



LAPORAN KERJA PRAKTEK- TF 234703

**SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BERDASARKAN
KONTROL PID PADA *PULVERIZER* DI PLTU PAITON
UNIT 5 DAN 6**

**SHERLY NUR AZIZA
NRP. 5009211031**

**Tempat Pelaksanaan Kerja Praktek
PT YTL JAWA TIMUR**

**Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2024**

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTEK
“SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BERDASARKAN KONTROL
PID PADA PULVERIEZER DI PLTU PAITON UNIT 5 DAN 6“

disusun oleh

SHERLY NUR AZIZA

NRP. 5009211031

Yang telah menyelesaikan mata kuliah TF-181701 Kerja Praktek di PT. YTL Jawa Timur, pada tanggal 4 Juli 2024 s/d 2 Agustus 2024.

Surabaya, 6 November 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Ali Musyafa, M.Sc.

NIP. 19600901 198701 1 001

Pembimbing Lapangan

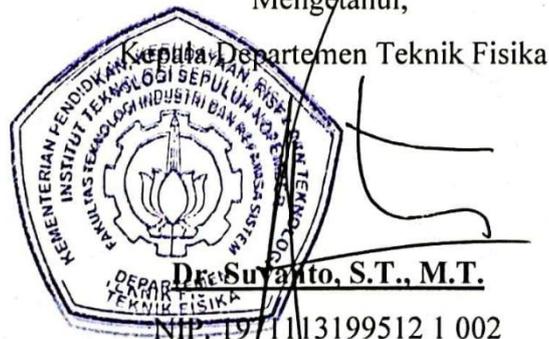


Dony Prasetya



Mengetahui,

Kepala Departemen Teknik Fisika



Dr. Suyanto, S.T., M.T.
NIP. 19711113199512 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BERDASARKAN KONTROL PID PADA PULVERIZER DI PLTU PAITON UNIT

5 DAN 6

Nama : Sherly Nur Aziza
NRP : 5009211031
Departemen : Teknik Fisika – FTIRS
Pembimbing : 1. Prof. Dr.Ir.Ali Musyafa, M Sc.
2. Dony Prasetya

ABSTRAK

PT YTL Jawa Timur merupakan sebuah perusahaan pembangkit listrik berbahan bakar batubara, yang menjadi salah satu dari perusahaan pembangkit di Kompleks PLTU Paiton yang berlokasi di Jalan Pantura Surabaya-Situbondo, tepatnya di Dusun Krajan, Sumberanyar, Kecamatan Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Pada Kerja Praktik ini menganalisis tuning PID pada sistem Pulverizer dengan fokus untuk mengontrol temperatur dengan cara mengatur bukaan *dampers cold air*. Pulverizer adalah komponen penting dalam siklus bahan bakar PLTU yang berfungsi untuk menghaluskan batubara hingga ukuran 200 mesh sebelum dialirkan ke *furnace*. Temperatur dalam proses ini dikendalikan untuk menjaga penghalusan batubara berjalan secara efisien. Dalam studi ini, dilakukan tuning PID pada empat kondisi: kondisi aktual, *autotune*, *trial error 1*, dan *trial error 2*, dengan tujuan mencari respons sistem terbaik dalam hal kecepatan, stabilitas, dan efisiensi. Pada hasil kondisi aktual, nilai K_p (0.6), K_i (0.025) memberikan *rise time* sebesar 17.1 detik, *settling time* sebesar 149 detik, dan *overshoot* sebesar 30.7%. Pada *tuning autotune*, nilai K_p yang besar (11.0863) memberikan *rise time* tercepat (1.25 detik) dan *overshoot* yang rendah (9.56%), sedangkan metode *trial-error* menunjukkan variasi pada hasil, di mana *Trial Error 1* menghasilkan *overshoot* yang lebih kecil (4.61%) namun dengan *rise time* yang lebih lambat (17.5 detik). Parameter K_i dari *autotune* menghasilkan stabilisasi yang lebih cepat (*settling time* 20.9 detik), sementara *Trial Error 2* menghasilkan *settling time* lebih cepat (10.7 detik) dengan *overshoot* sedikit lebih tinggi (12.3%) akibat parameter K_i yang lebih rendah. Metode *autotune* terbukti memberikan keseimbangan terbaik dalam kecepatan respons, minimisasi *overshoot*, dan waktu stabilisasi, menjadikannya pilihan yang paling tepat untuk pengendalian temperatur Pulverizer. Metode *trial and error* dapat dipertimbangkan ketika *autotune* tidak memberikan hasil yang diinginkan, namun kurang efisien dari segi waktu dan presisi.

Kata Kunci: *Dampers Cold Air*, Pulverizer, Temperatur, *Tuning PID*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kita semua kesehatan dan atas rahmatnya penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan judul “SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BERDASARKAN KONTROL PID PADA PULVERIEZER DI PLTU PAITON UNIT 5 DAN 6” pada mata kuliah Kerja Praktik dengan tepat waktu. Dari laporan ini, penulis dapat mengetahui sistem kerja di Unit 5&6 PT YTL Jawa Timur dan dapat memahami serta mengimplementasikan teori selama perkuliahan ke dalam praktik secara langsung sehingga kerja praktik ini sangat bermanfaat bagi penulis dalam menambah wawasan dan pengalaman sebagai persiapan dunia kerja ketika lulus dari Teknik Fisika. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam kegiatan Kerja Praktik ini, yaitu kepada :

1. Bapak Prof. Dr.Ir.Ali Musyafa, M Sc. selaku dosen wali sekaligus pembimbing internal.
2. Bapak Irkham, selaku section head Engineer Control & Instrumentation PT YTL Jawa Timur.
3. Bapak Dony Prasetya, selaku pembimbing lapangan utama.
4. Bapak Moh. Bachrudin, selaku pembimbing lapangan.
5. Bapak Aries Effendy, selaku pembimbing lapangan.
6. Bapak Dudy, selaku pembimbing lapangan.

Dengan segala keterbatasan yang dimiliki, laporan ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Surabaya, 6 November 2024

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup	2
1.2.1 Ruang Lingkup Objek Kerja Praktik	2
1.2.2 Ruang Lingkup Pelaksanaan Kerja Praktik	2
1.2.3 Ruang Lingkup Waktu Kerja Praktik	2
1.3 Profil Perusahaan.....	2
1.3.1 Sejarah PTYTL Jawa Timur.....	2
1.3.2 Struktur PT YTL Jawa Timur.....	3
1.3.3 Lokasi dan Letak PT YTL Jawa Timur	4
1.3.4 Perencanaan PLTU	5
BAB II PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK	6
2.1 Proses Pelaksanaan Kerja Praktek.....	6
2.2 Teori Siklus Rankine	9
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Unit 5 & 6.....	13
2.4 Coal Handling.....	19
2.5 Fuel Cell Cycle	26
2.5.1 PA Fan (<i>Primary Air Fan</i>).....	26
2.5.2 FD Fan (<i>Force Draft Fan</i>).....	27
2.5.3 ID Fan (<i>Induced Draft Fan</i>)	27

2.5.4 SA Fan (<i>Secondary Air Fan</i>).....	28
2.5.5 Gas Air Heater (GAH)	28
2.5.6 Oil Gun.....	29
2.5.7 <i>Electrostatic Precipitator</i> (ESP)	30
2.5.8 Boiler.....	31
2.5.9 Furnace	31
2.6 Water Steam Cycle.....	32
2.7 <i>Flue Gas Desulfurization</i> (FGD)	39
2.8 Sistem Kontrol PID.....	42
2.8.1 <i>Proportional Controller</i>	43
2.8.2 <i>Integral Controller</i>	44
2.8.3 <i>Derivative Controller</i>	44
BAB III HASIL PEMBELAJARAN.....	46
3.1 Deskripsi dan Tujuan Tugas Khusus	46
3.2 Metode Penyelesaian Tugas Khusus.....	53
3.3 Analisa Data dan Pembahasan	54
BAB IV PENUTUP.....	61
4.1 Kesimpulan	61
4.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN	65
A. Lembar Kegiatan.....	65
B. Data Perusahaan.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	3
Gambar 1. 2 Lokasi dan Letak Perusahaan	4
Gambar 2. 1 <i>Flowchart</i> alur pelaksanaan kerja praktik	6
Gambar 2. 2 Dokumentasi Kerja Praktek.....	9
Gambar 2. 3 Siklus Rankine Ideal.....	10
Gambar 2. 4 Grafik Siklus Rankine dengan <i>Reheater</i>	12
Gambar 2. 5 Siklus Kerja pada PLTU.....	13
Gambar 2. 6 Siklus Kerja PLTU Unit 5&6.....	14
Gambar 2. 7 Siklus Air.....	14
Gambar 2. 8 Siklus Bahan Bakar dan Abu.....	15
Gambar 2. 9 <i>High Pressure Turbine</i>	17
Gambar 2. 10 <i>Internediate Pressure Turbine</i>	17
Gambar 2. 11 <i>Low Pressure Turbine</i>	18
Gambar 2. 12 <i>Shaft Turbine</i>	18
Gambar 2. 13 Generator	19
Gambar 2. 14 <i>Jetty</i>	20
Gambar 2. 15 <i>Conveyor</i>	21
Gambar 2. 16 Stockpile	22
Gambar 2. 17 <i>Tripper Floor</i>	22
Gambar 2. 18 <i>Coal Silo</i>	23
Gambar 2. 19 <i>Coal Feeder</i>	24
Gambar 2. 20 Pulverizer.....	25
Gambar 2. 21 Proses pada Pulverizer.....	25
Gambar 2. 22 <i>Submerged Scrapper Chain</i>	26
Gambar 2. 23 FD Fan	27
Gambar 2. 24 ID Fan	28
Gambar 2. 25 GAH (<i>Gas Air Heater</i>)	29
Gambar 2. 26 <i>Oil Gun</i>	29
Gambar 2. 27 Proses pada ESP (<i>Electrostatic Precipitator</i>).....	30

Gambar 2. 28 <i>Furnace</i>	32
Gambar 2. 29 <i>Daerator</i>	33
Gambar 2. 30 <i>Feedwater Storage Tank</i>	34
Gambar 2. 31 <i>Feedwater Heater</i>	34
Gambar 2. 32 <i>Steam Drum</i>	36
Gambar 2. 33 <i>HP Turbin</i>	38
Gambar 2. 34 <i>IP Turbine</i>	39
Gambar 2. 35 <i>LP Turbine</i>	39
Gambar 2. 36 <i>FGD (Flue Gas Desulfurization)</i>	40
Gambar 2. 37 <i>GGH (Gas-Gas Heater)</i>	41
Gambar 2. 38 <i>Siklus pada Flue Gas Desulphurization (FGD)</i>	42
Gambar 2. 39 <i>Bentuk Umum PID Kontrol secara Paralel</i>	43
Gambar 2. 40 <i>Blok Diagram Kontroler Proporsional Order Pertama</i>	43
Gambar 2. 41 <i>Blok Diagram Kontroler Proporsional</i>	44
Gambar 2. 42 <i>Diagram Blok Kontroler Integral</i>	44
Gambar 2. 43 <i>Diagram Blok Kontroler Derivative</i>	45
Gambar 3. 1 <i>Process Flow Diagram Sistem Pulverizer</i>	47
Gambar 3. 2 <i>Struktur Komponen dalam Pulverizer</i>	48
Gambar 3. 3 <i>Temperatur Transmitter TMT 122</i>	52
Gambar 3. 4 <i>Positioner</i>	52
Gambar 3. 5 <i>Diagram Alir Metode Penyelesaian Tugas Khusus</i>	53
Gambar 3. 6 <i>Diagram Blok Pengendalian Temperatur pada Pulverizer</i>	54
Gambar 3. 7 <i>Pemodelan Sistem Pengendalian Temperatur</i>	55
Gambar 3. 8 <i>Grafik Respon Sistem Metode Aktual</i>	57
Gambar 3. 9 <i>Grafik Respon Sistem Metode Autotune</i>	58
Gambar 3. 10 <i>Grafik Respon Sistem Metode Trial-Error 1</i>	58
Gambar 3. 11 <i>Grafik Respon Sistem Metode Trial-Error 2</i>	59

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pelaksanaan Kerja Praktik	7
Tabel 2. 2 Proses Siklus Rankine Ideal.....	10
Tabel 2. 3 Proses Siklus Rankine dengan <i>Reheater</i>	12
Tabel 2. 4 Respon Pengaruh Kontroler PID	43
Tabel 3. 1 Hasil Pengendalian Temperatur pada Pulverizer	57

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mata kuliah Kerja Praktik merupakan mata kuliah yang memiliki capaian supaya mahasiswa program studi S1 Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember dapat memiliki etika profesi dan memiliki pengetahuan tentang manajemen dan perundang-undangan. Mata kuliah ini wajib bagi seluruh mahasiswa Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan beban 2 SKS. Kegiatan ini dilakukan di luar kampus dengan durasi minimal satu sampai dengan dua bulan, sehingga dapat secara efektif dalam memperoleh pengalaman dan pembelajaran dalam dunia industri. PT YTL Jawa Timur merupakan salah satu industri yang dapat dijadikan perusahaan untuk melakukan kerja praktik bagi mahasiswa Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

PT YTL Jawa Timur merupakan sebuah perusahaan pembangkit listrik berbahan bakar batubara. Dimana merupakan salah satu perusahaan pembangkit listrik di kompleks PLTU Paiton yang berlokasi di Jalan Pantura Surabaya-Situbondo di Dusun Krajan, Sumberanyar, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Perusahaan ini memiliki kapasitas 2×610 MW yaitu keluaran dari Unit 5 dan 6, sehingga total kapasitas sebesar 1220 MW yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Jawa dan Bali. PT Jawa Power sebagai pemilik pembangkit listrik unit 5 dan 6 sebagai pemilik pembangkit listrik merupakan perusahaan yang didirikan oleh tiga perusahaan pemegang saham operasi unit pembangkit listrik tersebut, dimana terdiri dari Siemens PV (*Project Venture*), PT Bumi Pertiwi Tatapradipta, dan PT YTL Jawa Timur. PT Jawa Power juga merupakan salah satu *Independent Power Producer* (IPP) terbesar di Indonesia yang memiliki perjanjian jual-beli energi listrik dengan PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) selama 30 tahun (*Website PT Jawa Power*, diakses 20 Oktober 2024).

Terdapat tiga siklus yang digunakan untuk dapat menghasilkan listrik dari dibangkitkannya generator, yaitu siklus air (*water steam cycle*), siklus bahan bakar dan abu (*air flue gas*), dan siklus konversi energi mekanik menjadi listrik. Pada Kerja Praktik ini penulis memilih topik pada fokus siklus bahan bakar dan abu yang dijadikan sebagai tugas khusus. Siklus bahan bakar dan abu adalah siklus untuk mengkonversi energi kimia dari bahan bakar berupa batubara dari proses penghalusan hingga disalurkan ke dalam *furnace*. Batu bara dari *jetty* yang disalurkan melalui konveyor akan masuk ke dalam *coal*

silo yang kemudian dijatuhkan ke dalam pulverizer. Di dalam pulverizer batu bara tersebut akan dihaluskan hingga berukuran 200 mesh sehingga dapat masuk ke dalam *furnace* untuk dibakar. Untuk dapat masuk ke dalam *furnace* coal yang telah dihaluskan harus dialirkan menggunakan udara dari ID fan, PA Fan dan FD Fan yang kemudian dialirkan ke GAH yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.

Pada PA Fan terdapat damper untuk mengatur aliran udara yang masuk ke dalam pulverizer, terdapat dua damper yaitu masukan *hot air* untuk mengatur *flow* udara pembakaran, yaitu 28.28 kg/s dan masukan *cold air* untuk mengatur temperatur penghalusan, yaitu 65°C. Kedua bukaan *damper* tersebut perlu di kontrol untuk mencapai kondisi penggilingan yang sesuai, namun pada pengerjaan tugas khusus ini diberikan batasan masalah yaitu hanya untuk mengontrol *damper cold air*. Metode kontrol yang digunakan adalah *tuning* PID dengan berbagai kondisi, hal ini diterapkan untuk menentukan nilai gain yang paling sesuai. Pada sistem pengendalian temperatur pada pulverizer ini dibutuhkan respons sistem yang cepat dan mempunyai stabilitas yang tinggi.

1.2 Ruang Lingkup

1.2.1 Ruang Lingkup Objek Kerja Praktik

Kerja praktik yang dilakukan berfokus pada sistem kontrol temperatur pada pulverizer pada sistem pembangkit listrik unit 5. Pada instrumen tersebut studi pemodelan sistem kontrol temperatur dilakukan pada pulverizer dan dilakukan perbandingan tingkat performansi berdasarkan kontrol PID.

1.2.2 Ruang Lingkup Pelaksanaan Kerja Praktik

Pelaksanaan kerja praktik dilaksanakan secara luring pada perusahaan PTYTL Jawa Timur tepatnya pada unit pembangkit 5 dan 6 pada kawasan komplek Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton, Desa Binor, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur.

1.2.3 Ruang Lingkup Waktu Kerja Praktik

Kerja Praktik ini dilaksanakan dalam kurun waktu 1 bulan sesuai dengan hari kerja yang dimulai pada tanggal 4 Juli 2024 – 2 Agustus 2024.

1.3 Profil Perusahaan

1.3.1 Sejarah PTYTL Jawa Timur

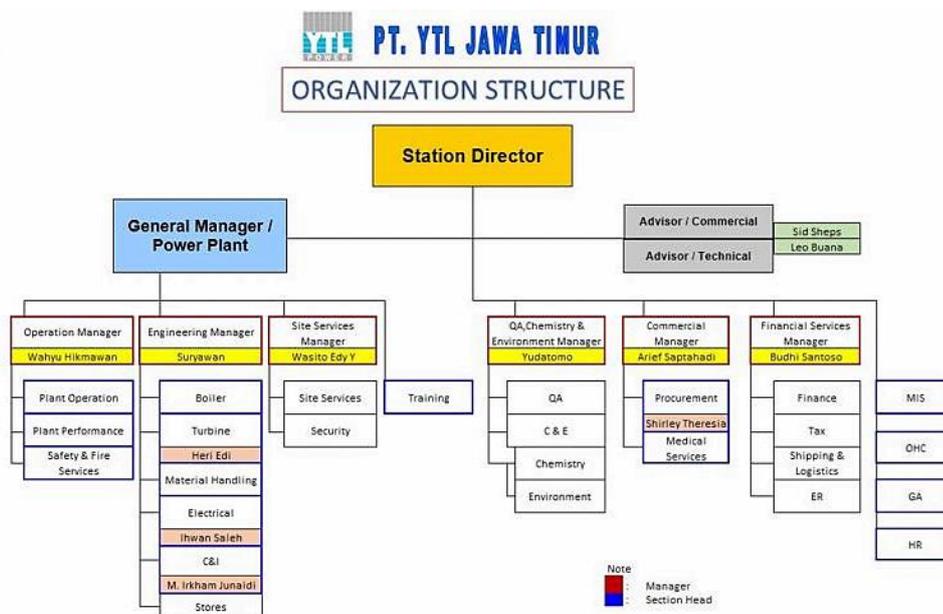
PT YTL Jawa Timur merupakan perusahaan yang bergerak di bidang *Operation & Maintenance* (O&M) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) swasta terbesar di Indonesia, yang merupakan salah satu anak perusahaan dari PTYTL Power yang berpusat

di Kuala Lumpur, Malaysia. Berdirinya perusahaan PT YTL Jawa Timur pada unit 5 dan 6 kompleks PLTU Paiton diawali dengan adanya proyek *Paiton Private Power Project* yang berlangsung selama dua fase. Pada *Paiton Private Power Project Phase I* menginisiasi pembangunan unit 7 dan 8 yang saat ini di miliki oleh PTPOMI. Sedangkan pada *Paiton Private Power Project Phase II* meenginisiasi pembangunan pada unit 5 dan 6 yang saat ini dimiliki oleh PT YTL Jawa Timur. Pada fase kedua ini awalnya merupakan proyek konsorsium yang dikenal dengan dengan sebutan “*Consortium Jawa Power.*” Yang terdiri atas Siemens PV (Project venture) yang berasal dari Jerman, PowerGen yang berasal dari United Kingdom (Inggris), serta perusahaan Indonesia yaitu PT Bumi Pertiwi. Setiap perusahaan tersebut memiliki jumlah saham yang berbeda-beda yaitu pada Siemens PV sebanyak 50%, PowerGen sebanyak 35% dan PT Bumi Pertiwi sebanyak 15%. Sehingga ketiga pemegang saham tersebut kemudian membentuk PT Jawa Power sebagai pemilik unit 5 dan 6 pada PLTU Paiton.

Pada tanggal 31 Mei 2004, 35% saham yang dimiliki oleh PT PowerGen UK kemudian dijual kepada PT YTL Power melalui perjanjian jual beli (SPA). Sehingga setelah perjanjian jual beli tersebut disepakati, maka sejak tanggal 8 Desember 2004 PLTU unit 5 dan 6 diserahkan sepenuhnya dari PT PowerGen Jawa Timur kepada PT YTL Jawa Timur

1.3.2 Struktur PT YTL Jawa Timur

Struktur organisasi yang ada di perusahaan PT YTL Jawa Timur dapat digambarkan dalam bagan berikut.



Gambar 1. 1 Struktur Organisasi Perusahaan

Adapun visi dan misi yang dijalankan oleh PT YTL Jawa Timur adalah sebagai berikut.

❖ Visi

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

❖ Misi

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

1.3.3 Lokasi dan Letak PT YTL Jawa Timur

PT YTL Jawa Timur berlokasi di Jl. Raya Surabaya-Situbondo KM 141, terletak di wilayah Desa Binor, Kecamatan Paiton, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. Terdapat dua unit pembangkit listrik milik PT Jawa Power yang dikelola oleh PT YTL Jawa Timur yang berada di dalam kawasan PLTU Paiton. Pada kawasan ini juga terdapat beberapa unit PLTU milik perusahaan lain dengan total 9 unit. Perusahaan tersebut antara lain PT POMI yang berada pada unit 3,7, dan 8 dan PT PJB pada unit 1,2, dan 9. Total proyek keseluruhan PLTU Paiton ini membutuhkan area sebesar kurang lebih 400 Ha. Berikut lokasi dan letak PT YTL Jawa Timur.



Gambar 1. 2 Lokasi dan Letak Perusahaan

1.3.4 Perencanaan PLTU

Pada PLTU Paiton memiliki beberapa tahap perencanaan pada masing-masing unit untuk memberikan *supply* listrik Jawa-Bali. Berikut merupakan tabel perencanaan pada PLTU Paiton.

Tabel 1. 1 Tabel Perencanaan PLTU Paiton

Perencanaan Pembangkit Paiton	Unit	Kepemilikan	Operator	Kapasitas/ Unit (MW)	Kapasitas Total (MW)
Tahap 1	1&2	PT PLN NP	PT PLN NP	400	800
Tahap 2	3	PEC	PT POMI	815	815
Tahap 3	5&6	PT Jawa Power	PT YTL Jawa Timur	610	1220
Tahap 4	7&8	PEC	PT POMI	610	1220
Tahap 5	9	PT PLN	PT PJBS	660	660
Kapasitas Total PLTU Paiton					4715
Keterangan: PT PLN NP: PT PLN Nusantara Power PT PJBS: PT Pembangkit Jawa Bali Service PEC: Paiton Energy Company PT POMI: Paiton Operation & Maintenance Indonesia					

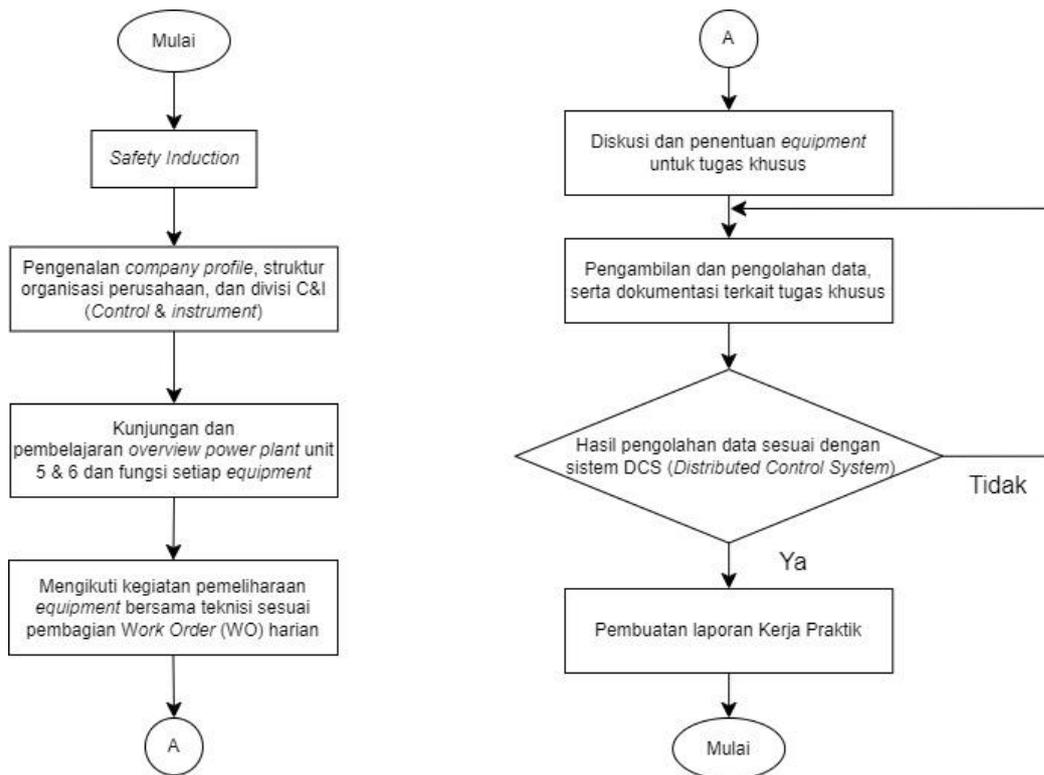
BAB II

PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK

2.1 Proses Pelaksanaan Kerja Praktek

Kerja praktik dilaksanakan di PLTU PT YTL Jawa Timur, tepatnya di departemen *Engineering Control and Instrument* (ECI). Selama kerja praktik ini, mahasiswa diberi kesempatan untuk mempelajari berbagai peralatan dan instrumen yang digunakan di dalam pembangkit listrik tenaga uap. Mahasiswa juga berkesempatan mempelajari aktivitas pemeliharaan dari setiap peralatan dan instrumen yang ada di plant tersebut. Waktu pelaksanaan kegiatan kerja praktik yang dimulai tanggal 4 Juli 2024 sampai 2 September 2024. Waktu pelaksanaan kerja praktik menyesuaikan dengan hari dan jam kerja yakni Senin sampai dengan Jumat pada pukul 07.30-16.00 WIB.

Berikut ini merupakan *flowchart* alur pelaksanaan kegiatan kerja praktik di PT YTL Jawa Timur.



Gambar 2. 1 *Flowchart* alur pelaksanaan kerja praktik

Dalam pelaksanaan kerja praktik selama 4 minggu, dimulai dengan minggu pertama yaitu mengikuti serangkaian *test* terkait *safety* untuk mendapatkan *access card* menuju plant dengan materi berdasarkan kebijakan K3, *Hazard Identification*, *Risk Assessment* dan *Determining Control*. Pemasangan rambu-rambu K3 yang dipasang di seluruh area PLTU Paiton unit 5 dan 6, di mana area tersebut dianggap rawan untuk

keselamatan kerja serta Pengawasan K3 melalui sistem inspeksi dan audit K3. Kegiatan diawali dengan pengenalan PT YTL Jawa Timur, mulai dari sejarah pendiriannya hingga kondisi saat ini. Selama kerja praktik, mahasiswa mendapat kesempatan untuk mempelajari dan mengamati langsung semua proses dan sistem yang ada di PLTU, mulai dari proses pembangkitan energi listrik hingga sistem kontrol yang digunakan. Mahasiswa juga berkesempatan untuk bekerja bersama teknisi dalam mengamati langsung aktivitas pemeliharaan dan perbaikan peralatan serta instrumen yang dilakukan setiap hari. Setelah menyelesaikan seluruh kegiatan tersebut, mahasiswa dapat memperdalam pengetahuan terkait operasi dan pemeliharaan PLTU melalui dokumen teknik yang tersedia di Ruang Dokumen Kontrol. Selain itu, ada kegiatan rutin berupa presentasi mingguan mengenai hasil pembelajaran mahasiswa di perusahaan. Presentasi ini diadakan setiap hari Jumat dan dihadiri oleh beberapa *engineer* serta *section head* dari bagian *Engineering Control & Instrument*.

Adapun realisasi pelaksanaan kerja praktik yang dilakukan kegiatan mahasiswa selama melaksanakan kerja praktik di PT YTL Jawa Timur ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Pelaksanaan Kerja Praktik

Minggu Ke-	Tanggal	Kegiatan
1	4 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Safety Induction • Post test safety induction
	5 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan IDE Card • Pengenalan departemen EC&I bersama section head dan pembimbing
2	8 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Kalibrasi pressure transmitter • Visit DCS Room • Overview prospek kerja Teknik Fisika, company profile, siklus kerja PLTU
	9 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Main plant visit
	10 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Main plant visit • Pembagian kelompok dan materi presentasi
	11 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work Order “Sodium analyzer routine calibration”

		<ul style="list-style-type: none"> • Review work order kalibrasi bersama pembimbing
	12 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work Order “check&calibrate pressure transmitter”. Primary water tank-Pessure TX • Visit CCR(Central Control Room)
3	15 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work order “Insp O2 Analyzer. FLue gas-oxygen analyzer” • Presentasi kelompok mingguan (weekly report)
	16 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work order “cleaning all furnaces sensing port”. Boiler furnace-Pressure TX • Lanjutan presentasi mingguan
	17 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Visit Jetty, coal handling system • Briefing SWG (Safety Working Group)
	18 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work order “cleaning sensor, function test pH measurement and inspection”
	19 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work order “Callibration conductivity analyzer, sample cond D/S LP HTR”
4	22 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work order “Retract S/B west thermal drain ABC”
	23 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work Order “Cabunet for automation system” • Materi PLC • Presentasi SWG (Safety Working Group)
	24 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work Order “Callibration coal feeder”
	25 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Work Order “preventive Maintenance ZOLO pada furncae”
	26 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Presentasi weekly progress perkelompok
5	29 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Plant visit stack • Studi Literatur Tugas Khusus
	30 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan Tugas Khusus
	31 Juli 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan tugas khusus
	1 Agustus 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjan tugas khusus
	2 Agustus 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Pengerjaan tugas khusus

Engineering Control & Instrument (ECI) adalah salah satu sub-bagian dari *Engineering Section* di PT YTL Jawa Timur. Tugas utama ECI adalah melakukan pemeliharaan dan penggantian alat-alat atau instrumen yang terkait dengan kontrol proses operasi PLTU. Masalah seperti *valve* yang tidak dapat terbuka sempurna atau kesalahan pembacaan oleh sensor atau *transmitter* sering terjadi di *plant* saat beroperasi. Oleh karena itu, bagian *Control & Instrument* sangat penting untuk kelancaran seluruh proses operasi di *plant*. Selama satu bulan masa kerja praktik, penulis diberikan kesempatan untuk mempelajari semua proses yang terjadi di *plant* serta mengamati proses pemeliharaan atau *troubleshoot* yang dilakukan oleh teknisi. Dari seluruh kegiatan tersebut, penulis tertarik untuk mempelajari lebih dalam terkait sistem kontrol temperatur dengan bukaan *damper hot air* pada komponen *pulverizer*.



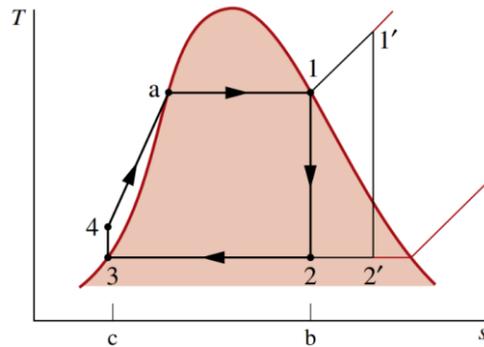
Gambar 2. 2 Dokumentasi Kerja Praktek

2.2 Teori Siklus Rankine

Siklus Rankine digunakan sebagai proses analisa untuk pembangkit daya yang menggunakan uap sebagai fluida kerjanya yang nantinya akan dikonversi untuk menghasilkan energi listrik. Siklus Rankine merupakan suatu konsep termodinamik yang menghubungkan fungsi dari beberapa *equipment* sehingga dihasilkan suatu siklus konversi energi yang efisien dan terukur. Siklus yang terjadi adalah siklus tertutup karena fluida kerja yang digunakan secara terus-menerus. Sedangkan pada pembangkit tenaga gas siklus yang terjadi adalah siklus terbuka. Dalam penerapannya siklus Rankine dibagi menjadi dua yaitu siklus Rankine ideal, yaitu (tanpa *reheater*) dan siklus Rankine aktual, yaitu menggunakan *reheater*.

2.2.1 Siklus Rankine Ideal

Siklus rankine yang digunakan adalah untuk teknologi *subcritical boiler*. Proses yang terjadi pada siklus ini dapat digambarkan dengan menggunakan diagram T-s berikut.



Gambar 2. 3 Siklus Rankine Ideal

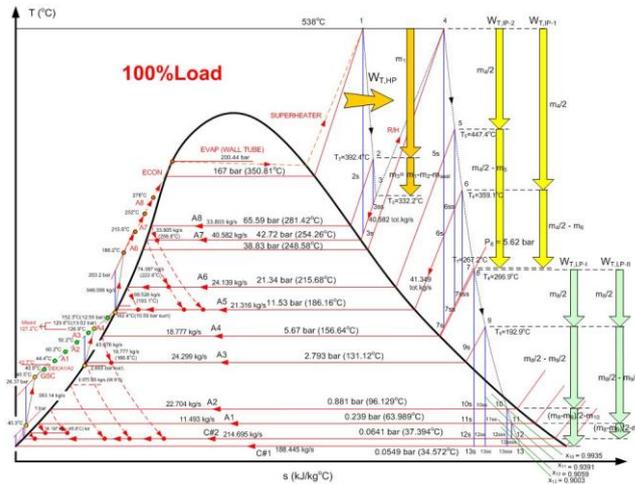
Tabel 2. 2 Proses Siklus Rankine Ideal

State	Proses	Keterangan
1-2	Ekspansi Isentropik di Turbin	Proses ini merupakan ekspansi uap dalam turbin. Uap bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi dari boiler (state 1) diekspansikan di turbin sehingga menghasilkan kerja mekanis untuk memutar generator. Proses ini bersifat isentropik (entropi konstan), artinya tidak ada perubahan entropi, dan proses ideal tidak ada kehilangan energi. Dalam kenyataannya, efisiensi turbin tidak 100% karena adanya gesekan dan kehilangan termodinamika lainnya.
2-3	Kondensasi di Kondensor	Uap keluar dari turbin pada tekanan rendah dan kemudian didinginkan dalam kondensor. Proses ini mengubah uap menjadi air (kondensat) dengan menurunkan suhu dan tekanannya tanpa melakukan kerja. Kondensasi dilakukan secara isobarik (tekanan konstan). Energi panas yang dikeluarkan dari uap pada tahap ini dibuang ke lingkungan atau digunakan untuk proses lainnya (misalnya, untuk pemanas).

3-4	Isentropik <i>pumping</i>	Pada state 3 ke 4, air hasil kondensasi dipompa kembali menuju tekanan boiler melalui pompa umpan. Proses ini merupakan proses isentropik (tidak ada perubahan entropi), di mana hanya terjadi peningkatan tekanan air tanpa adanya peningkatan signifikan dalam temperatur. Ini adalah proses yang menggunakan sedikit energi (dibandingkan turbin) karena hanya memompa fluida cair.
4-1	Pemanasan di Boiler	Pada proses ini, air yang telah dipompa (bertekanan tinggi) dipanaskan dalam boiler sehingga berubah menjadi uap superheated (uap kering bertemperatur tinggi). Proses ini terjadi secara isobarik (tekanan konstan), di mana air dipanaskan hingga menjadi uap jenuh, kemudian dipanaskan lebih lanjut hingga mencapai uap superheated pada state 1. Proses ini menggunakan energi dari bahan bakar untuk menghasilkan panas di boiler.

2.2.2 Siklus Rankine dengan Reheater

Siklus Rankine yang ada PT YTL Jawa Timur adalah siklus rankine dengan *reheater*. Ditambahkannya komponen *reheater* adalah untuk meningkatkan efisiensi dalam proses. Penggunaan *reheater* ini didasari oleh pertimbangan pemanfaatan uap keluaran dari turbin masih memiliki temperatur yang cukup tinggi. Apabila uap langsung ditampung ke dalam kondensor maka akan menghasilkan kerugian yang besar bagi PLTU. Proses tersebut dapat digambarkan pada diagram T-s berikut.



Gambar 2. 4 Grafik Siklus Rankine dengan *Reheater*

Pada PLTU *subcritical*, 100% load mengacu pada kondisi di mana pembangkit listrik beroperasi pada kapasitas penuh atau daya output maksimum yang dirancang.

Tabel 2. 3 Proses Siklus Rankine dengan *Reheater*

State	Komponen	Proses
A1	Kondensor	Titik tekanan rendah setelah uap keluar dari LP Turbine. Kondensasi terjadi di sini.
A2	Pompa Feedwater	Uap yang telah dikondensasikan dipompa dengan tekanan lebih tinggi menuju pemanas lanjut.
A3	Low-Pressure Feedwater Heater (LP FW HTR)	Air umpan dipanaskan sebelum masuk ke deaerator untuk menghilangkan gas terlarut.
A4	Daerator	Menghilangkan gas terlarut dari feedwater dan menaikkan temperatur feedwater sebelum memasuki ECON.
A5	High-Pressure Feedwater Heater (HP FW HTR)	Air umpan dipanaskan lagi dengan memanfaatkan uap dari turbin sebelum masuk ke ECON.
A6	Economizer (ECON)	Air umpan dipanaskan oleh gas buang boiler, namun belum mencapai titik penguapan.
A7	Evaporator (EVAP)	Air dipanaskan hingga berubah menjadi uap (fase penguapan terjadi di sini).

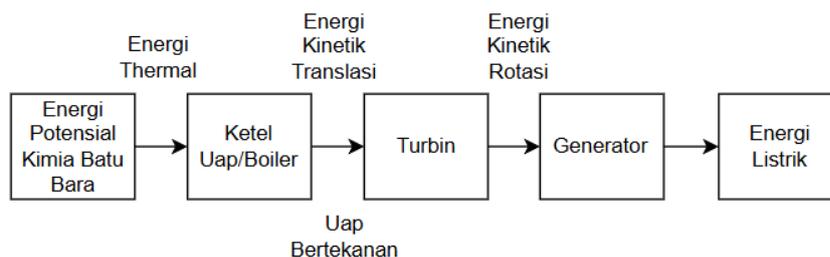
A8	Superheater (SH)	Uap yang telah terbentuk dipanaskan lagi hingga menjadi uap kering (superheated steam).
R/H	Reheater	Uap yang keluar dari HP Turbine dipanaskan kembali sebelum masuk ke IP Turbine untuk meningkatkan efisiensi.

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Unit 5 & 6

2.3.1 Deskripsi Umum Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah sistem pembangkit yang mengendalikan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin dimana untuk memutar turbin diperlukan energi kinetik dari uap panas atau uap kering. Jika mengacu pada penggerakannya, pembangkit listrik dengan tenaga uap terbagi menjadi jenis pembangkit yaitu geothermal, reactor nuklir, batu bara, diesel, gas, solar steam power plant.

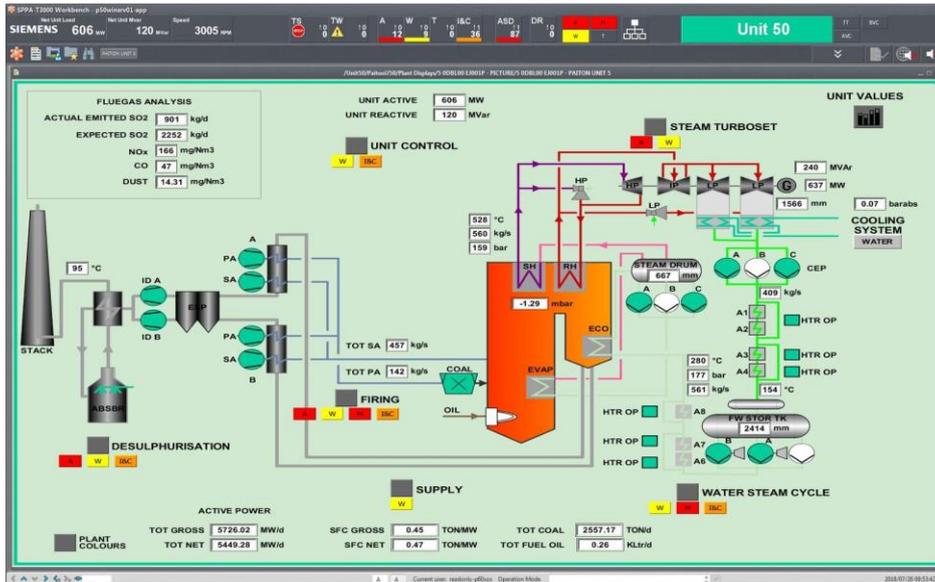
Secara sederhana, siklus kerja yang terjadi pada PLTU adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 5 Siklus Kerja pada PLTU

PLTU merupakan pembangkit tenaga listrik yang menggunakan air dan uap sebagai fluida kerjanya. Prinsip kerja PLTU secara umum yaitu air dipanaskan dari hasil pembakaran batu bara di dalam boiler hingga terbentuk uap (steam) untuk memutar turbin uap sehingga dihasilkan energi mekanik yang kemudian akan dikonversi menjadi energi listrik pada generator. Proses tersebut terjadi secara berulang dan terus menerus.

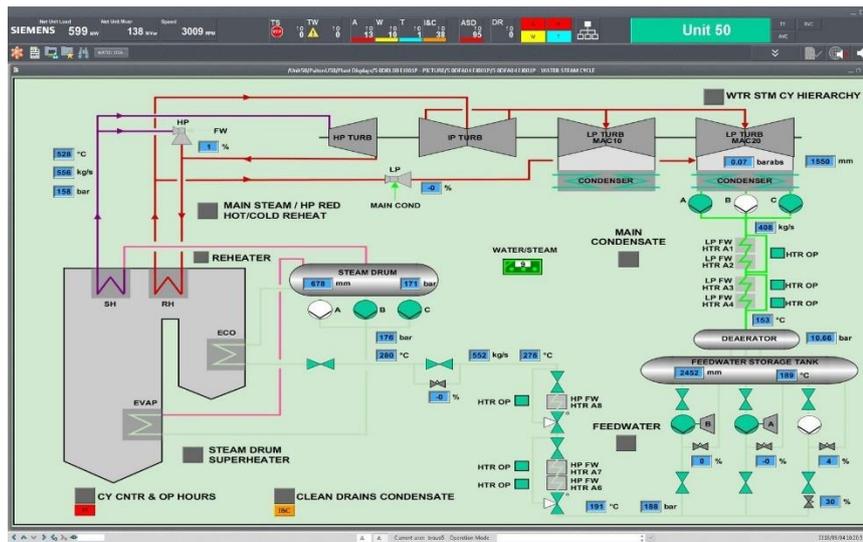
2.3.2 Secara Khusus PLTU Unit 5 & 6



Gambar 2. 6 Siklus Kerja PLTU Unit 5&6

Siklus kerja PLTU Unit 5 & 6 dibagi menjadi beberapa siklus, yaitu:

a. Siklus Air (*Water Steam Cycle*)

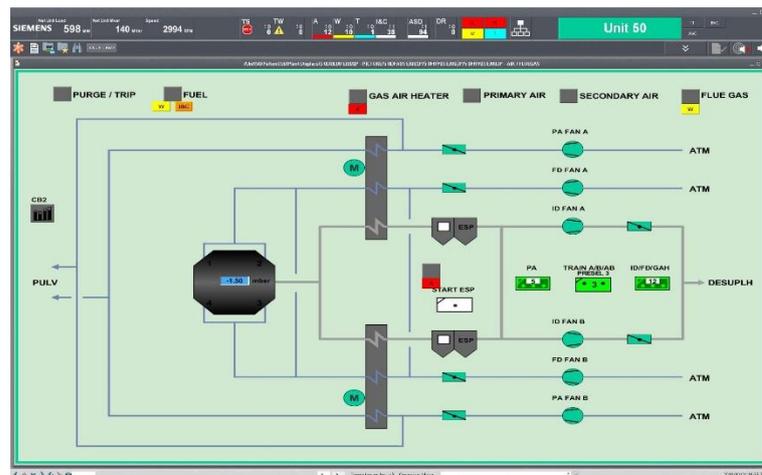


Gambar 2. 7 Siklus Air

Pada saat start-up, air yang berasal dari laut akan dipompa menuju Water Treatment Plant (WTP) untuk diolah menjadi air bebas mineral atau disebut sebagai air demin. Air demin tersebut disimpan pada demin water storage tank. Kemudian air dipompa menggunakan Condensate Extraction Pump (CEP) menuju Low Pressure Feedwater Heater (LP FW HTR) untuk dipanaskan secara bertahap sebanyak 4. Hasil air yang dipanaskan menuju deaerator. Pada deaerator terdapat proses pemisahan air dengan gas menggunakan spray steam lalu dimasukkan pada Feedwater storage tank. Air pada feedwater storage tank dipompa menggunakan Electrical Feedwater Pump (EFWP)

menuju High Pressure Feewater Heater bertingkat sebanyak 3 lalu masuk ke economizer untuk dipanaskan sehingga feedwater berubah menjadi saturated steam (uap jenuh). Saturated steam masuk menuju steam drum, pada steam drum terdapat proses pemisahan air dan steam. Air akan masuk ke evaporator untuk dipanaskan lagi sehingga menghasilkan 100% steam sedangkan steam akan lanjut masuk ke superheater untuk dipanaskan sampai dengan main steam yang diinginkan sesuai set point. Lalu setelah sesuai set point, main steam melewati HP bypass valve untuk injeksi air menggunakan water spray, sehingga terjadi pengurangan suhu temperature. Terjadinya penurunan suhu dan temperature ini maka steam dipanaskan lagi pada reheater sehingga kembali menjadi uap yang lebih bertekanan dan menuju ke Intermediate Pressure Turbin (IP Turbin). Kemudian uap akan masuk ke Low Pressure Turbine (LP Turbin), selanjutnya air akan didinginkan dengan bantuan kondensor dengan medium air laut untuk kembali mendinginkan uap menjadi kembali berbentuk air. Proses ini akan terjadi secara berulang dan terus menerus.

b. Siklus Bahan Bakar dan Abu (Air Flue Gas)



Gambar 2. 8 Siklus Bahan Bakar dan Abu

Siklus ini dimulai dari pemasukan bahan bakar ke dalam sistem. Bahan bakar, yang bisa berupa batubara atau bahan bakar padat lainnya, pertama kali dimasukkan ke dalam pulverizer (PULV). Pulverizer ini berfungsi untuk menghancurkan *coal* sampai dengan tingkat kehalusan yaitu 200 mesh, sehingga dapat memudahkan proses pembakaran di dalam boiler. *Coal* yang telah dihancurkan menjadi partikel halus kemudian dialirkan ke dalam boiler. Di dalam boiler inilah bahan bakar bercampur dengan udara, yang sebelumnya telah dipanaskan melalui proses pemanasan udara.

Proses pemanasan udara ini melibatkan beberapa komponen utama. Udara yang digunakan dalam pembakaran dialirkan melalui *Gas Air Heater* (GAH) yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dengan memanaskan udara sebelum masuk ke boiler. Ada dua jenis aliran udara yang terlibat dalam proses ini yaitu udara primer dan udara sekunder. Udara primer (*Primary Air*) berfungsi untuk membawa bahan bakar halus dari *pulverizer* ke dalam *boiler* dan membantu proses pembakaran awal. Sedangkan udara sekunder (*Secondary Air*) ditambahkan ke dalam ruang pembakaran untuk memastikan bahwa pembakaran berlangsung secara sempurna, menghasilkan panas yang optimal dan meminimalkan pembentukan polutan. Untuk mengalirkan udara ini ke dalam sistem, digunakan *Forced Draft Fan* (FD Fan), yang bekerja untuk memastikan aliran udara yang cukup ke dalam ruang pembakaran.

Setelah bahan bakar terbakar di dalam boiler, hasil pembakaran ini menghasilkan panas dan gas buang (*flue gas*). Gas buang ini mengandung berbagai macam komponen, termasuk partikel abu, gas-gas seperti sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO), dan uap air. Gas buang yang dihasilkan kemudian harus dibersihkan sebelum dilepaskan ke atmosfer untuk memenuhi standar lingkungan yang ketat. Oleh karena itu, gas buang ini dialirkan melalui *Electrostatic Precipitator* (ESP). ESP adalah perangkat yang berfungsi untuk menangkap dan menghilangkan partikel abu dari gas buang menggunakan medan listrik. Di dalam ESP, partikel abu diberi muatan listrik dan kemudian ditarik ke pelat bermuatan yang berlawanan, sehingga partikel abu ini dapat dipisahkan dari aliran gas buang. Partikel abu yang terperangkap ini kemudian dikumpulkan dan dibuang sebagai abu sisa pembakaran. Dengan menghilangkan partikel abu, ESP membantu mencegah pencemaran udara yang disebabkan oleh partikel debu halus.

Setelah melalui ESP dan dibersihkan dari partikel abu, gas buang yang tersisa masih mengandung gas-gas yang perlu dikeluarkan. Gas buang yang telah dibersihkan ini kemudian dialirkan keluar dari sistem pembakaran melalui *Induced Draft Fan* (ID Fan). ID Fan berfungsi untuk menarik gas buang keluar dari boiler dan mendorongnya melalui cerobong (*stack*) ke atmosfer.

c. Siklus Energi Mekanik menjadi Energi Listrik

Pada siklus ini turbin uap adalah mesin penggerak utama yang mengubah energi potensial dari uap menjadi energi kinetik, yang kemudian diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros ini dapat dihubungkan langsung atau melalui *gearbox* dengan mekanisme yang digerakkan. Turbin uap ini digunakan untuk menggerakkan generator listrik pada PLTU. Turbin uap sendiri terdiri dari sebuah cakram

yang dikelilingi oleh bilah-bilah, bila-bilah ini berputar karena dorongan uap bertekanan tinggi yang berasal dari *boiler*, yang telah dipanaskan sebelumnya.

1. *High Pressure Turbine*

Pada *HP Turbine* uap yang masuk berasal dari pemanasan *superheater*.



Gambar 2. 9 *High Pressure Turbine*

2. *Intermediate Pressure Turbine*

Pada *IP Turbine* uap yang masuk merupakan hasil pemanasan ulang dari *reheater*.



Gambar 2. 10 *Intermediate Pressure Turbine*

3. *Low Pressure Turbine*

Pada *LP Turbine* uap yang masuk akan langsung di ekspansikan oleh sudu – sudu *turbine* ini tanpa perlu mengalami pemanasan ulang.



Gambar 2. 11 *Low Pressure Turbine*

Turbin yang berputar ini terhubung dengan *shaft* untuk menggerakkan *generator* listrik guna menghasilkan energi listrik.



Gambar 2. 12 *Shaft Turbine*

Generator pada PLTU merupakan perangkat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, *generator* ini menyuplai listrik ke jaringan ekstra tinggi dengan tegangan 500 kV. Namun sebelum itu listrik 23 kV hasil dari *generator* dinaikkan tegangannya menggunakan *trafo step-up* menjadi 500 kV. Listrik dari *generator* juga digunakan untuk pemakaian mandiri , dimana tegangan 23 kV diubah menjadi 10 kV menggunakan *trafo step-down*



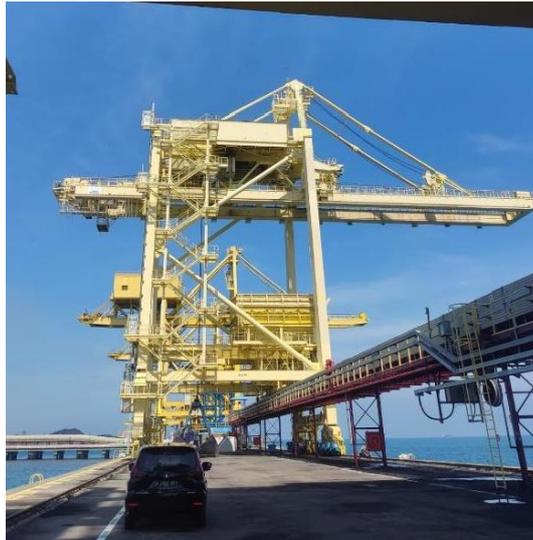
Gambar 2. 13 Generator

2.4 Coal Handling

Batu bara adalah bahan bakar utama yang digunakan dalam proses konversi energi di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Di PLTU Unit 5 & 6, batu bara ini dikirim dari berbagai perusahaan tambang yang berada di Pulau Kalimantan. Pengiriman batu bara biasanya dilakukan melalui jalur laut, sehingga keberadaan dermaga kapal laut menjadi sangat penting bagi kelangsungan operasional PLTU. Selain itu, Coal Plant memiliki peran penting dalam pengelolaan batu bara sebelum digunakan sebagai bahan bakar di Boiler Main Plant. Ada dua proses utama yang dilakukan oleh Coal Plant, yaitu proses Stacking dan Reclaiming. Untuk menjalankan kedua proses tersebut, diperlukan berbagai peralatan pendukung seperti Jetty, Belt Conveyor, dan Tripper Car.

2.4.1 Jetty

Jetty merupakan dermaga atau tempat merapat kapal laut pengangkut batu bara di PLTU Paiton Unit 5&6. Kedalaman dermaga ini ± 18 m dari dasar laut sehingga memungkinkan kapal-kapal besar untuk merapat.



Gambar 2. 14 *Jetty*

2.4.2 Stacking

Stacking merupakan proses pemindahan batu bara dari kapal pengangkut batu bara ke area penyimpanan sementara untuk batu bara (*StockPile*).

2.4.3 Conveyor

Conveyor adalah alat yang digunakan untuk memindahkan batu bara dari satu titik ke titik lainnya. Penggunaan *Belt Conveyor* bertujuan untuk mempermudah dan mempercepat pengangkutan batu bara, sehingga operasional di *Main Plant* dapat berlangsung dengan optimal. *Belt Conveyor* terdiri dari *Head Pulley* dan *Tail Pulley*, yang berfungsi untuk menggerakkan sabuk berbahan karet yang dipasang pada *Conveyor* tersebut. Agar sabuk tetap tegang, digunakan komponen *Tensioning Pulley* untuk mengatur ketegangan pada *Belt Conveyor*. Selain itu, terdapat komponen *Idler* yang dipasang pada jarak tertentu untuk menopang beban batu bara selama pengangkutan.



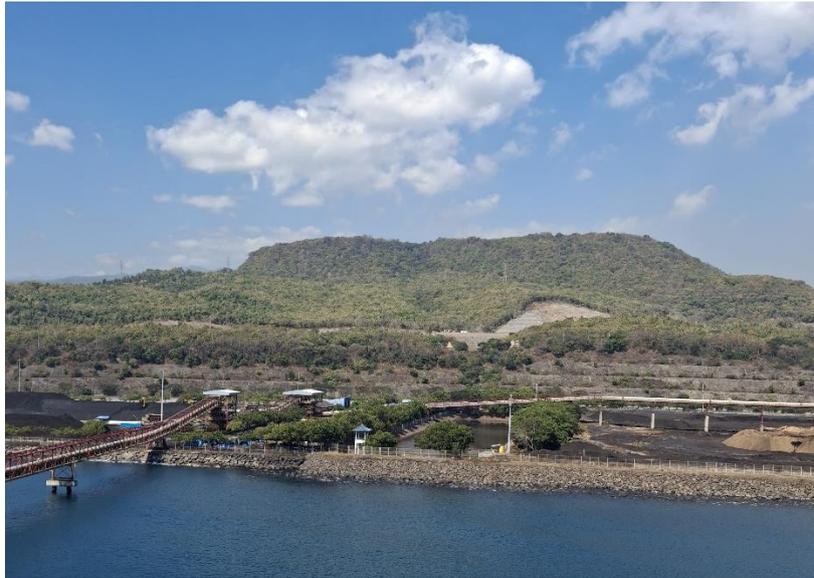
Gambar 2. 15 *Conveyor*

Untuk memungkinkan manuver, setiap *Conveyor* dihubungkan oleh komponen *Transfer House*. *Belt Conveyor* juga dilengkapi dengan berbagai komponen pendukung, seperti pengambil sampel, *Metal Detector*, *Magnet Separator*, *Belt Scale*, dan *Dust Suppression*. Komponen pengambil sampel bekerja otomatis ketika batu bara yang dibawa oleh *Belt Conveyor* terdeteksi mengandung logam. *Metal Detector* digunakan untuk mendeteksi kandungan logam dalam batu bara, sementara *Magnet Separator* berfungsi memisahkan logam dari batu bara yang diangkut.

Komponen *Belt Scale* digunakan untuk memperkirakan berat muatan yang dibawa oleh *Belt Conveyor*. Sedangkan komponen *Dust Suppression* berfungsi menyemprotkan air ke batu bara yang sedang diangkut untuk mengurangi jumlah debu, mencegah batu bara terbang menjadi debu, serta mengurangi risiko percikan api akibat debu panas di sekitar batu bara.

2.4.4 Stockpile

Area *Stockpile* merupakan area penyimpanan sementara untuk batu bara yang telah diturunkan dari kapal pengangkut. Kapasitas penampungan batu bara pada area *Stockpile* dapat mencapai 670.000 Ton. Pada area ini, terdapat sebuah alat yang digunakan untuk melakukan penimbuan maupun pengambilan batu bara, yaitu *Stacker/Reclaimer*.



Gambar 2. 16 Stockpile

2.4.5 Tripper Floor

Bagian *Tripper Floor* merupakan area yang digunakan untuk membagi batu bara ke tiap tempat penampungan batu bara (*Coal Silo*). Di area *Tripper Floor* Terdapat *Belt Conveyor* yang berfungsi untuk membawa batu bara ke area *Tripper Floor* tiap unit PLTU yang terhubung menjadi satu line *Belt Conveyor*.



Gambar 2. 17 *Tripper Floor*

Terdapat *equipment* bernama *Tripper Car* yang berfungsi untuk memasukkan batu bara ke masing-masing *Coal Silo* di tiap unit. Area ini merupakan area yang sangat berdebu karena banyaknya batu bara yang masuk di area ini dan minimnya ventilasi pada area ini. *Area Tripper Floor* ini merupakan area satu-satunya yang menghubungkan plant unit 5 dengan unit 6.

2.4.6 Coal Silo

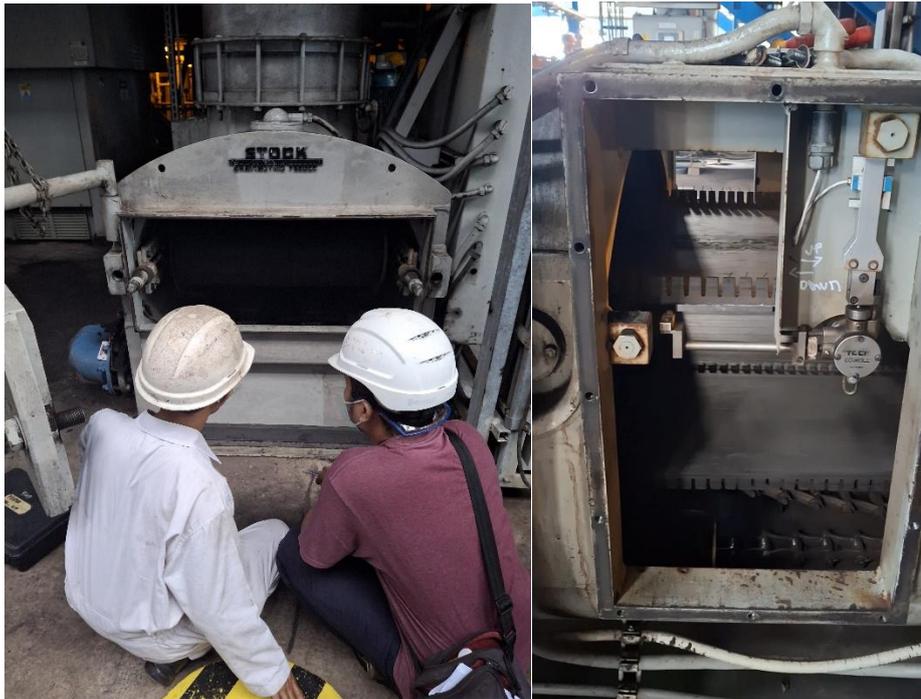
Unit 5 & 6 memiliki enam buah coal silo, yaitu A, B, C, D, E, dan F. Pengisian silo dilakukan menggunakan *belt conveyor* yang terhubung dengan *tripper*, dioperasikan oleh operator di *Coal Handling Control Building* (CHCB). Silo berfungsi sebagai tempat penyimpanan batu bara yang nantinya digunakan sebagai bahan bakar untuk boiler. Setiap silo memiliki kapasitas volume sebesar 600 ton, dan pengisian ulang akan dilakukan ketika volume silo berkurang hingga 30%-40%. Batu bara dari silo kemudian ditransfer ke *pulverizer* melalui *coal feeder*, dan batu bara yang telah diproses di *pulverizer* inilah yang digunakan sebagai bahan bakar di *boiler*.



Gambar 2. 18 *Coal Silo*

2.4.7 Coal Feeder

Coal Feeder merupakan sebuah *equipment* yang berfungsi untuk mengatur laju batu bara yang masuk ke dalam *Pulverizer*. Laju batu bara saat *Coal Feeder* beroperasi bervariasi, mulai dari 21 T/h hingga 68 T/h. Besarnya laju aliran batu bara yang masuk ke dalam *Pulverizer* dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu beban listrik yang dihasilkan oleh *generator*, laju pemanasan uap di dalam *Boiler*, hingga kualitas batu bara yang digunakan. Pada saat beroperasi, *Coal Feeder* akan menerima batu bara dari *Coal Silo* yang letaknya tepat di atas masing-masing *Coal Feeder*.



Gambar 2. 19 *Coal Feeder*

Di dalam *Coal Feeder* batu bara akan diangkut oleh sebuah *belt* yang digerakkan oleh penggerak berupa motor listrik. Motor listrik tersebut akan dikontrol kecepatannya oleh sebuah perangkat *Variable Speed Drive (VSD)*. Karena motor listrik tersebut dikontrol oleh perangkat *VSD*, untuk proses *Start Up* motor listrik pada *Coal Feeder*, digunakan sebuah *Contactor/Soft Starter*. Di dalam *Coal Feeder* terdapat pula beberapa instrument pengukuran seperti *Sensor Load Cell* yang berfungsi untuk mengukur beban batu bara yang masuk ke dalam *Coal Feeder* serta *Tachometer* yang berfungsi untuk mengukur laju atau kecepatan *Belt* yang mengangkut batu bara di dalam *Coal Feeder*.

2.4.8 Pulverizer (Mill)

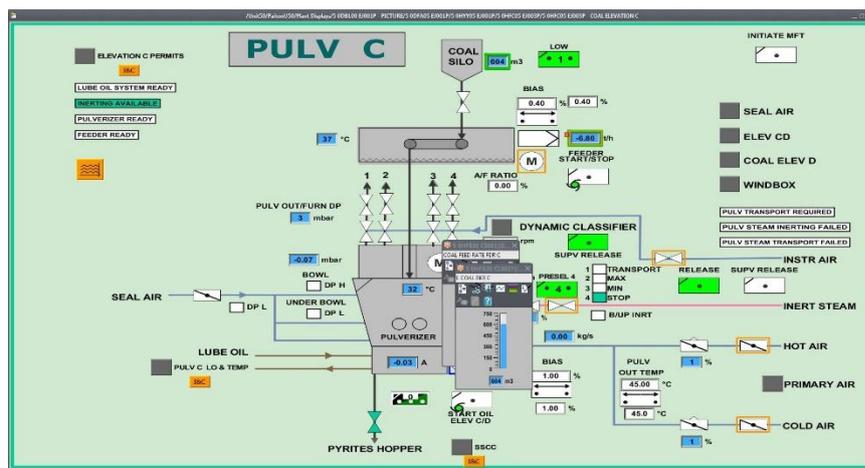
Sebelum digunakan dalam proses pembakaran di dalam *Boiler*, batu bara dari *Coal Feeder* perlu dihancurkan atau dihaluskan terlebih dahulu agar lebih mudah dibakar. *Pulverizer*, atau sering disebut juga sebagai *Mill*, adalah alat yang berfungsi untuk menggiling batu bara menjadi serbuk dengan tingkat kehalusan tertentu. Serbuk batu bara yang telah mencapai tingkat kehalusan yang diinginkan akan dibawa ke *Boiler* menggunakan aliran udara yang disuplai oleh *Primary Air Fan (PA Fan)*. Selain penggilingan, *Pulverizer* juga berperan dalam proses pengeringan batu bara, yang

memanfaatkan udara panas dari PA Fan. Oleh karena itu, suhu udara dari PA Fan harus dijaga cukup panas agar pengeringan batu bara di dalam Pulverizer berjalan optimal.



Gambar 2. 20 Pulverizer

Untuk mengontrol suhu udara dari PA Fan, terdapat mekanisme pengaturan aliran udara. Udara dari atmosfer masuk ke dalam PA Fan, kemudian dibagi menjadi dua aliran: satu aliran masuk ke dalam Gas-Air Heater (GAH) untuk dipanaskan (*Hot Air*), sementara aliran lainnya tetap pada suhu atmosfer (*Cold Air*) dan langsung menuju keluaran PA Fan. Suhu udara dari PA Fan yang masuk ke Pulverizer diatur menggunakan damper pada masing-masing aliran udara untuk mengontrol campuran *Hot Air* dan *Cold Air*.



Gambar 2. 21 Proses pada Pulverizer

Di dalam Pulverizer, batu bara digiling dan disaring sebelum dialirkan ke Boiler. Batu bara masuk ke Pulverizer melalui Center Feed Pipe dari Coal Feeder. Di dalamnya, batu

bara digiling oleh *Grinding Roll* dan *Grinding Ring*. *Grinding Roll* adalah komponen berbentuk silinder yang berputar secara vertikal, sedangkan *Grinding Ring* adalah lempengan di bawah *Grinding Roll* yang berputar secara horizontal. Keduanya bekerja bersama untuk menggiling batu bara hingga menjadi serbuk. Batu bara yang tidak dapat digiling akan terdorong ke samping oleh gaya sentrifugal dan ditampung di *Pyrites Hopper*. Batu bara dari *Pyrites Hopper* kemudian dibawa ke *Submerged Scrapper Chain Conveyor* (SSCC) bersama air yang dipompa dari kolam *Sump Pit*, lalu bersama *Bottom Ash* dari *Boiler*, sisa batu bara dibuang ke *Ash Lagoon*.



Gambar 2. 22 *Submerged Scrapper Chain*

Serbuk batu bara yang telah halus dibawa oleh aliran udara dari PA *Fan* ke empat pipa di bagian atas *Pulverizer*, yang mengalirkan serbuk ke tiap sudut ruang pembakaran pada ketinggian tertentu. Sebelum masuk ke *furnace*, serbuk batu bara melewati proses penyaringan untuk memastikan kualitas kehalusannya sesuai standar. Serbuk yang tidak lolos penyaringan akan jatuh kembali ke bagian bawah *Pulverizer* untuk digiling lagi. *Pulverizer* juga dilengkapi dengan sistem proteksi kebakaran berupa *inert steam system* yang berfungsi untuk menjaga kadar oksigen di dalam *Pulverizer* agar tidak terlalu tinggi, mengurangi risiko kebakaran. Sistem ini akan aktif secara otomatis jika kadar oksigen melebihi batas yang aman.

2.5 Fuel Cell Cycle

2.5.1 PA Fan (*Primary Air Fan*)

Primary Air Fan merupakan sebuah fan sentrifugal yang berfungsi untuk menyuplai udara ke dalam *Mill*, kemudian mendorong batubara yang berbentuk serbuk ke *furnace*, kemudian udara yang masuk ke *Mill* sudah mengalami pemanasan di *Air Heater*. PA Fan juga menyuplai udara dingin yang berguna untuk mengatur suhu dalam *Mill* apabila suhu dalam *Mill* terlalu tinggi, sehingga tidak akan mengakibatkan *trip* pada *plant*. Untuk masing-masing unit terdapat satu PA Fan. Udara yang digunakan oleh PA Fan berasal dari atmosfer, dimana karakter PA Fan adalah menghasilkan tekanan yang tinggi dan kecepatan aliran kecil, sehingga mampu mendorong batubara untuk masuk ke dalam *furnace*.

2.5.2 FD Fan (*Force Draft Fan*)

FD Fan merupakan fan aksial yang berfungsi untuk menyuplai udara ke dalam *furnace* melalui *windbox* yang terdapat di sisi-sisi *furnace* sebagai udara pembakaran yang sebelumnya telah dipanaskan di *Air Heater*. PA Fan diperlukan untuk menangani tahap pembakaran awal. Dimana udara yang dihasilkan oleh FD Fan digunakan khusus untuk pembakaran sehingga udara yang dihasilkan langsung menuju ke *furnace*, yaitu tempat pembakaran batu bara. Untuk mengatur banyak sedikitnya udara yang keluar dari *fan* maka digunakan *blade* dengan elevasi tertentu. *Blade* tersebut digerakkan menggunakan alat dengan sistem hidrolis yang bergabung dengan sistem pelumas *motor fan*, sehingga selain sebagai sistem pelumas pada motor juga dapat berfungsi sebagai pengisi mesin hidrolis.



Gambar 2. 23 FD Fan

2.5.3 ID Fan (*Induced Draft Fan*)

ID Fan merupakan fan aksial yang paling besar jika dibandingkan dengan fan yang lain. ID Fan berfungsi untuk mengambil sisa-sisa pembakaran di dalam *furnace*. Sisa-

sisia pembakaran tersebut berupa abu dan *flue gas* atau gas buang, yang kemudian sisa-sisa tersebut disalurkan ke ESP (*Electro System Precipitator*).

Aliran gas pada ID Fan dapat dikontrol dengan menggunakan aktuator berupa ID Fan damper. Tekanan di dalam Boiler harus bernilai dibawah nol (negatve pressure) agar oartikel atau gas hasil pembakaran di dalam *furncance* tidak keluar atau bocor ke lingkungan. *Negative Pressure* yang terdapat pada *boiler* harus sesuai dengan spesifikasi boiler agar tidak erjadi *Over Negative Pressure* yang dapat berujung pada ledakan dalam boiler. Kemudian dialirkan ke *Flue Gas Desulphurization System* untuk dilakukan suatu perlakuan sehingga *Flue Gas* aman dibuang ke lingkungan.



Gambar 2. 24 ID Fan

2.5.4 SA Fan (*Secondary Air Fan*)

SA Fan memiliki peran pendukung yang penting dalam pembangkit listrik. SA Fan memungkinkan terjadinya pembakaran yang sempurna di dalam *furnace*. SA Fan juga digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan menghindari pemborosan bahan bakar. Udara dari SA Fan dimasukkan ke dalam *furnace* setelah bahan bakar dinyalakan (*ignited*). SA Fan memberikan *supply* oksigen tambahan untuk pembakaran, sehingga dapat membantu pembakaran terjadi secara sempurna, mengurangi emisi, dan meningkatkan efisiensi pembakaran. SA Fan mengalirkan udara ke *furnace* dengan tekanan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan PA Fan, hal ini digunakan untuk mengontrol rasio udara dan bahan bakar (*air-fuel ratio*) (Rao, 2023).

2.5.5 Gas Air Heater (GAH)

Flue gas dari *furnace* memiliki suhu yang cukup tinggi, sehingga energi kalor tersebut dapat dimanfaatkan dengan cara mentransfer energi kalor tersebut pada aliran udara atmosfer yang diambil dan dialirkan ke dalam boiler Primary Air Fan dan Forced

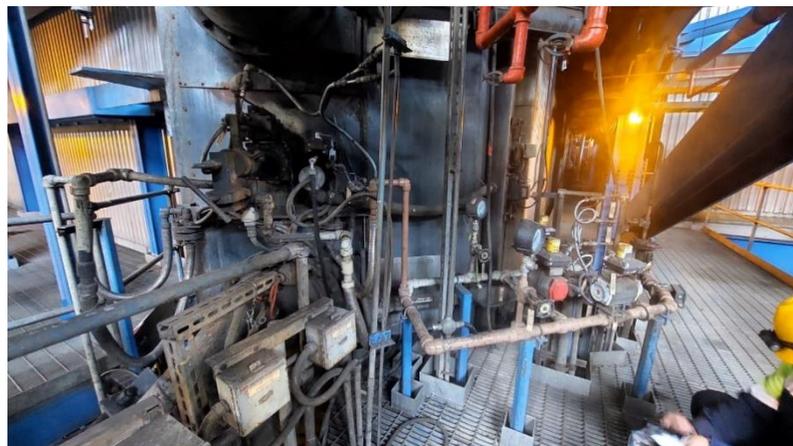
Draft Fan. Proses transfer kalor tersebut terjadi pada sebuah *equipment* yang biasa disebutkan sebagai *Gas Air Heater* (GAH). GAH terletak pada *outlet* tempat keluarnya *flue gas* pertama kali pada *furnace*, GAH yang digunakan pada unit 5&6 berjenis *tri-sector*.

Pada GAH jenis ini memiliki tiga bagian aliran yang terlibat di dalam proses transfer kalor. Ketiga aliran tersebut adalah aliran keluaran dari *boiler*, aliran udara atmosfer dari PA Fan, dan aliran udara atmosfer dari FD Fan. Pada keluaran *flue gas* terjadi proses pendinginan yang awalnya 376°C menjadi sekitar 129°C . Kemudian pada kedua bagian lainnya terjadi pemanasan aliran udara dari $27\text{-}32^{\circ}\text{C}$ menjadi $342\text{-}360^{\circ}\text{C}$. Kenaikan suhu aliran udara tersebut berkontribusi untuk menciptakan proses pembakaran yang stabil dan sempurna di dalam *furnace*.



Gambar 2. 25 GAH (*Gas Air Heater*)

2.5.6 Oil Gun

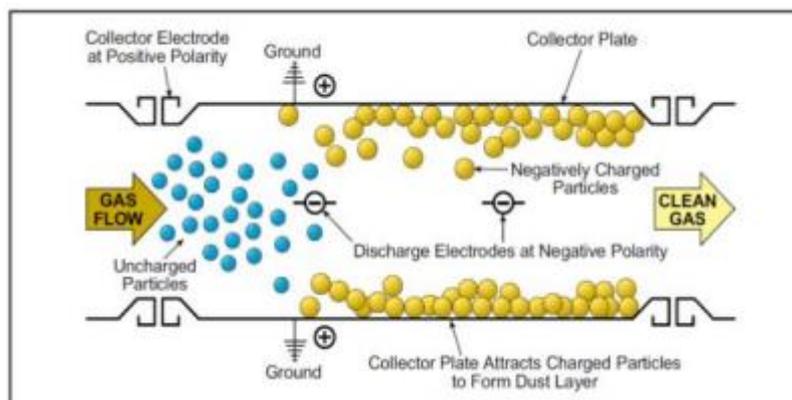


Gambar 2. 26 *Oil Gun*

Oil Gun merupakan salah satu instrumen yang membantu dalam proses pembakaran minyak (solar) yang pertama kali digunakan sebelum berganti ke bahan bakar berupa batu bara. Prinsip kerja dari Oil Gun sendiri sebagai alat penyemprot atau injektor bahan bakar minyak ke dalam boiler untuk memulai proses pembakaran. Dalam Oil Gun terdiri atas dua proses *service* yaitu *service air* dan *service fuel*. Pada proses *service air*, oil gun berfungsi untuk menyediakan aliran udara yang akan digunakan untuk proses pembakaran. *Service air* nantinya akan menghasilkan udara yang bertekanan yang akan diinjeksikan melalui nozzle pada oil gun. Ketika udara bertekanan bertemu dengan bahan bakar cair tersebut maka bahan bakar akan terpecah menjadi butiran halus (atomisasi) untuk memungkinkan pembakaran yang lebih cepat. Sedangkan *service fuel* menyediakan aliran bahan bakar cair yang digunakan oleh oil gun untuk disemprotkan ke dalam boiler.

Berdasarkan prinsipnya Oil Gun memiliki dua switch yang mengatur limit gerak dari Oil Gun itu sendiri. Advance Switch atau yang dikenal sebagai Limit Gerak Maju pada oil gun digunakan untuk mendeteksi ketika mekanisme oil gun telah mencapai posisi terjauh ke dalam boiler saat memasukkan bahan bakar minyak ke dalam furnace. Ketika Oil Gun mencapai titik tersebut, maka advance switch akan diaktifkan. Retract Switch atau yang dikenal Limit Gerak Mundur pada Oil Gun berfungsi untuk mendeteksi ketika Oil Gun telah kembali ke posisi awal, dan switch diaktifkan saat sinyal dikirim ke sistem kontrol untuk menunjukkan bahwa Oil Gun telah ditarik ke posisi awal. Kedua limit switch ini digunakan untuk mengontrol siklus kerja Oil Gun.

2.5.7 Electrostatic Precipitator (ESP)



Gambar 2. 27 Proses pada ESP (*Electrostatic Precipitator*)

Electrostatic Precipitator (ESP) merupakan instrumen yang digunakan untuk memisahkan *fly ash* melalui udara yang didapat dari aliran GAH. Prinsip kerja dalam pemisahan *fly ash* yaitu dengan berdasarkan gaya elektrostatis. Pada awalnya, diberikan

muatan (*charging*) kepada *fly ash* atau yang dapat disebut sebagai proses ionisasi, dimana gas yang masih mengandung abu dilewatkan melalui medan elektrostatis yang didalamnya terdapat dua jenis elektrode. Dua jenis elektrode tersebut antara lain *discharge electrode* dan *collecting electrode*. *Discharge electrode* mempunyai muatan listrik negatif dan memproduksi elektron bebas yang dimanfaatkan untuk memberi muatan pada *fly ash* yang melewatinya. Kemudian *collecting electrode* berfungsi untuk menarik dan mengumpulkan *fly ash* sehingga akan terkumpul pada plat-plat dari *collecting electrode*. Sehingga *fly ash* yang telah terkumpul dan menempel pada plat kemudian akan diruntuhkan dengan menggunakan getaran yang dihasilkan oleh *rapping system*. Hasil *fly ash* yang sudah diruntuhkan kemudian akan jatuh ke dalam blow tank dan akan dikirim ke *ash lagoon* selama 20 menit sekali. Hasil *fly ash* tersebut akan dimanfaatkan kembali sebagai bahan pembuatan paving.

2.5.8 Boiler

Boiler merupakan salah satu komponen utama dalam sistem pembangkit listrik tenaga uap yang mengawali proses perubahan energi potensial menjadi energi panas yang kemudian akan diubah menjadi energi listrik. Boiler berfungsi untuk menghasilkan steam yang digunakan untuk memutar turbin uap (Bell, et al., 2000). Pada unit 5 dan 6 menggunakan boiler dengan tipe *water tube*, karena mampu menghasilkan kapasitas dan tekanan steam yang tinggi. Adapun spesifikasi dari boiler pada unit 5 dan 6 adalah sebagai berikut.

Vendor : ABB CE

Tipe : Outdoor, Tangential Firing, Low NOx, Forced Circulation,
Balanced Draft Pulverized Coal Fired

Efisiensi : 92,5 % pada kondisi *Maximum Continuous Rating* (LHV Basis)

Pada boiler unit 5 dan 6 ini memiliki beberapa komponen didalamnya antara lain *Furnace*, *Evaporator*, *Reheater*, *Economizer*, *Superheater*. Namun untuk proses pembakaran bahan bakar (*firing fuel*) bagian boiler yang hanya digunakan adalah *furnace*.

2.5.9 Furnace



Gambar 2. 28 *Furnace*

Furnace berfungsi sebagai tempat terjadinya proses pembakaran dalam boiler. Bahan bakar di dalam bakar terdiri atas 2 jenis, yaitu bahan bakar berupa minyak dan batu bara. Bahan bakar minyak merupakan bahan bakar yang digunakan sebagai kondisi *start up* selama proses pembakaran 8 jam sampai mencapai titik suhu tertentu, yang kemudian digantikan oleh bahan bakar batu bara. Di dalam furnace sendiri terdiri atas empat sudut yang mengatur masuknya bahan bakar yang dikirm oleh mil. Pada tiap sudut memiliki elevasi tertentu agar sistem pembakaran pada mil berjalan seimbang yaitu tepat berada ditengah bagian dari furnace. Untuk mengatur pembakaran berada tepat ditengah furnace, diatur oleh CCFOA dan SOFA. CCFOA (Close Coupled Over Fire Air) berfungsi sebagai teknik dimana udara tambahan dimasukkan ke dalam furnace didekat zona pembakaran untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi. Sementara itu SOFA (Seperated Over Fire Air) teknik penambahan udara lebih jauh ke atas untuk kontrol suhu yang lebih baik dan pengurangan Nox sehingga mempertahankan api tetap berada ditengah bagian furnace.

2.6 Water Steam Cycle

2.6.1 Pompa

Pompa yang digunakan pada siklus air terdapat beberapa macam pompa yaitu:

a. *Condensate Extraction Pump* (CEP)

CEP digunakan untuk memompa air dari *condenser* menuju Deaerator setelah melalui proses pemanasan pada *Low Pressure Feedwater Heater A1, A2, A3, dan A4*. Jumlah pompa CEP terdapat tiga pompa, sedangkan yang digunakan saat proses siklus air adalah dua pompa. Hal ini dikontrol secara otomatis untuk bekerja secara bergantian.

b. Turbin Feedwater Pump (TFWP)

TFWP digunakan untuk memompa air dari *feedwater storage tank* menuju *economizer* setelah melalui proses pemanasan pada High Pressure Feed Water Heater (HP FW

HTR) bertingkat. TFWP digunakan saat kondisi siklus telah terjadi secara berulang dan terus menerus. TFWP terdapat dua buah dan digunakan keduanya.

c. Electrical Feedwater Pump (EFWP)

EFWP memiliki fungsi seperti TFWP yaitu digunakan untuk memompa air dari *feedwater storage tank* menuju *economizer* setelah melalui proses pemanasan pada *High Pressure Feed Water Heater* (HP FW HTR) bertingkat. Akan tetapi EFWP dan TFWP memiliki fungsi yang berbeda yaitu EFWP digunakan saat kondisi siklus baru saja dimulai atau kondisi *start-up*. EFWP hanya ada satu buah dan digunakan ketika kondisi *start-up*.

d. Boiler Water Circulating Pump (BWCP)

BWCP digunakan untuk memompa air dari steam drum menuju *evaporator*. Jumlah pompa BWCP terdapat tiga buah sedangkan yang digunakan saat proses siklus air adalah dua pompa. Hal ini dikontrol secara otomatis untuk bekerja secara bergantian.

2.6.2 Deaerator



Gambar 2. 29 *Daerator*

Deaerator merupakan tabung yang berfungsi untuk membuang gas-gas terlarut seperti gas O_2 karena gas ini dapat menimbulkan korosi pada boiler. *Deaerator* juga dapat berfungsi sebagai pemanas *feedwater* tipe langsung (open feedwater heater) karena prinsip kerja yang digunakan dalam penghilangan kadar oksigen dan gas-gas yang tak terkondensasi menggunakan kontak langsung antara uap ekstraksi *intermediate* turbin sebagai media pemanasnya dengan *feedwater*. Prinsip kerja *deaerator* didasari oleh hukum Henry yang menyatakan bahwa kelarutan gas dalam cairan berbanding lurus dengan tekanan parsial. Dengan demikian, apabila tekanan gas terlarut diturunkan dengan menambahkan uap di *deaerator*, maka kelarutannya akan akan berkurang dan gas terpisah

dari air. Deaerasi dilakukan untuk mencegah korosi, mengurangi waktu pemeliharaan plant, dan mengurangi biaya operasi (Gomathy et al., 2015).

2.6.3 Feedwater Storage Tank



Gambar 2. 30 *Feedwater Storage Tank*

Feedwater storage tank adalah tangki yang menyimpan *feedwater* setelah melalui proses *deaerasi*. Secara umum, air yang masuk ke dalam *feedwater storage tank* biasanya berasal dari *deaerator*, *make up water*, dan *condensor*. *Feedwater storage tank* ini berfungsi untuk menyimpan air yang sudah dibersihkan dari gas-gas yang belum terkondensasi dan memanaskannya menjadi uap. Uap ini nantinya akan dikirim ke *economizer* dan kemudian ke steam drum. *Feedwater storage tank* ini penting untuk sistem boiler karena membantu mencegah korosi dengan mengurangi kandungan oksigen dalam air yang dimasukkan ke dalam *deaerator*. Selain itu, tangki ini juga bisa mencegah kerusakan akibat perubahan suhu mendadak pada boiler dan pompa dengan cara memanaskan air sebelum dikirim ke pompa dan boiler. Meskipun biayanya lebih hemat untuk membangun dan memasang *feedwater storage tank* ini, namun perawatannya harus lebih sering dilakukan dan pemantauan juga diperlukan untuk menghindari masalah pada pengolahan air.

2.6.4 Feedwater Heater



Gambar 2. 31 *Feedwater Heater*

Feedwater Heater merupakan komponen yang digunakan untuk memanaskan air yang akan masuk ke *boiler* dengan memanfaatkan uap yang diekstraksi dari turbin. Tujuannya adalah untuk meningkatkan suhu air sehingga dapat mengurangi beban panas pada *boiler* dan meningkatkan efisiensi PLTU. *Feedwater heater* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *open feedwater heater* dan *closed feedwater heater*. *Closed feedwater heater* bekerja sebagai alat penukar panas dengan bentuk *shell and tube*, yang artinya air dan uap tidak bersentuhan langsung. Biasanya, uap hasil ekstraksi mengalir di bagian *shell*, sedangkan air umpan *boiler* mengalir di bagian *tube*. Di PLTU yang diteliti, terdapat 1 komponen *open feedwater heater* disebut juga *deaerator* dan 7 komponen *closed feedwater heater*, yang terdiri dari 4 *low pressure feedwater heater* (LP FW HTR) dan 3 *high pressure feedwater heater* (HP FW HTR).

a. *Low Pressure Feedwater Heater* (LP FW HTR)

Terdapat 4 LP FW HTR pada masing-masing unit yaitu LP FW HTR A1, A2, A3, dan A4. LP FW HTR terletak di bagian bawah kondensor yang berfungsi untuk memanaskan air yang keluar dari kondensor dan sebelum memasuki *deaerator*. Panas yang digunakan adalah panas yang berasal dari ekstraksi *Low Pressure Turbin* (LP Turbin).

b. *High Pressure Feedwater Heater* (HP FW HTR)

Terdapat 3 HP FW HTR pada masing-masing unit yaitu HP FW HTR A6, A7, dan A8. HP FW HTR terletak di bagian bawah *feedwater storage tank* yang berfungsi untuk memanaskan air yang akan memasuki *economizer*. Panas yang digunakan pada HP FW HTR A6 dan A7 adalah panas yang berasal dari ekstraksi *Intermediate Pressure Turbin* (IP Turbin). Panas yang digunakan pada HP FW HTR A8 adalah panas yang berasal dari ekstraksi *High Pressure Turbin* (HP Turbin).

2.6.5 Economizer

Economizer merupakan salah satu komponen dalam sistem boiler, yang berfungsi sebagai pemanasan awal *feedwater* yang telah melalui HP FW HTR (*High Pressure Feedwater Heater*) A8, sebelum masuk ke *boiler*. Pemanasan dilakukan dengan memanfaatkan Kembali panas dari *flue gas* hasil pembakaran pada furnace yang masih memiliki temperatur tinggi. Pada *Economizer*, terjadi perpindahan panas secara konveksi dan konduksi. Konveksi antara *flue gas* dengan pipa bagian luar, dan pipa bagian dalam dengan air yang mengalir dalam pipa. Konduksi antara pipa bagian luar dengan pipa bagian dalam. Adapun prinsip kerja dari *economizer* yaitu berfungsi untuk menaikkan temperatur *feedwater* sebelum masuk ke dalam boiler. Keluaran dari

economizer berupa uap jenuh (*saturated steam*), yang memiliki temperatur dibawah temperatur jenuhnya untuk mencegah terjadinya *boiling* dalam *economizer* (Hulu, 2021).

2.6.6 Steam Drum

Keluaran dari *economizer* berupa *saturated steam*, kemudian dialirkan ke *steam drum*. Pada *steam drum* akan dilakukan pemisahan antara fasa cair dan uap (*steam*). Fasa cair atau air akan berada di bagian bawah *steam drum* sedangkan yang berupa gas atau uap akan berada di bagian atas *steam drum*. Fasa cair atau air akan dialirkan untuk dipanaskan menggunakan *evaporator* hingga mencapai kondisi saturasi, kemudian kembali memasuki *steam drum*. Sedangkan fasa gas atau uap menuju pemasanan lanjut primer dan sekunder oleh *superheater*.



Gambar 2. 32 *Steam Drum*

2.6.7 Evaporator

Reheater merupakan saluran pipa pada boiler yang berfungsi untuk memanaskan kembali feedwater di steam drum yang belum memenuhi set point overheated steam. Keluaran dari evaporator berupa *over heated steam* (100% main steam) akan dialirkan masuk kembali dalam steam drum. Uap dari steam drum kemudian dilakukan pemanasan lanjut pada fase superheated steam di superheater pada boiler menjadi uap superheat. Bagian pipa pembakaran pada evaporator dekat dengan posisi furnace.

2.6.8 Superheater

Superheater adalah komponen boiler subcritical yang berfungsi untuk memanaskan kembali uap saturated, pada tekanan kerja konstan, sehingga menjadi uap

superheated (uap panas lanjut) atau main steam. *Mainsteam* digunakan untuk melakukan kerja dengan ekspansi dalam turbin. Superheater dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu diawali dengan melewati Primary Superheater yang merupakan superheater konveksi, uap dialirkan secara berurutan menuju ke *Platent Secondary Superheater*, *Intermediate Secondary Superheater*, dan *Final Secondary Superheater*. Tahapan ini berfungsi untuk memaksimalkan penyerapan panas radiasi dari pembakaran di dalam furnace. Dengan adanya superheater, uap akan semakin jenuh dan semakin bertekanan (*superheated steam*). *Superheated steam* yang telah mencapai *setpoint* kemudian dialirkan masuk ke dalam inlet HP Turbine (high pressure turbine).

2.6.9 Reheater

Reheater adalah salah satu bagian boiler yang berfungsi untuk memanaskan kembali uap air keluaran turbin uap tingkat pertama, sehingga kembali menjadi uap superheat. *Superheated steam* pada *HP Turbine* mengalami penurunan suhu dan tekanan akibat proses kerja pada *HP Turbine*, sehingga keluaran *steam* berupa *cold reheat* perlu dipanaskan kembali melalui *Reheater*. Keluaran dari *reheater* berupa *hot reheat steam* memasuki Front Reheater dan keluar melalui Reheater Vertical Spaced Front Outlet Header menuju *IP Turbine*. Uap reheat akan kembali menyimpan energi panas untuk digunakan pada turbin uap tingkat selanjutnya.

2.6.10 Turbin

Turbin merupakan suatu mesin rotari yang berfungsi untuk mengubah energi potensial aliran fluida menjadi energi gerak. Fluida yang digunakan untuk menggerakkan turbin antara lain adalah gas, air, uap air, dan angin. Turbin merupakan peralatan mekanis yang mengubah energi kinetik gerak menjadi putaran. Proses berputarnya turbin akibat udara bertekanan (*steam*) yang mengalir pada turbin kemudian bilah (blade) pada turbin dengan sudut tertentu secara perlahan akan terdorong berputar sesuai dengan tekanan steam yang diberikan (At-Tasneem, et al., 2014). Pada PLTU paiton unit 5 & 6, terdapat 3 tahap turbin yaitu *High Pressure*, *Intermediate Pressure*, dan *2 Low Pressure*. Pada *HP Turbine* disupply oleh uap bertekanan (*main steam*) dari *superheater*. *Intermediate pressure* disupply oleh *hot reheat steam* dari *reheater*. Dan pada 2 turbin *low pressure* disupply oleh *hot reheat steam* dan *steam* dari *IP Turbine*.

Berikut susunan tingkatan turbin :

1. High Pressure Turbine (HP Turbine)

HP Turbine merupakan turbin uap tingkat pertama yang bertekanan tinggi, untuk mengekspansikan uap utama (*main steam*) dari *superheater* yang

mempunyai tekanan 167 bar dan temperature 538°C untuk beban 100%. Keluaran *steam* dari HP turbin dinamakan *cold reheat* yang mempunyai tekanan 42,7 bar dan temperature 330° C untuk beban 100%. Adanya penurunan suhu dan tekanan pada HP Turbin, sehingga perlu dilakukan pemanasan kembali pada boiler dengan tujuan untuk menaikkan *enthalpi* dan *temperature* oleh *reheater*. Kemudian diekspansikan kembali ke intermediate pressure turbine (IP Turbin). Jenis *HP Turbine* adalah *single flow* karena hanya memiliki satu saluran keluaran. Di dalam HP Turbin juga terdapat ekstraksi *steam* yang digunakan untuk media pemanas pada *HP FW Heater*.



Gambar 2. 33 HP Turbin

2. Intermediate Pressure Turbine (IP Turbine)

IP Turbin digunakan untuk mengekspansikan *hot reheat steam* yang dihasilkan oleh *reheater* pada *boiler* dengan *temperature* sebesar 538°C dan tekanan berkisar 38.8 bar . IP Turbin memiliki dua saluran keluaran (*double flow*). *Steam* yang keluar dari IP Turbin dialirkan ke LP Turbin tanpa adanya pemanasan ulang. *Steam* keluaran IP Turbin memiliki *temperature* sebesar 282°C dan tekanan berkisar 5.24 bar, untuk beban 100%. Pada IP Turbin juga terdapat ekstraksi *steam* yang digunakan sebagai media penggerak turbin *feed water pump* dan sebagian lagi ke *HP FW heater*.



Gambar 2. 34 *IP Turbine*

3. *Low Pressure Turbine (LP Turbine)*

Uap kering keluaran *IP Turbine* dengan *temperature* sebesar 282°C dan tekanan berkisar 5.24, diekspansikan ke *LP Turbine*. Uap yang keluar dari *LP Turbine* ditampung di kondensor untuk dikondensasikan dengan media pendingin berupa air laut. LP turbin merupakan *double flow* karena terdapat dua saluran keluaran menuju ke *condenser*. Di dalam LP Turbin ini juga terjadi *extraction steam* yang nantinya dipergunakan sebagai media pemanas bagi LP heater. *Steam* keluaran LP Turbin memiliki *temperature* sebesar 51°C dan tekanan berkisar 0.06 bar, untuk beban 100% yang terhubung dengan kondensor.

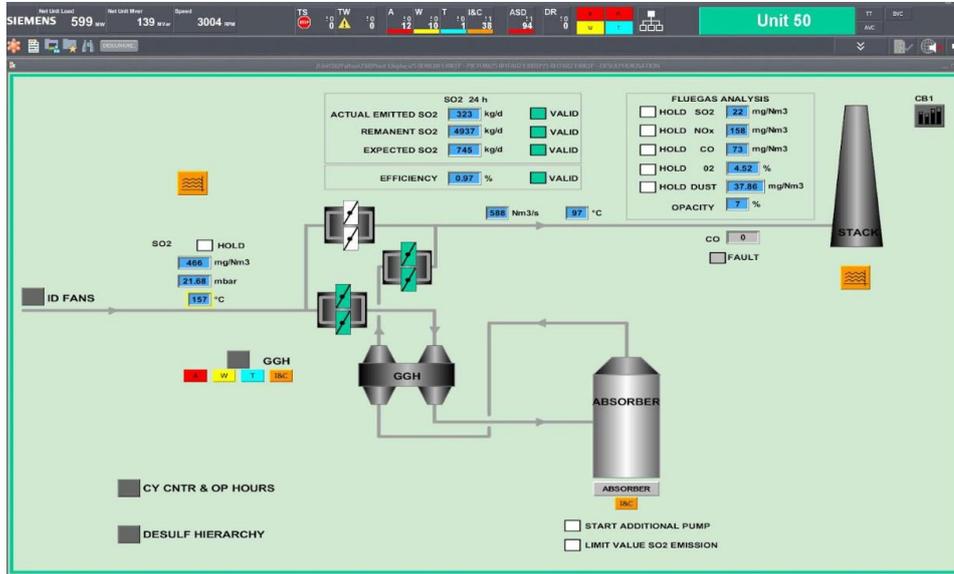


Gambar 2. 35 *LP Turbine*

2.7 *Flue Gas Desulfurization (FGD)*

Flue gas mengalir menuju sistem *Flue Gas Desulphurisation (FGD)*, di mana suhu udara pembuangan harus diturunkan. Gas Gas Heater (GGH) berfungsi untuk menurunkan suhu gas buangan dari furnace agar sesuai dengan standar pembuangan ke lingkungan. Setelah itu, sulfur dalam udara dihilangkan pada absorber melalui penyemprotan air laut, yang juga menurunkan suhunya. Udara bersuhu rendah yang

keluar dari absorber kemudian dipanaskan kembali di GGH dengan menukar panas dari udara yang berasal dari ESP. Udara dengan suhu lebih tinggi tersebut dilepaskan melalui cerobong (stack) sebagai ventilasi pembuangan gas buang yang telah diproses di FGD menuju atmosfer.



Gambar 2. 36 FGD (*Flue Gas Desulfurization*)

2.7.1 Gas Gas Heater

Peralatan *Gas-Gas Heater* (GGH) adalah salah satu komponen penting dalam sistem *Flue Gas Handling*. GGH ditempatkan setelah *ID Fan*, di mana GGH menerima gas yang telah dibersihkan oleh ESP dan mendapatkan tambahan tekanan dari *ID Fan*. Fungsi utama GGH adalah untuk menaikkan suhu *Flue Gas* yang berasal dari *Absorber Tower*. Setelah melewati *Flue Gas Desulphurisation System*, suhu *Flue Gas* menurun akibat proses penghilangan sulfur di dalam *Absorber Tower*. Agar *Flue Gas* dapat dikeluarkan secara efisien melalui *Stack*, diperlukan suhu yang cukup tinggi agar gas dapat cepat menguap ke atmosfer.

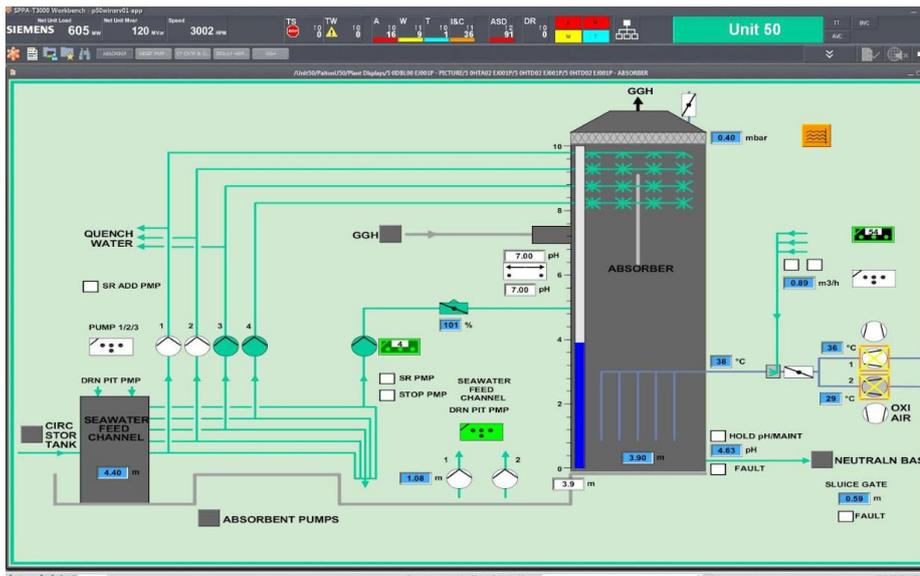


Gambar 2. 37 GGH (*Gas-Gas Heater*)

Untuk itu, digunakan sistem pemanas ulang yang memanfaatkan gas bersuhu tinggi dari keluaran *ID Fan* untuk memanaskan gas yang keluar dari *Absorber Tower*. Sistem ini dirancang untuk memaksimalkan pemanfaatan sisa energi panas dari gas buang yang dialirkan oleh *ID Fan*, sehingga meningkatkan efisiensi sistem pembakaran di dalam *furnace*.

2.7.2 Absorber

Absorber Tower pada PLTU merupakan salah satu komponen penting dalam sistem *Flue Gas Desulphurization* (FGD) yang berfungsi untuk menghilangkan kandungan sulfur pada *flue gas* sebelum dilepaskan ke lingkungan. Kandungan sulfur dioksida (SO_2) dalam *flue gas* dapat membahayakan lingkungan jika tidak dikendalikan, salah satunya menyebabkan hujan asam. Oleh karena itu, *Absorber Tower* memainkan peran penting dalam menjaga agar kandungan *flue gas* tetap aman bagi lingkungan. Pada PLTU unit 5 dan 6 yang dioperasikan oleh PT YTL Jawa Timur, digunakan *Absorber Tower* dengan sistem *wet scrubber*, yang menggunakan air laut untuk proses *scrubbing*. Prinsip dasar *seawater scrubbing* adalah menyemprotkan air laut ke aliran *flue gas*, sehingga sulfur dioksida (SO_2) terurai menjadi ion sulfat, yang merupakan komponen alami air laut. Keunggulan dari sistem *Absorber Tower* ini adalah desainnya yang sederhana dibandingkan jenis *scrubbing* lainnya. Sistem ini terdiri dari empat pompa *Absorb-an* dan satu pompa *Absorber*, yang berfungsi untuk mengalirkan air laut dari *sea water feed channel* ke dalam *Absorber Tower*.



Gambar 2. 38 Siklus pada *Flue Gas Desulphurization* (FGD)

2.8 Sistem Kontrol PID

Pengendali PID merupakan gabungan dari tiga macam pengendali, yaitu pengendali proporsional, pengendali integral, dan pengendali turunan. Elemen-elemen kontroler P,I dan D masing-masing bertujuan untuk menentukan respon maupun perubahan dari sebuah sistem.

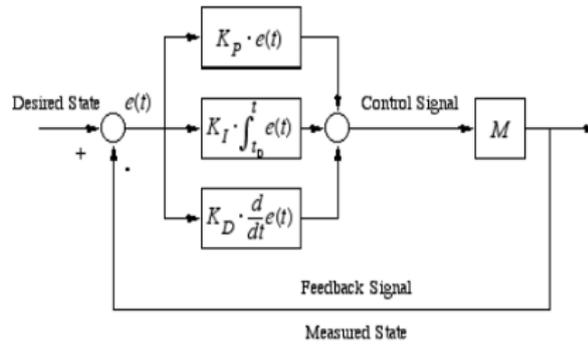
Kontrol PID dapat bekerja dengan mekanisme umpan balik untuk mengoreksi kesalahan antara nilai kesalahan suatu pengukuran dengan nilai gangguan. Pada umumnya, sistem kontrol PID dapat digunakan secara bersama atau berpisah diantaranya kontrol *proportional* dapat mempercepat rise time, kontrol *integral* dapat memperkecil kesalahan (*error*), dan kontrol *derivative* dapat mengurangi *overshoot* atau *undershoot*. Untuk itu agar dapat menghasilkan *output* dengan *risetime* yang cepat dan *error* yang kecil, dapat dilakukan dengan menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID (Madyanto, 2011).

Persamaan nilai output dalam sistem Kendali PID dapat dirumuskan:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.1)$$

Persamaan diatas menjelaskan bahwa nilai keluaran $u(t)$ merupakan jumlah dari gain *proporsional* (K_p), *gain integral* (K_i), dan *gain Derivative* (K_d) yang masing-masing dipengaruhi oleh *error* (e) dan waktu (t) tertentu.

Berikut merupakan bentuk umum dari kontrol PID secara Parallel.



Gambar 2. 39 Bentuk Umum PID Kontrol secara Paralel

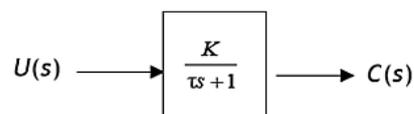
Masing-masing P, I, dan D *Controller* memiliki parameter tertentu untuk dapat beroperasi atau dapat disebut sebagai perubahan konstanta, yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 4 Respon Pengaruh Kontroler PID

<i>Controller</i>	<i>Rise Time</i>	<i>Overshoot</i>	<i>Settling Time</i>	<i>S-S Error</i>
Kp	<i>Decrease</i>	<i>Increase</i>	<i>Small change</i>	<i>Decrease</i>
Ki	<i>Decrease</i>	<i>Increase</i>	<i>Increase</i>	<i>Eliminate</i>
Kd	<i>Small change</i>	<i>Decrease</i>	<i>Decrease</i>	<i>Small change</i>

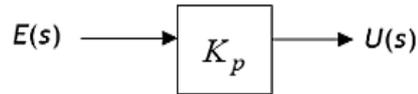
2.8.1 *Proportional Controller*

Pengendali proporsional merupakan pengendali yang aksi kendalinya proporsional terhadap sinyal error. Pada bagian ini kita akan membahas mengenai prosedur perancangan pengendali proporsional untuk diterapkan pada plant orde pertama. Dengan menentukan nilai penguatan proporsional K_p yang tepat diharapkan respon plant orde pertama sesuai dengan spesifikasi performansi domain waktu yang diinginkan. Suatu plant orde pertama dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram blok sebagai berikut.



Gambar 2. 40 Blok Diagram Kontroler Proporsional Order Pertama

dimana K dan τ masing – masing adalah gain overall dan konstanta waktu. Sedangkan diagram blok dari pengendali proporsional adalah sebagai berikut.



Gambar 2. 41 Blok Diagram Kontroler Proporsional

Dimana K_p adalah penguatan proporsional. Pengendali proporsional merupakan salah satu jenis pengendali berdasarkan aksi kendalinya. Pengendali proporsional merupakan pengendali yang aksi pengendalinya proporsional terhadap sinyal kesalahan. Untuk pengendali proporsional, sinyal kesalahan $e(t)$ merupakan masukan pengendali sedangkan keluaran pengendali adalah sinyal kontrol $u(t)$. Hubungan antara masukan pengendali $e(t)$ dan keluaran pengendali $u(t)$ adalah

$$u(t) = K_p \cdot e(t) \quad (2.2)$$

Dalam besaran transformasi *Laplace*

$$U(s) = K_p \cdot E(s) \quad (2.3)$$

dimana K_p adalah penguatan proporsional.

Sehingga fungsi alih pengendali proporsional adalah

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \quad (2.4)$$

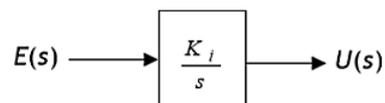
2.8.2 Integral Controller

Integral controller merupakan pengendali yang aksi pengendaliaanya berdasarkan integrasi sinyal kesalahan. Sinyal kesalahan dengan simbol $e(t)$ merupakan masukan pengendali sedangkan keluaran pengendali adalah sinyal kontrol $u(t)$. Pada sistem pengendalian ini input pengendali $u(t)$ diubah pada laju proporsional dari sinyal kesalahan $e(t)$ sehingga hubungan antara input dan output adalah sebagai berikut.

$$u(t) = K_i \int_u^t e(t) dt \quad (2.5)$$

Dalam besaran transformasi *Laplace*

$$U(s) = \frac{K_i}{s} E(s) \quad (2.6)$$



Gambar 2. 42 Diagram Blok Kontroler Integral

dimana K_i adalah konstanta integrator yang nilainya dapat diubah.

2.8.3 Derivative Controller

Keluaran pengontrol *derivative* memiliki sifat seperti halnya suatu operasi differensial. Perubahan yang mendadak (dalam waktu singkat) pada masukan pengontrol, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Berikut merupakan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara sinyal kesalahan dengan keluaran pengontrol. Sinyal kesalahan dengan simbol $e(t)$ merupakan masukan pengendali sedangkan keluaran pengendali adalah sinyal kontrol $u(t)$.

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.7)$$

Dalam bentuk *Laplace* adalah sebagai berikut.

$$U(s) = k_d s E(s) \quad (2.8)$$



Gambar 2. 43 Diagram Blok Kontroler *Derivative*

Dimana K_d adalah konstanta *derivative* yang nilainya dapat diubah. Berdasarkan karakteristik pengontrol tersebut, pengontrol derivative umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan stabilnya. Kerja pengontrol derivative hanyalah efektif pada lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh karena itu pengontrol derivative tidak pernah digunakan tanpa ada pengontrol lain sebuah sistem (Sutrisno, 1990).

BAB III

HASIL PEMBELAJARAN

3.1 Deskripsi dan Tujuan Tugas Khusus

Materi yang diperoleh selama kerja praktik meliputi materi umum mengenai perusahaan, instrument yang ada dilapangan, dan proses *maintenance* dari instrument tersebut. Selanjutnya diberikan tugas khusus yang berupa penyusunan laporan kerja praktik oleh pembimbing lapangan dengan tujuan agar peserta didik dapat memahami penerapan ilmu pada bidang masing-masing. Topik yang diangkat dalam tugas khusus ini adalah analisa pengendalian temperatur pada Pulverizer dengan PID metode *autotune* dan *trial and error*.

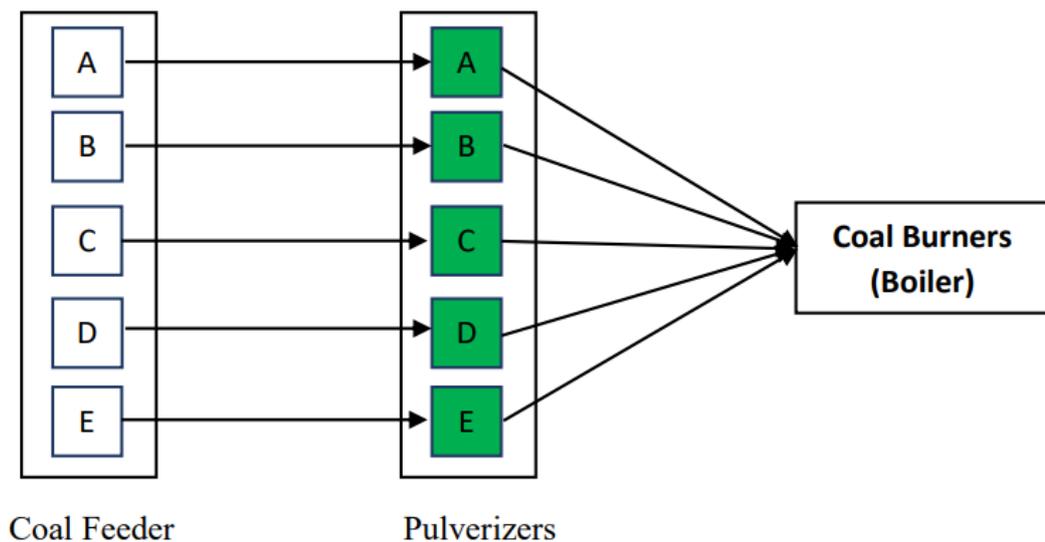
3.1.1 Overview Pulverizer

Pulverizer merupakan mesin yang berfungsi untuk menghaluskan batu bara yang akan di distribusikan ke dalam furnace (Suryana, M., 2015). Pulverizer yang dipakai pada unit 5 dan 6 adalah jenis vertical spindle pulverizer yang diproduksi oleh ABB CE dengan tipe HP 1003 coal pulverizer. Batu bara yang masuk dari coal feeder harus dihaluskan menggunakan pulverizer, dimana batu bara mempunyai fungsi sebagai sumber bahan bakar bagi proses produksi listrik di PT YTL Jawa Timur. Tujuan penghalusan batu bara yaitu agar pembakaran di dalam furnace berjalan dengan sempurna.

Di dalam mill terdapat 3 buah grinding roll yang berfungsi sebagai penghalus batu bara. Proses penggilingan batu bara terjadi dengan cara batu bara diarahkan pada bagian tengah pulverizer. Batu bara bergerak ke tengah karena adanya gaya sentrifugal dimana penggilingan terjadi diantara grinding roller dan rolling table. Grinding roller bergerak secara statis dan rolling table bergerak secara horizontal. Batu bara yang telah mencapai tingkat kehalusan 200 mesh akan menuju furnace melalui 4 corner dengan cara diterbangkan oleh udara yang berasal dari PA Fan. Apabila terdapat batu bara yang tidak sesuai, maka akan kembali jatuh ke tempat penggilingan dan akan dihancurkan lagi. Batu bara dan benda lain yang tidak bisa hancur akan bergerak ke samping karena adanya gerak radial dari putaran lempeng yang ditampung ke dalam tempat yang bernama Pyrets Hopper. Kemudian Bottom Ash tersebut dibawa menuju SSCC (*Submerged Scrapper Chain Conveyor*) dan dimasukkan ke dalam bak penampungan untuk dibawa ke Ash Lagoon.

Coal Feeder diperlukan untuk mengatur banyak sedikitnya batu bara yang masuk ke dalam Pulverizer, dimana jumlah coal yang masuk akan bergantung dengan jumlah load atau beban listrik yang ingin dihasilkan pada masing-masing unit. Dimana pada unit 5 dan 6 terdapat 6 buah Pulverizer yang dapat menghasilkan nilai load sebesar 610 MW. Load tersebut menunjukkan besarnya tegangan arus listrik yang dijual kepada PT PLN Nusantara Power Paiton.

Jenis vertical spindle pulverizer yang diproduksi oleh ABB CE dengan tipe HP 1003 coal pulverizer merupakan jenis yang paling banyak digunakan pada pembangkit yang memiliki sumber energi dari batu bara. Batu bara yang digunakan memiliki properti high moisture coal sebesar 22.3%. Dimana pulverizer jenis ini beroperasi dalam kondisi bertekanan karena masukkan udara yang berasal dari Primary Air Fan. Berikut merupakan *Process Flow Diagram* (PFD) dari sistem Pulverizer.



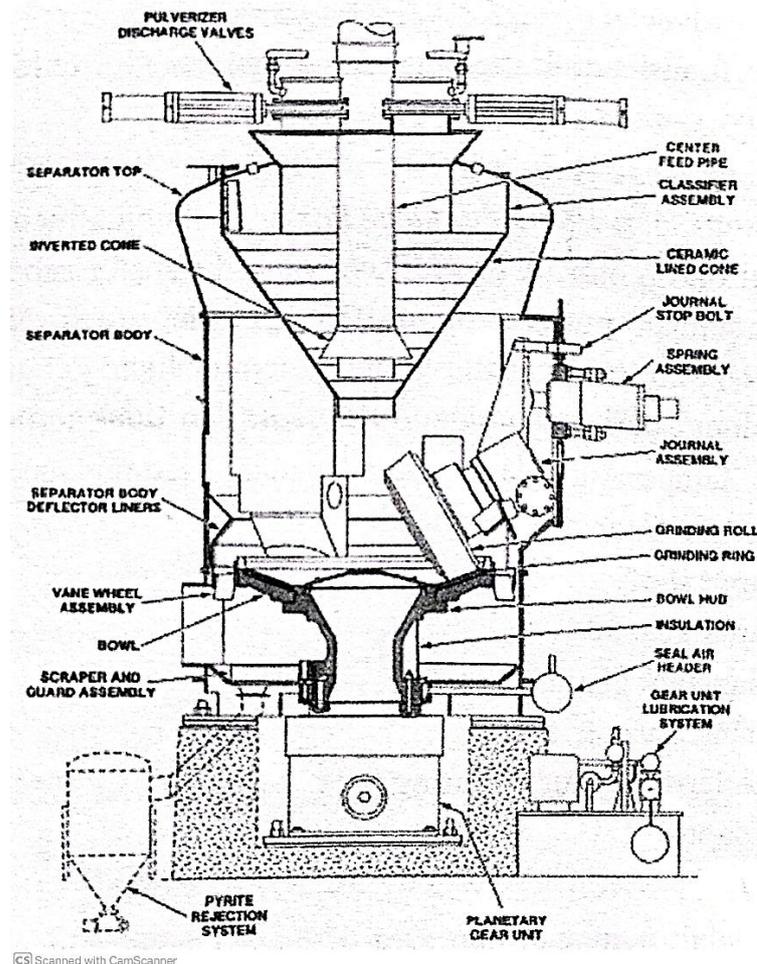
Gambar 3. 1 *Process Flow Diagram* Sistem Pulverizer

Pada PFD di atas dapat diketahui bahwa terdapat *coal feeder* untuk mengumpulkan batubara ke pulverizer, kemudian pulverizer akan mengalirkan batubara ke boiler untuk dibakar. Terdapat pula sistem redundansinya yaitu dengan menambahkan jumlah coal feeder dan pulverizer sebanyak 1 unit. Kemudian, pada pulverizer terdapat dua variabel kontrol, yaitu variabel temperatur di dan *flow* atau aliran udara primer yang masuk ke dalam *pulverizer*. Untuk mengatur dua variabel tersebut dibutuhkan dua elemen kontrol yang berbeda yaitu bukaan damper supply *cold air* dan *hot air*. Bukaan damper *cold air* digunakan sebagai variabel manipulatif untuk mengontrol variabel temperatur, sedangkan bukaan damper *hot*

air digunakan untuk mengontrol variabel *flow*. Kedua variabel tersebut diatur supaya menghasilkan temperatur *set point* sebesar 65°C supaya *pulverizer* dapat bekerja secara aman dan optimal. Namun pada pengerjaan tugas khusus ini diberikan batasan masalah yaitu bagaimana mengontrol bukaan damper *cold air* menggunakan tuning PI dengan metode *autotune* dan *trial and error*.

3.1.2 Komponen dalam Pulverizer

Komponen utama pada Pulverizer memiliki fungsi yang penting dalam penggilingan batu bara. Dimana dalam operasinya Pulverizer ini digerakkan oleh sebuah motor dengan putaran 962 rpm, yang direduksi dalam mentransfer energinya dengan gear box sampai menjadi kurang lebih sebesar 39,4 rpm, dimana scrapper dan bowl di couple sehingga putarannya sama. Berikut merupakan gambar dan letak komponen pada pulverizer dan penjelasan fungsinya.



Gambar 3. 2 Struktur Komponen dalam Pulverizer

Adapun bagian utama dari pulverizer jenis HP 1003 Coal Pulverizer adalah:

1. Pulverizer Motor

Memiliki fungsi untuk menyuplai energi gerak yang dibutuhkan untuk memutar bowl melalui reduksi pada gearbox planetary. Motor listrik secara langsung dihubungkan ke gear box.

2. Motor Gear Box Coupling

Fungsi dari gear box coupling adalah menghubungkan poros motor dengan poros input pulverizer dan mengijinkan adanya misalignment pada poros tersebut.

3. Planetary Gear Box Assembly

Fungsi dari bagian ini adalah untuk mentransfer daya dari motor ke bowl melalui sistem reduksi roda gigi planetary. Gear box mentransfer daya sebesar 800 HP(Horse Power), dimana mempunyai putaran input sebesar 975 rpm dan putaran output sebesar 394 rpm. Gear box ini bersifat independen, sehingga dapat memudahkan apabila dilakukan penggantian dan dilindungi oleh seal, sehingga tidak terpengaruh oleh temperatur dari udara panas.

4. Millside Assembly

Merupakan area untuk udara panas masuk ke dalam pulverizer dan merupakan area dimana benda asing atau batu bara yang tidak tergiling dapat dikeluarkan dari pulverizer. HP pulverizer mempunyai area millslide yang terisolasi karena untuk meminimalkan adanya potensi bahaya bagi manusia dan memaksimalkan efisiensi thermal dalam pulverizer.

5. Scrapper Assembly

Memiliki fungsi untuk menjaga area millslide supaya bersih dari pyrite dan batu bara yang dikeluarkan. Terdapat dua scrapper yang berputar pada bowl hub yang berfungsi untuk menyapu material yang dibuang dari bowl menuju ke pyrite hopper.

6. Pyrite Hopper

Pyrite Hopper merupakan bagian dari pulverizer yang berfungsi sebagai penampung material yang tidak dapat tergiling di dalam pulverizer. Material-material tersebut dapat berupa batu, besi, dan bongkahan batu bara yang tidak tergiling dengan baik.

7. Bowl Assembly

Bowl memiliki fungsi untuk memberikan permukaan untuk menggiling dan menghaluskan batu bara. Pada bowl tidak hanya terdapat batu bara melainkan terdapat juga besi/batu/material pyrites lainnya. Bagian ini juga bergerak berputar bersama dengan tiga grinding roller yang berada di atasnya. Pulverizer tipe HP 1003 berarti 100 inch untuk ukuran bowl dan terdapat 3 buah grinding roller.

8. Vane Wheel Assembly

Vane wheel memiliki fungsi untuk meningkatkan efisiensi klasifikasi dengan meningkatkan pendistribusian udara melalui pulverizer dan menggunakan seluruh area di dalam separator body.

9. Separator Body Assambly

Memiliki fungsi sebagai penampung batu bara yang sedang dihaluskan oleh grinding roller di dalam bowl. Bagian ini sebagai penyangga grinding roller dan sebagai penyangga perlengkapan untuk klasifikasi batu bara. Dimana mencakup separator top, classifier drum, deflector, dan cone assembly.

10. Classifier Assembly

Terletak pada bagian atas pulverizer yang berfungsi untuk memisahkan antara batu bara yang halus dengan yang kasar. Batu bara yang halus langsung naik ke outlet dan menuju ruang bakar, sedangkan yang kasar akan jatuh kembali ke dalam pulverizer untuk dilakukan proses penggilingan ulang. Classifier terdiri dari deflector vane yang dapat diatur untuk mendapatkan tingkat kehalusan (fineness) sebesar 200 mesh.

Untuk mengatur tingkat kehalusan dapat diatur dengan menggerakkan deflector levers pada separator top. Apabila deflector levers di set ke arah nomor yang lebih kecil, maka semakin banyak partikel-partikel yang kasar yang kemudian keluar dari pulverizer. Namun, apabila terlalu banyak partikel kasar yang keluar maka dapat diindikasikan bahwa grinding roller kemungkinan memiliki masalah

11. Gate Discharge Valve

Bagian ini memiliki fungsi untuk membatasi ketika pulverizer tidak sedang beroperasi. Sehingga, dijaga supaya tidak ada gas panas yang berasal dari furnace masuk ke dalam pulverizer.

12. Coal Pipe Orifices

Bagian ini terletak di atas discharge millside pada pipa batu bara dari pulverizer menuju ruang bakar. Dimana memiliki fungsi untuk menyamakan aliran campuran batu bara dan udara dari pulverizer ke furnace. Dikarenakan panjang pipa yang menuju empat sudut furnace tidak sama panjang dan terdapat banyak belokan, maka lubang orifice setiap pipa tidak sama. Dimana bergantung pada panjang pipa dan ukuran. Bagian ini harus dilakukan reparasi ulang ketika lubang telah aus dan melebihi 10% dari lubang standarnya

3.1.3 Instrument dalam Pulverizer

Pada pulverizer digunakan berbagai macam instrumen yang digunakan untuk mengendalikan proses yang terjadi di dalam pulverizer. Instrumen tersebut antara lain, *Differential Pressure Transmitter*, *Temperature Transmitter*, *Positioner*, dan *Damper*.

1. Differential Pressure Transmitter

Differential Pressure Transmitter memiliki desain untuk mengukur perbedaan temperatur antara tekanan pada sisi tinggi dan rendah (Tamaki I, et al. 2004). Dimana memiliki prinsip kerja dengan memanfaatkan perbedaan luas penampang pipa venturi pada bagian inlet dan juga leher venturi yang mengalirkan udara ke pulverizer.

2. Temperature Transmitter

Temperature transmitter yang digunakan pada komponen *pulverizer* adalah tipe TMT 122. Prinsip kerja *transmitter* ini adalah mengukur suhu dalam rentang 0°C hingga 200°C melalui sensor, kemudian mengubah sinyal analog dari sensor tersebut menjadi sinyal listrik. Sinyal suhu tersebut kemudian dikonversi menjadi tegangan 12-35V dan memiliki *output* berupa arus sebesar 4-20mA. Keluaran arus tersebut nantinya akan masuk ke dalam sistem monitoring DCS.



Gambar 3. 3 Temperatur Transmitter TMT 122

3. *Positioner*

Positioner pada *pulverizer* digunakan untuk mengatur besarnya bukaan dari *damper*. *Positioner* ini menggunakan sinyal *pneumatic* sebagai umpannya, pada umumnya sinyal yang diterima berkisar antara 3-15psi. Untuk dapat beroperasi pada *pulverizer* maka *positioner* diatur sampai dengan 80 psi. Kemudian, sinyal *pneumatic* yang diterima akan dikonversi menjadi sinyal analog berupa arus pada rentang 4-20 mA untuk dapat mengatur bukaan dari *damper* sehingga sesuai dengan kebutuhan *supply* udara dari *primary air fan*.



Gambar 3. 4 *Positioner*

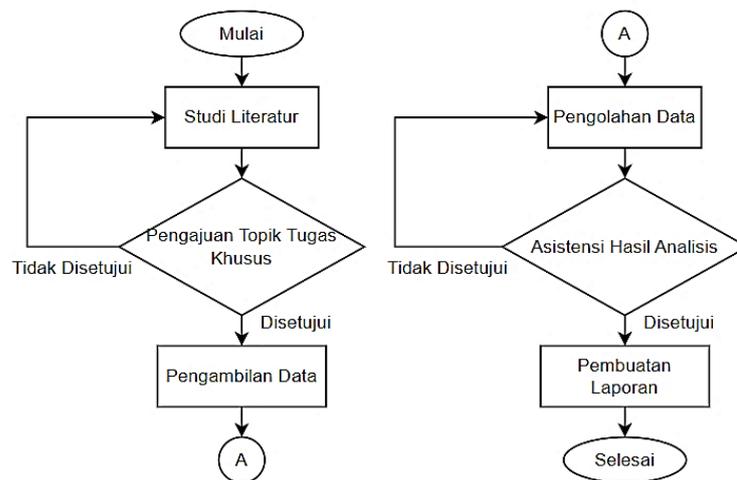
4. *Damper*

Damper adalah komponen jenis aktuatur yang berfungsi untuk mengatur aliran dan keluaran udara, baik pada jalur *Hot Air* maupun *Cold Air*, di dalam suatu sistem. Prinsip kerja *damper* melibatkan kontrol mekanis terhadap jumlah udara yang diizinkan untuk melewati jalur tersebut. *Damper* digerakkan oleh sebuah mekanisme yang dikenal sebagai *positioner*, yang bertanggung jawab untuk mengatur posisi atau sudut bukaan *damper* secara akurat.

Positioner bekerja dengan memberikan sinyal untuk membuka atau menutup *dampers* sesuai dengan kebutuhan pengaturan suhu atau tekanan udara dalam sistem. Dengan menyesuaikan besarnya bukaan *dampers*, *positioner* secara efektif mengatur volume udara panas atau dingin yang masuk ke dalam sistem, yang dapat memengaruhi parameter operasional seperti suhu, aliran udara, dan keseimbangan termal. Pengaturan bukaan ini sangat penting untuk menjaga efisiensi dan performa optimal dari sistem, terutama dalam aplikasi yang memerlukan pengontrolan udara yang presisi, seperti pada pembangkit listrik atau industri pemrosesan.

3.2 Metode Penyelesaian Tugas Khusus

Tugas khusus pada kerja praktik ini dilakukan dengan metode sesuai dengan diagram alir berikut.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Metode Penyelesaian Tugas Khusus

Metode yang terdapat pada diagram alir tersebut bertujuan untuk mempelajari hingga menganalisis data proses yang berkaitan dengan sistem kontrol temperatur pada *pulverizer* PLTU Unit 5. Pengerjaan tugas khusus yang dilakukan oleh penulis sepenuhnya dilakukan secara luring di wilayah kerja PT YTL Jawa Timur. Proses penyelesaian tugas khusus diawali dengan melakukan studi literatur terkait objek atau sistem yang dapat dipelajari dan dianalisis lebih lanjut dari keseluruhan proses pembangkitan energi di PLTU unit 5 dan 6.

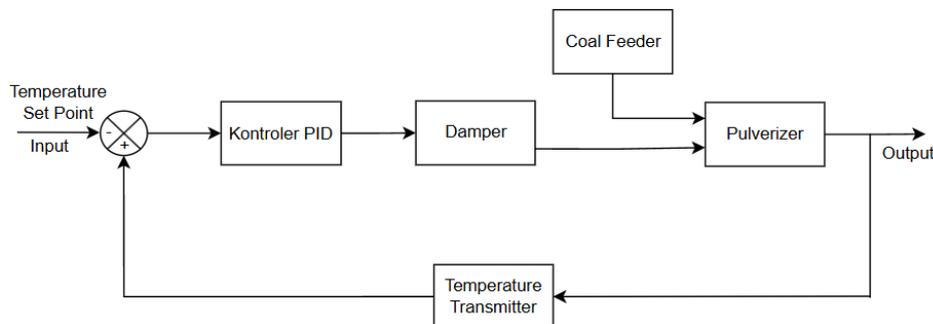
Setelah melaksanakan studi literatur, maka dilanjutkan dengan melakukan pengajuan topik tugas khusus kepada pembimbing lapangan. Apabila usulan tersebut disetujui maka dilanjutkan dengan kegiatan pengambilan data variabel proses yang

berkaitan dengan topik tugas khusus. Data variabel proses yang digunakan pada pengerjaan tugas khusus didapatkan dari data *Distributed Control System* (DCS) atau dapat dicari pada *Document Control* terkait *manual operation* dan dokumen penunjang lain. Setelah pengumpulan data selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan cara membuat pemodelan matematisnya dan kemudian dilakukan proses simulasi di *software* Matlab Simulink. Proses yang dilakukan adalah menyusun diagram blok dengan menyesuaikan pemodelan matematis dengan prinsip kerja plant secara aktual. Kemudian, dilakukan proses simulasi sesuai dengan spesifikasi plant aktual, simulasi dengan *autotuning* dan *trial-error* untuk menentukan nilai gain yang tepat untuk kontrol PID pada *pulverizer*. Setelah mendapatkan data hasil dan grafik, maka dilakukan proses analisis dan diasistensikan kepada dosen pembimbing, kemudian apabila disetujui maka selanjutnya adalah proses pembuatan laporan.

3.3 Analisa Data dan Pembahasan

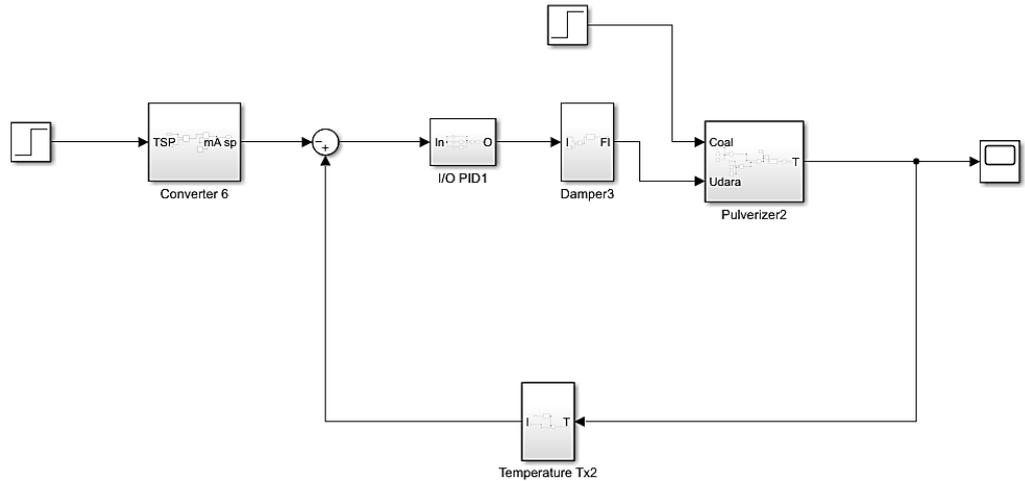
a. Pemodelan Matematis

Berikut merupakan diagram blok sistem pengendalian temperatur pada pulverizer.



Gambar 3. 6 Diagram Blok Pengendalian Temperatur pada Pulverizer

Berikut merupakan pemodelan sistem pengendalian temperatur pada Pulverizer.



Gambar 3. 7 Pemodelan Sistem Pengendalian Temperatur

- **Fungsi transfer P.I controller**

Pemodelan yang digunakan dalam sistem ini adalah menggunakan sistem pengendalian PI. Fungsi transfer dari PI controller adalah sebagai berikut :

$$U(t) = Kp e(t) + \frac{Kp}{Ti} \int e(t) dt \quad (3.1)$$

Maka diperoleh fungsi transfer :

$$\frac{U(s)}{E(s)} = Kp + \frac{Kp}{Ti} \frac{1}{s} \quad (3.2)$$

Dengan berdasarkan data dari DCS, nilai Kp adalah 0.6 dan Tn adalah 40 maka nilai Ti adalah 0.025.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = 0.6 + \frac{24}{s} \quad (3.3)$$

- **Fungsi transfer Aktuator**

Pada sistem pengendalian pulverizer, aktuator yang digunakan adalah *damper* dengan fungsi transfer sebagai berikut.

$$\frac{W(s)}{P(s)} = \frac{Kv}{Tv s + 1} \quad (3.4)$$

Nilai gain (Kv) = $K1 \times K2$.

$K1$ adalah gain perubahan sinyal pada elemen (I/P).

$K2$ adalah gain perubahan dari besaran tekanan menjadi laju massa.

$$k1 = \frac{\text{Span Pneumatik}}{\text{Span Arus}} \quad (3.5)$$

$$k2 = \frac{\text{Span Mass Flow Rate}}{\text{Span Pneumatik}} \quad (3.6)$$

$$k1 = \frac{15-3}{20-4} \quad (3.7)$$

$$= 0.75$$

$$k_2 = \frac{73}{15} \quad (3.8)$$

$$= 4.86$$

$$k_v = k_1 \times k_2 \quad (3.9)$$

$$= 3.65$$

$$\frac{W(s)}{P(s)} = \frac{3.65}{s+1} \quad (3.10)$$

- **Fungsi transfer Pulverizer**

Pemodelan matematis untuk menganalisis pengendalian temperatur berdasarkan kesetimbangan panas. Panas yang masuk kedalam pulverizer merupakan panas output yang didapat dari panas input.

$$Q_{out} = Q_{in}$$

$$mc \frac{dT}{dt} = Q(t)$$

$$\frac{T(s)}{Q(s)} = \frac{1}{(ma + mc) \cdot (Ca + Cc) \cdot s}$$

Dengan nilai :

$$ma = \text{mass rate udara} \left(\frac{kg}{s} \right) = 73.114 \text{ kg/s};$$

$$mc = \text{mass rate coal} \left(\frac{kg}{s} \right) = 17.1357 \text{ kg/s};$$

$$Ca = 2100 \text{ J/Kg C};$$

$$Cc = 20681 \text{ J/Kg C}.$$

$$\frac{T(s)}{Q(s)} = \frac{1}{2.056e + 06s}$$

- **Fungsi transfer Temperature Transmitter**

Fungsi transfer transmitter dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$K_f = \frac{\text{Span Arus}}{\text{Span Temperatur}}$$

$$K_f = \frac{20 - 4}{200 - 0}$$

$$K_f = 0.08$$

$$\frac{T(s)}{Q(s)} = \frac{0.08}{s + 1}$$

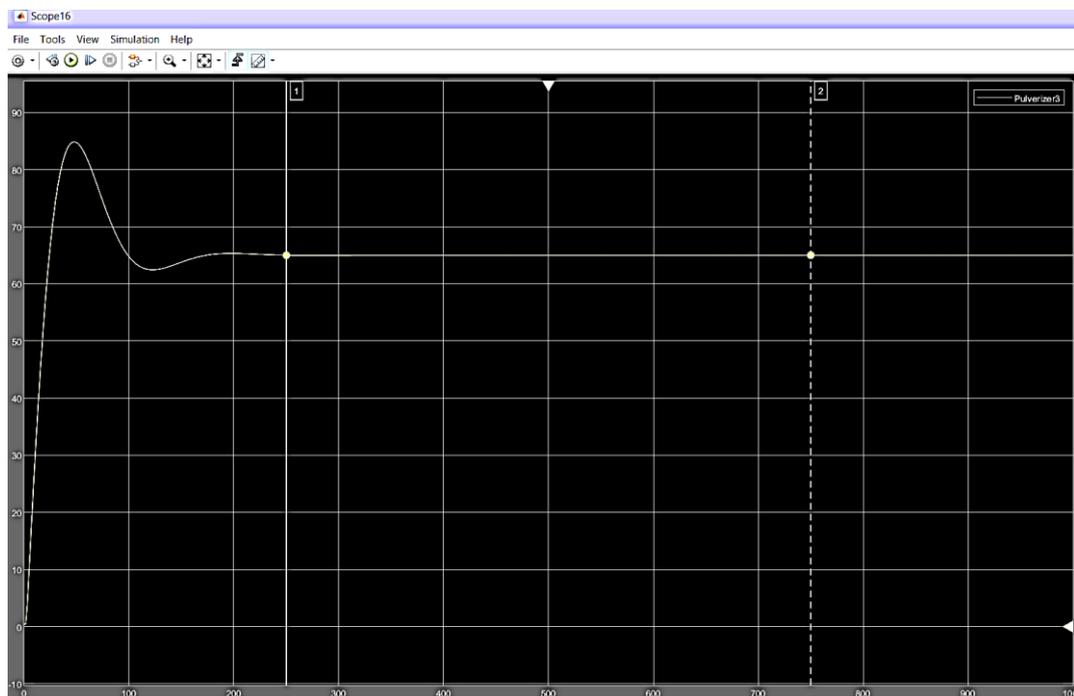
b. Hasil

Hasil analisis data pengendalian temperatur pada *pulverizer* dilakukan melalui tiga metode yaitu aktual, *autotune*, dan *trial error*. Didapatkan hasil tuning PID sebagai berikut.

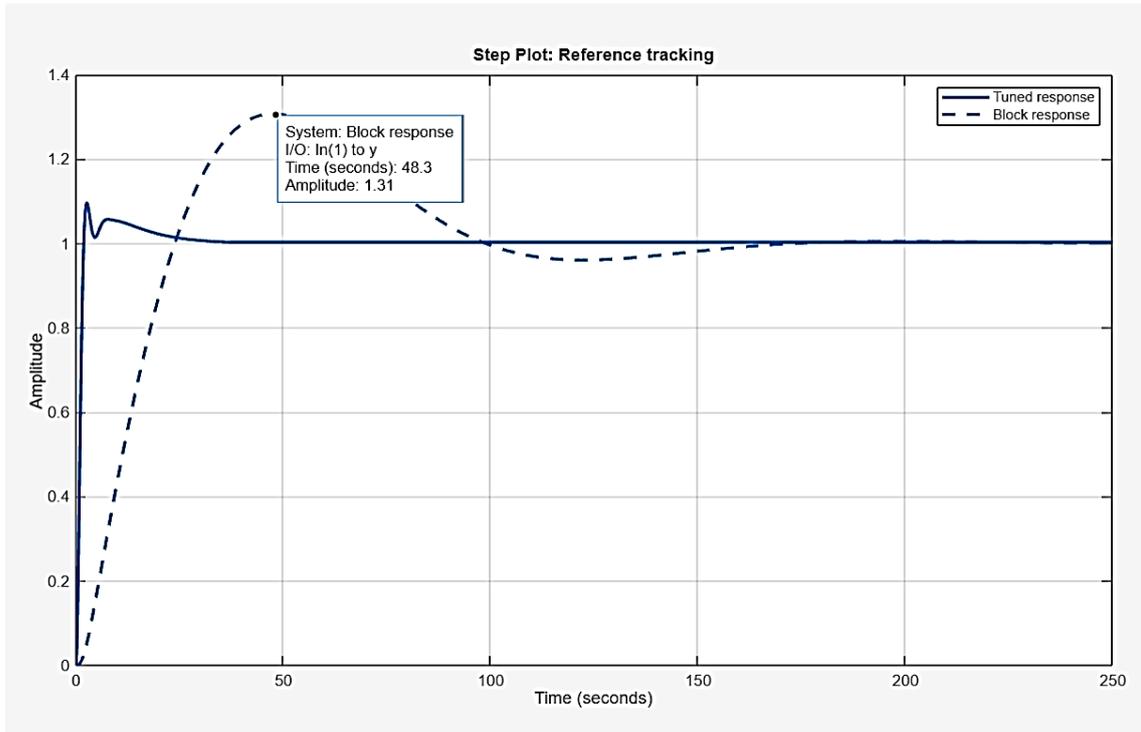
Tabel 3. 1 Hasil Pengendalian Temperatur pada Pulverizer

Performance	Aktual	<i>Autotune</i>	Trial Error 1	Trial Error 2
	$K_p = 0.6$ $K_i = 0.025$	$K_p = 11.0863$ $K_i = 0.89736$ $K_d = 22.1957$	$K_p = 1$ $K_i = 0.005$	$K_p = 5$ $K_i = 0.05$ $K_d = 2$
Rise Time	17.1 s	1.25 s	17.5 s	3.23 s
Settling Time	149 s	20.9 s	226 s	10.7 s
Overshoot	30.7%	9.56%	4.61%	12.3%

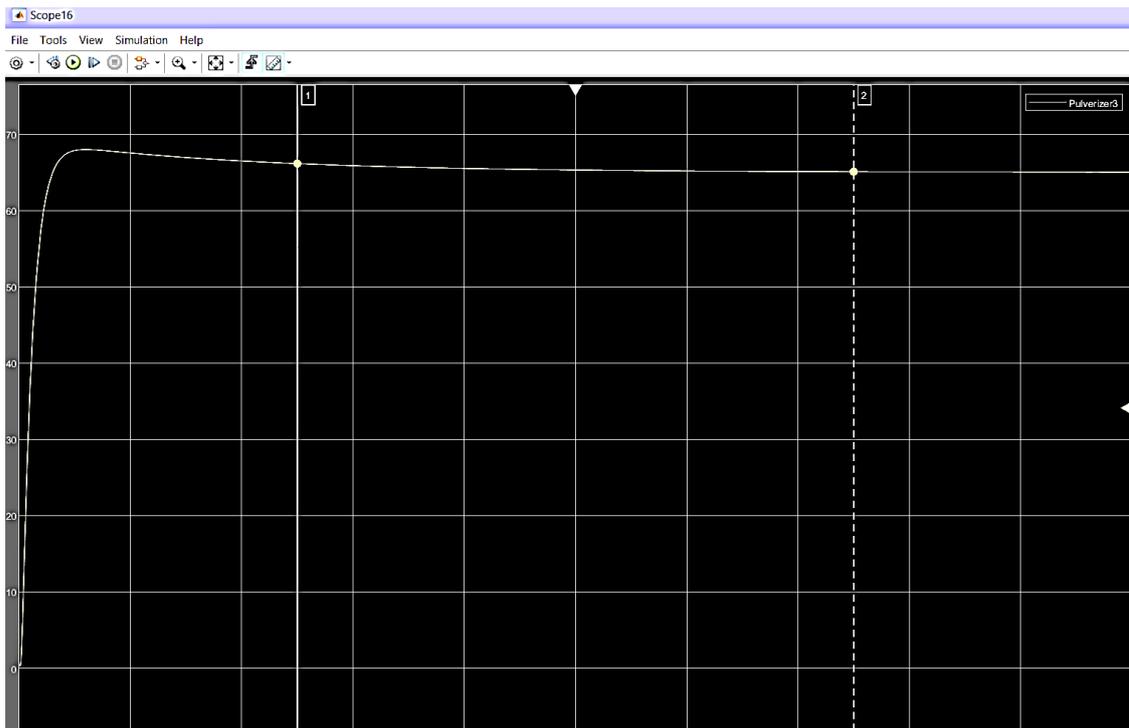
Berikut merupakan grafik dari masing-masing metode yang dilakukan.



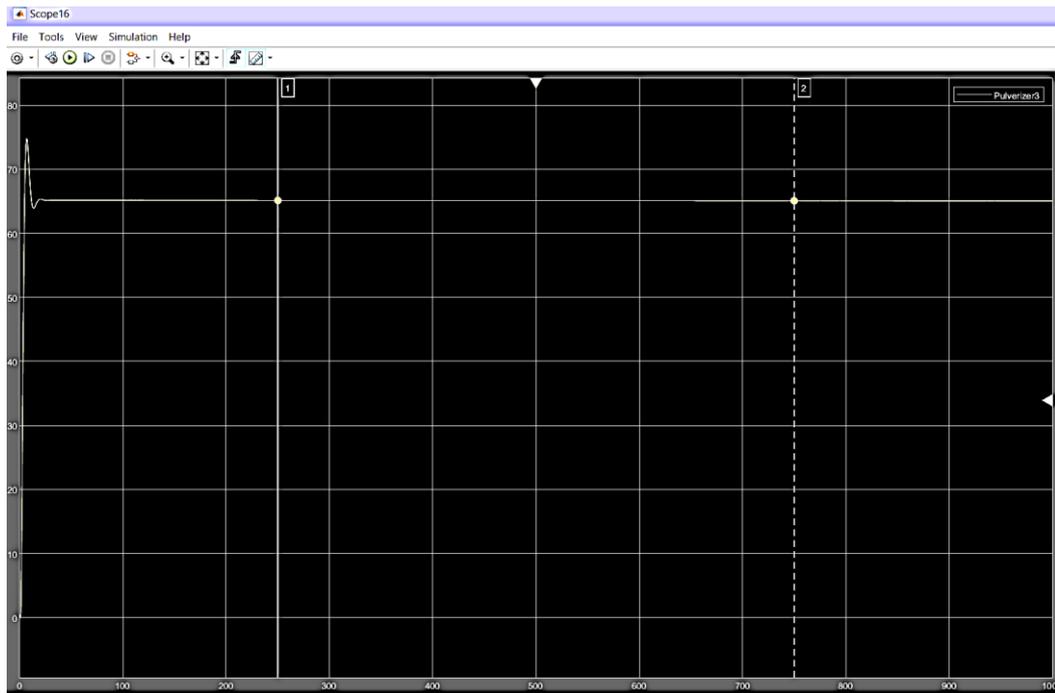
Gambar 3. 8 Grafik Respon Sistem Metode Aktual



Gambar 3. 9 Grafik Respon Sistem Metode *Autotune*



Gambar 3. 10 Grafik Respon Sistem Metode *Trial-Error 1*



Gambar 3. 11 Grafik Respon Sistem Metode *Trial-Error 2*

c. Pembahasan

Kerja praktik ini menganalisis hasil dari sistem pemodelan dengan tuning PID pada Pulveriezer. Variabel yang dikendalikan pada Pulveriezer adalah temperatur dan *flow*. Laporan ini secara khusus membahas bagaimana hasil tuning PID dari pemodelan sistem Pulveriezer. Tuning PID dalam pengendalian temperatur Pulveriezer adalah proses penting yang bertujuan untuk mencapai dan mempertahankan temperatur optimal dengan respons yang cepat, stabil, dan efisien. Melalui parameter P,I, dan D (*gain* K_p , K_i , dan K_d) yang tepat, sistem kontrol dapat dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan proses industri terutama pada Pulveriezer. Tugas khusus ini menganalisis hasil tuning melalui empat kondisi yaitu kondisi aktual, *autotune*, *trial error 1*, dan *trial error 2*.

Pada parameter gain Proposional (K_p), hasil tuning dari metode *autotune* nilai K_p yang besar 11.0863, menghasilkan rise time tercepat (1.25 detik) dengan overshoot yang lebih rendah (9.56%) dibanding metode lain. Ini menunjukkan bahwa nilai K_p yang besar meningkatkan kecepatan respon. Sebaliknya, pada Trial Error 1 dengan $K_p = 1$, rise time menjadi lebih lambat (17.5 detik), meskipun overshoot menjadi lebih kecil (4.61%). Pada parameter *gain* Integral (K_i), dari hasil tuning metode Autotune, nilai K_i yang lebih besar (0.89736) memberikan stabilisasi yang lebih cepat (settling time 20.9 detik) dan overshoot yang relatif

terkendali (9.56%). Hal ini menunjukkan peran K_i dalam memperbaiki kestabilan sistem. Pada Trial Error 2, meskipun nilai K_p dan K_d sudah cukup besar, nilai K_i yang lebih kecil (0.05) menyebabkan rise time lebih lama (3.23 detik), tetapi waktu stabilisasi menjadi singkat (10.7 detik). Pada parameter *gain* Derivative (K_d), dari hasil tuning Autotune diperoleh bahwa nilai K_d yang besar (22.1957) berkontribusi pada rendahnya overshoot (9.56%) dibanding metode aktual (30.7%), sekaligus mempercepat settling time (20.9 detik). Sedangkan pada Trial Error 2 dengan nilai K_d yang lebih kecil (2) tetap menghasilkan rise time yang cukup cepat (3.23 detik), tetapi overshoot sedikit lebih tinggi (12.3%) daripada metode autotune. Ini menunjukkan bahwa K_d yang lebih besar dapat lebih efektif mengurangi overshoot.

Untuk tujuan pengendalian temperatur yang optimal pada Pulverizer, metode Autotune adalah pilihan terbaik. Metode tersebut memberikan keseimbangan yang baik antara kecepatan respon, minimisasi overshoot, dan waktu stabilisasi, serta cocok untuk sistem yang membutuhkan kontrol presisi tinggi seperti pengendalian temperatur pada pulverizer. Namun, pada dasarnya metode lain dapat dipertimbangkan penggunaannya seperti, pada kondisi trial and error dapat dipertimbangkan jika waktu dan sumber daya cukup tersedia untuk melakukan penyesuaian manual dan ketika autotune tidak menghasilkan hasil yang diinginkan. Namun, metode ini cenderung memakan waktu lebih lama dan tidak seakurat Autotune. Sedangkan metode aktual (manual) mungkin digunakan pada sistem yang sangat sederhana atau ketika penyesuaian kecil diperlukan, tetapi ini kurang direkomendasikan untuk pengendalian temperatur yang membutuhkan respons cepat dan stabilitas tinggi.

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari pelaksanaan Kerja Praktek ini adalah sebagai berikut:

- a. Tuning PID dengan metode Autotune menghasilkan keseimbangan yang optimal dalam pengendalian temperatur Pulverizer, dengan rise time tercepat (1.25 detik), overshoot rendah (9.56%), dan settling time yang cukup singkat (20.9 detik). Nilai Kp yang besar dan Kd yang optimal berperan penting dalam mencapai respons cepat dan stabil.
- b. Meskipun metode trial and error menghasilkan peningkatan dalam beberapa aspek, seperti overshoot lebih kecil pada Trial Error 1 dan waktu stabilisasi yang singkat pada Trial Error 2, metode ini memakan waktu lebih lama dan kurang presisi dibandingkan dengan Autotune untuk aplikasi kontrol temperatur yang presisi.

4.2 Saran

Saran dari pelaksanaan Kerja Praktik ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk pelaksanaan tugas khusus dengan topik yang sama, dapat dilakukan dengan mempertimbangkan sistem sebagai MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) untuk mengontrol kerja pulverizer secara optimal.
- b. Dapat dikombinasikan dengan metode kontrol Ziegler-Nichols untuk memberikan pendekatan yang sistematis dalam mengoptimalkan parameter PID untuk mendapat wawasan yang lebih mendalam mengenai performa sistem dalam berbagai kondisi operasional pulverizer.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- At-Tasneem, M. A., Rao, N., Ya, T. & al., e., 2014. Numerical Simulation of Multiple Array Arrangement of Micro Hydro Power Turbine. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, VIII(5), pp. 963-969.
- Bell, R. D., & Åström, K. J. (2000). Drum-boiler dynamics. *Automatica*, 36(3), 363-378.
- Hulu, G. M. R. (2021). Analisis Perpindahan Panas Dan Efektivitas Economizer Pada Boiler Unit 4 Pltu Pangkalan Susu. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(1), 10-15.
- Gunawan, B., Roberts, J. & Neary, V., 2015. Hydrodynamic effects of hydrokinetic turbine deployment in an irrigation canal. *Marine energy technology symposium*, pp. 1-6.
- Madyanto, T. D., Santoso, I., & Setiawan, I. (2011). Pengontrolan suhu menggunakan metode FUZZY-PID pada model sistem hipertermia (Doctoral dissertation, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip).
- PT Jawa Power. About Us. <https://www.jawapower.co.id/about-us> (Diakses pada 20 Oktober 2024).
- Rao, N. 2023. PA And SA Fans Usage In Industrial Processes. [Online]. Available: <https://www.reitzindia.com/pa-and-sa-fans-usage-in-industrial-processes/#:~:text=The%20PA%20fans%20help%20ensure,the%20fuel%20has%20been%20ignited> (Diakses pada 2 September 2024).
- S. Gomathy and T. Anitha, “Deaerator Storage Tank Level & Deaerator Pressure Control Using Soft Computing,” *Int. J. Sci. Adv. Res. Technol.*, vol. 1, no. 5, pp. 137–142, 2015.
- Suryana, M. T. A. (2015). Perencanaan Perawatan Pulverizer Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II di PT YTL Paiton. Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya.
- Sutrisno Hadi (1990). *Metodologi Research Jilid I*. Yogyakarta: Andi Offset.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

A. Lembar Kegiatan



PT. YTL Jawa Timur

Paiton, 2 April 2024

Nomor : YTLJT/LTR/2024/00298

Perihal : Ijin PKL

Kepada Yth:
**Kepala Departemen Teknik Fisika
ITS**

Dengan Hormat,

Berdasarkan surat Saudara Perihal Permohonan Ijin PKL No : **8111/IT2.IX.2.1.3/B/PM.04.00/2023**, maka dengan ini kami sampaikan bahwa kami mengijinkan Mahasiswi Saudara sebagai berikut:

No	Nama	NIM	Jurusan / Program Studi
1.	Sherly Nur Aziza	5009211031	Teknik Fisika

Untuk melaksanakan PKL di Bagian **Control & Instrument** dengan persyaratan dan ketentuan sebagai berikut:

1. Mahasiswa PKL tidak mendapatkan akses ke data / informasi yang kami anggap rahasia.
2. Kami tidak menyediakan akomodasi / kompensasi.
3. Mahasiswa yang melaksanakan PKL diharuskan menyerahkan 1 salinan laporan kepada perusahaan.
4. Waktu pelaksanaan: **5 Juli 2024 – 31 Juli 2024**.
5. Menjelang berakhirnya kegiatan PKL, mahasiswa diharuskan mengembalikan semua buku dan apapun yang pernah dipinjam dari perusahaan.
6. Mahasiswa PKL diharap hadir pada acara **Safety Induction** yang akan dilaksanakan pada hari **Kamis tgl. 4 Juli 2024 pukul 10:00 WIB**.
7. Mahasiswa diminta melakukan konfirmasi ulang ke Perusahaan, selambat-lambatnya 3 hari sebelum pelaksanaan **Safety Induction** dengan **Koordinator PKL (Sdr. Jaumiddin)** melalui nomor telepon **0335 – 773100 Ext. 4531**.
8. Mahasiswa harap menyiapkan 1 photo copy KTP / SIM yang masih berlaku.
9. Mahasiswa diwajibkan membawa kartu **BPJS Kesehatan atau Asuransi Kesehatan Pribadi (copy kartu BPJS atau Asuransi Kesehatan dilampirkan)**
10. **Karena tidak disediakan oleh Perusahaan, maka selama pelaksanaan PKL, Mahasiswa diharuskan melengkapi diri dengan Peralatan Pelindung Diri (Sepatu Safety, Kacamata Safety dan Helm Safety).**

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

Hormat kami,



Budhi Santoso
Acting Section Head of Human Resource

CC: - *Control & Instrument Section Head*



**LOGBOOK
KERJA PRAKTEK
PRODI S1 DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTIRS ITS**

**FORM
C**

Nomor Revisi: 00

Kurikulum 2018-2023

TF 181701

Nama Mahasiswa : SHERLY NUR AZIZAH
 NRP : 5009211031
 Nama Perusahaan : PT YTL JAWA TIMUR
 Unit Kerja : Unit 5 dan 6
 Waktu KP : 4 JULI 2024 s/d 31 JULI 2024

No	Tanggal	Jam Mulai	Jam Selesai	Hal yang dikerjakan	TTD/Paraf Pembimbing Lapangan
1	4/7 ²⁴	10.00 WIB	15.00 WIB	Briefing & Safety Induction	
2	5/7 ²⁴	07.30 WIB	16.00 WIB	MEET DENGAN USER DAN BELAJAR MANDIRI MENGENAI OVERVIEW PROSES PRODUKSI LISTRIK PLTU UNIT 5 & 6 PT YTL	
3	8/7 ²⁴	07.30 WIB	16.00 WIB	- KALIBRASI DP TRANSMITTER - VISIT RUANG DCS - MENYIMAK PENYAMPAIAN OVERVIEW	
4	9/7 ²⁴	07.30 WIB	16.00 WIB	- MAIN PLANT VISIT - 1 - MEMPELAJARI ULANG HASIL DARI MAIN PLANT VISIT	
5	10/7 ²⁴	07.30 WIB	16.00 WIB	- MAIN PLANT VISIT - 2 - MEMPELAJARI ULANG HASIL DARI MAIN PLANT VISIT - PEMBAGIAN KELOMPOK + MATERI PRESENTASI	
6	11/7 ²⁴	07.30 WIB	16.00 WIB	- BRIEFING PEMBAGIAN KELOMPOK UNTUK MELAKSANAKAN WORK ORDER 60QUY75CQ101 - MENEMUI TEKNISI UNTUK MELAKUKAN WO	
7	12/7 ²⁴	07.30 WIB	16.00 WIB	- BRIEFING PEMBAGIAN WO - MELAKSANAKAN WO BENGANG 150HJAS2AV001 - MELIHAT DAN MENDUNGGI DCS & CCP ^{CCP} ROOM - PRESENTASI *1	
8	15/7 ²⁴	07.30 WIB	16.00 WIB	- BRIEFING PEMBAGIAN WO - MELAKSANAKAN WO DI SONNA 10 C0001 - MELIHAT DAN MENDUNGGI DCS ROOM - PRESENTASI *2	
9	16/7 ²⁴	07.30 WIB	16.00 WIB	- BRIEFING PEMBAGIAN WO - MELAKSANAKAN PREVENTIVE MAINTANANCE PADA FURNACE PRESSURE TRANSMITTER - MENDUNGGI DCS ROOM	



**LOGBOOK
KERJA PRAKTEK
PRODI S1 DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTIRS ITS**

**FORM
C**

Nomor Revisi: 00

Kurikulum 2018-2023

TF 181701

No	Tanggal	Jam Mulai	Jam Selesai	Hal yang dikerjakan	TTD/Paraf Pembimbing Lapangan
10	17/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- BRIEFING PEMBAGIAN WO - MELAKSANAKAN / MENGUNJUNGI JETTY UNTUK MENGETAHUI COAL HANDLING SYSTEM	<i>JF</i>
11	18/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- PEMBAGIAN WO - MELAKSANAKAN WO DI 60HTL10CQ121 (PH) - MENGUNJUNGI & BELAJAR DI DCS ROOM	<i>JF</i>
12	19/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- PEMBAGIAN WO - MELAKSANAKAN WO DI 50L BX10CLOU1 - MENGUNJUNGI & BELAJAR DI DCS ROOM (OIL TANK)	<i>JF</i>
13	22/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- PELAKSANAAN PM TDV - ANALISIS DCS	<i>JF</i>
14	23/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- PELAKSANAAN WO PM DI PULVERIZER - ANALISIS DCS - SWF	<i>JF</i>
15	24/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- KALIBRASI COAL FEEDER - ANALISIS DCS.	<i>JF</i>
16	25/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- PREVENTIVE MAINTANANCE ZOLO (FURNACE) - ANALISIS DI DCS ROOM	<i>JF</i>
17	26/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- PRESENTASI 3 -	<i>JF</i>
18	29/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- STACK VISIT - MENGERJAKAN TUGAS KHUSUS - SWF 2	<i>JF</i>
19	30/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- MENGERJAKAN TUGAS KHUSUS - VISIT AJH LADON	<i>JF</i>
20	31/24 /7	07.30 WIB	16.00 WIB	- MENGERJAKAN TUGAS KHUSUS	<i>JF</i>

	LOGBOOK KERJA PRAKTEK PRODI SI DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA FTIRS ITS	FORM C
	Nomor Revisi: 00	Kurikulum 2018-2023

No	Tanggal	Jam Mulai	Jam Selesai	Hal yang dikerjakan	TTD/Paraf Pembimbing Lapangan
21	2 / 24 / 8	07.30 WIB	16.00 WIB	PRESENTASI TUGAS KHUSUS	<i>JP</i>
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					

