

Bahan bakar batu bara untuk PLTU ini berasal dari tambang di Kalimantan. Batu bara diangkut dengan kapal tongkang dan dibongkar di coal jetty menggunakan Ship Unloader, kemudian dipindahkan ke stockpile menggunakan conveyor. Dari stockpile, batu bara disalurkan ke silo sebelum digiling menjadi serbuk halus di pulverizer/mill hingga mencapai ukuran 200 mesh.

Serbuk batubara ini kemudian dikirim ke ruang bakar boiler untuk pembakaran. Sisa pembakaran terdiri dari dua jenis abu: bottom ash dan fly ash. Fly ash ditangkap oleh elektrostatis dan disimpan di fly ash silo, biasanya digunakan untuk campuran semen. Sementara itu, bottom ash dikumpulkan oleh Submerged Scraper Conveyor (SSC) dan dibawa ke bottom ash silo sebelum diangkut ke Ash Disposal Area menggunakan truk bak terbuka.

3.1.3 Siklus Air dan Uap



Gambar 3. 13 Siklus Air dan Uap PLTU Paiton Unit 1&2

Siklus air dan uap yang diterapkan di PLTU menggunakan siklus Rankine. Prinsip kerja siklus ini adalah memanfaatkan panas dari sumber energi untuk menguapkan air. Uap yang dihasilkan kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin, yang pada gilirannya memutar generator guna menghasilkan listrik.

Di PLTU Paiton Unit 1 dan 2, sumber air berasal dari mata air Desa Klontong, yang memiliki enam pompa. Air dari sumber tersebut dipompa ke tangki air sumur (well water tank) berkapasitas 5000 KL, kemudian diteruskan ke tangki air layanan (service water tank) dengan kapasitas 12.000 KL. Air ini digunakan untuk tiga keperluan utama: pemadam kebakaran, penanganan batubara dan abu, serta pengolahan air di Water Treatment Plant (WTP). Tangki air layanan ditempatkan di ketinggian untuk memungkinkan aliran gravitasi saat terjadi situasi darurat tanpa perlu menggunakan pompa.

Proses penyaringan air di WTP dimulai dengan clarifier dan sand filter yang mengendapkan partikel besar seperti pasir dan lumpur dengan bantuan lamella. Air yang sudah lebih bersih kemudian difilter ulang menggunakan gravity filter yang terdiri dari pasir, arang, serta batu kecil dan besar. Hasilnya ditampung di clear well yang berada di bawah tanah. Sebagian air dipompa ke tangki portabel untuk kebutuhan sanitasi kantor PLTU, sementara sebagian lainnya dipompa menuju proses WTP sebagai air make-up yang digunakan sebagai air kondensat dalam proses pembentukan uap.

Selanjutnya, mineral dalam air dihilangkan di WTP menggunakan resin bermuatan positif dan negatif untuk mengikat ion-ion yang terkandung dalam air. Hasilnya adalah air bebas mineral (demineralized water) yang ditampung di demin water tank. Air ini kemudian dipompa ke condensate tank untuk menambah air kondensat jika diperlukan.

Air kondensat diproses di condensate polisher yang berisi resin anion dan kation untuk menangkap kotoran akibat korosi atau kebocoran kondensor. Jika

konduktivitas air kondensat melebihi batas yang ditetapkan, condensate polisher diaktifkan untuk menurunkannya. Selanjutnya, air dipanaskan di LP heater menggunakan uap dari Low Pressure Turbine (LP Turbin) dengan sistem pemanasan tidak langsung.

Proses berlanjut ke deaerator untuk menghilangkan oksigen dalam air dengan metode kontak langsung antara uap dan air. Gas-gas yang terpisah dari air bergerak ke bagian atas deaerator dan dibuang ke atmosfer. Uap pemanas berasal dari Intermediate Pressure Turbine (IP Turbin). Air dari deaerator kemudian dipompa oleh Boiler Feed Water Pump (BFWP) ke HP heater untuk pemanasan lebih lanjut sebelum masuk ke economizer.

Di steam drum, air yang belum sepenuhnya menjadi uap dipisahkan berdasarkan massa jenisnya: uap berada di atas, sedangkan air di bawah. Uap basah dari steam drum dialirkan ke superheater untuk dipanaskan menjadi uap kering. Uap ini kemudian digunakan untuk memutar sudu-sudu High Pressure Turbine (HP Turbin).

Setelah melewati HP Turbin, tekanan dan suhu uap turun. Uap tersebut kemudian dipanaskan kembali secara isobarik di reheater sebelum dialirkan ke IP Turbin dan LP Turbin. Uap yang keluar dari LP Turbin akhirnya dikondensasikan kembali di condensor menjadi air pengisi untuk memulai siklus kembali.

Bagian-bagian proses ini membentuk sistem pengolahan air dan uap yang memastikan efisiensi dan kelangsungan produksi listrik di PLTU Paiton Unit 1 dan 2. Untuk bagian dari pengolahan air dan uap adalah sebagai berikut:

a. Water Treatment Plant (WTP)



Gambar 3. 14 Water Treatment Plant

Water Treatment Plant adalah proses pengolahan air dari sumber untuk menghasilkan air demineral atau air bebas mineral. Air ini digunakan dalam produksi uap yang menggerakkan turbin uap.

b. Well Water Tank



Gambar 3. 15 Well Water Tank

Well Water Tank merupakan tempat penampungan air yang bersumber dari Desa Klontong sebelum memasuki tahap pengolahan atau siklus air. Kapasitas penyimpanannya mencapai 5000 KL.

c. Demin Water Tank



Gambar 3. 16 Demin Water Tank

Demin Water Tank berfungsi sebagai tempat penyimpanan air hasil pemisahan ion kation dan anion. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan mineral yang dapat merusak logam dan memicu korosi.

d. Kondensor



Gambar 3. 17 Kondensor

Kondensor adalah alat penukar kalor yang digunakan untuk mengubah uap dari turbin menjadi air. Proses ini terjadi karena uap bersentuhan dengan pipa-pipa yang berisi air pendingin.

e. Condensate Pump



Gambar 3. 18 Condensate Pump

Condensate Extraction Pump (CEP) berfungsi untuk memompa air kondensat dari kondensor menuju proses berikutnya, yaitu deaerator dan feed water tank.

f. Condensate Polisher



Gambar 3. 19 Condensate Poliser

Condensate Polisher dilengkapi dengan heat exchanger yang menurunkan suhu kondensat hingga batas yang dapat diterima oleh activated carbon dan ion exchange resin. Activated carbon berfungsi menghilangkan hidrokarbon, sedangkan mixed bed polisher menurunkan konduktivitas serta kadar silikon sesuai kebutuhan boiler feed water.

Gland Steam Condenser



Gambar 3. 20 Gland Steam Condenser

Gland Steam Condenser adalah heat exchanger tipe shell and tube, di mana sisi shell digunakan untuk gland seal dan sisi tube dialiri air pendingin. Air pendingin biasanya berasal dari kondensat, sehingga alat ini juga berfungsi sebagai pemanas awal air kondensat.

Low Pressure Heater (LPH)



Gambar 3. 21 Low Pressure Heater

Low Pressure Heater adalah alat yang memanfaatkan uap ekstraksi turbin untuk memanaskan air pengisi boiler sebelum dikondensasikan di kondensor.

Daerator



Gambar 3. 22 Daerator

Deaerator adalah alat yang terdiri dari tangki horizontal dan sistem pemanas gabungan. Fungsinya adalah meningkatkan suhu air kondensasi, menghilangkan oksigen, dan mencegah korosi pada pipa.

Boiler Feed Pump (BFP)



Gambar 3. 23 Boiler Feed Pump

Boiler Feed Pump (BFP) atau pompa pengisi ketel berfungsi menyuplai air dari deaerator menuju boiler steam drum melalui high pressure heater dan economizer.

High Pressure Heater (HPH)



Gambar 3. 24 High Pressure Heater

High Pressure Heater digunakan untuk memanaskan air pengisi sebelum masuk ke boiler. Dengan alat ini, beban boiler berkurang karena air yang masuk telah memiliki suhu yang lebih tinggi.

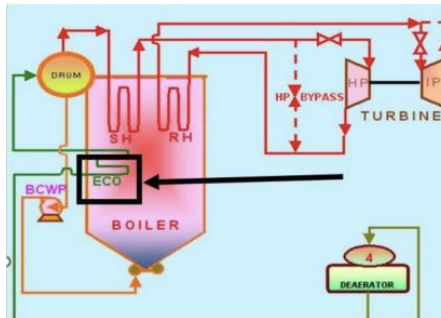
Boiler



Gambar 3. 25 Boiler

Boiler adalah komponen utama dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Fungsinya mengubah air dari fase cair menjadi uap dengan tekanan dan suhu tertentu untuk menggerakkan turbin.

Economizer



Gambar 3. 26 Economizer

Economizer adalah bagian dari boiler yang meningkatkan efisiensi dengan memanfaatkan panas gas buang untuk menaikkan suhu air sebelum dialirkan ke cerobong.

Steam Drum



Gambar 3. 27 Steam Drum

Steam Drum adalah komponen dalam boiler pipa air yang memisahkan uap dari air dalam proses pembentukan uap superheater.

Turbin



Gambar 3. 28 Turbin

Turbin uap mengubah energi panas menjadi energi mekanik. Energi panas dari uap dengan tekanan tinggi diarahkan melalui nozzle untuk menggerakkan sudu-sudu turbin, yang menyebabkan poros turbin berputar. Setelah bekerja, uap yang keluar dari turbin dialirkan ke kondensor untuk didinginkan.

Generator



Gambar 3. 29 Generator

Generator adalah mesin konversi energi elektromekanik yang mengubah energi mekanik dari poros turbin menjadi energi listrik. Komponen utama generator terdiri dari kumparan rotor dan stator. Medan magnet pada rotor

dihasilkan dengan mengalirkan arus listrik DC dari sistem eksitasi yang menggunakan sebagian kecil arus AC yang dibangkitkan generator dan kemudian disearahkan menggunakan rectifier. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan ke jaringan distribusi.

3.1.4 Siklus Udara Pembakaran



Gambar 3. 30 Siklus Udara Pembakaran

Sistem Udara Pembakaran

Sistem udara pembakaran memegang peranan vital dalam proses pembakaran yang berlangsung di furnace. Sistem ini bertugas menyediakan udara yang dibutuhkan untuk pembakaran, termasuk udara primer yang digunakan untuk membawa batu bara ke ruang bakar. Berikut adalah perangkat-perangkat yang berperan dalam sistem ini:

1. PA Fan (Primary Air Fan)

PA Fan berfungsi menarik udara dari luar dan mengalirkannya ke dalam mill (pulverizer). Udara primer yang dihasilkan PA Fan terbagi menjadi dua jalur, yaitu yang dipanaskan dan yang tidak, namun keduanya bermuara di pulverizer. Fungsi utama udara primer ini adalah menjaga suhu pulverizer agar tetap ideal (200-230 °C), sehingga batu bara dapat dikeringkan dan digiling hingga mencapai tingkat kehalusan 200 mesh.

Udara primer ini dipanaskan terlebih dahulu melalui steam coil dan Primary Air Heater (PAH) untuk memastikan suhu ideal di dalam mill tercapai. Selain itu, udara ini membantu mengalirkan batu bara yang sudah digiling menuju furnace sekaligus berfungsi sebagai udara pembakaran. PA Fan menyuplai sekitar 30% kebutuhan udara pembakaran di ruang bakar, dengan pengaturan aliran udara melalui damper.

Setiap unit memiliki dua PA Fan yang bekerja dengan konfigurasi 2x50%. Jika salah satu PA Fan tidak beroperasi, kapasitas pembangkitan akan berkurang setengahnya. Selain menyuplai udara ke pulverizer, PA Fan juga menyediakan udara untuk mill seal air fan.

2. ID Fan (Induced Draft Fan)

ID Fan berfungsi menghisap gas sisa pembakaran dari furnace dan mengalirkannya ke Electrostatic Precipitator (EP) sebelum dibuang melalui cerobong (stack). Setiap unit memiliki dua ID Fan yang bekerja dengan konfigurasi 2x50%. Jika salah satu berhenti beroperasi, kapasitas pembangkitan menjadi setengahnya.

3. FD Fan (Forced Draft Fan)

FD Fan berfungsi menarik udara dari luar dan mengalirkannya ke furnace. FD Fan menyuplai sekitar 70% kebutuhan udara pembakaran di furnace. Sebelum mencapai furnace, udara dipanaskan terlebih dahulu melalui steam coil dan Secondary Air Heater (SAH) hingga mencapai suhu sekitar 250-300°C agar proses pembakaran berlangsung secara efisien.

Setiap unit dilengkapi dengan dua FD Fan yang bekerja dalam konfigurasi 2x50%. Jika satu FD Fan tidak beroperasi, kapasitas pembangkitan berkurang setengahnya.

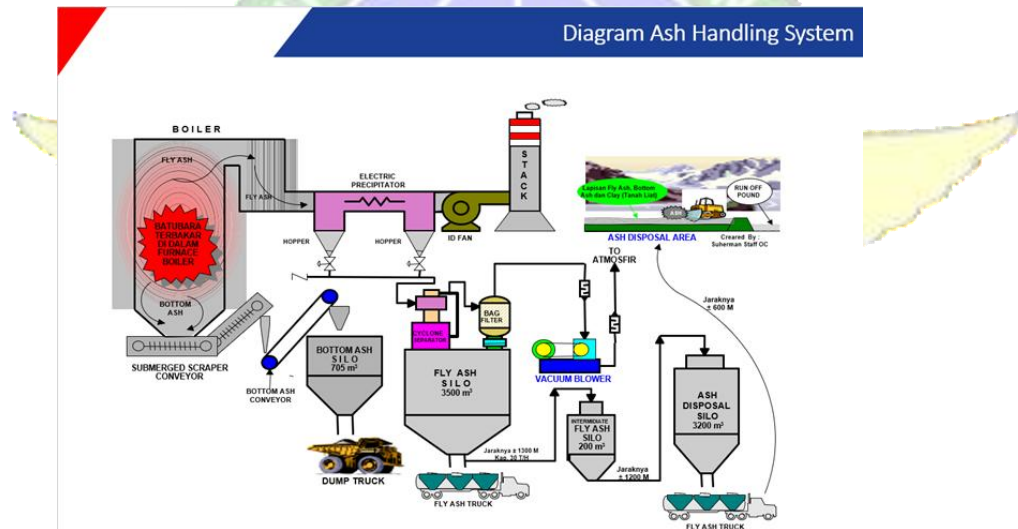
4. PAH (Primary Air Heater), SAH (Secondary Air Heater), dan Steam Coil (SC)

- **PAH (Primary Air Heater)** berfungsi memanaskan udara dari PA Fan

sebelum masuk ke pulverizer dengan memanfaatkan panas flue gas (gas buang) dari furnace melalui piringan berputar yang memfasilitasi transfer panas antara flue gas dan udara.

- **SAH (Secondary Air Heater)** memanaskan udara sekunder sebelum masuk ke furnace.
- **Steam Coil** berfungsi sebagai pemanas awal udara dari PA Fan dan FD Fan sebelum udara tersebut melewati PAH dan SAH. Steam Coil memanfaatkan panas dari uap yang dihasilkan oleh turbin IP.

3.1.5 Ash Handling (Unit Penanganan Abu) Electrostatic Precipitator atau (ESP)



Gambar 3. 31 Ash Handling (ESP)

Sistem Penanganan Abu adalah proses pengelolaan residu pembakaran batu bara di boiler. Abu yang dihasilkan disimpan sementara sebelum diangkut ke Area Pembuangan Abu menggunakan dump truck. Sistem ini terbagi menjadi dua bagian:

1. **Bottom Ash:** Abu yang tertinggal di bagian bawah ruang bakar. Abu ini berupa material padat hasil pembakaran yang berasal dari slagging, yaitu kerak yang menempel dan mengeras pada pipa boiler. Slagging akan jatuh saat terkena

semprotan sistem shoot blowing yang menggunakan uap panas. Jika tidak terlepas dengan metode ini, slagging dibersihkan secara manual saat unit mengalami overhaul. Abu juga dapat berasal dari tangki Pyrite Mill yang terletak di setiap mill. Selanjutnya, abu dialirkan menuju submerged scraper conveyor (SSC), yaitu bak penampung berisi air yang terletak di bagian bawah furnace. SSC berfungsi sebagai seal trough dan alat pengumpul serta pengangkut abu menuju bottom ash silo melalui bottom ash conveyor.

Setelah mencapai bottom ash silo, abu dipindahkan ke area pembuangan di luar pembangkit dengan dump truck. Area pembuangan dirancang untuk menampung abu selama masa operasional unit yang diperkirakan sekitar 30 tahun. Sebelum diangkut, limbah ditampung sementara dalam silo yang dapat menampung abu selama 24 jam.

2. Fly Ash: Abu yang terbawa bersama gas buang hasil pembakaran (flue gas). Abu ini terkumpul di Electrostatic Hopper (EP Hopper) dan secara berkala ditransfer ke jalur pengangkut abu melalui ash intake valve (ASH) yang mengatur aliran abu dari EP Hopper. Abu kemudian disedot oleh vacuum blower menuju fly ash silo melalui dua tahap pemisahan:
 - A. Separator Primer: Menangkap sekitar 80% abu, yang kemudian turun ke fly ash silo.
 - B. Separator Sekunder: Menggunakan bag filter untuk menangkap sisa abu (sekitar 20%), sehingga udara yang dilepaskan ke atmosfer bersih.
3. Fly ash yang telah terkumpul di silo diangkut ke lokasi pembuangan menggunakan dump truck. Area pembuangan fly ash berada di barat daya dan selatan PLTU Paiton, dengan luas sekitar 222 hektare. Untuk mencegah pencemaran air tanah, lokasi ini dilengkapi dengan lapisan kedap air serta dilengkapi selokan dan penghijauan di sekitarnya.

3.2 Teori Dasar Generator

Generator listrik adalah mesin yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik

menjadi energi listrik. Prinsip kerja generator listrik didasarkan pada induksi elektromagnetik. Berdasarkan jenis arus listrik yang dihasilkan, generator diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu generator arus searah (DC) dan generator arus bolak-balik (AC).

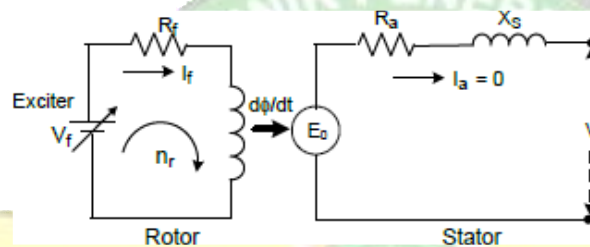
Perbedaan utama antara kedua jenis generator ini terletak pada penggunaan komponen tambahan, yaitu komutator pada generator arus searah dan cincin selip pada generator arus bolak-balik. Proses kerja generator listrik sering disebut sebagai pembangkitan listrik. Generator listrik memiliki banyak kesamaan dengan motor listrik, namun perbedaannya terletak pada fungsinya. Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, sedangkan generator bekerja sebaliknya, yaitu mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik.

Selain itu, generator berperan dalam mendorong muatan listrik agar dapat bergerak melalui sirkuit listrik eksternal, namun tidak menciptakan listrik di dalam lilitan kumparannya. Prinsip ini dapat dianalogikan dengan pompa air, yang berfungsi menciptakan aliran air tetapi tidak menghasilkan air itu sendiri. Sumber energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan generator dapat berasal dari berbagai sumber, seperti mesin resiprokal, turbin uap, air yang jatuh melalui turbin atau kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya, udara bertekanan, serta berbagai bentuk energi mekanik lainnya.

3.2.1 Generator Arus Bolak Balik

Generator sinkron (generator serempak/alternator/generator AC) adalah mesin listrik yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Mesin ini bekerja dengan rotor yang berputar pada kecepatan yang sama dengan medan magnet yang dihasilkan di stator, sehingga disebut sebagai generator sinkron. Proses ini memungkinkan generator menghasilkan listrik dengan frekuensi tetap, yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Dengan karakteristik ini, generator sinkron banyak digunakan dalam pembangkit listrik, baik dalam skala kecil maupun besar, untuk memastikan pasokan energi listrik yang stabil dan andal.

Energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan generator sinkron berasal dari prime mover, yaitu perangkat yang menyediakan tenaga putar. Prime mover dapat berupa mesin diesel, turbin uap, turbin gas, turbin air, atau teknologi lain yang mampu mengubah energi dari berbagai sumber menjadi energi kinetik. Setelah generator bekerja, energi mekanik tersebut dikonversi menjadi energi listrik dalam bentuk tegangan bolak-balik, atau alternating current (AC). Oleh karena itu, generator sinkron juga sering disebut sebagai generator AC. Keunggulan generator ini terletak pada kemampuannya menghasilkan listrik dengan kualitas tinggi dan kestabilan tegangan yang baik, sehingga banyak digunakan dalam berbagai sektor industri dan pembangkit listrik nasional.



Gambar 3. 32 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron

Pada generator sinkron terdapat sistem eksitasi yang dicatu pada rotornya. Proses eksitasi generator merupakan tahap penting dalam pembangkitan listrik. Proses ini bertujuan untuk membentuk medan magnet di dalam generator, sehingga dapat menghasilkan gaya gerak listrik (EMF) yang kemudian dikonversi menjadi daya listrik. Dalam sistem turbin angin, eksitasi memiliki peran krusial dalam mengubah energi mekanik dari hembusan angin menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan.

3.2.2 Komponen Pada Generator AC

Untuk mensuplai kebutuhan peralatan bantu pembangkit, biasanya pada sistem kelistrikan pembangkit dirancang 2 sumber independen yaitu SST dan UAT untuk memenuhi kebutuhan beban (Harlow, 2012). Berdasarkan penggunaannya, terdapat 3 jenis transformator daya yang digunakan pada sistem kelistrikan pembangkit, yaitu:

Rotor berfungsi sebagai tempat pembangkitan medan magnet dalam generator. Secara umum, rotor dapat dianggap sebagai sebuah elektromagnet berukuran besar. Rotor terdiri dari beberapa komponen, yaitu :

Brush, Dalam generator sinkron, terdapat dua jenis desain, yaitu yang menggunakan sikat (brush) dan yang tidak menggunakan sikat (brushless). Sikat pada generator sinkron berfungsi sebagai saklar putar yang menyalurkan arus searah ke kumparan medan. Namun, daya yang dihasilkan oleh generator dengan sikat cenderung terbatas dan tidak sebesar daya yang dihasilkan oleh generator dengan sistem brushless. Selain itu, pada generator berdaya besar, penggunaan sikat dapat menyebabkan kerugian energi yang tinggi serta berpotensi menimbulkan loncatan api yang berisiko menyebabkan kebakaran.

Slip ring berfungsi sebagai penghantar arus searah menuju medan magnet pada rotor. Komponen ini dibuat dari material yang kuat dan tahan terhadap panas, sehingga mampu menyalurkan arus ke rotor generator secara optimal. Slip ring dipasang pada terminal kumparan rotor dan dihubungkan ke sumber arus searah melalui sikat (brush) untuk memastikan aliran listrik yang stabil.

Kumparan medan merupakan bagian pada generator yang berperan dalam pembangkitan medan magnet. Kumparan ini dibuat dari tembaga yang dilapisi perak dan disusun dengan rapi untuk memastikan kinerja yang optimal. Medan magnet pada rotor dihasilkan oleh kumparan medan dengan sumber energi yang berasal dari sistem eksitasi.

Poros rotor berfungsi sebagai tempat pemasangan kumparan medan. Pada generator, poros rotor memiliki slot-slot yang tersusun secara paralel terhadap poros, sehingga memungkinkan pemasangan kumparan medan dengan tepat dan mendukung kinerja optimal rotor.

menerima induksi magnet dari rotor. Arus AC yang dihasilkan kemudian disalurkan ke beban melalui stator. Komponen ini memiliki bentuk rangka silinder yang dililit dengan banyak kawat konduktor. Stator pada generator sinkron terdiri dari beberapa komponen utama yaitu:

Rangka stator berfungsi sebagai tempat untuk memasang kumparan jangkar pada generator. Rangka ini berupa kerangka atau rumah pembangkit yang terbuat dari elemen plat baja yang dibentuk sedemikian rupa agar sesuai dengan kebutuhan. Proses pemasangan rangka stator dilakukan dengan teliti untuk memastikan posisi yang tepat dan kemampuannya dalam menahan berbagai kondisi yang tidak menguntungkan, termasuk saat terjadinya gangguan seperti hubung singkat.

Inti stator adalah bagian yang mengalirkan fluks magnet yang memotong kumparan jangkar di stator. Inti stator terbuat dari lapisan-lapisan baja campuran atau besi magnetik khusus yang dipasang pada rangka stator. Penerapan laminasi ini bertujuan untuk mengurangi arus pusar (eddy current), yang jika dibiarkan dapat menyebabkan pemanasan pada inti stator, sehingga berisiko merusak inti stator serta isolasi pada kumparan penghantar.

Kumparan stator (kumparan jangkar) adalah tempat terjadinya GGL induksi yang disebabkan oleh perpotongan medan magnet putar dari rotor yang memotong kumparan jangkar atau penghantar stator. Pada kumparan jangkar stator, arus jangkar bolak-balik tiga fasa akan mengalir jika kumparan tersebut terhubung dengan beban. Arus ini dapat menghasilkan panas pada kumparan, yang berisiko merusak isolasi kumparan jangkar dan menyebabkan pemanasan pada inti besi. Kumparan ini terbagi menjadi tiga bagian dengan fasa berbeda 120° , yang umumnya dihubungkan melalui sambungan bintang (Y) dan delta (Δ).

3.3 Eksitasi Generator

Eksitasi pada generator sinkron adalah proses pemberian arus searah (DC) ke kumparan rotor untuk menghasilkan medan magnet yang dibutuhkan dalam pembangkitan energi listrik. Medan magnet ini berinteraksi dengan kumparan stator saat rotor berputar, menghasilkan tegangan listrik keluaran pada generator. Sistem eksitasi memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas tegangan dan respons generator terhadap perubahan beban.

Sistem eksitasi pada generator sinkron dapat dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu eksitasi dinamik dan eksitasi statik. Eksitasi dinamik menggunakan generator tambahan yang disebut eksiter, yang menghasilkan arus eksitasi melalui penyearah. Eksiter ini dapat digerakkan oleh poros turbin atau motor. Dalam konfigurasi yang lebih kompleks, sistem ini mencakup pilot eksiter berbasis magnet permanen yang menghasilkan frekuensi tinggi dan digunakan untuk mengendalikan eksiter utama sebelum memberikan arus eksitasi ke rotor generator.

Sementara itu, eksitasi statik tidak memerlukan perangkat yang berputar. Arus eksitasi diperoleh langsung dari tegangan keluaran generator melalui trafo eksitasi, kemudian disearahkan menggunakan thyristor dan dialirkan ke rotor melalui slip ring dan sikat arang. Sistem ini lebih sederhana dan membutuhkan perawatan yang lebih sedikit dibandingkan sistem dinamik. Pada saat startup, baterai biasanya digunakan untuk memberikan arus eksitasi awal sebelum beralih ke trafo eksiter saat generator mencapai kecepatan normal. Kedua jenis eksitasi ini dirancang untuk memastikan operasi generator sinkron yang stabil dan andal dalam berbagai kondisi beban.

3.4 Generator Sinkron Pada Unit & 2 PLTU Paiton

Generator yang terdapat pada pada unit 1 dan 2 merupakan tipe generator sinkron dengan kapasitas 400 MW pada setiap unitnya. Pada PLTU Paiton unit 1 dan 2 menggunakan dua kutub magnet pada bagian rotornya. Rotor ini terbuat dari metal yang berbenntuk silinder dengan kedua ujung rotor yang merupakan poros dibuat diameter lebih kecil untuk bantalan journal. Pada salah satu ujung rotor terdapat slipring yang berfungsi untuk menyalurkan arus eksitasi (penguat). Slipring pada rotor dihubungkkn dengan sikat karbon (Brush), yang berfungsi untuk menyalurkan arus ke rotor. Dengan jumlah kutub yang terdapat pada generator PLTU, putaran yang dapat dicapai adalah 3000 rpm.

Rotor generator adalah magnet listrik yang terdiri dari kumparan yang dialiri arus searah (DC). Agar keluaran generator dapat dikontrol dengan baik, pasokan arus eksitasi harus bersifat variabel. Eksitasi, atau sistem pasok arus searah ke rotor generator, berfungsi untuk memperkuat medan magnet. Dalam kondisi operasi normal, eksitasi membutuhkan daya sekitar 0,5% dari kapasitas generator, sedangkan pada kondisi gangguan dapat mencapai 1%.

Eksiter, alat yang menghasilkan arus eksitasi, memiliki konstruksi mirip dengan generator namun berkapasitas lebih kecil. Untuk generator berkapasitas besar seperti di PLTU, sistem eksitasi dapat terdiri dari beberapa tingkatan, tetapi pengaturan arus eksitasi dilakukan pada tingkat terendah untuk memastikan kontrol yang lebih mudah dan halus. Berdasarkan metode pembangkitan arus eksitasi, sistem eksitasi dibedakan menjadi dua jenis: dinamik dan statik.

Eksitasi dinamik menggunakan generator arus bolak-balik atau searah yang hasilnya disearahkan dengan penyearah. Pilot eksiter dalam sistem ini biasanya berupa generator magnet permanen (PMG) yang menghasilkan frekuensi tinggi sekitar 400 Hz. Sementara itu, eksitasi statik tidak melibatkan peralatan berputar. Sistem ini memanfaatkan trafo eksitasi yang mendapatkan pasokan dari keluaran generator. Tegangan keluaran trafo kemudian disearahkan dengan thyristor dan dialirkan ke rotor generator melalui slip ring dan sikat arang. Baterai sering

digunakan sebagai sumber eksitasi awal sebelum beralih ke trafo eksiter saat generator mendekati kecepatan normal.

3.5 Transformator

Transformator adalah perangkat listrik statis yang berfungsi untuk mentransfer energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya dengan mengubah tegangan tanpa mengubah frekuensinya. Disebut perangkat statis karena tidak memiliki bagian yang bergerak seperti motor atau generator. Proses perubahan tegangan dalam transformator memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik yang terjadi pada lilitan-lilitannya. Fenomena induksi ini mencakup induksi diri pada masing-masing lilitan serta induksi mutual antara lilitan primer dan sekunder.

Secara umum, transformator terdiri dari tiga komponen utama, yaitu lilitan primer, lilitan sekunder, dan inti besi. Lilitan primer merupakan bagian yang terhubung langsung dengan sumber energi listrik atau catu daya. Lilitan sekunder menerima dan mengalirkan energi listrik yang telah mengalami perubahan tegangan dari lilitan primer melalui proses induksi elektromagnetik.

Inti besi pada transformator berfungsi untuk mengarahkan dan memperkuat fluks magnet yang dihasilkan oleh lilitan primer agar sepenuhnya diteruskan ke lilitan sekunder. Dengan desain ini, transformator mampu bekerja secara efisien dalam proses distribusi dan transmisi energi listrik, baik untuk menaikkan tegangan (step-up) maupun menurunkannya (step-down).

3.5.1 Jenis Transformator

Kelistrikan Pembangkit dan Transformator Daya Untuk memenuhi kebutuhan energi peralatan bantu pada pembangkit listrik, sistem kelistrikan umumnya dirancang dengan dua sumber independen, yaitu Station Service Transformer (SST) dan Unit Auxiliary Transformer (UAT) (Harlow, 2012). Berdasarkan fungsinya, terdapat tiga jenis transformator daya yang digunakan dalam sistem kelistrikan pembangkit:

1. Generator Transformer (GT) atau Unit Transformer (UT)

Berfungsi menyalurkan daya yang dihasilkan oleh generator ke jaringan listrik.

1. Station Service Transformer (SST)

Bertugas menyalurkan daya dari jaringan listrik menuju peralatan-peralatan beban di pembangkit.

1. Unit Auxiliary Transformer (UAT)

Digunakan untuk menyalurkan tegangan yang dihasilkan oleh generator ke peralatan-peralatan beban pembangkit.

Klasifikasi Tegangan dalam Sistem Kelistrikan Pembangkit Berdasarkan standar SPLN 1995, tegangan yang digunakan pada pembangkit listrik dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

3.5.2 Tegangan Ekstra Tinggi

Tegangan yang bernilai lebih dari 245 kVAC. PLN biasanya menggunakan tegangan ekstra tinggi 500 kV untuk sistem jaringan transmisi.

3.5.3 Tegangan Tinggi

Merupakan tegangan dengan nilai antara 35 kVAC hingga 245 kVAC. PLN umumnya menerapkan tegangan 150 kV dalam jaringan transmisi. Karena tegangan yang dihasilkan generator biasanya kurang dari 150 kV, generator transformer digunakan untuk menghubungkan generator ke sistem transmisi.

3.5.4 Tegangan Menengah

Tegangan ini berkisar antara 1 kVAC hingga 35 kVAC. Dalam pembangkit listrik, tegangan yang dihasilkan generator biasanya sebesar 20 kVAC. Untuk menghubungkan tegangan menengah dari generator dengan peralatan bantu pembangkit lainnya, digunakan unit auxiliary transformer. Tegangan yang umum untuk peralatan bantu pembangkit adalah 6,6 kVAC.

3.5.5 Tegangan Rendah

Tegangan rendah memiliki nilai antara 100 VAC hingga 1 kVAC. Untuk menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah sebesar 380 V atau 220 V, digunakan step-down transformer agar kebutuhan beban dapat terpenuhi.

3.6 Sistem Proteksi

Sistem proteksi atau relay proteksi merupakan komponen penting dalam menjaga keamanan peralatan listrik agar terhindar dari kerusakan akibat gangguan atau kondisi tidak normal. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi serta mengatasi gangguan dengan cepat dan efektif. Contoh relay proteksi meliputi relay arus lebih, relay diferensial, relay daya balik, dan relay frekuensi.

Fungsi utama relay proteksi dalam sistem tenaga listrik meliputi:

- Mencegah atau mengurangi kerusakan pada peralatan listrik akibat gangguan atau kondisi operasi yang tidak normal.
- Membatasi area yang terdampak gangguan agar tidak menyebar ke bagian sistem yang lebih luas.
- Melindungi manusia dari potensi bahaya yang disebabkan oleh tenaga listrik.
- Memberikan sinyal alarm untuk memutuskan pemutus tenaga listrik (PMT), guna mengisolasi gangguan atau kondisi abnormal, seperti kelebihan beban, penurunan tegangan, peningkatan suhu, dan faktor lainnya.

3.7 Pemeliharaan

Pemeliharaan peralatan listrik adalah serangkaian tindakan yang bertujuan menjaga kondisi peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik serta mencegah gangguan yang berpotensi menyebabkan kerusakan. Tujuan utama dari pemeliharaan ini adalah memastikan kontinuitas penyaluran energi listrik dan menjaga keandalan sistem.

3.7.1 Jenis-Jenis Pemeliharaan

Predictive Maintenance (Conditional Maintenance) Pemeliharaan ini dilakukan dengan memprediksi kondisi suatu peralatan listrik untuk mengetahui kemungkinan terjadinya kegagalan. Dengan deteksi dini terhadap gejala kerusakan, langkah perbaikan dapat segera direncanakan. Monitoring kondisi dilakukan secara

online baik saat peralatan beroperasi maupun tidak. Teknik ini memerlukan peralatan serta personel khusus untuk analisis. Pada transformator, contoh predictive maintenance meliputi pemeriksaan minyak transformator melalui Dissolved Gas Analysis (DGA), uji vibrasi, termografi, analisis karakteristik arus motor, partial discharge online, hingga pengujian Breakdown Voltage (BDV).

Preventive Maintenance (Time-Based Maintenance) Preventive maintenance bertujuan mencegah kerusakan mendadak dan mempertahankan performa peralatan sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilakukan secara berkala dengan mengacu pada manual pabrikan, standar internasional seperti IEC, serta pengalaman operasional. Pemeliharaan ini umumnya tidak membutuhkan peralatan khusus, melainkan melibatkan kegiatan seperti penggantian komponen yang aus, pembersihan, dan pemeriksaan rutin. Pada transformator, kegiatan ini meliputi pemantauan visual terhadap suhu minyak dan belitan, level minyak, silica gel, serta kebocoran minyak.

Corrective Maintenance (Curative Maintenance) Pemeliharaan ini dilakukan secara terencana ketika peralatan menunjukkan penurunan performa atau kelainan selama operasinya, dengan tujuan mengembalikannya ke kondisi normal serta meningkatkan keandalannya. Corrective maintenance dapat berupa trouble shooting atau penggantian komponen yang rusak, seperti bushing isolator, sambungan konduktor, motor pendingin, serta sistem kontrol pendingin. Kerusakan yang paling dihindari pada transformator adalah pada belitan dan inti besi.

Periodic Maintenance Periodic maintenance dilakukan secara terjadwal berdasarkan waktu dan biasanya dilaksanakan saat unit pembangkit mengalami shutdown, baik untuk inspeksi besar, inspeksi kecil, maupun shutdown yang direncanakan. Pada transformator, kegiatan periodic maintenance dapat mencakup pembersihan dan pemeriksaan kipas pendingin, bushing, arrester, serta pengujian listrik seperti pengukuran tahanan isolasi, tan delta, rasio, tahanan DC, uji tegangan tinggi (HV Test), PD offline, dan lainnya.

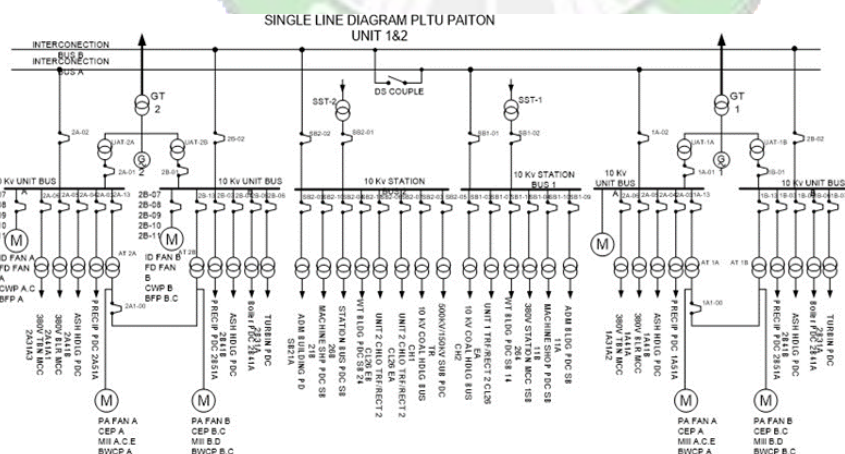
BAB IV

PELAKSANAAN ON THE JOB TRAINING (OJT)

4.1 Pola Kelistrikan PLTU Paiton Unit 1&2

PLTU Paiton Unit 1 dan 2 merupakan salah satu pembangkit listrik tenaga uap yang memiliki kapasitas sebesar 2 x 400 MW. Pembangkit ini berperan penting dalam menyuplai tenaga listrik ke jaringan Jawa, Madura, dan Bali (JAMALI), yang menjadi tulang punggung distribusi listrik di wilayah tersebut. Selain itu, daya yang dihasilkan juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik internal di lingkungan unit pembangkit guna mendukung operasional berbagai peralatan dan sistem pendukung lainnya.

Secara keseluruhan, proses pembangkitan hingga penyaluran tenaga listrik di PLTU Paiton Unit 1 dan 2 melalui beberapa tahapan yang saling terintegrasi. Listrik yang dihasilkan dari proses pembakaran batu bara di boiler akan menggerakkan turbin uap, yang selanjutnya memutar generator untuk menghasilkan tenaga listrik. Energi listrik tersebut kemudian dialirkan ke jaringan transmisi sebelum akhirnya disalurkan ke konsumen. Alur lengkap mengenai suplai tenaga listrik dari PLTU Paiton Unit 1 dan 2 dapat dilihat pada diagram berikut:



Gambar 4. 1 SLD Diagram Kelistrikan PLTU Paiton Unit 1&2

Gambar 4. 2 Nameplate Generator PLTU Paiton Unit 1&2
 4. 3 Pergantian Carbo Brush baru&2

Sebelum generator menghasilkan tegangan, sistem kelistrikan di PLTU Paiton Baru Unit 1 & 2 memperoleh suplai tegangan dari jaringan 150 KV melalui Trafo Step Down, yaitu Standby Service Transformer (SST). Trafo SST memiliki tegangan primer sebesar 150 KV dan tegangan sekunder 6,3 KV dengan kapasitas daya 63 MVA. Selain itu, trafo ini dilengkapi dengan tiga belitan atau winding, terdiri dari satu belitan primer serta dua belitan sekunder yang berfungsi untuk menyuplai dua bus-bar, yaitu bus-bar A dan bus-bar B.

Tegangan yang dihasilkan oleh Trafo SST digunakan dalam proses Start Unit atau Firing, yaitu tahapan awal dalam pembangkitan tenaga listrik. Setelah unit pembangkit mulai beroperasi dan generator mulai menghasilkan tegangan sebesar 20 KV, energi listrik tersebut diteruskan melalui Generator Transformer (GT), yang kemudian meningkatkan tegangan dari 20 KV menjadi 500 KV untuk disalurkan ke jaringan transmisi 500 KV. Sementara itu, kebutuhan listrik untuk pemakaian sendiri dalam mengoperasikan peralatan listrik di unit pembangkit dipasok melalui Unit Auxiliary Transformer (UAT).

4.1.1 Sub Station 500 kV

Tegangan 500 kV, yang telah dinaikkan dari 18 kV oleh GT transformer, disalurkan melalui SUTT 500 kV Krian 1 dan Krian 2 menuju GITET Krian. Selanjutnya, tegangan ini disalurkan melalui tie transformer (TT 1 dan TT 2), masing-masing berkapasitas 500/150 kV dan 500 MVA, ke substation 500 kV.

4.1.2 Sub Station 150 kV

Sistem tegangan 150 kV disalurkan melalui station service transformer (SST 1 dan SST 2), masing-masing berkapasitas 150/10 kV dan 60 MVA, menuju station bus SB 1 dan SB 2. SST ini digunakan untuk dua pemakaian unit saat start-up dan juga untuk mensuplai interconnection bus A (dari SST 1) serta interconnection bus B (dari SST 2).

4.1.3 Sub Station 18 kV

Sistem tegangan 18 kV dihasilkan dari output generator unit 1 dan 2, yang kemudian disalurkan ke substation 500 kV melalui main/generator transformer (GT) berkapasitas 18/500 kV dan 470 MVA.

4.1.4 Sub Station 10 kV

Sistem tegangan 10 kV merupakan sistem yang menyuplai beban-beban dengan level tegangan 10 kV. Beban-beban tersebut terhubung ke bus 10 kV, yaitu Unit Bus 1A, 1B, 2A, 2B, serta Station Bus 1 dan 2. Unit Bus disuplai oleh UAT, sementara Station Bus disuplai oleh SST. Untuk mendistribusikan tegangan ke beban-beban 10 kV, bus-bus 10 kV dihubungkan ke beban melalui switchgear 10 kV. Switchgear merupakan kombinasi peralatan seperti Disconnecting Switch, Fuse, atau Circuit Breaker yang digunakan untuk kontrol, proteksi, dan isolasi peralatan listrik lainnya.

4.1.5 Sub Station 3 kV

Sistem tegangan 3 kV digunakan untuk menyuplai beban-beban dengan level tegangan 3 kV. Busbar 3 kV mendapatkan suplai dari Auxiliary Transformer (AT) 1A, 1B, 2A, dan 2B. Auxiliary Transformer menerima tegangan masukan dari busbar 10 kV, yang kemudian diturunkan menjadi 3 kV. Busbar 3 kV terhubung ke beban melalui Switchgear 3 kV.

4.1.6 Sub Station 380 V

Sistem tegangan 380 V berfungsi untuk menyuplai beban-beban dengan level tegangan 380 V. Bus 380 V disuplai oleh trafo-trafo PDC (Power Distribution Control) 10 kV/380 V, yang kemudian didistribusikan melalui MCC (Motor Control Center) untuk menyuplai peralatan bantu dengan tegangan 380 V. PDC merupakan panel yang digunakan untuk mendistribusikan listrik ke peralatan-peralatan di unit pembangkit. Di dalam housing PDC terdapat trafo yang berfungsi menurunkan tegangan masukan, dan tegangan keluaran dari trafo ini digunakan untuk menyuplai peralatan seperti MCC dan lainnya. MCC adalah panel yang berisi peralatan kontrol motor, seperti motor drive, PLC, motor starter, metering, dan lain-lain.

4.1.7 Sub Station 220 VDC

Sistem tegangan 220 VDC disuplai oleh station battery. Sistem ini menyuplai peralatan-peralatan emergency, DCS (Distributed Control System), dan

UPS (Uninterruptible Power Supply). Contoh peralatan yang disuplai antara lain Turbine Emergency Oil Pump, Generator Emergency Seal Oil Pump, DC Emergency Lighting, Distributed Control System, dan UPS GUTOR. UPS adalah peralatan listrik yang mampu menyediakan suplai daya back-up atau emergency ketika sumber daya utama gagal. Keunggulan UPS dibandingkan peralatan emergency lainnya adalah kemampuannya untuk menyuplai daya ke beban secara hampir instan (near instantaneous) atau tanpa interupsi saat sumber utama gagal, sehingga peralatan terlindungi dari kerusakan akibat interupsi atau kedip saat pergantian suplai daya.

4.1.8 Sub Station 125 VDC

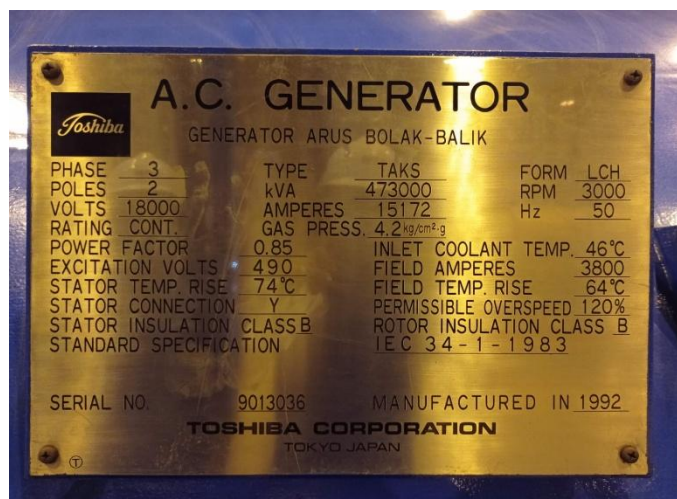
Sistem tegangan 125 VDC berasal dari station battery. Sistem ini melayani 10 kV unit switchgear, 3 kV switchgear, semua control panel, serta control power untuk GT (Generator Transformer), UAT (Unit Auxiliary Transformer), dan peralatan sejenisnya.

4.2 Bagian Generator PLTU Paiton Unit 1 & 2

4.2.1 Casing Generator

Casing generator merupakan struktur pelindung yang terbuat dari baja ringan dengan desain kokoh dan presisi untuk menopang inti stator serta kumparan-kumparannya. Casing generator dibuat dari baja ringan yang dirancang khusus untuk menopang inti stator beserta kumparannya. Dalam operasionalnya di PLTU, generator umumnya menggunakan sistem pendinginan berbasis hidrogen bertekanan. Oleh karena itu, casing harus memiliki kekuatan yang cukup untuk menahan tekanan internal serta potensi ledakan hidrogen yang dapat terjadi. Untuk memastikan keamanan, desain casing mempertimbangkan kemungkinan tekanan ledakan yang diperkirakan mencapai dua kali lipat dari tekanan kerja hidrogen. Hal ini bertujuan agar generator tetap beroperasi dengan andal serta menjaga keselamatan peralatan dan lingkungan sekitarnya.

4.2.2. Nameplate Generator PLTU Paiton Unit 1&2



Gambar 4. 4 Nameplate Generator PLTU PGambar 4. 5 pembersihan Slip ringlaGambar 4. 6 Pengukuran Tekanan Pegaste Generator PLTU Paiton Unit 1&2

Tabel 4. 1 Nameplate Generator PLTU Paiton Unit 1&2

PHASE	3
POLES	2
VOLTS	18000
RATING	CONT
POWER FACTOR	0,85
EXCITATION VOLTS	490
TYPE	TAKS
KVA	473000
AMPERES	15172
RPM	3000

4.2.3. Carbon Brush

Carbon Brush adalah bagian penting yang berfungsi sebagai penghubung listrik antara bagian yang bergerak (seperti komutator atau *slip ring*) dan rangkaian listrik. Untuk memastikan motor, *generator*, atau perangkat berputar lainnya berfungsi dengan baik, *brush* karbon, pemegang *brush*, dan permukaan yang bersentuhan harus dirancang dan dirawat secara optimal.

Salah satu masalah utama dalam sistem ini adalah ketidakmerataan tekanan kontak, yang berarti tekanan pegas pada masing-masing *brush* tidak sama. Hal ini menyebabkan gaya tekan *brush* pada permukaan kontak bervariasi, sehingga resistansi kontak menjadi tidak stabil. Kondisi ini memengaruhi aliran arus listrik, menyebabkan peningkatan suhu, mempercepat kerusakan *brush* dan komutator, serta dapat berpotensi mengakibatkan percikan listrik.

4.2.4. penyebab carbon brush cepat habis

Carbon Brush mampu menyalurkan listrik tanpa menyebabkan kerusakan pada penghantar itu sendiri. Hal ini dikarenakan sifat bahan carbon yang tidak mudah mencair terhadap percikan api yang terjadi akibat perputaran permukaan listrik yang bersentuhan. Namun, Carbon Brush tetap memerlukan pergantian akibat aus / habis, karena gesekan terus menerus dapat menyebabkan hal tersebut terjadi. Berikut adalah beberapa penyebab carbon brush cepat habis.

1. Kualitas bahan yang kurang baik sehingga cepat panas dan mudah terbakar akibat gesekan ekstrim.
2. Pemakaian mesin yang terlalu lama dan dipaksa serta cara pakai yang salah.
3. Menggunakan bearing yang sudah rusak, sehingga putaran armature tidak stabil dan mengakibatkan proses pembakaran tidak normal sehingga mengakibatkan carbon brush habis tidak merata.

4.3. Identifikasi Permasalahan Carbon Brush

Hasil inspeksi lapangan selama kegiatan magang menunjukkan beberapa indikasi kerusakan dan deviasi pada carbon brush generator, antara lain:

4.3.1. Keausan Kuas Melebihi Batas

Sikat menunjukkan tanda keausan tidak merata (*uneven wear*) dan ketebalan sisa sudah mendekati atau melewati batas aman (*limit mark*).

Keausan ini mengakibatkan berkurangnya tekanan kontak terhadap slip ring dan memungkinkan terjadinya arus loncatan (sparking).

4.3.2. Timbulnya Sparking pada Slip Ring

Pada kondisi tertentu terdapat percikan kecil (micro sparking) yang menandakan resistansi kontak meningkat akibat permukaan sikat tidak rata atau kotor. Jika dibiarkan, percikan api dapat menyebabkan erosi slip ring, panas berlebih, hingga kesalahan pada sistem eksitasi.

4.3.4. Tekanan Pegas (Spring Pressure) Tidak Seragam

Beberapa pemegang sikat memiliki tekanan pegas yang tidak merata sehingga gaya tekan sikat ke slip ring berbeda-beda. Kondisi ini menyebabkan sikat tertentu aus lebih cepat dibandingkan sikat lainnya.

4.4. Dampak Kerusakan Carbon Brush terhadap Operasi PLTU

4.4.1. Penurunan Kualitas Kontak Listrik

Keausan dan percikan api menyebabkan penurunan perpindahan arus eksitasi sehingga kestabilan tegangan generator menurun. Hal ini dapat mengganggu pengaturan daya reaktif dan faktor daya (faktor daya).

4.4.2. Overheating pada Sistem Eksitasi

Resistansi yang meningkat akan mengubah energi listrik menjadi panas. Overheating meningkatkan risiko kerusakan slip ring, melelehnya pegas, dan kerusakan brush holder.

4.4.3. Kerusakan Mekanisme Slip Ring

Keausan slip ring menyebabkan biaya overhaul lebih tinggi, downtime unit meningkat, dan potensi kerusakan lanjutan pada sistem eksitasi.

4.5. Tindakan Pemeliharaan dan Perbaikan yang Dilakukan

4.5.1. Penggantian Carbon Brush Baru

Sikat yang sudah aus melewati batas diganti dengan sikat baru sesuai grade standar pabrikan generator. Penggantian dilakukan secara berpasangan dan merata untuk menjaga keseimbangan kontak.



Gambar 4. 7 Perggantian Carbo Brush baru

4.5.2. Hasil
 Gambar 4. 8 Perggantian Carbo Brush baru
 pergantian Carbon
 Brush
 Baru

Hasil pergantian dicatat sebagai dasar analisis tren untuk menentukan jadwal pemeliharaan preventif berikutnya.

Tabel 4. 2 Sebelum Ganti Carbon Brush

NO	Result (A)					Jumlah Arus	Temp. Holder (°C)	Jumlah Arus Pos & Neg (A)
	A	B	C	D	E			
1	59.7	63.2	99.5	71.4	88.9	382.7	75.5	6,586.0
2	59.8	64.2	62.8	71.2	75.6	333.6	84.6	
3	66.0	110.0	99.0	100.0	108.0	1,933.0	139.0	
4	56.1	5.0	106.5	90.6	60.8	1,260.1	123.3	
5	70.0	64.0	107.2	96.5	100.1	437.8	92.5	
6	78.2	71.9	80.2	95.6	63.9	389.8	140.4	
7	109.0	114.0	100.0	72.4	74.0	469.4	90.9	
8	133.2	207.5	233.5	165.3	118.1	857.6	85.0	
9	43.0	76.8	53.4	48.0	35.0	256.2	80.8	
10	73.9	119.1	28.5	17.3	27.0	265.8	55.7	
11	50.8	60.8	17.5	36.5	21.2	186.8	78.3	3,171.7
12	253.0	26.9	65.5	96.2	25.0	466.6	82.6	
13	83.2	40.5	30.0	46.5	22.3	222.5	80.7	
14	21.0	10.9	12.8	29.2	49.8	123.7	85.0	
15	82.4	16.4	33.1	72.4	35.0	239.3	104.2	
16	46.5	71.8	61.2	60.3	66.3	306.1	133.5	
17	51.8	55.3	86.4	55.7	107.6	356.8	78.8	
18	39.5	70.5	48.1	57.1	95.7	310.9	52.6	
19	131.8	130.0	108.6	141.4	115.0	626.8	71.3	
20	85.0	85.7	34.9	51.1	75.5	332.2	90.5	

Tabel 4. 3 Sesudah Ganti Carbon Brush

NO	Result (A)					Jumlah Arus	Temp. Holder (°C)	Jumlah Arus Pos & Neg (A)
	A	B	C	D	E			
1	61.3	41.7	62.8	49.8	46.8	262.4	62.1	2,271.1
2	46.9	46.1	32.7	50.2	45.6	221.5	64.0	
3	50.1	57.1	55.3	52.6	54.1	269.2	68.0	
4	58.4	43.1	55.8	48.7	34.6	240.6	64.0	
5	69.8	33.3	66.8	56.1	43.6	269.6	58.0	
6	26.6	37.5	52.6	58.2	34.2	209.1	79.0	
7	35.8	56.1	71.5	68.2	18.8	250.4	73.0	
8	8.1	26.2	12.8	8.3	28.6	84.0	69.0	
9	56.6	53.3	38.4	36.2	40.7	225.2	65.0	
10	51.5	37.3	57.8	41.9	50.6	239.1	56.0	
11	69.8	67.7	67.2	82.1	79.2	366.0	57.0	3,652.7
12	103.8	92.1	115.1	106.2	112.2	529.4	63.0	
13	71.5	87.5	82.5	68.2	76.9	386.6	94.0	
14	62.4	51.5	68.9	60.5	51.5	294.8	75.0	
15	94.5	86.2	86.5	95.4	83.6	446.2	74.0	
16	51.2	84.3	68.5	70.6	66.1	340.7	105.0	
17	48.3	49.5	55.6	50.1	97.5	301.0	81.0	
18	64.1	70.7	86.2	74.8	81.3	377.1	94.0	
19	67.2	46.1	48.7	54.1	42.5	258.6	78.0	
20	66.7	58.1	61.8	82.6	83.1	352.3	72.0	

Berdasarkan referensi Technical Bulletin Grade 634 Operating Limits, carbon brush Grade 634 merupakan brush grafit yang digunakan pada slip ring generator berkecepatan tinggi. Brush ini memiliki batas operasi tertentu agar performanya tetap optimal. Suhu kerja yang direkomendasikan berada pada 60–100°C dengan batas maksimum 175°C, sedangkan densitas arus yang diperbolehkan mencapai 35–65 A/in². Tekanan kontak brush ideal berada pada 2.0–2.5 PSI, karena tekanan yang lebih tinggi dapat mempercepat keausan. Brush Grade 634 juga dirancang untuk bekerja pada kecepatan slip ring hingga 16.000 ft/min, sehingga sesuai untuk aplikasi turbo alternator. Parameter-parameter ini menjadi acuan penting dalam penilaian kondisi

brush saat inspeksi dan pemeliharaan di lapangan.

4.5.3. Pembersihan Slip Ring dan Tempat Sikat

Debu karbon dibersihkan menggunakan vakum dan kain bebas serat. Permukaan slip ring dihaluskan (polishing) menggunakan abrasive stick khusus untuk mengembalikan kondisi permukaan.



Gambar 4. 9 pembersihan Slip ring

4.5.4. Pengukuran Tekanan Pegas (Spring Pressure Check)

Tekanan pegas diukur menggunakan spring tester untuk memastikan gaya tekan berada pada nilai standar. Pegas yang melemah agar semua sikat memiliki tekanan kontak seragam.



Gambar 4. 11 Pengukuran Tekanan Pegas

BAB V PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan, analisis, dan kegiatan pemeliharaan carbon brush pada Generator 473 MVA di PLTU Paiton Unit 1 & 2, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Carbon brush merupakan komponen penting dalam sistem eksitasi generator, berfungsi mengalirkan arus eksitasi menuju slip ring. Kondisi sikat sangat berpengaruh terhadap stabilitas tegangan eksitasi, kualitas pembangkitan medan magnet, serta kinerja generator secara keseluruhan.

Kerusakan yang ditemukan meliputi keausan sikat melebihi batas, percikan api, ketidakrataan permukaan slip ring, tekanan pegas yang tidak seragam, dan peningkatan suhu operasi. Kerusakan ini disebabkan oleh keausan alami, kontaminasi debu karbon, getaran generator, ketidakstabilan arus eksitasi, serta kurangnya inspeksi rutin.

Kerusakan carbon brush berdampak langsung pada performa generator seperti penurunan kualitas kontak listrik, overheating pada brush gear, risiko pengaktifan proteksi seperti Excitation Loss, serta potensi trip unit jika tidak segera ditangani.

Tindakan pemeliharaan yang dilakukan meliputi penggantian carbon brush, pembersihan slip ring dan brush holder, pemeriksaan tekanan pegas, polishing slip ring, serta monitoring pasca perbaikan. Tindakan tersebut terbukti menurunkan tingkat percikan api, menormalkan suhu, dan mengembalikan kondisi operasional generator.

Pemeliharaan yang tepat dan terjadwal sangat diperlukan untuk menjaga eksitasi system, mengurangi downtime, dan mencegah kerusakan komponen yang lebih besar pada generator.

5.2. SARAN

Berdasarkan temuan dan hasil analisis, beberapa saran yang dapat diterapkan untuk meningkatkan konsistensi sistem eksitasi dan memperpanjang umur carbon brush adalah sebagai berikut:

Menetapkan jadwal pemeriksaan rutin minimal setiap 250–300 jam operasi untuk menjaga keausan sikat, kondisi slip ring, serta kebersihan area perlengkapan sikat.

Melakukan pembersihan debu karbon secara periodik agar tidak terjadi gunung yang memicu percikan dan peningkatan ketahanan kontak.

Menggunakan carbon brush sesuai grade OEM (Original Equipment Produsen) untuk memastikan kompatibilitas karakteristik resistivitas, kekerasan, dan ketahanan panas.

Mengkalibrasi dan memeriksa tekanan pegas brush holder secara berkala, karena tekanan yang tidak seragam memicu keausan tidak merata dan gangguan.

Melakukan penyeimbangan rotor dan pemantauan vibrasi untuk mencegah kemacetan sikat (brush lift) yang dapat memperparah percikan api.

Menerapkan sistem monitoring temperatur brush gear secara real-time pada panel kontrol untuk mendeteksi dini overheating dan potensi kerusakan.

Menyusun SOP pemeliharaan carbon brush dan slip ring berdasarkan data histori kerusakan atau wear trend agar perawatan bersifat prediktif (predictive maintenance), bukan hanya reaktif.



DAFTAR PUSTAKA

Basak, A., & Chakrabarti, A. (2017). *Electrical Machines: Theory and Practice*. New Delhi: McGraw-Hill Education.

Electric Machinery Committee. (2010). *IEEE Guide for Maintenance of Brushes and Brush-Holders on Synchronous Machines (IEEE Std 117-2010)*. IEEE Power & Energy Society.

Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2013). *Electric Machinery*. New York: McGraw-Hill.

Hughes, A., & Drury, B. (2019). *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications (6th ed.)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Machinery Maintenance Group. (2015). *Carbon Brush and Slip Ring Maintenance Manual*. Helwig Carbon Products.

Miller, T. J. E. (2012). *Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives*. Oxford University Press.

PLN. (2018). *Standar Pemeliharaan Peralatan Pembangkitan – Mesin Sinkron dan Sistem Eksitasi*. Jakarta: PT PLN (Persero).

Siemens AG. (2016). *Operation and Maintenance Manual for Large Steam Turbine Generators*. Siemens Energy.

Suryatmojo, H., & Wicaksono, A. (2019). Analisis Keandalan Sistem Eksitasi Generator Sinkron pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Jurnal Energi & Kelistrikan*, 11(2), 45–53.

Westinghouse Electric Corp. (2014). *Generator Maintenance Guide: Brushes, Slip Rings, and Excitation System*. Pittsburgh: Westinghouse Technical Publications.

LAMPIRAN

JADWAL DINAS OJT
DIVISI PEMELIHARAAN LISTRIK
BULAN : OKTOBER 2025

NO	NAMA	TANGGAL																			
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26	27	28	29	30	31		
1	Daffa Hafidzt Darmawan	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS		
2	Miguel Eduardo Soares Da Silva Nune	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS		
3	M. Novrizha Ramadhani Akbar	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS		
4	Sufyan Assauri Fadli	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS		
5	Yogi Boy Pradana	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS		

KET :
PS : PAGI – SORE (08.00 – 16.00)
L : LIBUR

JADWAL DINAS OJT
DIVISI PEMELIHARAAN LISTRIK
BULAN : DESEMBER 2025

NO	NAMA	TANGGAL											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Daffa Hafidzt Darmawan	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS
2	Miguel Eduardo Soares Da Silva Nunes	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS
3	M. Novrizha Ramadhani Akbar	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS
4	Sufyan Assauri Fadli	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS
5	Yogi Boy Pradana	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS

KET :
PS : PAGI – SORE (08.00 – 16.00)
L : LIBUR

JADWAL DINAS OJT
DIVISI PEMELIHARAAN LISTRIK
BULAN : NOVEMBER 2025

NO	NAMA	TANGGAL																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Daffa Hafidzt Darmawan	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L
2	Miguel Eduardo Soares Da Silva Nunes	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L
3	M. Novrizha Ramadhani Akbar	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L
4	Sufyan Assauri Fadli	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L
5	Yogi Boy Pradana	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L	PS	PS	PS	PS	PS	L	L

KET :
PS : PAGI – SORE (08.00 – 16.00)
L : LIBUR

DOKUMENTASI ON THE JOB TRAINING

