

***INSPECTION, MAINTENANCE DAN TESTING DRY
TRANSFORMER DAN WET TRANSFORMER PT YTL JAWA
TIMUR UNIT 5 DAN 6***

LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG



Oleh

**RIO GALIH RAMATA
NIM H41161488**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ENERGI TERBARUKAN
JURUSAN TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2020**

***INSPECTION, MAINTENANCE DAN TESTING DRY
TRANSFORMER DAN WET TRANSFORMER PT YTL JAWA
TIMUR UNIT 5 DAN 6***

LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG



Sebagai syarat untuk menyelesaikan kegiatan Praktek Kerja Lapang
Program Studi Teknik Energi Terbarukan
Jurusan Teknik

Oleh

**RIO GALIH RAMATA
NIM H41161488**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ENERGI TERBARUKAN
JURUSAN TEKNIK
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
2020**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER**

***INSPECTION, MAINTENANCE DAN TESTING DRY
TRANSFORMER DAN WET TRANSFORMER PT YTL JAWA
TIMUR UNIT 5 DAN 6***

**RIO GALIH RAMATA
NIM H41161488**

Telah Melaksanakan Praktek Kerja Lapangan dan Dinyatakan lulus

Tim Penilai

Pembimbing Lapangan (Eksternal),



Redy Hartono S.T

Dosen Pembimbing,


Dr. Bayu Rudiyanto, ST., M.Si.
NIP. 197312212002121001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik



Mokhammad Nuruddin, ST., M.Si.
NIP. 19761112001121001



**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Rio Galih Ramata
NIM : H41161488
Program Studi : Teknik Energi Terbarukan
Jurusan : Teknik

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) atas Karya Ilmiah berupa **Laporan Praktek Kerja Lapangan saya yang berjudul:**

***INSPECTION, MAINTENANCE DAN TESTING DRY TRANSFORMER
DAN WET TRANSFORMER PT YTL JAWA TIMUR UNIT 5 DAN 6***

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT. Perpustakaan Politeknik Negeri Jember berhak menyimpan, mengalih media atau format, mengelola dalam bentuk Pangkalan Data (*Database*), mendistribusikan karya dan menampilkan atau mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Politeknik Negeri Jember, Segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas Pelanggaran Hak Cipta dalam Karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

**Dibuat di : Jember
Pada tanggal : 30 September 2020
Yang menyatakan,**

**Nama : Rio Galih Ramata
NIM : H41161488**

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya sehingga penulis dapat melaksanakan kegiatan Praktek Kerja Lapang di PT. YTL JAWA TIMUR yang terlaksana pada bulan Februari hingga Maret 2020 serta mampu menyelesaikan laporan dengan judul **“*Inspection, Maintenance dan Testing Wet Transformer dan Dry Transformer PT. YTL Jawa Timur Unit 5 dan 6*”**.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan praktek kerja lapang maupun dalam pembuatan laporan ini hingga selesai yaitu kepada:

- a. Kedua Orang Tua dan Keluarga yang selalu memberikan dukungan serta bantuan dengan segala do'a dan restu.
- b. Politeknik Negeri Jember sebagai penyedia pendidikan vokasi.
- c. Dr. Bayu Rudiyanto, ST., M.Si selaku pembimbing PKL atas masukan dan bimbingannya selama kegiatan PKL hingga penyusunan laporan ini.
- d. Bapak Redy Hartono. S.T, selaku pembimbing yang sabar membimbing dan memberi pengetahuan selama PKL.
- e. Drs. Edy Suharto MM., selaku Koordinator PKL yang telah memberikan kesempatan melaksanakan kegiatan PKL di PT YTL Jawa Timur.
- f. Ihwan Saleh selaku *Section Head of Electircal* di PT YTL Jawa Timur.
- g. Segenap *crew Electrical* (Bapak Basudewo *supervisor of Electrical*) dan Team Mekanik *Electrical* (Bapak Ari Eko, Bapak Robby, Bapak Candra, Bapak Arie Tri, Bapak Sungging, Bapak Dana) serta kontraktor PT Miranti Adhi Pertiwi (Bapak Satori, Bapak Jony, Bapak Munir, Mas Dony, Mas Suli, Mas Yudha, Mas Robby, Mas Saman) yang telah menyalurkan ilmu pengetahuannya serta canda tawa selama PKL di PT YTL Jawa Timur.
- h. Moh. Asnawi, S.Pd.i yang telah membantu penulis untuk melaksanakan PKL di PT YTL Jawa Timur.

- i. Seluruh karyawan dan operator yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang telah membantu pelaksanaan Praktek Kerja Lapangan di PT.YTL Jawa Timur.
- j. Teman seperjuangan PKL (Bella tul, Ilman Lok, Adit Bli, Golamalang, Piroh Skincare, Fidhi Bocil, Galang Koco, Annisantik, Titandut, Fatimah, Rizqiqui) yang telah memberi warna pada cerita PKL kami.
- k. Shifwatu Dzakiyyah yang telah memberi semangat dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan laporan PKL.
- l. Serta teman-teman program studi Teknik Energi Terbarukan angkatan 2016.
- m. Dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu disini yang telah banyak memberi bantuan di lapangan maupun dalam penyusunan laporan hingga terselesaikannya laporan ini.

Laporan Praktek Kerja Lapang ini masih kurang sempurna, mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna perbaikan dimasa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Jember, 31 Maret 2020

Penulis,

Rio Galih Ramata

H41161488

RINGKASAN

Inspection, Maintenance dan Testing Wet Transformer dan Dry Transformer PT. YTL Jawa Timur Unit 5 dan 6. Rio Galih Ramata, NIM H41161488. Tahun 2020, 98 hlm., Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember, Dr. Bayu Rudiyanto, ST., M.Si. (Dosen Pembimbing Praktek Kerja Lapang Internal) Redy hartono. S.T. (Pembimbing Praktek Kerja Lapang / Eksternal).

Kebutuhan energi listrik meningkat seiring dengan berkembangnya teknologi terutama pada penggunaan energi listrik oleh masyarakat maupun industri. PT. YTL Jawa Timur merupakan perusahaan yang bergerak di bidang operasi dan pemeliharaan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang terletak di Jl. Raya Surabaya Situbondo Km. 141 Paiton, Kabupaten Probolinggo mencakup 2 unit dengan kapasitas 610 MW pada Unit 5 dan 6.

Total 1220 MW untuk memenuhi kebutuhan listrik di Jawa, Bali, dan Madura dilengkapi dengan peralatan yang mendukung dalam prosesnya salah satunya adalah Motor Listrik. *Transformator* merupakan salah satu peralatan pendukung dalam proses produksi digunakan sebagai menaikkan dan menurunkan tegangan untuk mensuplay kebutuhan listrik dan sistem operasional. Supaya *transformator* dapat bekerja dengan optimal dan terhindar dari kerusakan, maupun sort sirkuit maka perlu adanya *inspection* dan *maintenance*.

Perawatan secara rutin dapat menjaga *transformator* dari kerusakan atau gangguan yang dapat menyebabkan sistem mengalami hambatan. Perawatan yang digunakan pada *transformator* PT. YTL adalah *Off Line Inspection* dan *On Line system*.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
PRAKATA	v
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat.....	2
1.2.1 Tujuan Umum PKL	2
1.2.2 Tujuan Khusus PKL	2
1.2.3 Manfaat PKL	2
1.3 Lokasi dan Jadwal Kerja	3
1.4 Metode Pelaksanaan	4
BAB 2. KEADAAN UMUM PERUSAHAAN	5
2.1 Sejarah Perusahaan	5
2.2 Struktur Organisasi Perusahaan.....	8

2.3	Kondisi Lingkungan	8
2.4	Visi dan Misi Perusahaan.....	9
2.5	Bidang Usaha.....	9
2.6	Lokasi Perusahaan.....	11
2.7	Prestasi yang Pernah Diraih PT YTL.....	12
2.8	Fire, Health, and Safety.....	12
BAB 3.	KEGIATAN UMUM LOKASI PKL.....	15
3.1	Dekskripsi Umum PLTU PT. YTL Unit 5 & 6	15
3.2	Siklus Bahan Bakar	19
3.2.1	Bahan Bakar (<i>fuel</i>).....	20
3.2.2	<i>Oil Gun</i>	21
3.2.3	<i>Coal System</i>	22
3.2.4	<i>Crane</i>	22
3.2.5	<i>Coal Conveyor</i>	22
3.2.6	<i>Coal Plant</i>	23
3.2.7	<i>Stacker atau Reclaimer</i>	24
3.2.8	<i>Coal Silo</i>	25
3.2.9	<i>Coal Feeder</i>	26
3.2.10	Pulverizer	27
3.2.11	Ruang bakar (<i>furnace</i>) pada boiler.....	30
3.3	Siklus Air	31
3.3.1	Sea Water Intake	32
3.3.2	<i>Circulating Water Pump</i>	32
3.3.3	<i>Discharge</i>	33

3.3.4	<i>Sea Water Reserver Osmosis (SWRO)</i>	33
3.3.5	<i>Demineralized Water Reverse Osmosis (DWRO)</i>	36
3.3.6	<i>Permeate Tank</i>	36
3.3.7	<i>Condensate Storage Tank (CST)</i>	36
3.3.8	<i>Circulating Water</i>	37
3.3.9	<i>Condenser and Condensate Extraction Pump</i>	38
3.3.10	<i>Polisher</i>	39
3.3.11	<i>LP Heater</i>	40
3.3.12	<i>Dearator</i>	40
3.3.13	<i>Boiler Feed Pump</i>	41
3.3.14	<i>Water Heater</i>	41
3.3.15	<i>Economizer</i>	42
3.3.16	<i>Steam Drum</i>	42
3.3.17	<i>Boiler Circulating Water Pump</i>	43
3.3.18	<i>Water Wall</i>	43
3.4	Siklus Uap	44
3.4.1	<i>Superheater</i>	45
3.4.2	<i>Control Valve</i>	45
3.4.3	<i>High Pressure (HP) Turbine</i>	45
3.4.4	<i>Reheater</i>	46
3.4.5	<i>Combine Reheat Valve</i>	46
3.4.6	<i>Reheat (RH) Turbine dan Low Pressure (LP) Turbine</i>	46
3.5	Siklus Udara dan Gas Buang	47
3.5.1	<i>Pa Fan, Id fan dan Fd fan</i>	47
3.5.2	<i>Primary Air Heater and and Secondary Air Heater</i>	49

3.5.3 <i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i>	49
3.5.4 <i>Flue Gas Desulfurization (FGD)</i>	49
3.5.5 <i>Bottom Ash System</i>	50
3.5.6 <i>Fly Ash System</i>	52
3.5.7 <i>Stack</i>	53
3.6 Siklus Kelistrikan	54
3.6.1 <i>Generator</i>	55
3.6.2 <i>Transformer</i>	56
3.6.3 <i>MV Switchgear (medium Voltage)</i>	58
BAB 4. KEGIATAN KHUSUS PKL	59
4.1 <i>Wet Transformer</i>	59
4.1.1 <i>Bagian Utama Wet Transformer</i>	60
4.1.2 <i>Bagian Pendukung Wet Transformer</i>	63
4.2 <i>Dry Transformer</i>	68
4.2.1 <i>Bagian Utama Dry Transformer</i>	69
4.2.2 <i>Bagian Pendukung Dry Transformer</i>	70
4.3 <i>Spesifikasi Wet dan Dry Transformer</i>	71
4.3.1 <i>Spesifikasi Wet Transformer</i>	71
4.3.2 <i>Spesifikasi Dry Transformer</i>	72
4.4 <i>Maintenance Secara Umum</i>	72
4.4.1 <i>Konsep Dasar Perawatan</i>	73
4.4.2 <i>Jenis-jenis Perawatan</i>	73
4.4.3 <i>Faktor Pendukung Kegiatan Perawatan</i>	75
4.4.4 <i>Prosedur Pelaksanaan Perawatan dan Perbaikan</i>	76

BAB 5. PEMBAHASAN	78
5.1 Prinsip Kerja Transformer PLTU	78
5.2 Maintenance Transformer.....	79
5.2.1 <i>Maintance Wet Transformer</i>	79
5.2.2 <i>Maintance Dry Transformer</i>	82
5.3 Data dan Pengukuran.....	84
5.3.1 <i>Analisa Insulation Resistance (IR)</i>	84
5.3.2 <i>Analisa Polarization Indeks (PI)</i>	86
BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN	91
6.1 Kesimpulan.....	91
6.2 Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN.....	94

DAFTAR SINGKATAN

CP:	Condensate Pump
HP:	High Pressure
LP:	Low Pressure
IP:	Intermediate Pressure
CWP:	Circulating Water Pump
FGD:	Flue Gas Desulphurization
IDF:	Induce Draft Fan
FDF:	Force Draft Fan
PAF:	Primary Air Fa
RH:	Re-Heater
SH:	Super Heater
AH:	Air Heater
IPB:	Isolated Phased Bus Duct
EP:	Electrostatic Precipitator
GTR:	Generator Transformer
RO:	Reverse Osmosis
CPS:	Condensate Polishing System
BFP:	Boiler Feed Pump
DCS:	Distributed Control System
HV:	High Voltage
LV:	Low Voltage

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagan Hubungan Kontrak	6
Gambar 2.2 Struktur Organisasi PLTU PT YTL	8
Gambar 2.3 Layout PT YTL Jawa Timur	11
Gambar 3.1 Siklus PLTU Unit 5 & 6	19
Gambar 3.2 Flow Chart siklus bahan bakar	19
Gambar 3.3 Siklus Bahan Bakar	21
Gambar 3.4 Gambar <i>Oil Gun</i> (1)	21
Gambar 3.5 Gambar <i>Oil Gun</i> (2)	22
Gambar 3.6 Gambar <i>Conveyor</i>	23
Gambar 3.7 <i>Coal Plant</i> PLTU PT. YTL Unit 5 & 6	24
Gambar 3.8 <i>Stacker atau Reclaimer</i>	25
Gambar 3.9 Gambar <i>Coal Silo</i>	26
Gambar 3.10 <i>Coal Feeder</i>	27
Gambar 3.11 <i>Pulverizer</i> tampak depan	28
Gambar 3.12 <i>Typical ABB CE HP pulverizer</i>	28
Gambar 3.13 <i>Bolier Building</i>	30
Gambar 3.14 Flow Chart siklus air	31
Gambar 3.15 <i>Sea Water Intake</i>	32
Gambar 3.16 <i>Circulating Water Pump</i>	33
Gambar 3.17 <i>Sea Water Reserve Osmosis (SWRO)</i>	34
Gambar 3.18 <i>Dissolved Air Flotation</i>	34

Gambar 3.19 <i>Polishing Filter</i>	35
Gambar 3.20 <i>Mixed Bed</i>	36
Gambar 3.21 <i>Condensat Storage Tank Unit 5 & 6</i>	37
Gambar 3.22 <i>Condenser</i>	38
Gambar 3.23 <i>Polisher</i>	39
Gambar 3.24 <i>Dearator</i>	41
Gambar 3.25 <i>Boiler Steam Drum</i>	42
Gambar 3.26 <i>Siklus Uap</i>	44
Gambar 3.27 <i>Siklus Udara dan Gas Buang</i>	47
Gambar 3.28 <i>Fd Fan</i>	48
Gambar 3.29 <i>Pa Fan</i>	48
Gambar 3.30 <i>ID Fan</i>	48
Gambar 3.31 <i>Electrostatic Precipitator (ESP)</i> -----	49
Gambar 3.32 <i>Flue Gas Desulfurization (FGD)</i>	50
Gambar 3.33 <i>Bottom Ash System</i>	51
Gambar 3.34 <i>Bottom Ash Silo</i>	51
Gambar 3.35 <i>Fly Ash System</i>	52
Gambar 3.36 <i>Fly Ash Silo</i>	52
Gambar 3.37 <i>Stack</i>	53
Gambar 3.38 <i>Flow Chart Sistem Kelistrikan</i>	54
Gambar 3.39 <i>Siklus Kelistrikan</i>	55
Gambar 3.40 <i>Jaringan PLN 1</i> -----	55
Gambar 3.41 <i>Kontruksi Generator</i> -----	56
Gambar 3.42 <i>Wet Transformator</i>	56

Gambar 3.43 Auxiliary Transformer.....	57
Gambar 3.44 Insulated Switchgear	57
Gambar 3.45 Medium Voltage.....	58
Gambar 4. 1 <i>Generator Transformer 765 MVA</i> -----	59
Gambar 4. 2 <i>Name Plate Generator Transformer</i>	60
Gambar 4. 3 Bushing.....	62
Gambar 4. 4 Tangki Konservator.....	63
Gambar 4. 5 Cooling Fans	64
Gambar 4. 6 Sitram Dry	65
Gambar 4. 7 Motor Charger	66
Gambar 4. 8 Dehydrating Breather	67
Gambar 4. 9 Temperatur Indikator (a) <i>Oil Temperature</i>	68
Gambar 4. 10 Dry Transformer.....	68
Gambar 4. 11 Core Besi (Inti Besi).....	69
Gambar 4. 12 Winding (Kumparan)	70
Gambar 5. 1 Wet Transformer (step up) BAT01-----	78
Gambar 5. 2 Dry Transfomer (Step-down) 00BJT17	79
Gambar 5. 3 Lembar Routine Inspection	80
Gambar 5. 4 Alat untuk Termography	81
Gambar 5. 5 Maintance Transformer	88
Gambar 5. 6 Kurva Kenaikan (IP) setelah maintance.....	90

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4. 1 Spesifikasi Wet Transformer	71
Tabel 4. 2 Spesifikasi Dry Transformer	72
Tabel 5. 1 Parameter PI Ref.IEEE Stds. 43-2000 -----	84
Tabel 5. 2 Data Insulation Resistance Sebelum Maintance	85
Tabel 5. 3 Data Insulatin Resistance Setelah Maintance	88
Tabel 5. 4 Nilai Polarization Index Setelah dan Sebelum Maintance.....	89

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Surat Keterangan Melaksanakan PKL.....	94
Lampiran 2. <i>Logbook</i> Kegiatan dan Absensi Harian PKL.....	95
Lampiran 3. Dokumentasi Kegiatan	97

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Praktek Kerja Lapangan (PKL) merupakan kegiatan yang memiliki tujuan sebagai sarana bagi mahasiswa untuk menerapkan disiplin ilmu yang telah didapatkan ketika kegiatan perkuliahan pada dunia kerja atau perindustrian. Mahasiswa diharapkan mampu mempersiapkan diri untuk memasuki dunia kerja, khususnya mahasiswa vokasi. Pendidikan vokasional berbasis keahlian, dimana program pendidikan tersebut digunakan untuk mengembangkan keahlian-keahlian khusus pada bidang masing-masing dan salah satu perguruan tinggi yang melakukannya adalah Politeknik Negeri Jember yang berada di Kabupaten Jember provinsi Jawa Timur. Program Studi Teknik Energi Terbarukan yang berada di bawah naungan Jurusan Teknik merupakan salah satu program studi yang berada di Politeknik Negeri Jember yang memiliki konsentrasi pembelajaran pada bidang konversi energi dan bahan bakar alternatif.

PT. YTL Jawa Timur merupakan perusahaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) swasta terbesar kedua di Indonesia. PT. YTL bergerak dalam bidang pengoperasian dan perawatan PLTU untuk unit 5 dan 6 yang berbahan bakar batu bara dengan kapasitas 2 x 610 MW, total 1220 MW dilengkapi dengan peralatan yang mendukung dalam prosesnya salah satunya adalah *Transformator*.

Transformator merupakan salah satu peralatan pendukung dalam proses produksi digunakan sebagai menaikkan dan menurunkan tegangan untuk mensuplay kebutuhan listrik dan sistem operasional. Agar *transformator* dapat bekerja dengan optimal dan terhindar dari kerusakan, mauoun sort sirkut maka perlu adanya *inspection* dan *maintenance*.

Perawatan secara rutin dapat menjaga *transformator* dari kerusakan atau gangguan yang dapat menyebabkan system mengalami hambatan. Perawatan yang digunakan pada *Transformator* PT. YTL adalah *Off Line Inspection* dan *On Line System*. Adanya perawatan ataupun pemeliharaan dapat mengurangi maupun menguji isolasi pada motor listrik. Hal ini sangat dilaksanakannya *preventive*

maintenance secara rutin. Sehingga pada laporan ini akan dijelaskan mengenai proses dan analisis *inspection* dan *maintenance Transformer* dengan metode *Off Line System* dan *On Line System* PLTU PT. YTL Jawa Timur Unit 5 dan 6. Hasil laporan ini diharapkan menambah wawasan mengenai proses dan analisa *Inspection* dan *maintenance Transformer*.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan Umum PKL

Tujuan umum pelaksanaan praktek kerja lapang di PLTU Unit 5 & 6 PT YTL Jawa Timur adalah :

1. Terciptanya suatu hubungan yang sinergis, jelas dan terarah antara dunia perguruan tinggi dan dunia kerja.
2. Meningkatkan kepedulian dan partisipasi dunia industri dalam memberikan kontribusinya pada sistem pendidikan nasional.
3. Meningkatkan wawasan, pengetahuan dan pemahaman mahasiswa pada kegiatan–kegiatan disuatu perusahaan dengan bidang keilmuannya.
4. Mahasiswa dapat mengetahui dan memahami sistem kerjadi dunia industri.

1.2.2 Tujuan Khusus PKL

Tujuan khusus PKL merupakan tujuan yang digunakan dalam pembahasan terkait topik yang dikaji. Tujuan khusus PKL di PT. YTL Unit 5 & 6 adalah:

1. Mengetahui sistem produksi energi listrik di PLTU Paiton unit 5 & 6.
2. Mengetahui fungsi dari *transformer* pada PLTU.
3. Mengetahui proses dari *inspection* dan *maintenance Wet transformer*
4. Mengetahui analisis *inspection* dan *maintenance Dry transformer*.

1.2.3 Manfaat PKL

Manfaat dari kegiatan praktek kerja lapang di PLTU Unit PLTU Unit 5 & 6 PT YTL Jawa Timur adalah sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan dan pengalaman mahasiswa dalam penerapan teori yang didapatkan di perkuliahan pada dunia kerja terutama dalam pembangkitan energi pada PLTU.

2. Mendapat pengalaman kerja di dunia industri terutama di PLTU yang bersifat teknis ataupun non teknis.
3. Menambah wawasan dalam penelitian tugas akhir atau skripsi yang dilakukan.
4. Memberikan sumbangsih pemikiran untuk pengembangan lebih lanjut pada PLTU PT.YTL.
5. Menambah pengetahuan mengenai sistem kerja dan perawatan motor listrik serta alat-alat yang digunakan di PLTU Unit 5 & 6 PT. YTL Jawa Timur.

1.3 Lokasi dan Jadwal Kerja

1. Lokasi

Lokasi pelaksanaan praktek kerja lapang di Pembangkit Listrik Tenaga Uap PLTU Unit 5 & 6 PT YTL Jawa Timur PLTU Paiton, Jalan Raya Surabaya-Situbondo KM. 141 Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur.

2. Jadwal Kerja

Jadwal kerja pelaksanaan praktek kerja lapang adalah sebagai berikut,
Waktu pelaksanaan :

a. Periode 1

Tanggal : 05 Februari 2020 - 29 Februari 2020
Tempat : *Electrical Engineering* PLTU PT.YTL Unit 5 dan 6
Hari kerja : Senin - Jumat
Jam kerja : 07.00 - 16.00

b. Periode 2

Tanggal : 01 Maret 2020 - 31 Maret 2020
Tempat : *Electrical Engineering* PLTU PT.YTL Unit 5 dan 6
Hari kerja : Senin - Jumat
Jam kerja : 07.00 - 16.00

1.4 Metode Pelaksanaan

Proses penulisan laporan Praktek Kerja Lapang menggunakan analisa kuantitatif diskriptif melalui data-data yang telah didapat. Agar mendapatkan informasi yang lebih akurat dilakukanlah cara sebagai berikut :

1. Metode Observasi

Metode ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung di lapangan khususnya pada *coal handling system* PLTU PT.YTL Unit 5 dan 6 untuk mengetahui sistem kerja dan komponen-komponen dalam sistem tersebut.

2. Metode Interview

Metode ini dilakukan dengan cara mendapatkan informasi mengenai *coal handling system* melalui diskusi atau tanya jawab dengan pihak yang ahli di bidangnya.

3. Metode Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan cara membaca *Manual Book* yang terdapat di *document control* tempat PKL.

BAB 2. KEADAAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Sejarah Perusahaan

PT YTL Jawa Timur merupakan perusahaan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) swasta terbesar kedua di Indonesia, yang merupakan salah satu anak perusahaan dari PT YTL Power yang berkantor pusat di Kuala Lumpur, Malaysia yang bergerak dalam bidang pengoperasian dan perawatan PLTU untuk unit 5 dan unit 6 yang berbahan bakar batu bara dengan kapasitas 2 x 610 MW, total 1220 MW untuk memenuhi kebutuhan listrik di pulau Jawa, Madura, Bali melalui perjanjian jual listrik (PPA) dan PT PLN persero selama 30 tahun sejak tanggal 26 Juli 1999 untuk unit 6 dan tanggal 26 Januari 2000 untuk unit 5 yang dibangun saat proyek Paiton Private Power Project Phase II sedangkan kepemilikannya dimiliki oleh PT Jawa Power. Untuk Private Power Phase I dibangun untuk unit 7 dan 8 yang dioperasikan oleh PT IPMOMI.

Awal sejarahnya, Paiton Private Power Project disebut sebagai "Consortium Jawa Power" terdiri atas Siemens SPV (Siemens Project Venture) yang berasal dari Jerman, Power Gen yang berasal dari UK-Inggris, serta PT. Bumi Pertiwi yang berasal dari Indonesia. Masing – masing perusahaan tersebut mempunyai jumlah saham yang berbeda yaitu:

Siemens SPV: 50%

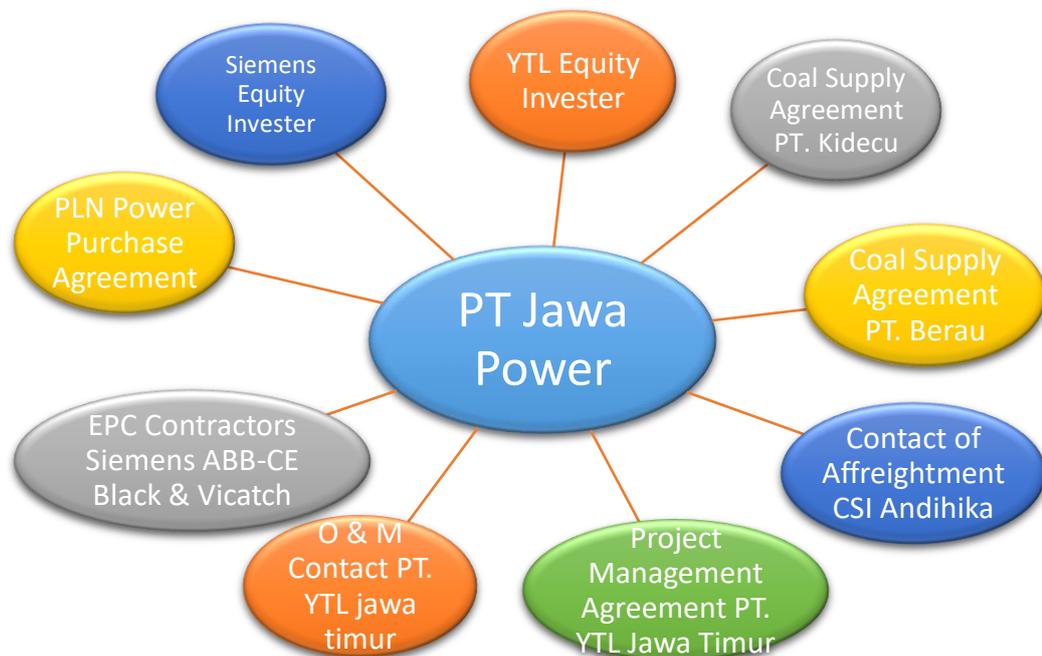
Power Gen: 35%

PT. Bumi Pertiwi: 15%

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

Namun pada tanggal 31 Mei 2004, saham PT Power Gen UK yang memiliki saham 35% dijual kepada PT YTL Power melalui sebuah perjanjian jual beli (SPA). Dengan adanya perjanjian jual beli saham tersebut maka sejak tanggal 8 Desember 2004 PLTU Unit 5 dan 6 diserahkan dari PT PowerGen Jawa Timur selaku anak perusahaan PT YTL Power yang berada di Kuala Lumpur, Malaysia. Maka mulai saat ini itulah PT YTL Jawa Timur resmi menggantikan perusahaan O & M (PT PowerGen) yang mengoperasikan dan merawat PLTU paiton unit 5 dan 6.

Di bawah ini merupakan bagan perusahaan lain yang bekerja sama dengan PT. YTL Jawa Timur yang bergerak pada produksi tenaga listrik.



Gambar 2.1 Bagan Hubungan Kontrak

Sumber: Dokumen Pribadi

Sebagai pusat listrik tenaga uap, PT YTL Jawa Timur sangat berperan dalam pengelolaan jasa penerangan untuk wilayah se-jawa-bali melalui jaringan saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET) 500 KV.

Sebagai pusat pembangkit listrik tenaga uap, PT YTL Jawa Timur dalam operasionalnya menekankan pada tiga factor penting, yaitu:

a. Keselamatan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan kerja memperoleh perhatian utama pada perusahaan ini, terbukti dengan diperolehnya penghargaan bendera pada tahun 2014 dari pemerintah sebagai perusahaan yang menerapkan sistem K3 dengan kecelakaan kerja Nol (*Zero Accident*) sejak tahun 2010 yang sudah mendapat bendera green. Komitmen ini tercantum dalam peraturan standart mengenai K3 (Kesehatan dan keselamatan kerja) juga tercantum dalam kebijakan perusahaan yang ditanda tangani oleh President Director PT YTL Power untuk menerapkan standart manajemen internasional OHSAS 18001:2007 yang diintegrasikan dengan manajemen ISO 9001 (quality) & ISO 14001 (lingkungan).

b. Berwawasan Lingkungan Hidup

Lingkungan hidup juga menjadi prioritas bagi perusahaan ini terbukti dengan dibuatnya pernyataan kebijakan lingkungan yang menyebutkan bahwa PT YTL Jawa Timur mendukung pandangan bahwa lingkungan adalah bagian dari integral dan fundamental dari strategi dan tujuan bisnis stasiun pembangkit paiton II. Pernyataan tersebut diaplikasikan dengan digunakannya fasilitas plant yang ramah terhadap lingkungan misalnya Electrostatic Precipitator (ESP) dan Waste water Treatment Plant (WWTP).

c. Lingkungan Sosial

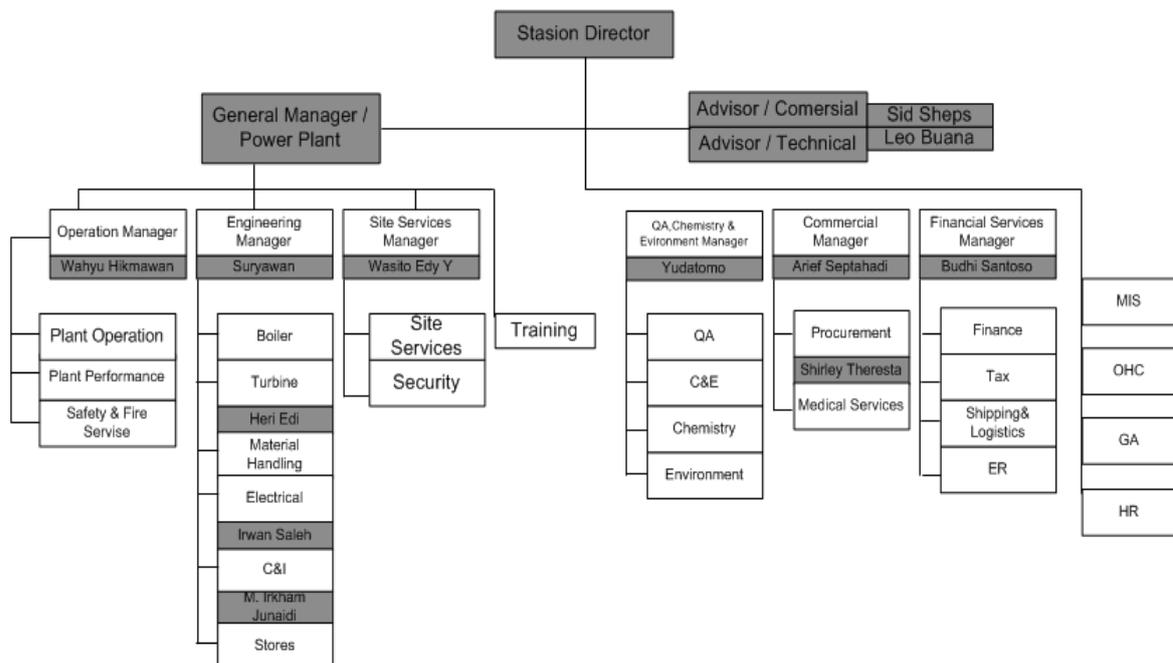
PT YTL Jawa Timur sebagai bagian dari masyarakat memberikan perhatian pada lingkungan social yang diwujudkan dengan pemberian bantuan kesekolah – sekolah sekitarnya, seperti pondok pesantren dan sumbangan social lainnya. Dengan adanya program tersebut, PT YTL Jawa Timur telah berhasil mendapatkan penghargaan proper dari pemerintah dengan predikat hijau/green pada tahun 2009 dan menuju predikat Emas /Gold pada tahun 2014.

Oleh karena itu, dalam pengoperasiannya, tiap unit memerlukan pengelolaan gas buang (flu Gas) yang bertujuan untuk mengurangi polusi udara termasuk gas yang tidak di inginkan dan zat padat lain yang berbahaya selama proses pembakaran. Limbah dan zat kimia tersebut disimpan dalam tempat penyimpanan yang ramah lingkungan (Ash Lagonn). Untuk system pendinginan menggunakan pendinginan air laut. Siklus air untuk Make Up, service dan portable

akan disediakan melalui desalinasi air laut yang dilakukan pada water treatment Plant (WTP).

2.2 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi perusahaan yang di pakai adalah system garis lurus. Pada laporan ini penjelasan tugas, wewenang dan tanggung jawab masing – masing jabatan tidak dituliskan, dengan alasan fleksibilitas kerja perusahaan yaitu untuk menghindari pekerja yang tidak mau bekerja apabila diluar tugas, wewenang dan tanggung jawabnya. Struktur organisasi disajikan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Organisasi PLTU PT YTL

Sumber: Dokument Control

2.3 Kondisi Lingkungan

Sejak awal berdiri sampai sekarang, lokasi yang ditempati PT. Paiton PT. YTL Jawa Timur berada di:

- Desa : Bhinor
- Kecamatan : Paiton
- Kabupaten : Probolinggo

- d) Propinsi : Jawa Timur
- e) Perusahaan menempati area seluas: \pm 6 Hektar
- f) Administration building : \pm 1 hektar
- g) Plant pembangkit (5 dan 6) : \pm 2 hektar
- h) Coal handling area : \pm 1 hektar
- i) Ash disposal area : \pm 1 hektar

2.4 Visi dan Misi Perusahaan

a) Visi:

1. Menjadi perusahaan utama di bidang pengoperasian dan pemeliharaan pembangkit listrik yang memberikan pelayanan kelas dunia kepada PT Jawa Power Indonesia
2. Menjadi di kenal di Indonesia sebagai perusahaan yang paling maju dan terkemuka

b) Misi:

1. Berkomitmen untuk terus menerus memberikan pelayanan sempurna yang menguntungkan dalam mencapai sasaran bisnis dengan melampaui harapan pemilik dan pemegang saham serta peduli terhadap karyawan
2. Menjadi terkemuka dan unggul dalam manajemen kualitas, operasional, keselamatan kerja kesehatan dan lingkungan

2.5 Bidang Usaha

Konsumen satu - satunya yang dimiliki PT YTL adalah PLN (perusaan listrik negara). PT YTL dapat memproduksi listrik sebesar 1220 MW yang merupakan produksi dari dua unit yang di miliknya yaitu unit 5 dan 6. Masing – masing unit memproduksi 610 MW. Proses produksi PT YTL adalah sesuai dengan permintaan PLN. PLN akan mengeluarkan *load schedule*. *Load schedule* ini dikeluarkan mingguan dan harian. Jika terjadi perubahan maka PLN akan mengeluarkan revisi load. Bila perubahan yang terjadi bersifat mendadak revisi load. Bila perubahan yang terjadi bersifat mendadak revisi *load* ini dapat di sampaikan lewat telepon (*By phone*) dan faksmile adanya *load schedule* ini dikarenakan energi listrik tidak dapat

disimpan, sehingga meningkatkan efisiensi perlu adanya keseimbangan antara permintaan konsumen (*demand*) dan jumlah energi yang di hasilkan setiap power plan (*supply*).

Untuk kawasan Jawa Bali, PLN memiliki pusat pembagian & peraturan beban P3B yang terletak di Gandul, Jawa Barat. Fungsi dari P3B inilah adalah Memonitor kondisi *great system/power system* dan Mengatur *supply* dan *demand*

Dalam system jual beli dapat di katakana bahwa PT YTL adalah penjual dan PLN adalah pembelinya, pembayaran yang dilakukan oleh PLN dilakukan atas beberapa parameter yaitu:

- a. Pembayaran per mega watt. Jadi berapapun besar MW yang dihasilkan oleh PLN akan membayarnya dengan ketentuan harga yang berlaku
- b. Selain di bayar per MW, PT YTL juga akan di berikan pembayaran ketika PT YTL dapat memenuhi load schedule dari PLN bila tidak, maka PT YTL hanya menerima pembayaran hanya dari MW yang di hasilkan kejadian disebut dengan *Derating* (tidak dapat memenuhi permintaan PLN).

Derating sendiri dapat terjadi ketika PT. YTL mengalami shut down sehingga tidak dapat beroperasi. *Shut down* sendiri terbagi menjadi dua kejadian, yaitu:

- a) *Shut down* yang terjadwal (*schedule*)

Misalnya *outage* yang dilaksanakan setahun dua kali. *Shut down* yang terjadwal tidak dikenal mekanisme *derating*.

- b) *Shut down* yang tidak terjadwal (*Unschedule*)

Misalnya terjadi trip. Pada saat terjadi *Shutdown* yang tidak terjadwal inilah PT YTL mengalami derating.

Pada akhirnya, P3B Gandul – Jawa barat akan mengatur distribusi listrik untuk pulau Jawa – Bali. Di pulau Jawa & Bali sendiri power plant yang menyuplai listrik berada di Surabaya, Semarang, Gresik, Pasuruan, paiton, dll. Bila ada salah satu pembangkit yang tidak dapat menyuplai listrik dan tidak dapat diperoleh pembangkit lainnya, maka dilakukan pemadaman listrik oleh PLN dengan prioritas – prioritas daerah pemadaman yang telah ditetapkan oleh PLN sebelumnya. Sebagai contoh istana Negara merupakan tempat dengan prioritas yang tertinggi.

2.6 Lokasi Perusahaan

PT YTL Jawa Timur pada mulanya kantor utama (sementara) berada di Surabaya tepatnya di Jalan Basuki Rachmad. Sambil menunggu selesainya proyek pembangunan fisik PT YTL Jawa Timur. Namun setelah supra strukturnya tela selesai maka pada tahun 1998 kantor berpindah ke kantor barunya di jalan Raya Surabaya – Situbondo KM 141 tepatnya di desa binor, kecamatan paiton diperbatasan anatara kabupaten Probolinggo dan Situbondo di tanah pantai yang di uruk / direklamasi.

Lokasi tersebut dapat di jangkau secara mudah dari jalan darat yang merupakam jalur lintas Jawa – Bali dan jalur laut yang dapat digunakan untuk transportasi komponen – komponen proses produksi dan peralatan berat serta pengangkutan batu bara ke pusat produksi. Lokasi ini dipilih guna memperlancar proes produksi listrik dan keperluan – keperluan lainnya. Dalam hal ini terutama jalur laut yang merupakan saran transportasi utama untuk suplai batu bara ke dalam jumlah besar dari pulau Kalimantan, PT. Kideco dan PT. Berau Berada.



Gambar 2.3 Layout PT YTL Jawa Timur

Sumber: Dokumen Control

2.7 Prestasi yang Pernah Diraih PT YTL

Prestasi yang pernah diraih adalah:

- a) *Business Excellence Millenium Arward* Tahun 2000
- b) Sertifikasi ISO 14001 Tahun 2001
- c) Sertifikasi SMK3 Tahun 2000
- d) Penghargaan Bendera Emas Tahun 2001
- e) *Gold Certificate Of Business Excellance Millenium Award*
- f) Piagam penghargaan dari Bupati Probolinggo Murhadi, atas peran serta PT PowerGen Jawa Timur dalam program perbedayaan masyarakat pada Tahun 2001
- g) Anugrah PADMA (Pandu Daya Masyarakat) Tahun 2003, PT PowerGen Jawa Timur A *subsidiary of* YTL Power Malasyia terpilih sebagai salah satu pelaku sector energy dan sumber daya mineral yang berjasa dalam kegiatan pengembangan masyarakat (*Community Development*).
- h) Penghargaan *Zero Accident* Tahun 2004
- i) *Green Proper Award* Tahun 2004,2005,2006 (PT YTL Jawa Timur adalah salah satu dari Sembilan perusahaan yang berperingkat hijau atau telah berperan aktif dalam kegiatan pemberdayaan masyarakat. Penilaian ini dilakukan terhadap 250 perusahaan di Indonesia).
- j) *Gold Proper Award* Tahun 2013.

2.8 Fire, Health, and Safety

Salah satu kebijakan PT. YTL adalah menyediakan lingkungan kerja yang aman, hal ini diterapkan dengan dibentuknya *Fire, Health and Safety Section*. PT. YTL menekankan bahwa Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) merupakan tanggung jawab seluruh karyawan. Karena itu, *Health and Safety Section* disini hanya bertindak sebagai resources atau pemberi saran agar seluruh orang (baik karyawan atau tamu) yang berada di areal PT. YTL melaksanakan seluruh prosedur yang berkaitan dengan *Health and Safety Program*. *Health and Safety Program Safety Requirement*, berkaitan dengan papan peringatan atau tanda

keselamatan yang dipasang diseluruh areal PLTU Paiton Unit 5 dan 6, dimana areal tersebut dianggap rawan untuk keselamatan pekerja.

1. *Implements Procedure*, berkaitan dengan peraturan-peraturan yang ada di PLTU Paiton Unit 5 dan 6. Programnya antara lain:

- a) *Safety Induction*

Petunjuk awal untuk seluruh karyawan dan tamu di PT.YTL tentang peraturan atau hal-hal yang berkaitan dengan prosedur keamanan di PLTU Paiton Unit 5 dan 6.

- b) *Safety Talk*

Program mingguan setiap hari Selasa untuk membicarakan tentang isu-isu *Health and Safety* seputar areal PLTU Paiton Unit 5 dan 6.

2. YTL Program, berkaitan dengan *Health and Safety* untuk seluruh karyawan PT.YTL, seperti pemeriksaan kesehatan, pengobatan, imunisasi, dll.
3. Contractor Program, berkaitan dengan *Health and Safety* untuk seluruh tamu atau pekerja kontrak yang berada di areal PLTU Paiton Unit 5 dan 6, seperti pemeriksaan keamanan peralatan dan surat izin kerja.
4. Health and Safety Performance
 1. *Lost Time Injury (LTI)*, yaitu kecelakaan kerja yang mengakibatkan hilangnya waktu kerja. Sejauhnya ini *Safety Record* menunjukkan 0 untuk LTI dengan 2.400.000 manhours.
 2. *Medical Treatment Injury (MTI)*, yaitu kecelakaan kerja yang menyebabkan adanya perawatan kesehatan khusus dari dokter atau rumah sakit. Sejauh ini *Safety Record* menunjukkan hanya 3 MTI dengan 2.400.000 manhours.
5. Fire Program

Core Team, ini adalah proyek kerjasama antara PT. YTL dan PT. POMI (PLTU Paiton Unit 3, 7 & 8). Core Team bertindak sebagai *Emergency Response Team* yang menangani kebakaran, kecelakaan dan tumpahan gas atau bahan kimia di areal PLTU Paiton Unit 3, 5, 6, 7, & 8.

a. Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri merupakan alat yang memiliki kemampuan untuk melindungi seseorang dalam pekerjaan yang fungsinya untuk mengisolasi tubuh dilokasi kerja dari bahaya di pekerjaan dan memperkecil akibat yang timbul dari bahaya tersebut dan merupakan pengendalian akhir apabila cara yang dilakukan kurang efisien. Beberapa persyaratan APD, diantaranya:

- 1) Harus dapat memberikan perlindungan yang memadai dari bahaya di lokasi tempat kerja.
- 2) Beratnya harus seiring mungkin dan nyaman di pakai.
- 3) *Fleksibel* jika di pakai da tidak mungkin rusak.
- 4) Cukup menarik
- 5) Tidak menimbulkan bahaya tambahan dan tidak mengganggu gerak si pengguna.
- 6) Harus memenuhi ketentuan standart yang ada.
- 7) Harga murah dan suku cadangnya tersedia,

APD (Alat Pelindung Diri) yang wajib oleh karyawan PT YTL Jawa Timur saat memasuki *area main plant* terdiri dari: *Safety Helmet*, *Safety Glass* dan *Safety Shoes*.

BAB 3. KEGIATAN UMUM LOKASI PKL

3.1 Deskripsi Umum PLTU PT. YTL Unit 5 & 6

Prinsip kerja PLTU Paiton unit 5 & 6 secara umum adalah pembakaran batu bara pada boiler untuk memanaskan air dan mengubah air tersebut menjadi uap yang sangat panas (*Steam*) yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Turbin ini digunakan untuk menggerakkan rotor pada generator. Generator mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik.

Sistem pengaturan yang digunakan pada *power plant* ini menggunakan sistem pengaturan loop tertutup, dimana air yang digunakan untuk beberapa proses merupakan putaran air yang sama, hanya perlu ditambahkan jika memang level yang ada kurang dari *set point*-nya sehingga bentuknya saja yang berubah, pada level tertentu berwujud air dan pada level yang lain berbentuk uap.

Daya listrik yang dihasilkan dari keseluruhan *plant* sebelumnya berasal dari energi pembakaran batu bara (*coal*) yang telah mengalami proses yang panjang. Dari proses produksi itu kita mengenal komponen-komponen penting yang terlibat pada proses produksi tersebut. Komponen-komponen tersebut adalah boiler, turbin, dan generator. Sedangkan tiga bahan utama yang digunakan yaitu air, udara, dan batu bara. boiler, turbin, dan generator. Sedangkan tiga bahan utama yang digunakan yaitu air, udara, dan batu bara.

Batu bara digunakan sebagai bahan bakar yang menghasilkan panas. Oksigen diperlukan dalam proses pembakaran ini. Hasil pembakaran yaitu panas digunakan untuk mengubah air menjadi uap. Uap inilah yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Energi mekanik yang dihasilkan dari turbin digunakan untuk menggerakkan generator. Keseluruhan proses yang terjadi dapat disederhanakan seperti di atas. Namun sebenarnya proses yang terjadi tidak sesederhana itu. Masih banyak sekali proses yang menunjang proses tersebut. Berikut ini merupakan proses produksi listrik yang terjadi pada pembangkit listrik unit 5 & unit 6.

Sebelum masuk ke tempat pembakaran (*furnace*), batu bara yang digunakan untuk menghasilkan energi panas mengalami beberapa proses. Setelah batu bara

turun dari kapal, batu bara ditampung di tempat penampungan batu bara. Dari tempat penampungan ini batu bara dipindahkan ke Silo dengan menggunakan *conveyor*. Sebelum batu bara dipindahkan, batu bara di-*spray* dengan air agar tidak terlalu berdebu. Dan dilewatkan dalam sensor logam untuk memastikan agar tidak ada logam yang ikut terbawa dalam *conveyor*.

Dari Silo, batu bara dimasukkan ke *pulverizer* melalui *feeder*. *Pulverizer* adalah tempat penghancuran batu bara menjadi butiran yang halus sehingga menyerupai *powder*. Sedangkan *feeder* adalah pengatur kapasitas batu bara yang harus memasuki *pulverizer*. Silo ini mampu menampung batu bara sekitar 500 Ton. Setelah dari *pulverizer*, *powder* batu bara akan naik karena dorongan udara panas dari *PA (Primary Air) Fan*. Selain sebagai pendorong, udara panas ini juga berfungsi sebagai pengering *powder* batu bara agar lebih cepat dalam proses pembakaran di dalam *Furnace*. Dan udara ini juga yang menjadi penyeimbang proses pembakaran di dalam *Furnace*.

Proses pembakaran di dalam *Furnace* diawali dengan bahan bakar yaitu solar sebagai bahan bakar yang digunakan untuk melakukan *startup* yang disemprotkan pada lat semacam *spark-plug* (busi) pada kendaraan bermotor. *Spark-plug* ini terdapat di setiap *corner* (sudut) *Furnace*. Setelah terjadi pembakaran *start up* perlahan-lahan batu bara menggantikan solar sebagai bahan bakar sampai akhirnya hanya digunakan batu bara saja sebagai bahan bakar. Apabila kualitas batu bara yang digunakan sangat jelek maka batu bara tersebut akan sulit terbakar. Sebagai akibatnya akan dibutuhkan lebih banyak jumlah batu bara untuk menghasilkan jumlah panas yang sama.

Air yang akan diubah menjadi uap dalam boiler berasal dari *Water Treatment Plant (WTP)*. Air yang digunakan adalah air laut yang dimurnikan sehingga menjadi air demin dan digunakan untuk menyuplai boiler. Proses awal dari produksi air demin dimulai dari air laut yang telah disaring kotorannya kemudian dipompa oleh *Sea Water Feed Pump* ke *Coagulant Storage Tank*. Pada *Coagulant Storage Tank*, air laut diberi koagulan untuk memadatkan partikel yang besar-besar (pasir, lumpur, dan lain-lain) agar mengendap. Kemudian air dipompa ke *Primary Sea Water Filter* untuk menyaring partikel-partikel yang telah

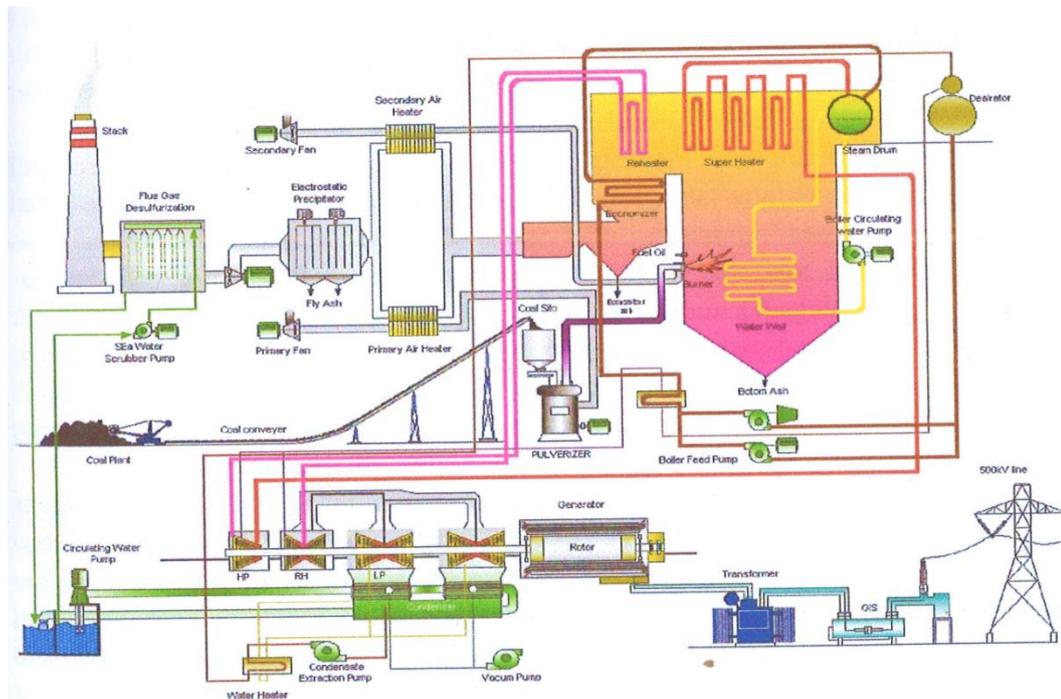
dipadatkan tadi. Dari *Primary Sea Water Filter* air menuju ke *Polishing Filter*. Partikel-partikel padat yang belum tertangkap pada *Primary Sea Water Filter* diharapkan bisa tertangkap pada *Polishing Filter*. Air yang telah disaring kemudian ditampung pada *Filtered Water Storage Tank*. Air dari *Filtered Water Storage Tank* kemudian dipompakan menuju *Cartridge Filter*. Tapi sebelumnya air diberi *Antiseptic Acid* dan *Sodium Bisulfit*. Dalam *Cartridge Filter* air disaring kembali untuk mendapatkan air yang lebih murni. Kemudian air ini dijadikan air tawar melalui proses *desalination reverse osmosis*. Namun air tawar yang diperoleh masih mengandung banyak karbon. Kemudian karbon dipisahkan pada Tanki Dekarbonat (*Decarbonate Tank*), dan dengan *decarbonate pump* dan *decarbonate blower*, air dipindahkan menuju *Permeate Storage Tank*. Air dari *Permeate Storage Tank* sudah bisa digunakan untuk menyuplai kebutuhan sehari-hari. Namun air ini belum bisa digunakan untuk menyuplai kebutuhan boiler. Air dari *Permeate Storage Tank* dengan menggunakan *Permeate Supply Pump* kemudian diproses lagi dengan *reverse osmosis* yang kedua. Air yang telah mengalami *reverse osmosis* yang kedua ditampung dalam *Mixed Beds*. Dari *Mixed Beds* ini air telah berupa air demin dan ditampung di *Demin Water Tank*.

Air yang ditampung di WTP pertama kali disuplai ke *condensor*. Dengan menggunakan *Condensor Extraction Pump* air dipindahkan ke *deaerator* melalui *LP heater A1*, *heater A2*, *heater A3*, dan *heater A4*. Di *deareator*, kadar oksigen dikurangi agar tidak terlalu banyak terjadi oksidasi. Karena jika terjadi oksidasi maka pipa akan mudah korosi dan bisa mengakibatkan kebocoran. Air yang telah dihilangi oksigennya ditampung di *Feed water Storage Tank*. Selanjutnya air yang berada pada *Feedwater Storage Tank* dipindahkan ke *Economizer* melalui *heater A6*, *heater A7*, dan *heater A8* dengan *Boiler Feedwater Pump (BFWP)*. Di *Economizer* air mendapat pemanasan dari *Furnace* yang pertama kali walaupun sebelumnya telah beberapa kali mendapat pemanasan dari *heater*. Keluar dari *Economizer*, air yang sudah bercampur dengan *steam* ditampung di *Steam Drum*. Di *Steam Drum*, yang masih berupa air akan dipanaskan di *Water wall*. Di *Water wall* inilah pemanasan yang utama karena di *Water wall* ini pipa-pipa boiler

bersentuhan langsung dengan api. Disini *steam* akan ditingkatkan suhunya sampai sekitar 500° C.

Dari *Superheater*, bila kualitas *steam* sudah bagus, maka *steam* akan menuju langsung ke *High Pressure Turbine (HPTurbine)*, namun bila kualitas *steam* belum bagus maka *steam* akan dilewatkan pada *HP Bypass (pada saat start up saja)* artinya tidak melalui *High Pressure Turbine* karena apabila *steam* yang kualitasnya belum bagus sudah dilewatkan turbin maka akan dapat merusak sudu-sudu turbin. Namun pada saat plant running dengan kondisi normal maka *by pass* dalam kondisi close. Karena *steam* yang digunakan sudah terkontrol kualitasnya. *Steam* yang masuk ke *HP Turbine* akan memutar *HP (High Pressure) Turbine*. Setelah itu *steam* akan kembali ke boiler untuk mendapatkan pemanasan kembali ke *reheater*. *Steam* yang dipanaskan di *reheater* suhunya sama ketika dipanaskan di *superheater*.

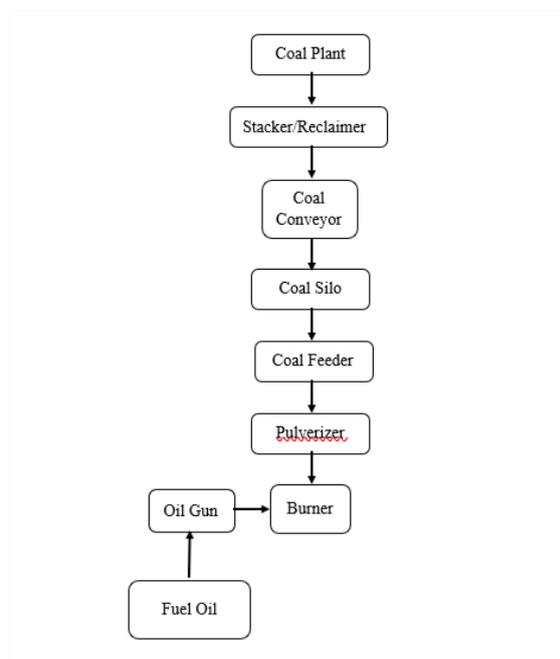
Kemudian *steam* akan menuju *Intermediate Pressure Turbine (IP Turbine)* untuk menggerakkan *IP Turbine*. Setelah dari *IP Turbine*, tanpa pemanasan kembali *steam* langsung menuju *Low Pressure Turbine (LP Turbine)*. Setelah dari *LP Turbine*, *steam* langsung menuju ke kondensor dan dikondensasikan. Air hasil kondensasi terkumpul dan dipompakan kembali dan seterusnya. Pada waktu *steam* memutar turbin maka poros turbin akan ikut berputar. Poros turbin sendiri menyatu antara *HP Turbine*, *IP Turbine*, dan *LP Turbine*. Dari putaran poros tersebut digunakan untuk memutar generator dan *exciter*. Dengan putaran yang konstan yaitu 3000 rpm energi listrik dibangkitkan. Pada awalnya *exciter* yang mempunyai magnet alami dapat menghasilkan energi listrik kurang lebih 220Volt. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh *exciter* digunakan untuk menyuplai generator yang menggunakan elektromagnet (magnet buatan) sehingga timbul medan magnet di sekitar elektromagnet tersebut. Karena elektromagnet tersebut dipasang dengan poros maka elektromagnet tersebut juga ikut berputar sama dengan poros. Adanya medan magnet yang berputar di sekitar kumparan menimbulkan ggl induksi pada kumparan tersebut.



Gambar 3.1 Siklus PLTU Unit 5 & 6

Sumber: Document Control

3.2 Siklus Bahan Bakar



Gambar 3.2 Flow Chart siklus bahan bakar

Sumber: Dokumen Pribadi

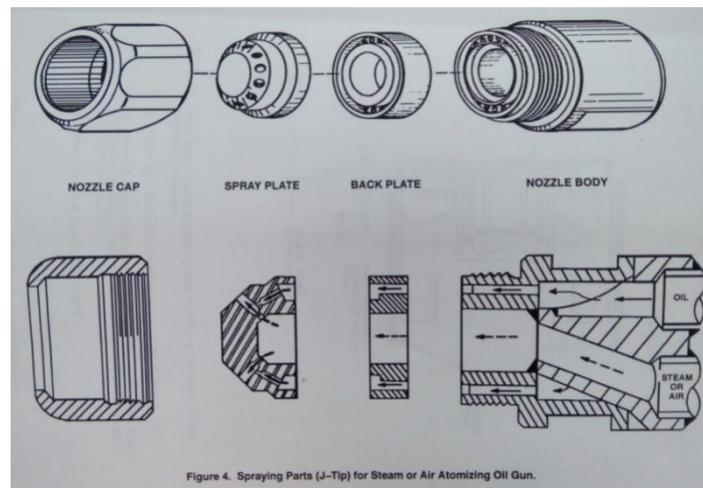
Siklus bahan bakar terdiri dari proses penyediaan bahan bakar, proses distribusi, dan pengolahan proses pembakaran. Terdapat dua jenis bahan bakar yang digunakan dalam proses pemanasan air pada PLTU Paiton unit 5 dan 6 yaitu *Fuel Oil* (solar) dan *Coal* (batubara).

3.2.1 Bahan Bakar (*fuel*)

Bahan Bakar adalah suatu material (bahan) yang dikonsumsi guna menghasilkan energi. Material yang termasuk dalam kategori adalah:

- a. Material yang dikonsumsi dalam proses pembakaran reaksi kimia.
- b. Material yang digunakan pada reactor nuklir.
- c. Material yang metabolisme oleh makhluk hidup

Dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton Unit 5 dan 6, menggunakan bahan bakar batubara dan solar, dimana solar dalam penyalanya menggunakan *Ignitor* (pemercik api) untuk pembakaran awal pada *Boiler*. Secara umum bahan bakar yang digunakan termasuk kedalam bahan bakar solid dan cair.



Gambar 3.5 Gambar *Oil Gun* (2)

Sumber: Dokumen Control

3.2.3 *Coal System*

Batubara merupakan bahan bakar utama yang digunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di PT. POMI unit 5 dan 6 yang didatangkan dari tambang batubara Adaro dan Kideco di Kalimantan Timur menggunakan kapal laut. Batubara yang di gunakan adalah jenis batubara AdarodanKidecodengan kandungan *Ash* sebesar 1,5%, batubara itu diambil dari tambang batubara dan akan terus di *supply* selama pengoperasian. Pengiriman batubara ke *Plant* dilakukan menggunakan dua buahkapal laut yang berkapasitas sekitar 43.000 ton.Lalu batubara ditampung di *Coal Plant* atau *Coal Pile* dengan kapasitas 670.000 ton untuk selanjutnya digunakan sebagai bahan bakar.

3.2.4 *Crane*

Crane merupakan peralatan yang digunakan untuk pembongkaran batu bara dari kapal pada *Jetty*. *Crane* dilengkapi dengan *Grab / Bucket* yang berfungsi untuk mengambil batubara dari kapal menuju *Dock Mobile Hopper*, kemudian*Dock Mobile Hopper* menyalurkan batubara ke *Conveyor*.

3.2.5 *Coal Conveyor*

Coal Conveyor merupakan suatu sistem mekanik yang berfungsi untuk memindahkan batubara dengan jumlah banyak dari satu tempat ke tempat yang lain. Pada unit 5 dan 6 menggunakan jenis *Belt Conveyor*.*Belt Conveyor* berbentuk

semacam sabuk besar yang terbuat dari karet yang bergerak melewati *Head Pully* dan *Tail Pulley*, keduanya berfungsi untuk menggerakkan *Belt Conveyor*, serta *Transioning Pulley* yang berfungsi sebagai peregang *Belt Conveyor*. Untuk menyangga *Belt Conveyor* beserta bobot batubara yang diangkut dipasang *Idler* pada jarak tertentu diantara *Head Pully* dan *Tail Pully*. *Idler* adalah bantalan berputar yang dilewati oleh *Belt Conveyor*. Batubara yang diangkut oleh *Conveyor* dituangkan dari sebuah bak peluncur (*chute*) diujung *Tail Pulley* kemudian bergerak menuju ke arah *Head Pulley*. Biasanya, muatan batubara akan jatuh ke dalam bak peluncur lainnya yang terletak dibawah *Head Pulley* untuk diteruskan ke *Conveyor* lainnya atau masuk ke bak penyimpanan. Disetiap belokan, antar *Conveyor* satu dengan yang lain dihubungkan dengan *Transfer House*.



Gambar 3.6 Gambar *Conveyor*

Sumber: Dokumen Pribadi

3.2.6 *Coal Plant*

Coal Plant merupakan tempat penampungan sementara batubara. Pada unit 5 dan 6 terdapat empat daerah *Coal Plant*, berturut turut dari arah utara dan juga selatan yaitu *Active A*, *Active B*, *Active C*, dan *Active D*. Pada *Coal Plant* proses

penimbunan dan juga pengambilan batubara dilakukan dengan alat yang disebut *Stacker* atau *Reclaimer*. Kapasitas *Coal Plant* pada unit 7 dan 8 yaitu sebanyak 670.000 ton batubara.



Gambar 3.7 *Coal Plant* PLTU PT. YTL Unit 5 & 6

3.2.7 *Stacker* atau *Reclaimer*

Alat ini merupakan sebuah *Conveyor* yang kompleks dan terpasang pada sebuah struktur yang dapat bergerak. Didalam proses penimbunan, *Stacker* menyalurkan batubara melalui sebuah lengan yang dapat diatur agar selalu diam ditempat, sehingga batubara yang tumpah melalui lengan itu akan membentuk timbunan yang tinggi.



Gambar 3.8 *Stacker atau Reclaimer*

Sumber: Dokumen Pribadi

3.2.8 *Coal Silo*

Coal Silo merupakan tempat menampung batubara sebelum dimasukkan ke dalam *Coal Feeder*. Terdapat 6 buah *Coal Silo* dimana masing masing memiliki kapasitas sebesar 600 ton, namun *Coal Silo* yang beroperasi hanya berjumlah 5 unit. Sehingga jumlahnya mencapai $600 \times 5 = 3000$ ton. Sedangkan untuk bahan bakar *Boiler* membutuhkan batubara sebanyak 300 ton/jam. Kemudian dari *Coal Silo* batubara di masukkan ke dalam *Coal Feeder* untuk nantinya dialirkan ke dalam *Pulverizer*.



Gambar 3.9 Gambar *Coal Silo*

Sumber: Dokumen Pribadi

3.2.9 *Coal Feeder*

Coal Feeder adalah alat yang berfungsi untuk mengalirkan sejumlah batubara dari *Coal Silo* menuju *Pulverizer* sesuai kebutuhan. Di dalam *Coal Feeder* terdapat motor yang digunakan untuk mengatur kecepatan dari *Belt Conveyor*. *Coal Feeder* mengatur banyak sedikitnya batubara yang dialirkan ke *Pulverizer* berdasarkan beban yang masuk ke dalamnya.

Ketika beban yang terpasang besar maka *Coal Feeder* akan memerintahkan *Belt Conveyor* untuk berjalan lebih cepat dengan artian bahwa batubara yang dimasukkan ke dalam *Pulverizer* akan lebih banyak, sehingga proses pembakaran juga akan semakin banyak dan daya yang dihasilkan akan lebih besar. Sebaliknya, jika beban yang terpasang sedikit maka *Coal Feeder* akan memerintahkan *Belt Conveyor* untuk berjalan lambat sehingga daya yang dihasilkan juga akan berkurang. PLTU Paiton unit 5 & 6 memiliki 6 *Coal Feeder* yang diletakkan dibawah *Coal Silo* dan berjumlah 6, sehingga satu buah *Coal Silo* dilengkapi satu *Coal Feeder*.



Gambar 3.10 *Coal Feeder*

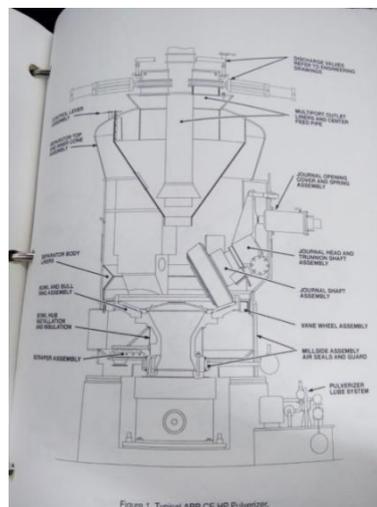
Sumber: Dokumen Pribadi

3.2.10 Pulverizer

Pulverizer merupakan alat untuk menghancurkan atau menggiling batubara sehingga menjadi serbuk halus yang kemudian bersama dengan udara primerakan dialirkan ke *Furnace*. Fungsi lain dari *Pulverizer* adalah untuk mengeringkan batubara dan juga untuk mengklasifikasikan batubara. Pengeringan batubara bertujuan agar batubara mudah dihaluskan serta dibakar, sedangkan pengklasifikasian batubara bertujuan untuk memastikan bahwa batubara yang masuk ke dalam *Boiler* benar-benar halus dan memisahkan dari benda-benda asing. Batubara atau benda asing yang tidak tergiling akan keluar melalui sebuah lubang yang ditampung pada *Pyrites Hopper* dan kemudian akan dibawa bersamaan dengan *Bottom Ash* untuk selanjutnya diproses pada *Bottom Ash Handling System*. Dalam penggunaan *Pulverizer* yang perlu diperhatikan adalah temperatur udara primer, karena temperatur yang terlalu tinggi dapat membakar batubara di dalam *Pulverizer* dan dapat menyebabkan ledakan. Sedangkan jika temperatur terlalu rendah maka batubara tidak benar benar kering sehingga sulit untuk dihaluskan.



Gambar 3.11 *Pulverizer* tampak depan



Gambar 3.12 *Typical ABB CE HP pulverizer*

Pada mekanisme kerja *Pulverizer* terdapat 4 tahap sebelum masuk *Furnace* (ruang bakar), antara lain:

a. *Drying*

Batubara yang disupply dari *Coal Feeder* yang masuk kedalam *Pulverizer* akan segera dikeringkan menggunakan *Primary Air* untuk memudahkan batubara dalam penggilingan atau penghalusan.

b. *Grinding*

Batubara yang jatuh dari *Coal Feeder* akan memenuhi piringan *Bowl* dimana proses penggilingan atau penghalusan batubara berlangsung, proses ini secara terus menerus akan menghaluskan batubara hingga mencapai *mesh* yang dibutuhkan. Logam atau material lain yang tidak dapat dihaluskan akan terlempar pada *Separator Body* dan dibuang pada *Pyrites Hooper*.

c. *Classifying*

Batubara yang sudah dihaluskan akan diseleksi pada *screen* yang terpasang dibawah *Separator Top* bersamaan dengan udara yang mentransfer butiran - butiran batubara dalam *Furnace*. *Classifier* didalam *Pulverizer* memiliki tiga tingkatan yaitu 50 mesh , 100 mesh , dan 200 mesh.

d. *Transferring atau conveyer*

Transferring atau Conveying digunakan sebagai media untuk mentransfer butiran-butiran batubara ke dalam *Furnace*. Batubara yang sudah di klasifikasikan oleh *Classifier* akan dibawa oleh aliran *Primary Air* untuk dikirim kedalam *Furnace* untuk proses pembakaran batubara.

Terdapat 6 *Pulverizer* yang masing-masing berkapasitas maksimal 78 ton/jam, jika menggunakan 6 *Pulverizer* maka akan menghasilkan bahan bakar 468 ton/jam.

Sedangkan bahan bakar yang dibutuhkan dalam proses pembakaran hanyalah 330 ton/jam untuk mendapatkan tegangan 615 Mw. *Pulverizer* tersebut tidak dipakai semua, yang dipakai hanyalah 5 *Pulverizer* dan 1 *Pulverizer* yang *standby* apabila terdapat *Pulverizer* yang mengalami masalah. 5 *Pulverizer* bisa menghasilkan maksimum bahan bakar 390 ton/jam dan sudah sangat cukup untuk memenuhi kebutuhan pembakaran pada *Boiler*.

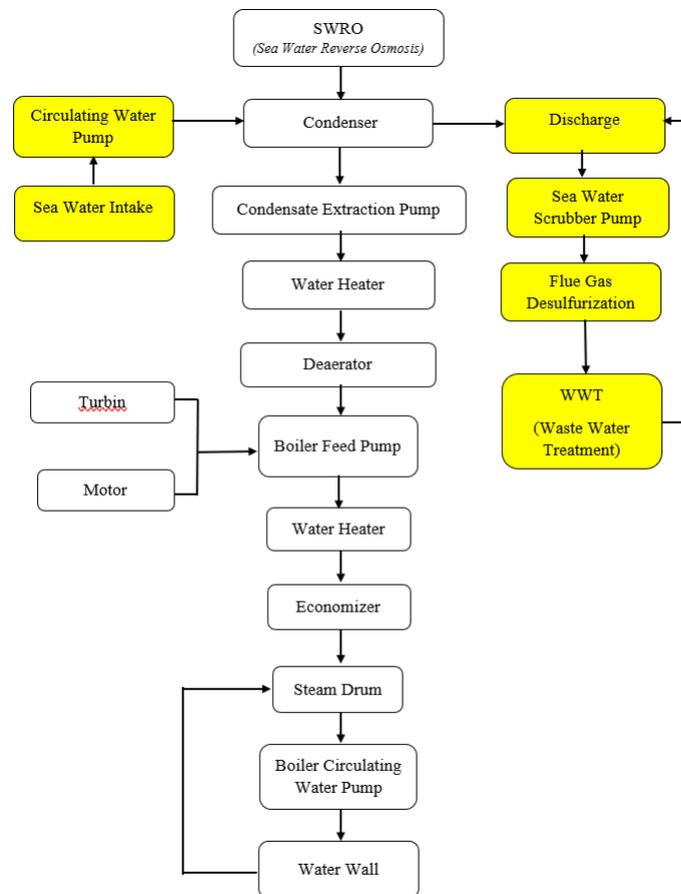
3.2.11 Ruang bakar (furnace) pada boiler

Batubara merupakan bahan bakar utama yang digunakan pada PLTU paiton unit 5 dan 6. Namun untuk *start up* dibutuhkan bahan bakar lain yaitu solar. Panas yang diperlukan untuk pembakaran disediakan oleh *Ignitor* yang kemudian membakar *Fuel Oil*. Panas yang dihasilkan cukup untuk menyalakan bahan bakar batubara yang masuk *Boiler* sehingga setelah itu *Ignitor* dapat dimatikan.



Gambar 3.13 *Bolier Building*

3.3 Siklus Air



Gambar 3.14 Flow Chart siklus air

Siklus air yang dimaksud merupakan penggunaan air laut (*sea water*) yang dijadikan air tawar menggunakan teknologi *Sea Water Reverse Osmosis (SWRO)* sehingga dapat dijadikan uap dan menjadi air tawar kembali. Setelah proses *SWRO*, *Demineralized Water* dialirkan ke *Condenser* melalui *Water make up* untuk membantu proses pendinginan *steam* menjadi air kembali. Jumlah *Condenser* ada 2 (dua) dikarenakan menyesuaikan jumlah *Low Pressure (LP) Turbine*, yaitu 2 (dua). Uap yang telah menjadi air akan dipompa oleh *Condensate Extraction Pump* menuju *Water Heater*. *Water Heater* menggunakan uap dari *LP Turbine outlet* untuk memanaskan air.

Selanjutnya, air masuk ke *Deaerator* yang berfungsi menghilangkan kandungan gas-gas tertentu sehingga menghasilkan air murni. *Deaerator* memiliki 2 (dua) *intake*, yaitu air dari *Water Heater* dan uap dari *High Pressure (HP) Turbine*

yang melewati *High Pressure (HP) Water Heater* dan 1 (satu) *outlet*, yaitu air yang menuju *Boiler Feed Pump* yang bercabang menjadi 3 (tiga), yakni 1 (satu) pompa yang bertenaga motor dan 2 (dua) *Auxiliary Steam* dengan *Turbine*. *Boiler Feed Pump* dengan motor digunakan saat *plant* baru dihidupkan dan tidak dapat menggunakan tenaga uap karena memang belum dihasilkan. Setelah itu, air dialirkan ke *High Pressure (HP) Water Heater* yang berjumlah 3 (tiga) tahap yang disusun seri.

Kemudian, air tersebut masuk ke *Economizer*. Pada dasarnya *Economizer* berfungsi memanaskan air dengan memanfaatkan udara panas sisa pembakaran dalam *Boiler*. Setelah melewati *Economizer*, air masuk ke *Steam Drum*. Fungsi dari *Steam Drum* adalah memisahkan antara air dan uap, sehingga air dari *Steam Drum* akan turun ke *Boiler Circulating Water Pump (BCWP)* untuk diteruskan ke dalam *Boiler* bagian *Water Wall* yang berfungsi memanaskan air kembali sampai menjadi uap dan akan masuk kembali ke *Steam Drum*.

3.3.1 Sea Water Intake

Sea Water Intake adalah penampungan air laut sebagai bahan baku pengisi air boiler dan digunakan untuk pendingin di *Condenser* dan juga untuk di *transfer* ke *Water Treatment*. Dan *Circulating Water Pump* digunakan untuk pendingin uap pada *Condenser*.



Gambar 3.15 *Sea Water Intake*

3.3.2 *Circulating Water Pump*

Fungsi dari sistem ini untuk menyediakan air pendingin yang berasal dari laut (*intake canal*) menuju ke *Condenser* sebagai media kondensasi untuk merubah fase uap dari *Turbine* menjadi fase air di dalam *Condenser*.



Gambar 3.16 *Circulating Water Pump*

3.3.3 *Discharge*

Sebagai tempat keluar air dari *water box Condenser* yang telah digunakan untuk pendingin pada *Condenser*. Dan juga keluaran dari Flue Gas Desulfurization.

3.3.4 *Sea Water Reserver Osmosis (SWRO)*

Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) merupakan teknologi yang dapat mengubah air laut (*sea water*) dijadikan air tawar sehingga dapat menjadi uap dan menjadi air tawar kembali. Disini air mengalami pembalik *osmosis* atau yang disebut *reverse osmosis*. Air dilewatkan pada membran semipermeabel yang terbuat dari *polyamiteide acid*. Tekanan yang ada pada SWRO adalah 4200 Kpa. Air dinetralisis hingga 25 %. Dengan TDS (*Total Dissolve Solid*) sebesar 200 ppm.



Gambar 3.17 *Sea Water Reverse Osmosis (SWRO)*

RO Supply Pump

Reverse osmosis (RO) supply pump berfungsi untuk memompakan air laut dari sea water intake menuju ke DAF.

DAF

Didalam DAF *sea water* dicampur dengan PH, *coagulant*, dan *saturated water* secara kimiawi.



Gambar 3.18 *Dissolved Air Flotation*

Polishing Pump

Polishing pump berfungsi untuk memompa air dari DAF menuju *Polishing Filter*, yang mempunyai tekanan sekitar 480kPa.

Polishing Filter

Polishing filter berfungsi untuk menyaring air secara fisika dengan menggunakan media pasir. Pasir didalam polishing filter ini bisa dibersihkan secara berkala dan bisa dipergunakan kembali.



Gambar 3.19 *Polishing Filter*

Cartridge Filter

Cartridge filter ini sama fungsinya dengan *Polishing Filter* yaitu menyaring air tetapi media yang di gunakan berbeda, Untuk *Polishing filter* menggunakan media pasir yang dapat dibersihkan dan digunakan kembali, Sedangkan *Cartridge Filter* menggunakan media sekali pakai jika filter kotor dan tidak dapat dibersihkan dan digunakan kembali.

RO HP Pump dan Turbin/pump

Reverse Osmosis (RO) High Pressure (HP) Pump ini berfungsi Reverse Osmosis High Pressure pump berfungsi sebagai pemompa air yang kemudian masuk ke SWRO. Air keluaran dari SWRO sebelum dibuang ke *scrubber basin* akan melalui turbin yang akan memutar pompa.

Product Water Pump

Product water pump berfungsi untuk memompakan air dari SWRO menuju ke *product water tank* untuk ditampung.

Mixed Bed

Pada tahap ini yang terjadi reaksi kimia. Air dilewatkan dalam sebuah filter dengan 2 resin yaitu resin kation dan resin anion. Resin ini berfungsi untuk pertukaran ion (*ion exchange*) guna mengikat kation dan anion sehingga diperoleh atom H^+ dan OH^- sehingga diperoleh H_2O murni dengan TDS < dari 0.01 Ppm. Setelah itu akan disimpan di *condensatif tank*.



3.3.5 Demineralizer Gambar 3.20 *Mixed Bed*

Demineralized Water Reverse Osmosis (DWRO) Proses yang terjadi pada tahap ini hampir sama dengan yang terjadi di SWRO. Tekanan pada DWRO ini adalah 1500Kpa. Dengan TDS sebesar 20 ppm

3.3.6 Permeate Tank

Permeate tank berfungsi sebagai penampung air yang akan digunakan sebagai *water make up*.

3.3.7 Condensate Storage Tank (CST)

Condensate Storage Tank merupakan tempat penampungan cadangan air tawar yang akan masuk ke condenser.



Gambar 3.21 *Condensat Storage Tank Unit 5 & 6*

3.3.8 Circulating Water

Fungsi dari sistem ini untuk menyediakan air pendingin yang berasal dari laut (*intake canal*) menuju ke condenser sebagai media kondensasi untuk merubah fase uap dari turbine menjadi fase air di dalam condenser. Air laut

selain berfungsi sebagai media *heat transfer* juga berfungsi untuk mendinginkan *condenser* juga mendinginkan *Closed Coling Sistem* (air pendingin). *Closed Cooling Sistem* ini mendinginkan berbagai peralatan yang membutuhkan pendinginan seperti air *Compressor*, *Pump* dan *generator stator cooling* dan juga untuk mendinginkan Oli untuk pelumasan turbin. Proses pertukaran panas antar *Close Cooling* dengan air laut terjadi pada alat yang disebut *Heat Exchanger*.

Circulating water memiliki peralatan utama yaitu:

1. *Bar Screen*

Untuk menyaring kotoran-kotoran yang ada pada air laut di *intake canal* yang memiliki dimensi yang besar.

2. *Drum Screen*

Untuk menyaring kotoran-kotoran yang ada pada air laut yang tidak tersaring oleh *bar screen*.

3. *Circulating Water Pumps*

Untuk memompa air laut sebagai media pendingin di condenser dan *closed cooling heat exchanger* dengan kapasitas masing-masing pompa 33,33 % kebutuhan sirkulasi air dari total kebutuhan utama sistem.

4. *Debris filter*

Untuk menghilangkan kotoran yang lebih kecil yang masih tidak tersaring di *drum screen* untuk mencegah masuknya kotoran di pipa-pipa di dalam *waterboxes*.

5. *Condenser waterbox (Tubeside)*

Sebagai kumpulan pipa yang mengalirkan air laut sebagai media pendingin yang merubah fase uap dari turbine menjadi fase air di dalam *condenser*.

3.3.9 *Condenser and Condensate Extraction Pump*

Condenser merupakan salah satu komponen utama dari PLTU dan berfungsi untuk mengkondensasikan uap keluaran *Turbine* menjadi air dengan pendingin air laut. Setelah *LPTurbine* diputar uap, kemudian uap akan mengalir menuju *Condenser* untuk didinginkan dan berubah menjadi air. *Condenser* ada dua yaitu A dan B, yang letaknya dibawah *LPTurbine*. Proses yang terjadi uap bersentuhan langsung dengan pipa yang didalamnya dialiri pendingin berupa air laut. Air laut selain berfungsi sebagai media *heat transfer* juga berfungsi untuk mendinginkan *Condenser* juga mendinginkan *Closed Cooling System* (air pendingin).



Gambar 3.22 *Condenser*

3.3.10 Polisher

Dari *Condensate Hot Well*, *condensate water* akan dipompa oleh condensate pump menuju Polisher. Condensate pump ada tiga diantaranya dua aktif dan satu *stand by* dengan kapasitas tiap pompa sebesar 50%. Di polisher terdapat resin kation dan anion, resin ini berfungsi sebagai:

1. Resin Kation: mengikat ion negatif penyebab korosi.
2. Resin anion: mengikat penyebab kerak atau scale.

Ion – ion tersebut diikat oleh resin dalam polisher untuk memurnikan air yang masuk ke *boiler*. Parameter ion – ion itu dapat diukur ion positif dengan melihat nilai konduktivitas (normal 0,2). Jika nilai *conductivity* tinggi, bisa berarti dua hal:

1. Terdapat kebocoran air laut didalam *polisher*, terdeteksi dengan *leak detector*.
2. Resin telah jenuh dan harus diregenerasi. Regenerasi resin dapat menggunakan:
 - Resin Kation: menggunakan asam kuat (H_2SO_4)
 - Resin anion: menggunakan basa (NaOH)

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



Gambar 3.23 Polisher

3.3.11 LP Heater

Fungsi dari *LP water heater* adalah untuk memanaskan air yang akan masuk ke deaerator. Pemanasan ini membantu *boiler* agar kerjanya tidak terlalu berat atau dapat dikatakan untuk meningkatkan efisiensi dari keseluruhan sistem, sehingga dengan pemanasan dibagian ini, fluida yang masuk kedalam *boiler* merupakan uap yang telah dipisahkan dari air oleh deaerator. Terdapat 5 *LP Water Heater*, yaitu:

1. *LP Feed Water Heater 1*

Terletak dibagian bawah *condenser*, fungsinya untuk memanaskan air yang keluar dari *condenser*. Panas yang digunakan berasal dari LP turbine.

2. *LP Feed Water Heater 2, 3, dan 4*

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

3. *Feed Water Heater 5 (Deaerator)*

Terletak diatas deaerator. Panas yang digunakan berasal dari *extraction IP Turbine*.

3.3.12 *Deaerator*

Berfungsi untuk menyerap atau menghilangkan gas-gas yang terkandung pada air pengisi *Boiler*, terutama gas O_2 , karena gas ini akan menimbulkan korosi, gas-gas lain yang cukup berbahaya adalah karbon dioksida (CO_2). Gas O_2 dan CO_2 akan bereaksi dengan material *Boiler* dan menimbulkan korosi yang sangat merugikan.

Prinsip kerjanya air yang masih mengandung O_2 dan CO_2 dialirkan ke *Deaerator*. Penempatan posisi *Deaerator* yang tinggi memungkinkan pemberian *suction head* yang cukup untuk *Boiler Feed Water Pump*. Dari *Deaerator* air akan dipompa dengan tiga *Boiler Feed Water Pump* (2 pompa digerakkan oleh *Turbine* dan 1 pompa digerakkan oleh motor untuk *start awal*).



Gambar 3.24 *Dearator*

3.3.13 *Boiler Feed Pump*

Boiler Feed Pump berfungsi untuk menaikkan tekanan air pengisi sehingga air tersebut dapat mengalir dan masuk kedalam *Boiler*. Pompa air pengisi harus mampu mengisi ketel pada penguatan maksimum dengan pembakaran penuh dan ketika katub pengaman *SuperHeater* dan *drum* ketel membuka pada saat terjadi akumulasi tekanan. Tekanan *Discharge* pompa harus lebih besar dari tekanan ketel, karena adanya rugi - rugi dalam sistem aliran air pengisi. Fungsi utama dari *Boiler Feed Pump* adalah memasok air pengisi ke *Boiler Drum*.

3.3.14 *Water Heater*

Fungsinya untuk memanaskan air yang akan masuk ke *Economizer*, Terdapat delapan *Water Heater* yaitu sebagai berikut:

a. *Water Heater 1*

Terletak dibagian bawah *Condenser*, fungsinya untuk memanaskan air yang keluar dari *Condenser*. Panas yang digunakan berasal dari *extraction LP Turbine*

b. *Water Heater 2, 3 dan 4*

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

c. *Water Heater 5*

Terletak diatas *Deaerator*.Panas yang digunakan berasal dari *extraction HP dan RHTurbine*.

Water Heater 6 A – B, 7 A – B, dan 8 A – B

Fungsinya untuk memanaskan air yang akan masuk ke *Economizer*, untuk *Water Heater 6 A – B dan 7 A – B* panas yang digunakan berasal dari *extraction RH Turbine* sedangkan *Water Heater 8 A – B* panas yang digunakan berasal dari *extraction HP Turbine*.

3.3.15 *Economizer*

Economizer berfungsi untuk meningkatkan temperatur air untuk selanjutnya dialirkan ke *SteamDrum*. Komponen ini berada dalam *Boiler* yang terdiri dari rangkaian pipa–pipa yang menerima air dari *Water Heater*. Sumber panas yang diperlukan oleh alat tersebut berasal dari gas buang dalam *Boiler*.Air mengalir dalam pipa–pipa, sementara diluar mengalir gas buang yang berasal dari hasil pembakaran *Boiler*.

3.3.16 *Steam Drum*

Steam Drum berfungsi untuk memisahkan antara air dan uap setelah proses pemanasan yang terjadi di dalam *Boiler*. Air dari *SteamDrum* akan menuju *BoilerCirculating Water Pump* yang digunakan untuk memompa air dan mensirkulasinya menuju *WaterWall*. Kemudian air tersebut dipanaskan oleh pembakaran di *Boiler* dan dikirim kembali ke *Steam Drum*.



Gambar 3.25 Boiler Steam Drum

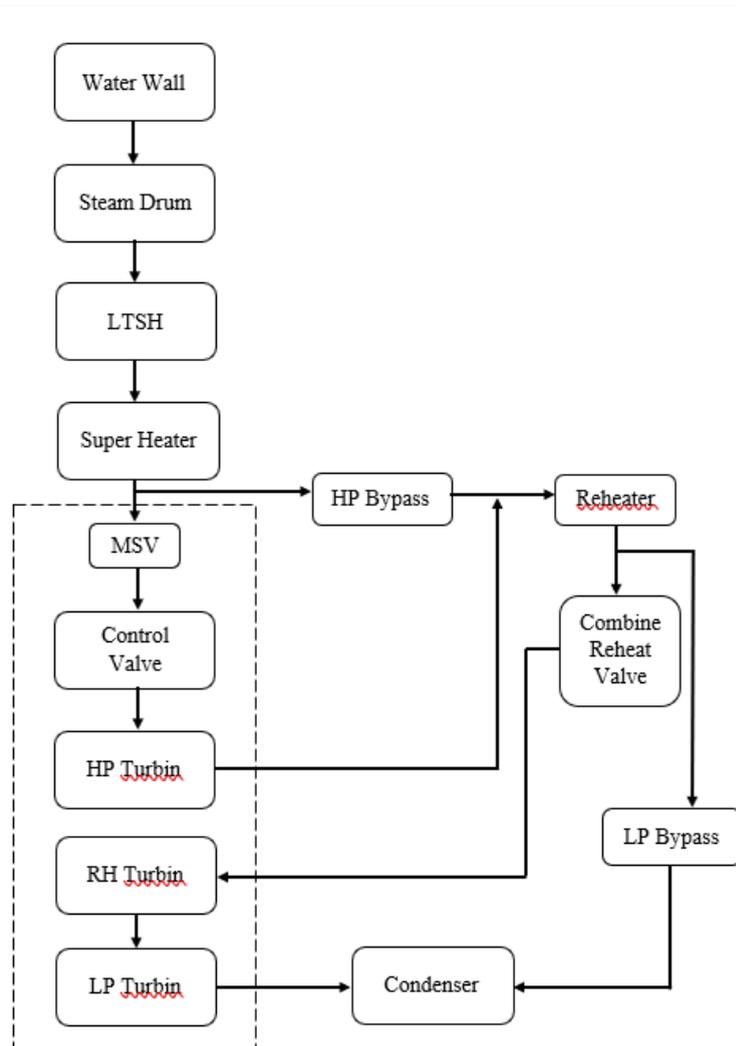
3.3.17 *Boiler Circulating Water Pump*

Berfungsi untuk memompa air yang keluar dari *Steam Drum* untuk masuk ke *Water Wall Boiler* untuk dipanaskan.

3.3.18 *Water Wall*

Water Wall merupakan tempat pemanasan air yang keluar dari *Steam Drum* kemudian dijadikan uap dengan cara dipanaskan yang kemudian uap dikembalikan ke *Steam Drum*. *Water Wall* terletak di dalam *Boiler*.

3.4 Siklus Uap



Gambar 3.26 Siklus Uap

Siklus Uap diawali dari *Water Wall* dimana air dipanaskan dan berubah menjadi uap. Dari *Water Wall* akan diteruskan masuk ke *Steam Drum*. Keluaran dari *Steam Drum* yang berupa uap akan naik dan masuk ke bagian *Low Temperature Super Heated* (LTSH) untuk meningkatkan suhu *steam* dan masuk ke *Super Heater*. Pada bagian ini, suhu dan tekanan maksimum uap dicapai. Kemudian uap bercabang menjadi 2 (dua), yaitu ke *High Pressure* (HP) *Bypass* dan 2 (dua) *Main Stop Valve* (MSV) beserta 4 (empat) *Control Valve*. Jika kualitas uap belum memenuhi yaitu, tekanan dan temperature maka uap akan dialirkan oleh *HP Bypass* ke *Reheater*. Sedangkan bila kualitas uap sudah memenuhi maka akan dialirkan

ke *HP Turbine*. Uap akan memutar *HP Turbine* dan keluar menuju ke *Reheat* untuk dipanaskan kembali.

Kemudian uap yang telah keluar diteruskan menuju *Combine Reheat Valve* atau *Low Pressure (LP) Bypass*. Uap akan dialirkan ke *Condenser* bila tidak memenuhi kualitasnya. Sedangkan jika memenuhi, maka dialirkan oleh *Combine Reheat Valve* ke *Reheat (RH) Turbine* lalu diteruskan ke 2 (dua) *LP Turbine*. *Outlet* dari *LP Turbine* masuk kedalam *Condenser* dengan bantuan *Vacuum Pump* agar uap dapat masuk kedalam *Condenser*. Uap dalam *Condenser* akan didinginkan dan berubah menjadi air kembali sebelum keluar menuju *Condensate Extraction Pump*.

3.4.1 *Superheater*

Super Heater merupakan kumpulan pipa *Boiler* yang terletak di aliran gas panas hasil pembakaran. Panas dari gas ini dipindahkan ke *saturated steam* yang ada dalam pipa *Super Heater*, sehingga berubah menjadi *super heated steam*.

3.4.2 *Control Valve*

Control Valve berfungsi untuk mengatur jumlah aliran uap yang akan masuk ke *HP Turbine*.

3.4.3 *High Pressure (HP) Turbine*

Turbine adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja digunakan langsung untuk memutar roda (sudu-sudu) *Turbine*. *Turbine* uap menghasilkan putaran karena aliran uap yang tetap masuk ke *nozzle* dan ditekankan dengan tekanan rendah. Uap tersebut masuk ke *steam jet*. Disini kecepatan uap dinaikkan, sebagian energi kinetik dari uap tersebut dikirim ke sudu-sudu *Turbine* untuk berputar. Besar dan kecil beban sangat berpengaruh sekali terhadap uap yang dihasilkan, bila beban cukup tinggi, maka uap yang dibutuhkan juga besar dan sebaliknya.

Pengaturan jumlah uap yang masuk kedalam *Turbine* ini dilakukan oleh *Control Valve*. Dan pada *High Pressure Turbine*, uap kering dari *final superheated* yang mempunyai temperatur dan tekanan yang tinggi yang dialirkan ke *HP Turbine*. Didalam *Turbine* ini terdapat sudu-sudu gerak yang mempunyai bentuk sedemikian rupa sehingga dapat mengekspansikan uap. Disini terjadi perubahan

energi, maka temperatur uap akan turun dan perlu diadakan pemanasan ulang pada *Reheater*.

3.4.4 *Reheater*

Setelah tekanan dan temperatur SH *steam* turun, maka SH *steam* akan dikembalikan ke *Boiler* untuk pemanasan ulang dengan *Reheater*. *Reheater* merupakan kumpulan pipa *Boiler* yang diberi panas dari gas pembakaran seperti *SuperHeater* (SH). Di bagian *Reheater*, SH *steam* akan dikembalikan atau *Reheat* (RH) *Turbine* dan *Low Pressure* (LP) *Turbine*.

3.4.5 *Combine Reheat Valve*

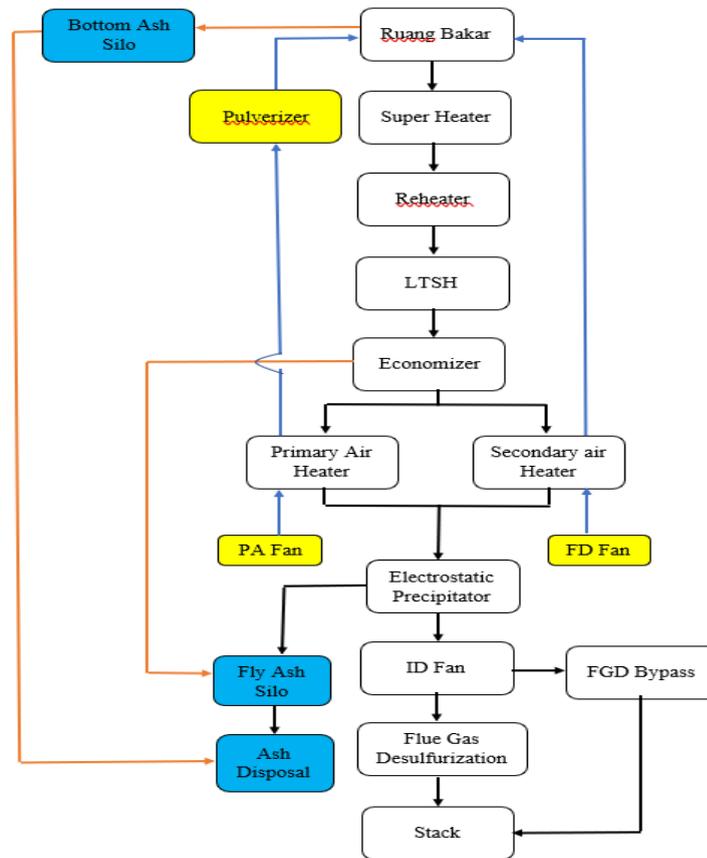
Combine Reheat Valve berfungsi untuk mengatur jumlah aliran uap yang akan masuk ke RH *Turbine*. Sebelum *Combine Reheat Valve* terdapat LP *Bypass* yang digunakan pada saat *startup* dan *emergency*.

3.4.6 *Reheat (RH) Turbine dan Low Pressure (LP) Turbine*

Setelah tekanan dan temperatur SH *steam* turun maka SH *steam* tersebut akan dikembalikan ke *Boiler* untuk pemanasan ulang. Pemanasan ulang ini berlangsung di bagian *Boiler* yang disebut *Reheater*. *Reheater* merupakan kumpulan pipa *Boiler* yang diberi panas dari gas pembakaran seperti *SuperHeater*. Jadi *Reheater* berfungsi untuk menaikkan temperatur SH *steam* akan dikembalikan untuk memutar *Reheat* (RH) *Turbine* dan *Low Pressure* (LP) *Turbine*.

Dari *Reheater* uap masuk ke RH *Turbine* dan LP *Turbine*, sehingga dari gerakan sudu-sudu ini akan memperkuat gerakan poros *Turbine*. Poros *Turbine* ini dihubungkan dengan poros *Generator* menggunakan kopling tetap (*fixed coupling*). Dari *Generator* terjadi perubahan energi, dari energi mekanis menjadi energi listrik

3.5 Siklus Udara dan Gas Buang



Gambar 3.27 Siklus Udara dan Gas Buang

3.5.1 Pa Fan, Id fan dan Fd fan

Udara pembakaran ada dua macam, yaitu *Primary Air* (udara primer) dan *Secondary Air* (udara sekunder). Udara primer dipasok oleh *PA Fan* yang dihembuskan menuju ke *Pulverizer* kemudian bersama-sama dengan serbuk batubara dialirkan ke *Furnace* untuk dibakar.

Temperatur udara primer tidak boleh terlalu tinggi ataupun rendah karena jika temperatur udara terlalu tinggi akan menyebabkan batubara menyala pada *Pulverizer* yang mengakibatkan ledakan, sedangkan temperatur udara yang terlalu rendah membuat batubara tidak cepat kering. Turbulensi mengacu pada gerakan udara didalam *Furnace*, gerakan ini perlu karena dapat menyempurnakan pencampuran udara dan bahan bakar.

Udara primer tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan turbulensi untuk melakukan pencampuran bahan bakar secara sempurna atau memenuhi kebutuhan

akan oksigen untuk pembakaran sempurna. Untuk itulah diperlukan pasokan dari udara sekunder yang dihasilkan oleh *FD Fan*. *ID Fan* digunakan untuk menyalurkan sisa-sisa gas buang menuju *Flue Gas Desulfurization* untuk menghilangkan SO_2 dan gas-gas lain yang dapat mencemari lingkungan.



Gambar 3.28 Fd Fan



Gambar 3.29 Pa Fan



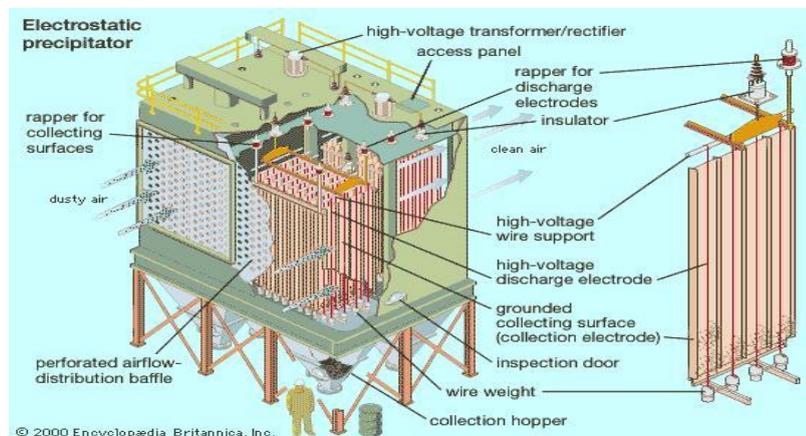
Gambar 3.30 ID Fan

3.5.2 Primary Air Heater and Secondary Air Heater

Primary Air Heater berfungsi untuk mengubah udara bertekanan dari PA Fan menjadi panas, yang nantinya akan dialirkan ke dalam *Pulverizer* agar batubara cepat kering dan mudah untuk dihaluskan. Fungsi *Primary Air Heater* dan *Secondary Air Heater* sebenarnya sama saja, namun udara panas dari *Secondary Air Heater* tersebut akan langsung dialirkan menuju *Furnace* untuk dilakukan proses pembakaran.

3.5.3 Electrostatic Precipitator (ESP)

Fly Ash bersama dengan gas hasil sisa pembakaran diserap menuju *Electrostatic Precipitator* (ESP) ditarik dengan *Induce Draft* (ID) Fan. ESP berfungsi untuk memisahkan *Fly Ash* dengan gas hasil sisa pembakaran menggunakan tegangan tinggi. *Fly Ash* yang terpisah dengan gas akan menuju ke *Fly Ash Silo* dan gas sisa pembakaran akan menuju ke *Flue Gas Desulfurization* (FGD).



Gambar 3.31 Electrostatic Precipitator (ESP)

3.5.4 Flue Gas Desulfurization (FGD)

Flue Gas Desulfurization (FGD) merupakan tempat akhir sebelum gas hasil pembakaran batubara dibuang melalui cerobong asap (*Stack*). Didalam FGD mengurangi atau menghilangkan kadar gas SO_2 dan gas – gas lain yang dapat mencemari lingkungan dengan cara di semprotkan air laut dengan bantuan alat *Scrubber*.

Untuk itu di PLTU Paiton, khususnya unit 5 & 6 terdapat sistem penanganan khusus untuk menyerap polutan – polutan berbahaya yang dihasilkan oleh proses

pembakaran batubara di dalam *Boiler*, yaitu menggunakan sistem *Flue Gas Desulfurization* (FGD). Sistem *Flue Gas Desulfurization* terdapat dua jenis tipe yang umum digunakan pada berbagai jenis *Boiler*, yaitu tipe Basah (*WetFlue Gas Desulfurization*) dan tipe Kering (*Dry Flue Gas Desulfurization*), namun yang digunakan pada PLTU Paiton 5 & 6 adalah tipe basah.

Pada sistem *WetFlue Gas Desulfurization* terdapat 2 penanganan emisi gas sulfur (SO_2), penanganan yang pertama menggunakan bahan baku air laut sebagai media penyerap emisi sulfur (SO_2) yang disedot menggunakan *Sea Water Scrubber Pump*. *Flue gas* atau gas buang dari *boiler* dialirkan menggunakan *ID Fan* menuju ke *Flue Gas Desulfurization*. Kemudian di dalam FGD, *Flue gas* atau gas buang disemprot atau *dispray* menggunakan air laut.

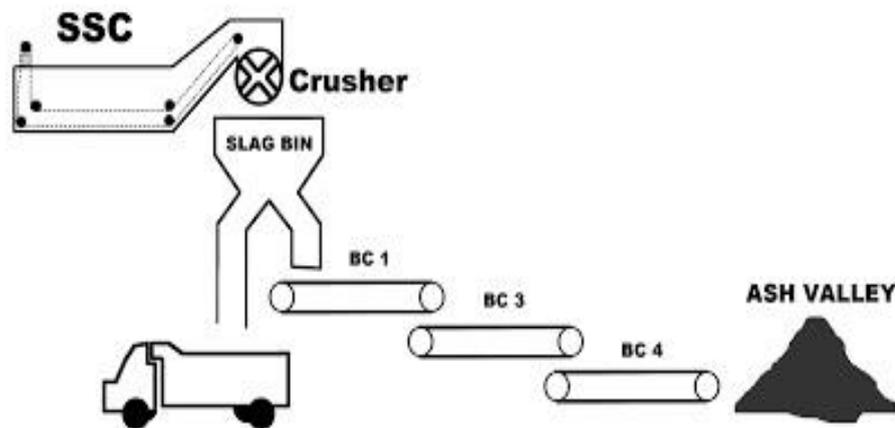


Gambar 3.32 *Flue Gas Desulfurization* (FGD)

3.5.5 *Bottom Ash System*

Batubara yang tidak dapat di grinding dengan sempurna akan dialirkan menuju *Bottom Ash Silo* menggunakan *Conveyor* melalui *Hopper*. Selain batubara

yang tidak dapat di *grinding*, batubara yang menggumpal pada dinding *Boiler* akan dibersihkan menggunakan *Soot Blower* dan dialirkan ke *Bottom Ash System*.

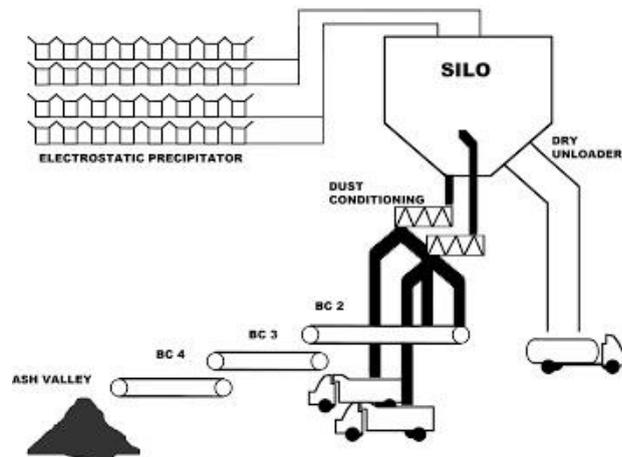


Gambar 3.33 Bottom Ash System



Gambar 3.34 Bottom Ash Silo

3.5.6 Fly Ash System



Gambar 3.35 Fly Ash System

Fly Ash merupakan sisa pembakaran batubara yang termasuk dari limbah barang berbahaya dan beracun (B3). Sisa pembakaran (*Flue Gas*) harus diolah agar *Flue Gas* dari pembakaran batubara tidak menimbulkan polusi. Sehingga, pada unit 7&8 dilakukan beberapa proses atau *Flue Gas Treatment* untuk menghasilkan gas buang yang ramah lingkungan. *Flue Gas* hasil keluaran dari *Boiler* yang mengandung banyak *Fly Ash* seperti debu dan SO_2 disalurkan oleh *ID Fan* untuk menuju ke *Flue Gas Desulfurization* (FGD) untuk meresidu kandungan *Fly Ash* yang terdapat di dalam *Flue Gas*.



Gambar 3.36 Fly Ash Silo

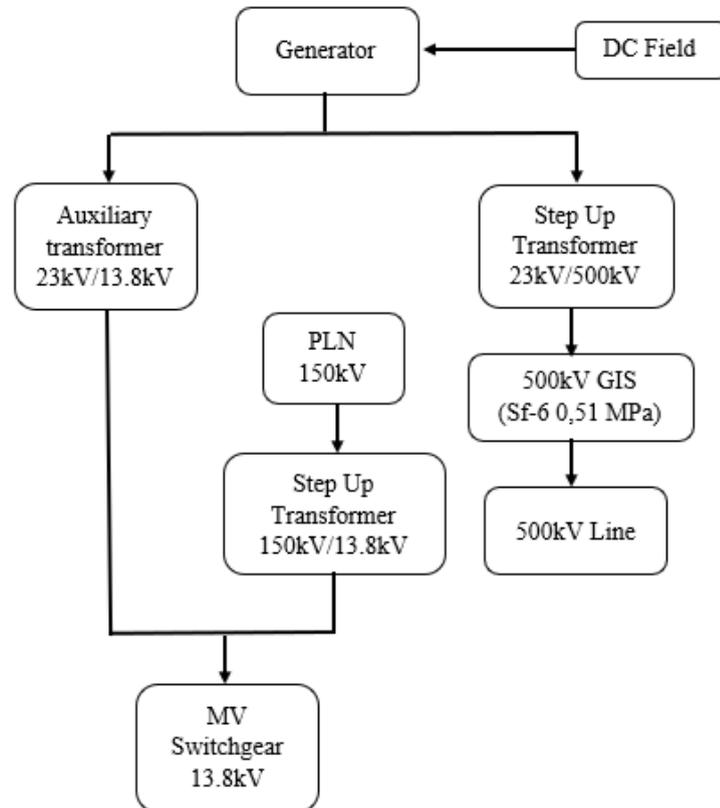
3.5.7 *Stack*

Stack berfungsi memindahkan gas buang dari *Boiler* dan membuangnya ke atmosfer. Gas buang yang masuk ke dalam *Stack* naik, dan kecepatannya meningkat ke arah vertikal. Peningkatan kecepatan dari naiknya gas adalah kondisi alamiah dari panas, gas ringan naik sepanjang *Stack* yang semakin menyempit. Desain ini bertujuan untuk mempercepat naiknya gas, ini adalah kondisi alamiah dari sebuah desain aliran udara.



Gambar 3.37 *Stack*

3.6 Siklus Kelistrikan

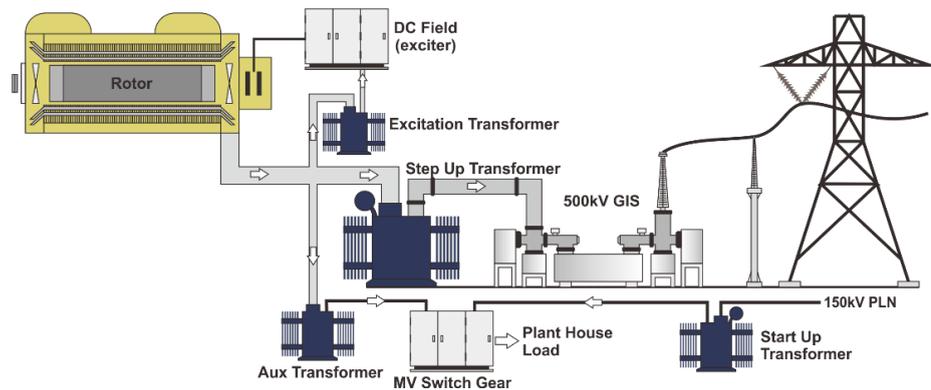


Gambar 3.38 Flow Chart Sistem Kelistrikan

Listrik di hasilkan dari *Rotor Generator* yang digerakan dengan *Turbine* yang di pasang di *Generator* secara seri. *Turbine* yang bergerak akan memutar *Rotor* akan menghasilkan arus listrik yang keluar dari *Generator*, kemudian listrik tersebut di alirkan ke penguat GSU (*Generator Step Up*) atau *Step up Transformer* 23KV menjadi 500KV dan di alirkan ke AUT (*Auxiliary Transformer*).

Dari *step up* listrik akan menuju GIS (*gas isolated switch*) yang bernilai 500 kV GIS (SF-6 0.51 Mpa). Setelah dari GIS maka listrik akan masuk pada jalur 500kV *line* dan akan menuju PLN yang terdapat di Indonesia.

Dari AUT (*Auxiliary Transformer*) men-*supply* MV SWGR (*Switch Gear*) *PlantHouse Load* dari 23kV yang telah di *step down* menjadi 13,8kV, selain dari pembakitannya sendiri, MV SWGR juga mendapat *supply* dari 150KV PLN yang telah di *Step Down* menjadi 13,8kV.



Gambar 3.39 Siklus Kelistrikan

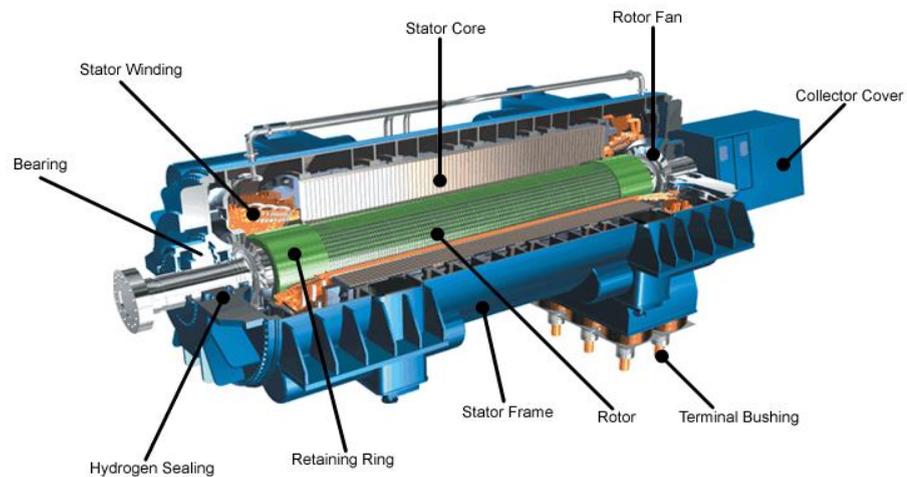


Gambar 3.40 Jaringan PLN 1

3.6.1 Generator

Generator merupakan mesin yang dapat mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. *Generator* dibagi menjadi dua bagian utama yaitu *Stator* dan juga *Rotor*. *Stator* merupakan bagian diam dari *Generator* yang mengeluarkan tegangan bolak-balik sedangkan *Rotor* merupakan bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke *Stator*. Medan magnet pada *Rotor* dihasilkan oleh kumparan yang diberikan tegangan DC atau biasa disebut dengan eksitasi. *Rotor* dihubungkan dengan poros *Turbine* penggerak mulai *Generator*. Arus *Direct Current* (DC) dialirkan melalui *Brush Gear* yang langsung bersentuhan dengan *Slip Ring* yang dipasang jadi satu dengan *Rotor* sehingga akan timbul medan magnet (*Flux*). Jika *Rotor* berputar, medan magnet tersebut memotong kumparan di *Stator* sehingga pada ujung – ujung kumparan *Stator* timbul tegangan listrik. Pada proses *startup* sumber daya eksitasi berasal dari sumber daya luar, namun setelah *Generator* menghasilkan

energi maka sumber daya untuk eksitasi berasal dari *Generator* itu sendiri melalui proses penurunan tegangan dan juga penyearah (*self excitation*).



Gambar 3.41 Kontruksi Generator

Energi listrik yang dihasilkan oleh *Generator* selanjutnya akan di salurkan pada *Stepup Transformer* untuk dinaikkan tegangannya dari 21kV menjadi 500kV.

3.6.2 *Transformer*

Pada PLTU Paiton unit 5 dan 6, terdapat 3 *Transformer* utama yang digunakan antara lain:

a. *Generator Step Up Transformer*

Transformer ini merupakan *Step up Transformer* yang mengkonversi keluaran *Generator* 21kV menjadi 500kV sesuai dengan jaringan transmisi PLN.



Gambar 3.42 Wet Transformator

b. *Auxiliary Transformer*

Transformer ini digunakan untuk menurunkan tegangan yang nantinya dipakai untuk kebutuhan listrik pada area pembangkit. *Transformer* ini adalah *Step down Transformer* yang mengkonversi tegangan 21kV menjadi 13.8kV



Gambar 3.43 Auxiliary Transformer

c. *Start Up Transformer*

Start Up Transformer digunakan untuk proses *startup* pada pembangkit yang berasal dari jaringan tegangan tinggi PLN. *Transformer* ini merupakan *Step down Transformer* yang digunakan untuk menurunkan tegangan dari 150kV menjadi 13.8kV.

d. GIS (*Gas Insulated Switchgear*)

Gas Insulated Switchgear atau *Gas Insulated Substation* biasa disebut dengan istilah GIS, merupakan sebuah sistem penghubung dan pemutus jaringan listrik yang dikemas dengan menggunakan gas SF₆ bertekanan 0,51 Mpa sebagai material isolasi elektrik dan juga pemadaman busur api.



Gambar 3.44 Insulated Switchgear

GIS sendiri merupakan salah satu klasifikasi gardu induk yang menggunakan isolasi gas. Berdasarkan lokasi peletakkannya, GIS terbagi menjadi dua, yaitu di dalam ruangan (indoor) dan di luar ruangan (outdoor). Pada GIS terdapat bermacam jenis peralatan seperti pemutus tenaga, busbar, pemisah, pemisah tanah, trafo arus dan trafo tegangan yang ditempatkan didalam kompartement yang terpisah – pisah dan diisi dengan gas SF-6. Kekuatan dielektrik gas SF-6 yang lebih tinggi dari pada udara, menyebabkan jarak konduktor yang diperlukan akan lebih kecil. Maka ukuran setiap peralatan dapat dikurangi, yang menyebabkan ukuran secara keseluruhan menjadi lebih kecil.

3.6.3 MV Switchgear (*medium Voltage*)

Medium Voltage Switchgear atau Panel Tegangan Menengah (PTM) atau juga disebut *Medium Voltage Main Distribution Panel* (MVMDP) merupakan komponen penghubung, pemutus, pembagi dan peralatan pendukung dalam satu kesatuan (terintegrasi).



Gambar 3.4 5 Medium Voltage

Komponen-komponen pada MVMDP yaitu:

- a. *Kompartement bus bar.*
- b. *Kompartement pehubung dan pemutus.*
- c. *Kompartement kabel.*
- d. *Kompartement pendukung operasional (PT, CT, peralatan proteksi).*

BAB 4. KEGIATAN KHUSUS PKL

4.1 *Wet Transformer*

Pada PLTU unit 5 dan 6 memiliki beberapa jenis transformator yang digunakan. Berdasarkan daya yang disuplai untuk *plant* transformator dibagi menjadi berikut:

- BAT01: *Generator Transformer 765 MVA (21 kV to 500 kV)*
- BBT: *Unit Auxiliary Transformer 60/40/40 MVA (21 kV to 10 kV)*
- BCT: *Station Service Transformer 90/45/45 MVA (150 KV to 10 kV)*



Gambar 4. 1 *Generator Transformer 765 MVA*

Sumber: Dokument Pribadi

Generator Transformer 765 MVA adalah jenis transformator basah (*wet transformer*) yang menggunakan minyak/oli sebagai isolasi dan pendinginnya. Trafo ini menaikkan tegangan yang dikirim generator yakni sebesar 21 KV menjadi 500 KV. Tegangan dari generator dialirkan ke trafo dengan menggunakan *Bust Duct*. Terdapat pula trafo *spare* dimana trafo ini digunakan sebagai transformator cadangan apabila terdapat kerusakan atau *trip* pada *Generator Transformer*.

SIEMENS
GENERATOR-TRANSFORMER

Generator type: TSM 8007 | Year of manufacture: 1986 | Specification: 800 70
 Rated power: 700 MVA | Insulation Level: SI 1 175 L1 1 500 L1 175 AG 70 17 120 AC 80
 Vector group symbol: YN01 | Service connection: | Rated frequency: 50 Hz | Cooling method: ODAF

Position	Voltage	Current	Impedance voltage
1	175 000 V	700 A	HV-LV (dxf. 700 MVA)
15	175 000 V	800 A	HV-LV (dxf. 700 MVA)
20	21 000 V	800 A	HV-LV (dxf. 700 MVA)
21	21 000 V	800 A	HV-LV (dxf. 700 MVA)

Rated power: 700 MVA
 Total mass: 448 t
 Mass of iron core: 300 t
 Number of phases: 3
 Temperature rise: 55 K
 Ambient temperature: max. 40°C

Dis-acted tap-charge type: MR R 01 1 200 - 72 R C - 18 313 W
 Rated current: 1 200 A | U_{sc}: 75.0 kV

Current Transformers: Attention! High voltage at C.T. terminals of open secondary circuit

Terminal	Identification	Rated Power	Ratio	Class	Connection
HT LV 1W	C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22	30	1 000/1	SP02	S1 - S2
HT LV 1N	C13, C14, C15	30	1 000/1	SP02	S1 - S2
HT LV 2W	C11, C12	30	1 000/1	SP02	S1 - S2
HT LV 2N	C13, C14	30	1 000/1	SP02	S1 - S2

High Voltage				
Winding	Position	Voltage	Current	Connections
HV	1	175 000	700	3 - 4
	2	175 000	700	
	3	175 000	700	
	4	175 000	700	
	5	175 000	700	
	6	175 000	700	
	7	175 000	700	
	8	175 000	700	
	9	175 000	700	
	10	175 000	700	
	11	175 000	700	
	12	175 000	700	
	13	175 000	700	
	14	175 000	700	
	15	175 000	700	
	16	175 000	700	
	17	175 000	700	
	LV	1	21 000	
2		21 000	800	
3		21 000	800	
4		21 000	800	
5		21 000	800	
6		21 000	800	
7		21 000	800	
8		21 000	800	
9		21 000	800	
10		21 000	800	
11		21 000	800	
12		21 000	800	
13		21 000	800	
14		21 000	800	
15		21 000	800	
16		21 000	800	
17		21 000	800	
18		21 000	800	

Low Voltage		
Winding	Voltage	Current
LV	21 000	21 000

Made in Germany

Gambar 4. 2 Name Plate Generator Transformer

Sumber: Dokument Pribadi

4.1.1 Bagian Utama *Wet Transformer*

a. Inti Besi

Inti besi digunakan sebagai media jalannya fluks yang timbul akibat induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi yang disusun sedemikian rupa, untuk mengurangi panas.

b. Kumparan Transformator

Kumparan transformator adalah beberapa lilitan kawat berisolasi yang membentuk suatu kumparan atau gulungan. Kumparan tersebut terdiri dari kumparan primer dan kumparan sekunder yang diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap antar kumparan. Kumparan tersebut sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

c. Minyak Transformator

Di dalam sebuah transformator terdapat dua komponen yang secara aktif “membangkitkan” 60energy panas, yaitu besi (inti) dan tembaga (kumparan). Bila energy panas tidak disalurkan melalui suatu 60energy

pendinginan akan mengakibatkan besi maupun tembaga akan mencapai suhu yang tinggi, yang akan merusak nilai isolasinya. Untuk maksud pendinginan itu, kumparan dan inti dimasukkan ke dalam suatu jenis minyak, yang dinamakan minyak transformator.

Minyak itu mempunyai fungsi ganda, yaitu pendinginan dan isolasi. Fungsi isolasi ini mengakibatkan berbagai ukuran dapat diperkecil. Perlu dikemukakan bahwa minyak transformator harus memiliki mutu yang tinggi dan senantiasa berada dalam keadaan bersih. Disebabkan energy panas yang dibangkitkan dari inti maupun kumparan, suhu minyak akan naik. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan-perubahan pada minyak transformator.

Untuk itu minyak transformator harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Kekuatan isolasi tinggi, sesuai IEC 296 minyak trafo harus *Class 1* dan *2* yaitu untuk minyak baru dan belum difilter >30kV/2,5 mm dan setelah difilter >50kV/2,5 mm.
2. Penyalur panas yang baik, agar partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat.
3. Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan jadi lebih baik. Pada IEC 296 viskositas minyak *class 1* saat suhu 40⁰C adalah <16,5 cSt.
4. Sesuai IEC 296 *Flash Point* minyak trafo berada pada suhu diatas 163⁰C dan *pour point* di bawah -30⁰C.
5. Tidak merusak bahan isolasi padat.
6. Sifat kimia yang stabil.

d. *Bushing*

Bushing merupakan komponen penting dari transformator yang berada di bagian luar transformator. Fungsinya sebagai penghubung antara kumparan transformator dengan jaringan di luar transformator. *Bushing* terdiri dari sebuah konduktor yang terhubung dengan kumparan yang berada di dalam transformator dan konduktor tersebut

diselubungi oleh bahan isolator. Bahan isolator berfungsi sebagai media isolasi antara konduktor *bushing* dengan badan tangki utama transformator.



Gambar 4. 3 Bushing

Sumber: Dokument Pribadi

e. Tangki *Konservator*

Saat terjadi kenaikan suhu operasi pada transformator, minyak isolasi akan memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volume minyak akan turun. Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat transformator mengalami kenaikan suhu. Seiring dengan naik turunnya volume minyak dikonservator akibat pemuaian dan penyusutan minyak, volume udara didalam konservator pun akan bertambah dan berkurang.

Penambahan atau pembuangan udara di dalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi transformator tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar, maka udara yang akan masuk ke dalam konservator akan difilter melalui silica gel. Untuk menghindari agar minyak trafo tidak berhubungan langsung dengan udara luar, maka saat ini konservator dirancang dengan

menggunakan *brether bag/rubber bag*, yaitu sejenis balon karet yang dipasang di dalam tangki konservator. Tangki konservator pada *Generator Transformer* ditunjukkan oleh tanda anak panah dibawah ini.



Gambar 4. 4 Tangki Konservator

Sumber: Dokument Pribadi

4.1.2 Bagian Pendukung *Wet Transformer*

a. Pendingin

Pendingin pada transformator berfungsi untuk menjaga agar transformator bekerja pada suhu rendah. Pada inti besi dan kumparan-kumparan akan timbul panas akibat rugi-rugi tembaga. Panas tersebut mengakibatkan kenaikan suhu yang berlebihan dan hal ini akan merusak isolasi. Maka untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebihan tersebut transformator perlu dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menyalurkan panas keluar transformator.

Pendingin (minyak isolasi) dialirkan dengan menggunakan *oil pump* dan untuk mempercepat pendinginan transformator dilengkapi dengan kipas pendingin (*Cooling Fans*) yang dipasang di radiator transformator dan pompa minyak agar sirkulasi minyak lebih cepat dan pendinginan lebih optimal.



Gambar 4. 5 Cooling Fans

Sumber: Dokumen Pribadi

b. Sitram Dry

Minyak transformator yang akan dipompa masuk (*inlet*) ke *main tank* terlebih dahulu akan di *filter* dan dimurnikan pada *Sitram Dry*. Kemudian dialirkan kembali ke *body* trafo dan dikeluarkan (*outlet*) menuju ke *Sitram Dry* kembali. Begitu seterusnya (proses kontinyu). Pada *Sitram Dry* terdapat beberapa macam indikator, seperti temperatur dan besarnya kandungan H₂O dalam satuan ppm (*part per million*) dalam minyak transformator. Kandungan H₂O dalam minyak trafo harus dihilangkan karena dapat menyebabkan kerusakan.



Gambar 4. 6 Sitram Dry

c. *Tap Charger*

Tap changer merupakan alat penstabil tegangan keluaran pada sisi sekunder transformator daya. Prinsip kerja alat ini adalah dengan mengubah jumlah kumparan primer yang memiliki input tegangan yang berubah-ubah untuk mendapatkan nilai tegangan output yang konstan. Terdapat 2 macam *Tap Changer* yakni *On Load Tap Changer* (berbeban) dan *Off Circuit Tap Changer* (saat tanpa beban dan tegangan).

Transformator yang terpasang di gardu induk pada umumnya menggunakan *tap changer* yang dapat dioperasikan dalam keadaan trafo berbeban dan dipasang di sisi primer. Untuk mengisolasi dan meredam panas trafo pada saat proses perpindahan tap, maka OLTC direndam di dalam minyak isolasi yang terpisah dengan minyak isolasi utama trafo (ada beberapa trafo yang *compartemen*-nya menjadi satu dengan *main tank*).

Karena pada proses perpindahan hubungan tap di dalam minyak terjadi fenomena listrik, mekanis, kimia dan panas, maka minyak isolasi OLTC kualitasnya akan cepat menurun. Tergantung dari jumlah kerjanya dan adanya kelainan di dalam OLTC.



Gambar 4. 7 Motor Charger

Sumber: Dokumen Control

d. Alat Pernapasan (*Dehydrating Breather*)

Perubahan temperature didalam maupun diluar transformator berpengaruh pada perubahan temperature minyak travo. Kualitas isolasi minyak transformator menurun bila di dalam kandungan minyak tersebut terdapat banyak kandungan gas dan air. Gas – gas dan air tersebut berasal dari kelembaban dan kontaminasi oksigen dari udara luar. Saat level temperatur minyak meningkat, maka transformator mendesak udara untuk keluar dari transformator.

Dan sebaliknya, saat level temperatur minyak menurun, maka udara luar akan masuk kembali ke dalam transformator. Untuk mencegah terjadinya kontaminasi minyak transformator terhadap udara luar yang masuk kembali ke transformator, maka sebuah transformator daya dilengkapi dengan alat pernapasan berupa tabung yang berisi zat Kristal (*silica gel*) yang dimasukkan dengan *cobalt chloride* dan terpasang di bagian luar transformator. *Silicagel* mempunyai warna biru dalam keadaan kering, dan lama-kelamaan akan menjadi merah muda

pucat dengan meningkatnya kelembapan. Membutuhkan *maintenance* secara berkala untuk penggantian *silicagel* yang pucat dengan warna biru. *Silicagel* ini dapat diaktifkan kembali dengan memanaskan dalam *oven* dalam 100°C .



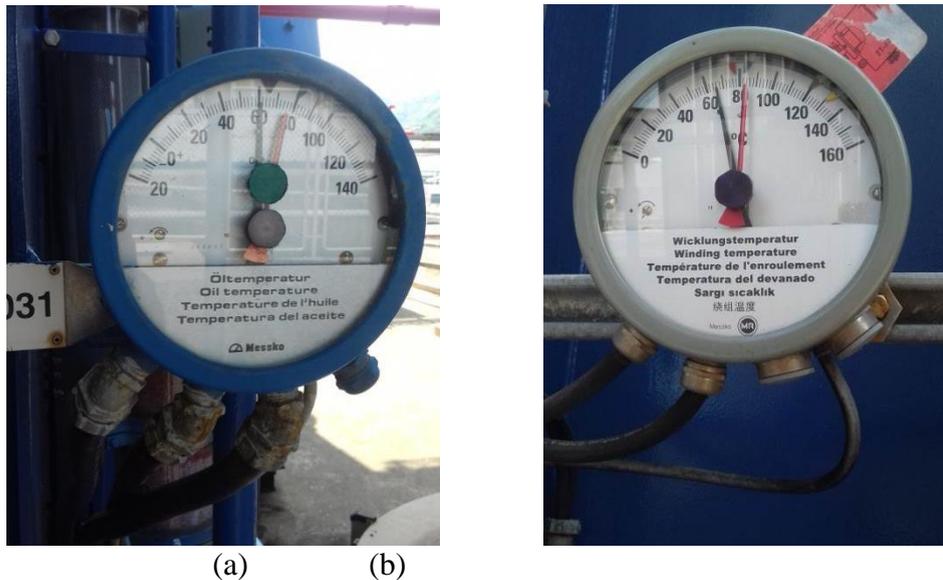
Gambar 4. 8 Dehydrating Breather

Sumber: Dokumen Pribadi

a. Indikator-indikator

Indikator transformator terdiri dari:

- Indikator suhu minyak (*oil temperature*)
Alarm: 80°C
Tripping: 90°C
- Indikator permukaan minyak
- Indikator suhu *winding* (*winding temperature*)
Alarm: 105°C
Tripping: 115°C
- Indikator kedudukan tap



Gambar 4. 9 Temperatur Indikator (a) *Oil Temperature*
(b) *Winding Temperature*

Sumber: Dokumen pribadi

4.2 *Dry Transformer*

Trafo kering (*Dry Transformer*) biasanya digunakan pada tegangan rendah. Umumnya digunakan pada pasangan dalam ruangan (*indoor*). *Dry Transformer* merupakan jenis trafo stepdown yang memiliki kumparan sekunder lebih sedikit dibanding kumparan primernya. Di PLTU sendiri trafo ini menurunkan tegangan yang dikirim generator yakni sebesar 10 KV diubah menjadi tegangan sesuai kebutuhan motor operasional dengan bantuan *retirfier* diantaranya, untuk operasional WTP, ESP, system boiler, penggerak ID fan dan lain-lain.



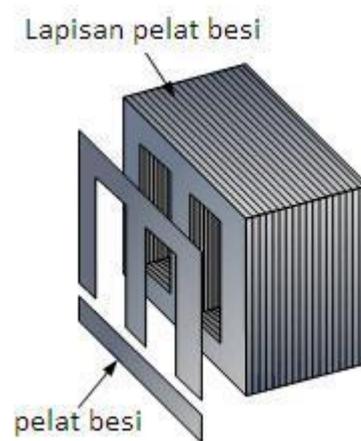
Gambar 4. 10 *Dry Transformer*

Sumber: Siemens 1997

4.2.1 Bagian Utama Dry Transformer

a. Core besi

Core besi atau inti besi pada transformator biasanya berupa kumpulan lempeng-lempeng besi tipis yang terisolasi dan ditempel berlapis-lapis yang bertujuan untuk mempermudah jalannya fluks magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik kumparan (widding) agar bekerja secara optimal, selain itu inti besi disusun secara berlapis bertujuan untuk mengurangi suhu panas bagian dalam transformer akibat adanya arus listrik.



Gambar 4. 11 Core Besi (Inti Besi)

Sumber: Dokumen pribadi

b. Widding

Kumparan adalah lilitan pada inti baja silikon yang dilaminasi untuk proses terjadinya fluks magnetik. Kumparan terdiri dari sejumlah belitan konduktor, baik tembaga atau aluminium, lilitan sebagai dua gulungan terpisah, yang disebut lilitan primer dan lilitan sekunder. Lilitan Utama terhubung dengan sumber tegangan sementara gulungan sekunder dihubungkan ke beban. Itu rasio primer ke sekunder ternyata sama dengan rasio yang dibutuhkan untuk primer tegangan sekunder. Gulungan harus didesain untuk memastikan kemampuan menahan hubungan pendek, seragam gelombang tegangan distribusi dan

pembuangan panas yang efektif yang penting untuk transformator kehandalan.



Gambar 4. 12 Winding (Kumbaran)

Sumber: Dokumen pribadi

c. Connecting

4.2.2 Bagian Pendukung *Dry Transformer*

- a. Heater
- b. Cooling Fans
- c. Voltage Indikator
- d. Saklar
- e. Grounding

4.3 Spesifikasi *Wet dan Dry Transformer*

4.3.1 Spesifikasi *Wet Transformer*

Tabel 4. 1 Spesifikasi *Wet Transformer*

Main Transformer	
Serial Number	N 408241
Rated Power	765000 kVA with ODAF cooling
Rated Voltage ratio	512500 V \pm 12,5% In \pm 14 steps / 21000 V
Voltage and currents at ODAF	Winding HV Position 1/15/29 - 576500 / 512500 / 448440 V - 766 / 862 / 985 A
Vector group symbol	YN d 11
Impedance voltage in % at 80°C	
Power	765 MVA
Pair of Windings	HV / LV
Position	15
Impedance voltage	18%
No load Current	0,2 %
No load loss	340000 W
Load loss at 80°C	
Power	765 MVA
Pair of Windings	HV / LV
Position	15
Load losses	1440000 W
Total losses	1780000 W
Rated Frequency	50 Hz
Sound power level Lwa	110 dB + 0 dB tolerance with rated power at 2 m distance
Cooling method	ODAF
On- Load tap changer	
Make	Reinhausen
Type	R III 1200 - 72,5/C - 16313 W
Position range	12,5%
Number of Steps	14 steps
Number of Position	29
Rated current	1200 A

4.3.2 Spesifikasi Dry Transformer

Tabel 4. 2 Spesifikasi Dry Transformer

Main Transformer	00BJT17 GT001
AC input voltage	10000 V
Current	55 A
PH	3
Frekuensi	50Hz
DC Output Voltage	105 V
Current	7,4 A
Power	777 Kw
Duty	Cont.
Current Limit Set point	49.5 Mv
Serial #	54976
Elect. Drawing Number	D - 206 – 0016
JOB #	T - 97 – 10078
Spec	5707

4.4 *Maintenance Secara Umum*

Semua mesin yang beroperasi maupun yang tidak beroperasi akan mengalami penurunan kinerja/performa, akan tetapi mesin yang beroperasi akan mengalami penurunan kondisi yang lebih cepat. Saat mesin beroperasi tentunya bagian bagian atau komponen mesin akan mengalami keausan dan perubahan setelah beberapa waktu, hal ini mungkin disebabkan karena adanya gesekan, getaran, atau temperatur ketika mesin beroperasi. Perawatan (*maintenance*) dimaksud untuk memperkecil/mengurangi penyimpangan kondisi mesin selama beroperasi, sehingga mesin bisa berjalan secara optimal dalam jangka waktu yang panjang. (SIEMENS, 1995)

Perawatan pada suatu mesin atau komponen mesin memerlukan pertimbangan dan perencanaan yang matang. Adapun hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam pembuatan jadwal dan jenis kegiatan perawatan antara lain umur mesin, frekuensi pemakaian mesin, sejarah atau *track record* selama mesin beroperasi, kondisi lingkungan kerja dari mesin yang dirawat serta biaya yang dihabiskan untuk perawatan dalam suatu waktu. Ada beberapa hal-hal yang mendukung dalam proses perawatan diantaranya:

- a. Manajemen perawatan yang terencana baik
- b. Tenaga kerja yang handal
- c. Ketersediaan spare part.
- d. Peralatan dan lingkungan kerja yang baik.

4.4.1 Konsep Dasar Perawatan

Adapun konsep dasar dari perawatan adalah sebagai berikut:

1. Membersihkan

Pekerjaan yang paling mendasar dalam *maintenance* adalah membersihkan peralatan dari debu maupun kotoran-kotoran lain yang dianggap tidak perlu. Debu ini akan menjadi inti bermulanya proses kondensasi dari uap air yang berada di udara. Butir air yang terjadi pada debu lambat laun akan merusak atau menyebabkan karat pada permukaan komponen/alat yang dapat merugikan dan menghambat proses produksi (jika dibiarkan dalam waktu yang lama). Selain itu kotoran dan debu ini bisa mengganggu kesehatan dari pekerjaan disekitar lingkungan tersebut.

2. Memeriksa

Pekerjaan yang kedua adalah memeriksa bagian-bagian mesin yang dianggap penting serta rawan terjadi kerusakan. Pemeriksaan terhadap peralatan tertentu dilakukan secara teratur mengikuti jadwal yang telah direncanakan sebelumnya. Yang mana jadwal ini di buat berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain:

- a. Berdasarkan jenis pekerjaan yang diperoleh mengenai selang waktu atau frekuensi untuk memeriksa seminimal mungkin dan se-ekonomis mungkin tanpa menimbulkan resiko.
- b. Berdasarkan sifat operasinya yang dapat menimbulkan kerusakan setelah peralatan beroperasi dalam selang waktu tertentu.
- c. Berdasarkan buku pedoman *maintenance / manual book* dari peralatan atau komponen tersebut.

4.4.2 Jenis-jenis Perawatan

Berdasarkan sifat-sifatnya pemeliharaan di bagi menjadi 2 yaitu:

1. Pemeliharaan terencana (*planned Maintenance*)

Pemeliharaan terencana (*Planned maintenance*) Pekerjaan yang terorganisasi dan dilakukan pengendalian dan pendataannya, misalnya peralatan apa saja yang harus disiapkan dan pekerjaan apa saja yang harus dilakukan apabila menghadapi suatu peralatan mesin yang diperkirakan akan mengalami kerusakan. *Planed maintenance* sendiri dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam yaitu:

a. Preventive Maintenance.

Perawatan yang dilakukan sebelum terjadinya kerusakan dengan tujuan untuk menghindari terjadinya kerusakan yang tidak terduga serta menemukan kondisi yang dapat menyebabkan sistem mengalami kerusakan pada saat berlangsungnya proses produksi atau bisa disebut *abnormal condition*.

b. Predictive Maintenance

Predictive maintenance adalah pemeliharaan yang berdasarkan hasil inspeksi atau pengukuran dengan menggunakan alat ukur. Biasanya dilakukan secara rutin dan berkala dimana tujuannya untuk mengadakan pendiagnosaan dan analisis kerusakan pada mesin-mesin, sehingga dari hasil tersebut dapat diperkirakan kapan suatu mesin akan mengalami kerusakan.

2. Unplanned Maintenance

Pekerjaan maintenance yang dilakukan secara mendadak yang bersifat darurat, karena terjadinya kerusakan yang tiba-tiba atau diluar perkiraan. Contohnya kerusakan yang disebabkan oleh gangguan yang mendadak dan biasanya akan langsung dikerjakan oleh tenaga *Trouble Shooting (tenaga shift)*. Adapun Unplanned Maintenance yaitu:

a. Corrective Maintenance

Perawatan koreksi ditujukan untuk memperbaiki mesin sehingga mencapai *standart* minimum yang ditetapkan. Yang termasuk koreksi adalah *breakdown maintenance* dimana pekerjaan yang dilakukan berdasarkan perencanaan sebelumnya terhadap mesin atau komponen

yang mengalami kerusakan. Dalam hal ini langkah-langkah yang perlu diambil dalam pemeliharaan ini adalah sebagai berikut:

- a) Jadwal perencanaan *Break down maintenance*, yaitu kapan harus dilakukan pemeliharaan tersebut dan kapan terjadinya *break down maintenance*.
- b) Pemeriksaan suku cadang, material dan alat-alat yang diperlukan.
- c) Mesin harus dalam keadaan tidak sedang beroperasi.
- d) Memperbaiki kerusakan yang sudah diperhitungkan baik dalam segi biaya dan lifetime sehingga dapat dilakukan secara tepat.
- e) Setelah mesin sudah dalam keadaan standart yang sudah direncanakan, maka pemeliharaan *breakdown maintenance* sudah selesai dan mesin dapat beroperasi.

Corrective tidak hanya berarti memperbaiki tetapi juga mempelajari sebab- sebab terjadinya kerusakan, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya kerusakan yang sama. Tindakan-tindakan berikut dapat digunakan sebagai alternatif:

- a) Merubah proses produksi, sehingga semua system produksi berubah
- b) Mengganti desain, konstruksi, dan komponen yang mengalami kerusakan
- c) Mengganti komponen yang rusak dengan yang sejenis dan yang lebih baik
- d) Penggantian seluruh mesin
- e) Memperbaiki prosedur *preventive maintenance* misalnya memperbaiki jadwal pelumasan
- f) Merubah atau mengurangi beban pada unit
- g) Mempertimbangkan atau mengganti prosedur operasi

4.4.3 Faktor Pendukung Kegiatan Perawatan

Dalam melakukan kegiatan perawatan terdapat faktor-faktor yang mendukung kegiatan tersebut, yaitu:

1. Adanya ketersediaan komponen pengganti (*spare part*) pada saat yang dibutuhkan, komponen tersebut dibutuhkan baik untuk perawatan pencegahan ataupun perawatan perbaikan dan sejatinya harus selalu ada.
2. Adanya aktivitas perawatan yang terjadwal (harian, mingguan, bulanan maupun tahunan)
3. Perbandingan biaya perawatan dengan proses perawatan yang sesuai dengan kondisi yang dilapangan.
4. Adanya tenaga pelaksana perbaikan yang mempunyai ketrampilan yang memenuhi syarat yang dibutuhkan.
5. Tersedianya prasarana fasilitas perawatan yang memadai.

4.4.4 Prosedur Pelaksanaan Perawatan dan Perbaikan

Ijin kerja (*Permit to Work*), merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi sebelum bekerja di area Paiton Unit 3. Untuk mendapatkan PTW harus terlebih dahulu membuat *Job Safety Analysis* (JSA). JSA bertujuan untuk assessment resiko atau bahaya di tempat kerja (debu, panas, kemungkinan bocor) atau selama proses bekerja (welding, grinda), juga jenis pekerjaan yang akan di lakukan harus disebutkan dalam JSA. Untuk mendapatkan PTW terlebih dahulu membuat aplikasi di PAS (*Permit Administration System*).

a) *Flocculation Tank*

Setelah melalui areasi, kemudian air dialurkan menuju *flocculation tank* untuk ditambahkan polymer dengan adanya penambahan tersebut, diharapkan terjadi penggabungan partikel tersuspensi dengan partikel koloid agar menjadi flok dengan menggunakan prinsip gaya tarik muatan antar partikel. Setelah terjadi flok, maka flok yang mengandung logam berat tersebut dengan sendirinya akan mengendap pada dasar tank.

b) *PH Trim Tank*

Sebelum dikembalikan ke air laut, dilakukan juga control pada PH air. Air yang berasal dari FGD akan sangat mengikat SO_2 sehingga bersifat asam. Disini air akan dinetralkan dengan cara penambahan basa.

c) *Sludge Holding tank*

Setelah terjadi flokulasi, flokk yang mengalami pengendapan berikutnya akan ditampung di sludge holding tank. Disini semua sludge akan terkumpul sebelum nantinya akan dibuang di ash disposal area.

BAB 5. PEMBAHASAN

5.1 Prinsip Kerja Transformer PLTU

Prinsip kerja dari sebuah transformator, ketika Kumpanan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumpanan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumpanan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumpanan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*).

Pada skema transformator, ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumpanan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumpanan sekunder akan berubah polaritasnya.

Pada PLTU unit 5 dan 6 memiliki beberapa jenis transformator yang digunakan. Berdasarkan daya yang disuplai untuk *plant* transformator dibagi menjadi berikut:

- BAT01: *Generator Transformer* 765 MVA (21 kV to 500 kV)
- BBT: *Unit Auxiliary Transformer* 60/40/40 MVA (21 kV to 10 kV)
- BCT: *Station Service Transformer* 90/45/45 MVA (150 KV to 10 kV)



Gambar 5. 1 Wet Transformer (step up) BAT01

Wet Transformator adalah transformator yang memiliki lilitan sekunder lebih banyak daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penaik tegangan. Transformator ini biasa ditemui pada pembangkit tenaga listrik sebagai penaik tegangan yang dihasilkan generator menjadi tegangan tinggi yang digunakan dalam transmisi jarak jauh.



Gambar 5. 2 Dry Transfomer (Step-down) 00BJT17

Dry Transformator memiliki lilitan sekunder lebih sedikit daripada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan. Transformator jenis ini sangat mudah ditemui, terutama dalam adaptor AC-DC.

5.2 Maintenance Transformer

5.2.1 Maintance Wet Transformer

Maintenance peralatan listrik tegangan tinggi yang dilakukan saat peralatan dalam keadaan beroperasi disebut dengan pemeriksaan (*monitoring system*), yakni dengan cara melihat, mencatat, meraba dan mendengar. Hal ini biasanya dilakukan oleh operator atau petugas dengan sistem *check list* atau catatan saja. Sedangkan untuk perawatan yang dilakukan saat keadaan *shutdown* disebut pemeliharaan yakni dengan pengujian (*calibration*), koreksi



Gambar 5. 4 Alat untuk Termography

2. *Preventive Maintenance/Time Base Maintenance*

Pemeliharaan ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan secara tiba-tiba dan untuk mempertahankan optimasi kerja sesuai umur teknisnya. Kegiatan ini dilakukan secara berkala dengan berpedoman: Manual Instruction dari pabrik, standar-standar yang sesuai (IEC, CIGRE dan lain-lain) dan pengalaman operasi di lapangan.

a) *Cleaning Transformer and Cooling System*

Membersihkan trafo dan sistem pendingin sangat penting untuk dilakukan. Hal ini untuk menjaga kelangsungan operasi trafo agar dapat bekerja lebih maksimal.

b) *Repainting Corroded Parts*

Generator Transformer berada diluar ruangan dan terbuat dari bahan baja yang sangat mudah berkarat karenanya perlu dilakukan pengecatan kembali agar dapat menekan terjadinya korosi.

c) *Visual Inspection*

Visual Inspection dilakukan dengan melihat trafo secara langsung agar dapat memastikan kondisi trafo dan bagian-bagian yang lainnya kemudian mencatat hasilnya.

3. *Preventive Maintenance pada Generator Transformer* antara lain:

- Membersihkan kotoran-kotoran yang ada pada trafo (sarang burung, debu, dll)
- Mengganti *silica gel* pada *dehydrating breather*
- Mengecek kondisi minyak trafo untuk mengetahui kandungan di dalamnya.

4. *Breakdown Maintenance/Corrective Maintenance*

Pemeriksaan ini dilakukan setelah terjadinya kerusakan peralatan yang sifatnya sewaktu-waktu dan darurat. Contoh *Breakdown Maintenance* antara lain:

- Kipas pendingin rusak
- Kebocoran oli pada *stram dry*.

5.2.2 *Maintance Dry Transformer*

Maintenance Trafo kering tegangan rendah tidak selengkap dengan perawatan pada Trafo basah, dimana perawatan dapat dilakukan saat peralatan dalam keadaan beroperasi maupun *shut down*. Hal ini biasanya dilakukan oleh teknisi dengan sistem *Off Line Inspection* dan *On Line Inspection*.

1. *Off Line Inspection*

Off Line Inspection adalah suatu cara pemeriksaan pada mesin listrik (*Transformer*) yang dilakukan dalam kondisi mesin tidak beroperasi.

Parameter pengukuran *Off Line Inspection* meliputi:

a. Pengukuran *Insulation Resistance test (IR)*

Insulation resistance test bertujuan untuk mengetahui besar tahanan isolasi antara belitan dengan ground atau antara dua belitan. Pengujian tersebut menggunakan *megger* (Mega ohm meter). Metode yang umum dilakukan adalah dengan memberikan tegangan dc dan merepresentasikan kondisi isolasi dengan satuan Mega ohm. Tahanan isolasi yang diukur merupakan fungsi dari arus bocor yang menembus melewati isolasi atau melalui jalur bocor pada permukaan

eksternal. Nilai resistansi isolasi pada suatu penghantar memiliki nilai tahanan minimum.

$$1000 \text{ ohm} \times \text{tegangan listrik yang dialiri} \\ \text{penghantar tersebut} \dots \dots \dots (5.1)$$

Pengujian tahanan isolasi ini dapat dipengaruhi suhu, kelembaban, dan jalur bocor pada permukaan eksternal seperti kotoran pada bushing atau isolator. Megaohm meter biasanya memiliki kapasitas pengujian 500, 1000, 2500, atau 5000 V DC. Pengukuran IR dilakukan untuk mengetahui optimalisasi tahanan isolasi pada transformator memenuhi resistansi isolasi minimum.

Rumus:

$$IR_{min} = \left(\frac{V_{rms}}{1000} \right) + 1 \text{ MOhm} \dots \dots \dots (5.2)$$

Dimana:

IR_{min} : *Insulation Resistance* (Tahanan Isolasi)

V_{rms} : Tegangan Kerja mesin (kV)

(Siemen, 1997)

b. Pengukuran *Polarization Indeks* (PI)

Polarization Index (PI) adalah salah satu cara untuk mengetahui quality winding trafo akibat pengaruh lingkungan, seperti penyerapan air, pengotoran debu dan lain-lain. Dari data hasil pengukuran *Insulation Resistance* (IR) lilitan trafo dapat dihitung nilai PI-nya yaitu; pengukuran IR 10 menit dibagi dengan nilai IR pengukuran menit pertama.

$$PI = \frac{IR_{10}}{IR_1} \dots \dots \dots (4.3)$$

(Siemen, 1997)

Tabel 5. 1 Parameter PI Ref.IEEE Stds. 43-2000

No	Nilai Parameter	Kondisi
1	Lebih dari 1.0	Berbahaya
2	1.0 sampai 1.4	Tidak Layak
3	1.5 sampai 1.9	Dipertanyakan
4	2.0 sampai 2.9	Cukup Baik
5	3.0 sampai 4.0	Baik
6	Lebih dari 4.0	Sangat baik

2. *On Line Inspection*

On Line Inspection adalah suatu cara pemeriksaan pada *Transformer* yang dilakukan dimana kondisi mesin beroperasi. Parameter pengukuran *on line inspection* meliputi:

- a. Pengukuran tegangan
- b. Pengukuran arus
- c. Pengukuran Temperatur
- d. Pengukuran getaran

5.3 Data dan Pengukuran

5.3.1 Analisa *Insulation Resistance (IR)*

a) Pengukuran *Insulation Resistance (IR) minimum*.

Nilai minimum Insulatin Resistance (IR) lilitan kumparan (winding) transformator 00BJT17GT001 dengan tegangan 105 Volt PLTU unit 5 YTL Jawa Timur.

$$IR_{min} = 1000 \times 0,105 \text{ kV}$$

$$IR_{min} = 105 \text{ m}\Omega$$

Berikut tabel data hasil pengukuran tahanan isolasi winding transformer 00BJT17 GT001 PLTU Paiton Unit 5 YTL Jawa Timur, Sebelum dilakukan pemeliharaan.

Tabel 5. 2 Data Insulation Resistance Sebelum Maintance

Waktu	Urutan Phasa		
	R	S	T
Insulation Resistance (MΩ)			
5s	54.0	53.0	53.0
10s	57.2	54.0	56.0
30s	57.0	59.0	58.0
1m	58.4	58.0	58.2
2m	62.0	63.9	63.0
3m	63.0	63.7	64.0
4m	59.9	65.7	62.0
5m	60.2	65.3	66.0
6m	61.5	67.2	63.0
7m	60.8	69.0	67.0
8m	61.4	64.5	63.5
9m	64.8	66.8	65.8
10m	63.6	73.5	70.2

Data EEC Tahun: 2020

Tanggal: 11, Maret 2020

Suhu Ambient: 30.5 °C

Transfomer type: 00BJT17 GT001 unit 5

- b) Perhitungan Nilai Average Insulation Resistance lilitan (winding), phasa R, S, dan T.

Nilai Average Insulation Resistance lilitan (winding) masing – masing phasa dihitung dengan rumus:

$$IR_{average} = \Sigma IR / n$$

Dimana:

$IR_{average}$ = Nilai *Insulation* rata – rata.

ΣIR = Jumlah Insulation Resistance

n = Banyak data

Dari data hasil pengukuran diatas, maka nilai $IR_{average}$ dari masing – masing phasa sebagai berikut:

- 1) $IR_{average}$ Phasa R:

$$IR_{average} = \frac{\Sigma IR}{n}$$

$$IR_{average} = \frac{783.8}{13} = 60.2 \text{ M}\Omega$$

- 2) $IR_{average}$ Phasa S:

$$IR_{average} = \frac{\Sigma IR}{n}$$

$$IR_{average} = \frac{823.6}{13} = 63.3 \text{ M}\Omega$$

- 3) $IR_{average}$ Phasa T:

$$IR_{average} = \frac{\Sigma IR}{n}$$

$$IR_{average} = \frac{809.7}{13} = 62.2 \text{ M}\Omega$$

Dari hasil perhitungan nilai rata-rata *Insulation Resistance* (IR) masing-masing phasa dapat diketahui bahwa nilai tahanan isolasi lilitan stator pada saat sebelum dilakukan pemeliharaan masih dibawah nilai *Insulation Resistance* (IR) minimum yang distandarkan oleh IEEE yaitu, 105 M Ω . Ini artinya kondisi isolasi lilitan winding Transformator tidak baik, dengan nilai tahanan isolasi stator dibawah nilai IR minimum dapat menyebabkan timbulnya arus bocor dari stator terhadap ground, sehingga dapat membahayakan keselamatan manusia yang ada disekitarnya dan dapat menyebabkan timbulnya arus hubung singkat pada belitan transformator.

5.3.2 Analisa *Polarization Indeks* (PI)

Polarization Index (PI) adalah salah satu cara untuk mengetahui quality winding generator akibat pengaruh lingkungan, seperti penyerapan air, pengotoran debu dan lain-lain.

Dari data hasil pengukuran *Insulation Resistance* (IR) lilitan Transformator di atas dapat dihitung nilai PI-nya yaitu; pengukuran IR 10 menit dibagi dengan nilai

IR pengukuran menit pertama, secara matematis dapat digambarkan sebagai berikut:

$$PI = \frac{R_{10}}{R_1}$$

Maka,

1) Nilai PI Phasa R:

$$PI = \frac{63.6}{58.4}$$

$$PI = 1.08$$

2) Nilai PI Phasa S:

$$PI = \frac{73.5}{58.0}$$

$$PI = 1.26$$

3) Nilai PI Phasa T:

$$PI = \frac{70.2}{58.2}$$

$$PI = 1.20$$

Sehingga, nilai $PI_{\text{average}} = \frac{1.08+1.26+1.20}{3} = 1.18$

Dari perhitungan nilai *Polarization Index* (PI) di atas dapat dilihat bahwa nilai PI sebesar 2, 4. ini menunjukkan bahwa generator dalam kondisi **Tidak Layak**. Untuk mendapatkan nilai yang lebih baik, maka winding Transformator perlu dilakukan pemeliharaan dengan cara, sebagai berikut:

- a) Membersihkan winding drai debu atau kotoran lainnya.
- b) Pemanasan dengan lampu 500 watt selama 2 jam agar didapatkan kondisi yang kering.



Gambar 5. 5 Maintance Transformer

Berikut nilai *Insulation Resistance* (IR) stator setelah dilakukan pemeliharaan:

Tabel 5. 3 Data Insulatin Resistance Setelah Maintance

Waktu	Urutan Phasa		
	R	S	T
Insulation Resistance (MΩ)			
5s	82.3	84	79
10s	83	83.5	82
30s	88	87.9	82.7
1m	85.3	87	85.7
2m	90	89	84.3
3m	95	91.6	86
4m	97	91.3	88
5m	97.2	99.7	89.6
6m	97.6	100.7	92
7m	102	103	98.5
8m	105	105	96.9
9m	99.7	108.5	102
10m	108	104.1	103

Data EEC Tahun: 2020

Tanggal: 11, Maret 2020

Suhu Ambient: 30.5 °C

Transfomer type: 00BJT17 GT001 unit 5

Dari table data di atas terlihat bahwa nilai tahanan isolasi yang didapatkan setelah dilakukan pemeliharaan lebih besar dari nilai sebelumnya.

Analisis nilai *Polarization Index* (PI) setelah dilakukan pemeliharaan:

Untuk phasa R.

$$PI = \frac{162.3}{85.3}$$

$$PI = 1.90$$

Untuk Phasa S,

$$PI = \frac{157.1}{87}$$

$$PI = 1.805$$

Untuk phasa T;

$$PI = \frac{164.9}{85.7}$$

$$PI = 1.92$$

Jadi, nilai *Polarization Index* (PI) generator adalah:

$$PI = \frac{1.90 + 1.805 + 1.92}{3}$$

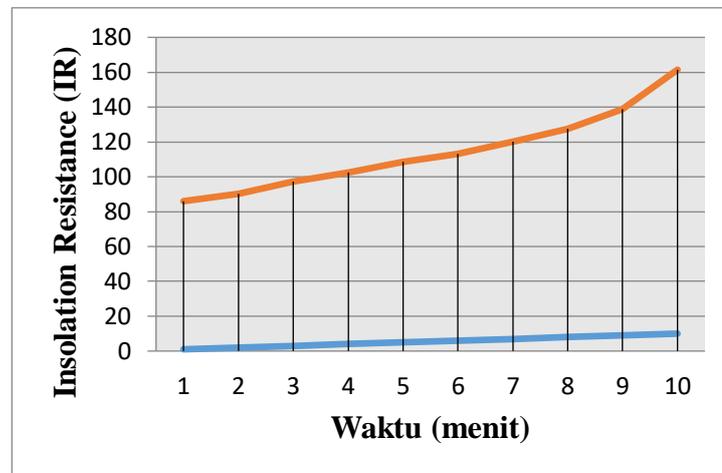
$$PI = 1.875$$

Nilai *polarizatiuon Index* (PI) masih dibawah 2.0 (kondisi dipertanyakan), hal ini bisa disebabkan umur transformator yang sudah tua dan pemanasan heater kurang baik, namun berdasarkan di lapangan dengan nilai PI 1,85 sudah dianggap (baik).

Tabel 5. 4 Nilai Polarization Index Setelah dan Sebelum Maintance

Nilai Polarization Index (PI)					
Sebelum Pemeliharaan			Sesudah Pemeliharaan		
R	S	T	R	S	T
1.08	1.26	1.2	1.9	1.805	1.92

Berikut ini digambarkan kurva kenaikan nilai Insulation Resistance (IR) dan Polarization Index (PI) setelah dilakukan pemeliharaan, *drying proses* dan penyempotan cairan isolator.



Gambar 5. 6 Kurva Kenaikan (IP) setelah maintance

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Proses produksi PLTU diawali dengan batu bara digunakan sebagai bahan bakar yang menghasilkan panas. Oksigen diperlukan dalam proses pembakaran ini. Hasil pembakaran yaitu panas digunakan untuk mengubah air menjadi uap. Uap inilah yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Energi mekanik yang dihasilkan dari turbin digunakan untuk menggerakkan generator.
2. Fungsi dari sebuah transformator pada PLTU unit 5 dan 6 PT YTL Jawa timur ialah untuk sebagai penaik tegangan dan penurun tegangan, transformator step - up menaikkan 21 kV menjadi 612 KV digunakan untuk konsumsi masyarakat Jawa-bali dan transformator step – down menurunkan tegangan 10 kV sebagai tegangan operasional system.
3. *Maintance Wet Transformer* saat peralatan dalam keadaan beroperasi disebut dengan pemeriksaan (*monitoring system*), yakni dengan cara melihat, mencatat, meraba dan mendengar. Sedangkan untuk perawatan yang dilakukan saat keadaan *shutdown* disebut pemeliharaan yakni pengujian (*calibration*), koreksi (*resetting*), memperbaiki(*rectify*), dan membersihkan (*cleaning*).
4. *Maintance Dry Transformer* terdapat 2 metode, *Off Line Inspection* dan *On Line Inspection*. Terdapat analisis *Maintance* dan *Testing* dimana, analisis nilai *Polarization Index* (PI) yaitu dari 1.18 menjadi 1.875 maka kondisi *Transformer* PLTU PT YTL unit 5 dan 6 Jawa Timur sesuai standar IEEE dalam kondisi *Tidak layak* namun mendekati kondisi *good* setelah dilakukan pemeliharaan yaitu pembersihan dan pemanasan winding stator transformator.

6.2 Saran

1. Pemeliharaan rutin dan periodik Traformator harus dilakukan untuk menjaga kondisi Tranformator selalu dalam kondisi baik agar dapat mempertahankan dan menjaga kehandalan sistem pembangkit.
2. Penulis menyarankan agar pembaca dapat membaca dan menambah pengetahuan mengenai transformator dari segi pemeliharaan baik secara *offline* maupun *online* sistem.

DAFTAR PUSTAKA

SIEMENS, 1995. Manual Book. *Generator Transformer*. PT. YTL Jawa Timur.

SIEMENS, 1995. Manual Book. *Machine Generator*. PT. YTL Jawa Timur.

SIEMENS, 1995. Manual Book. *Single Line Arrangement*. PT. YTL Jawa Timur.

PT. PLN (PERSERO) JTK, 2000. *Report EEC*. No.: 130. VOP.059C.2000. PT.
YTL Jawa Timur.

SIEMENS, 2019. *Transformer Lifecycle Management*, Serial No: N408242. PT
YTL Jawa Timur.

Bachrudin M.N, dkk. (2015). Laporan Kerja Prakter I. 50-65. Universitas Negeri
Jember

Fakultas Teknik Elektro, Penulisan Laporan Praktik Kerja Lapangan, Institut
Teknologi Sepuluh Nopember.

Coen K. (2009). *S.C.R CONTROLLER D.C. POWER SUPPLY TEST REPORT*,
Serial No: 54976. PT YTL Jawa Timur.