

RETROFIT SPEED CONTROL ACTUATOR BOILER FEED PUMP TO IMPROVE STEAM POWER PLANT RELIABILITY

(Retrofit Speed Control Actuator Boiler Feed Pump untuk Meningkatkan Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Uap)

Muhammad Mawardi^{1*}, Muhkamad Wakid²

ABSTRACT

A Boiler Feed Pump (BFP) is a very important equipment in Steam Power Plants (PLTU), which functions to pump water from the feedwater tank to the boiler drum. If the BFP experiences a disturbance, the PLTU will experience derating or shutdown. For one year, there were repeated disruptions to BFP, causing the plant to experience an unplanned shutdown (Forced Outage/FO). Analysis of disturbance data was carried out to find the root cause of the problem of repeated disturbances in BFP, using the Root Cause Failure Analysis (RCFA) method. RCFA results show that the cause of repeated interference in BFP is a problem with the Speed Control Actuator which uses an Analog Electric Actuator (Motorized) as a Hydraulic Coupling drive. The main disadvantages of the Analog Electric Actuator system are low response speed, easily changing settings, motor protection often fails and the module often hangs. The solution to this problem is to carry out a retrofit to replace the BFP actuator speed control from an Analog Electric Actuator system to a Digital Electro Pneumatic system. The retrofit was successfully performed on BFP 1A and proved to be able to operate normally without interruption during the period of operation. After a successful retrofit was performed on BFP 1A, the retrofit was also performed on all other BFPs, namely BFP 2B, 2A, and 1B. Overall, retrofit proved to be able to overcome the weaknesses of the Analog Electric Actuator system and improve the reliability of the power plant. Financially, retrofits eliminate corrective maintenance costs of actuator replacement and eliminate potential plant losses due to lost production opportunities.

Keywords: *Boiler Feed Pump, Speed Control, Actuator, Retrofit, Digital Electro Pneumatic.*

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) terdiri dari empat kelompok peralatan utama yakni *Steam Generator, Steam Turbine Generator, Electrical Driven Generator* dan *Monitoring and Alarm System* (Chen et al., 2011). Setiap peralatan utama terdiri atas beberapa komponen pendukung. Peralatan *Steam Generator* terdiri dari beberapa komponen pendukung

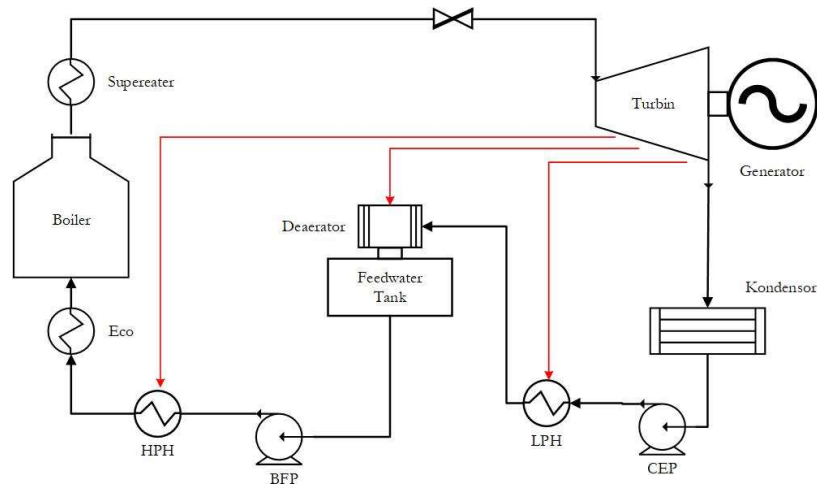
¹ PLN UPDL Suralaya, Cilegon, Banten, Indonesia

² Universitas Negeri Yogyakarta, Karangmalang, Indonesia

*Corresponding author:

muhammad.mawardin@pln.co.id

yakni *Boiler, Water Feeding System, Fuel System, SCR, Air Heater, Electric Precipitator* dan *Flue Gas Desulfurization*. Adapun peralatan paling penting pada *Water Feeding Systems* PLTU adalah *Boiler Feed Pump (BFP)* yang berfungsi untuk memompa air dari *feedwater tank* menuju *drum boiler* (Yoshikawa, 2016).

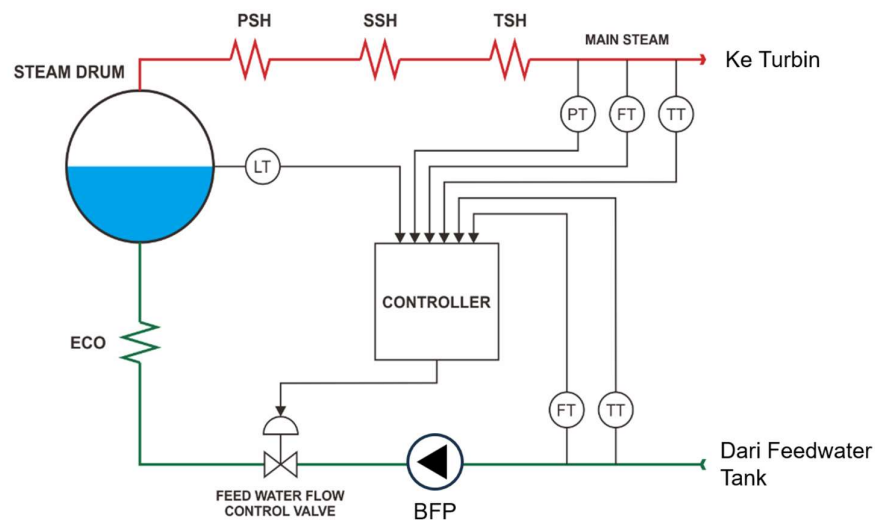


Gambar 1. Siklus Air Pengisi Boiler PLTU (Goswami & Kreith, 2017)

Laju aliran air pengisi (*feedwater flow*) *drum boiler* dikendalikan dengan cara mengatur kecepatan BFP, menggunakan sebuah *hydraulic coupling actuator*. Gangguan yang terjadi pada *hydraulic coupling actuator* BFP dapat menyebabkan *delta pressure (DP)* pada *Boiler Feedwater Control Valve* tidak terjaga pada nilai *set point* yang diinginkan sehingga kestabilan pengendalian kecepatan BFP akan terganggu. Apabila BFP tidak mampu menjaga DP *Boiler Feedwater Control Valve* pada nilai *set point* yang telah ditentukan, akan mengganggu kestabilan kontrol 3-element yang mengendalikan *level drum boiler* (Basu & Debnath, 2015). Gangguan tersebut dapat menyebabkan *Feedwater Flow* mengalami kenaikan atau penurunan level secara sangat cepat (*hunting*), sehingga level *drum boiler* akan sulit dikendalikan.

Apabila nilai limit *Drum Level Minimum (Low Low)* atau *Drum Level Maximum (High High)* tercapai, akan memicu Master Fuel Trip (MFT) yang dapat mengakibatkan boiler *shutdown* dan pembangkit akan berhenti beroperasi/*shutdown*. Begitu juga apabila terjadi gangguan aktuator yang bersifat permanen, misalnya motor pada aktuator terbakar, juga akan memicu MFT dari proteksi *Loss of Both BFP*, yang akan menyebabkan pembangkit mengalami

shutdwon (Mitsui Engineering, 2000a). Permasalahan lain pada sistem *Analog Motorized* adalah kecepatan respon (*response time*) yang lambat ketika terjadi gangguan atau perubahan *demand feedwater* yang cepat dan mendadak. Keterlambatan kecepatan respon saat terjadi gangguan ini sangat menentukan kestabilan pengontrolan *level drum boiler* dan kemampuan unit untuk tetap beroperasi dengan normal. Permasalahan lainnya adalah pengaturan pada sistem *analog motorized actuator* masih harus dilakukan secara manual dengan cara memutar *potensiometer* pada *servo*. Kelemahan cara setting seperti ini terletak pada akurasi dan mudah mengalami perubahan nilai setting karena lokasi aktuator yang cenderung bergetar. Selain itu, *servo amplifier modul* yang terdapat di dalam elektrik aktuator mudah mengalami kerusakan karena tidak tahan apabila dioperasikan pada kondisi lingkungan yang panas.



Gambar 2. Sistem Kontrol 3-Element (Basu & Debnath, 2015)

Penelitian dilakukan dengan melakukan analisis terhadap data gangguan BFP menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis/RCFA* untuk mencari akar penyebab permasalahan pada gangguan berulang yang belum diketahui penyebabnya. Hasil analisis RCFA digunakan sebagai dasar menentukan jenis perbaikan atau peremajaan peralatan untuk meningkatkan keandalan peralatan dan mengurangi potensi terjadinya gangguan. Artikel ini membahas urutan pelaksanaan RCFA, penentuan alternatif solusi untuk menghindari kegagalan tersebut berulang terjadi dan tahapan implementasi solusi yang dipilih pada peralatan BFP pembangkit. Selanjutnya dilakukan perbandingan kecepatan respon dan kinerja

peralatan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan dan atau peremajaan. Analisis finansial dilakukan untuk menghitung manfaat perbaikan terhadap kinerja keuangan perusahaan.

BFP Speed Control

Setiap unit pembangkit di PLTU Asam Asam memiliki 2 (dua) buah BFP, yang pada kondisi normal, hanya 1 (satu) unit BFP yang beroperasi sedangkan 1 (satu) unit BFP lainnya pada posisi *standby ready* (Mitsui Engineering, 2000b). Spesifikasi teknis BFP PLTU Asam Asam dapat dilihat pada Tabel 1.

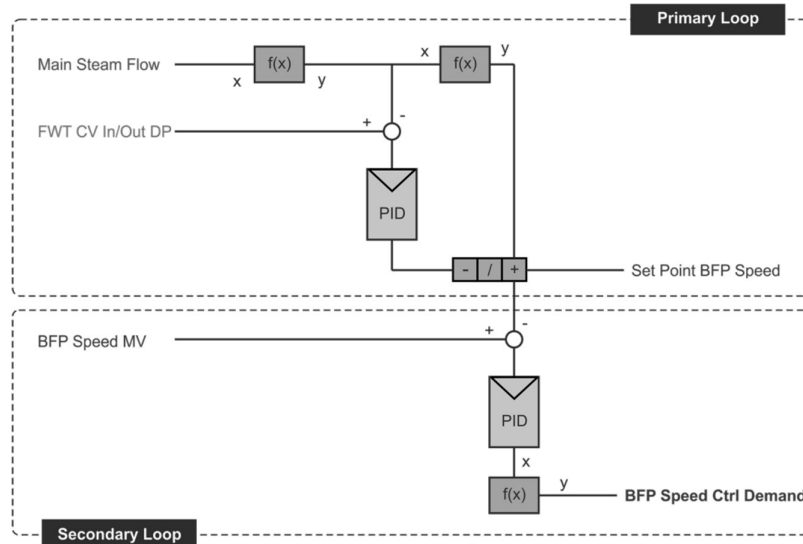
Tabel 1. Spesifikasi Teknis BFP

| Parameter | Keterangan |
|---------------|--------------------------|
| Manufacture | Ingersoll – Dresser Pump |
| Type | 6 WWC 1312 |
| Nominal Speed | 2910 rpm |
| Head | 1190,1 meter |
| Capacity | 340 m ³ /h |
| Operation | 2 x 100% |

Pengendalian kecepatan BFP menggunakan sistem *Hydraulic Coupling* yang dilengkapi dengan *elektrik* aktuator sebagai penerjemah sinyal perintah dari *controller*. Tujuan utama pengendalian kecepatan BFP adalah untuk menjaga *Delta Pressure* (DP) pada *Feedwater Control Valve* tetap berada pada nilai *set point* yang ditentukan, sesuai kebutuhan beban dalam keseimbangan kontrol 3 element (Chakraborty et al., 2014). Strategi sistem kontrol yang digunakan dalam pengendalian Speed BFP adalah *cascade control*, dengan *Differential Pressure* di *Feedwater Control Valve* sebagai *Primary Loop* dan *BFP Speed Control Demand* sebagai *Secondary Loop* (Mitsui Engineering, 2000b). Skema pengendalian kecepatan BFP dapat dilihat pada Gambar 3.

Differential Pressure (DP) yang melewati *Feedwater Control Valve* (FWCV) dibandingkan dengan nilai *set point* yang didapatkan dari penurunan fungsi *Mainsteam Flow signal*, dengan tingkat deviasi ± 2 bar, di dalam PID Controller, menghasilkan *feedforward signal speed* BFP. *Feedforward signal* yang dihasilkan ini selanjutnya dijadikan *Remote Set Point Speed* BFP *Control Demand* oleh *Secondary Loop PID Controller*. Hasil pengukuran speed sensor BFP di lokal akan dijadikan faktor koreksi terhadap *Secondary Loop* PID

Controller dengan tingkat deviasi maksimum sebesar 500 RPM.



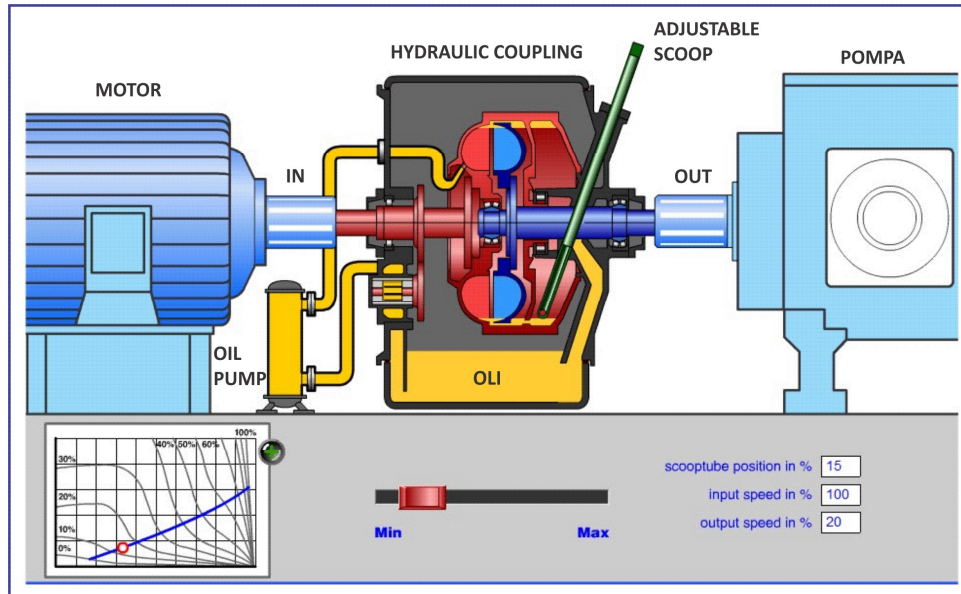
Gambar 3. Skema Pengendali Kecepatan BFP (Mitsui Engineering, 2000b)

BFP Hydraulic Coupling

Jenis *hydraulic coupling* yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan BFP adalah *Fluid Drive* tipe GST-50, yang bekerja dengan cara memvariasikan jumlah oli yang masuk pada *torsi* diantara *impeller* dan *runner*. Kecepatan output shaft secara konstan akan menyesuaikan dengan kecepatan input shaft, tergantung jumlah oli yang masuk ke ruang *chamber*. *Fluid coupling* ini merupakan unit yang berdiri sendiri dengan input dan output shaft yang masing-masing disupport oleh bearing. *Fluid Coupling* dilengkapi dengan *adjustable scoop* untuk meregulasi jumlah oli pada sirkuit yang beroperasi dan sebuah pompa untuk mensirkulasikan oli tersebut. *Scoop movement* sejauh maksimal 140 mm, sedangkan *scoop lever angular* sebesar maksimal 48 derajat, dengan *thrust requirement/torsi* minimal sebesar 120 Nm (Voith Fluidrive, 1999).

Oli pada *reservoir* akan dipompa oleh *oil circulating pump*, melewati *suction pipe* menuju *working circuit*, kemudian mengisi *working circuit* (antara *runner* dan *impeller*) dengan jumlah yang bervariasi sesuai besar kecepatan yang diinginkan pada output. *Impeller* dikendalikan oleh motor, dan *runner* terhubung dengan mesin. Pada saat beroperasi, *working circuit* yang beroperasi akan bekerja seperti pompa sentrifugal yang menimbulkan aliran oli

keluar melewati gap pada *runner*, yang berperan seperti turbin. Aliran oli akan menaikkan *power* pada saat oli tersebut mengalir diantara *vane runner* dan pada saat kembali ke *impeller* lagi. Siklus ini akan berulang, sehingga pada saat *running*, *power* akan ditransmisikan dari motor ke mesin melalui putaran oli (Arnold, 2015).



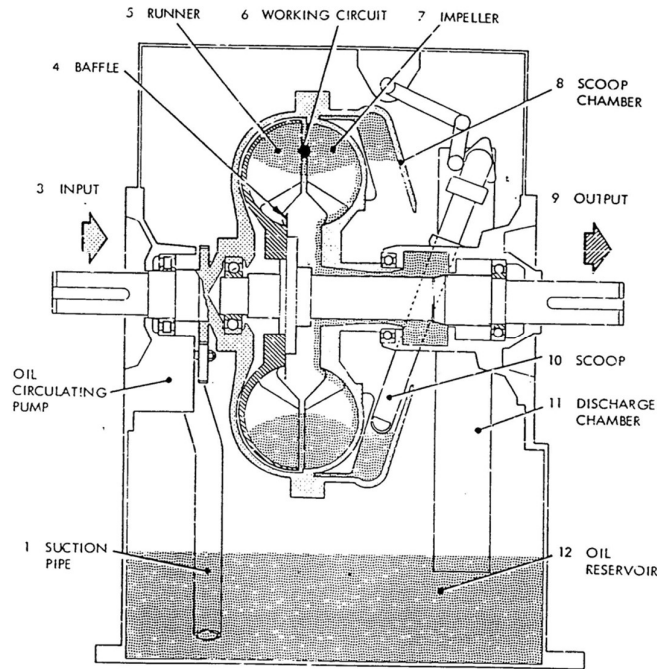
Gambar 4. Skema Hydraulic Coupling BFP (Arnold, 2015)

Pada saat *coupling* beroperasi, oli keluar dari *working circuit* menuju *scoop chamber*. Ujung dari *adjustable scoop* bergerak secara radial melalui bearing pada bagian input. Pergerakan *scoop* dikendalikan oleh aktuator, dan posisi radial dari tip akan menentukan kedalaman sisa oli yang tertinggal pada *scoop chamber*. Dengan demikian, kecepatan pada output shaft ditentukan oleh jumlah oli pada *working circuit* dan dikendalikan oleh kedalaman lingkaran oli pada *scoop chamber* yang diregulasikan oleh posisi tip *scoop tube* (Voith Fluidrive, 1999).

Hydraulic Coupling Actuator

Untuk menerjemahkan perintah dari DCS *Controller* pengendali *speed* BFP menjadi pergerakan mekanis, digunakan sebuah *electric actuator* yang dihubungkan langsung dengan *adjustable scoop hydraulic coupling*. Aktuator ini dilengkapi dengan sebuah positioner yang berfungsi untuk mengkonversikan perintah berbentuk sinyal elektrik dari kontroller (4 – 20

mA) menjadi gerakan translasi mekanis *scoop tube*. Data teknis *Elektrik Aktuator Hydraulic Coupling* yang terpasang di PLTU Asam Asam dapat dilihat pada Tabel 2.

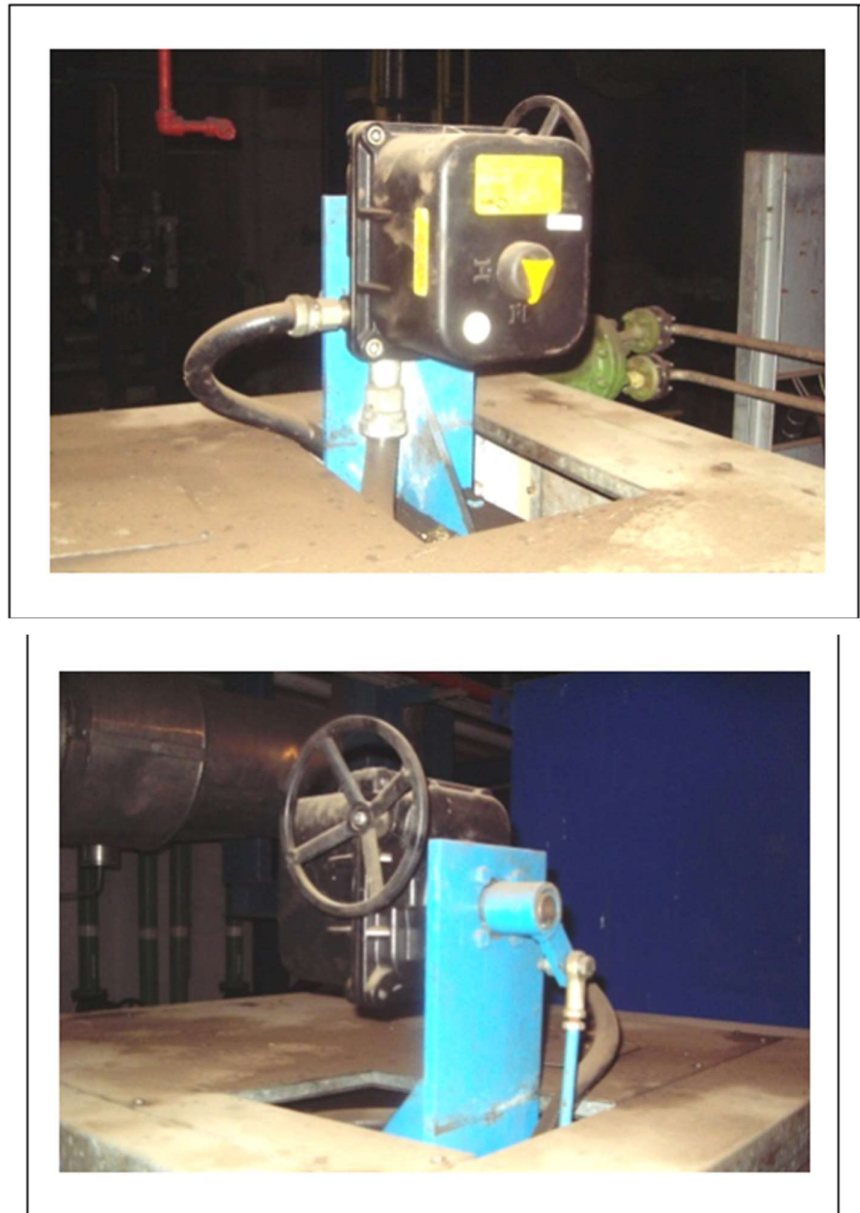


Gambar 5. Diagram skematik GST Fluid Coupling GST-50 (Voith Fluidrive, 1999)

Tabel 2. Spesifikasi Teknis Hydraulic Coupling

| Parameter | Keterangan |
|-----------------------|-------------------------------|
| Tipe Aktuator | Elektrik Aktuator (Motorized) |
| Tipe Positioner | Analog Servo Control Modulle |
| Torque Requirement | 136 Nm |
| Required Speed Stroke | 5% response |
| Fail Safe Condition | Last Position |
| Power Supply System | 220 V.AC |
| Operating Temperature | -25 °C s.d 65 °C |

Berdasarkan desain manual dan datasheet, *elektrik actuator* ini memiliki *lifetime* pemakaian maksimal selama 5 tahun (100.000 cycles).

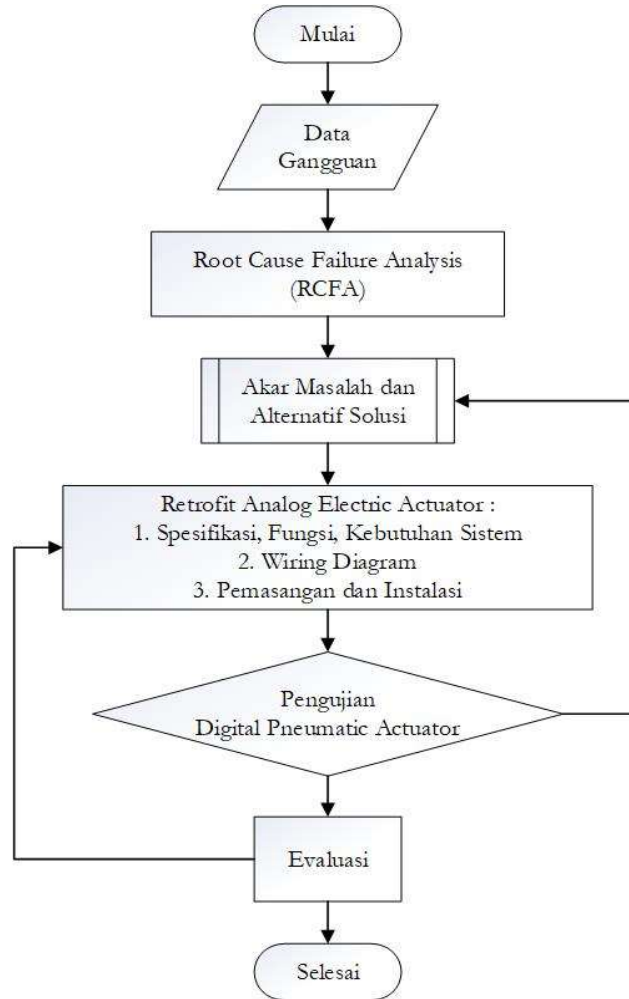


Gambar 6. Hydraulic Coupling Jenis Elektrik Aktuator (*Motorized*)

METODE

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 7. Data yang digunakan dalam penelitian adalah data gangguan BFP yang menyebabkan pembangkit mengalami *trip* atau *derating* selama satu tahun. Gangguan lain yang menyebabkan pembangkit mengalami *trip* tidak dibahas dalam penelitian. Analisis data gangguan menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) untuk mencari akar penyebab permasalahan dan menentukan

alternatif solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut.



Gambar 7. Flowchart Tahapan Penelitian

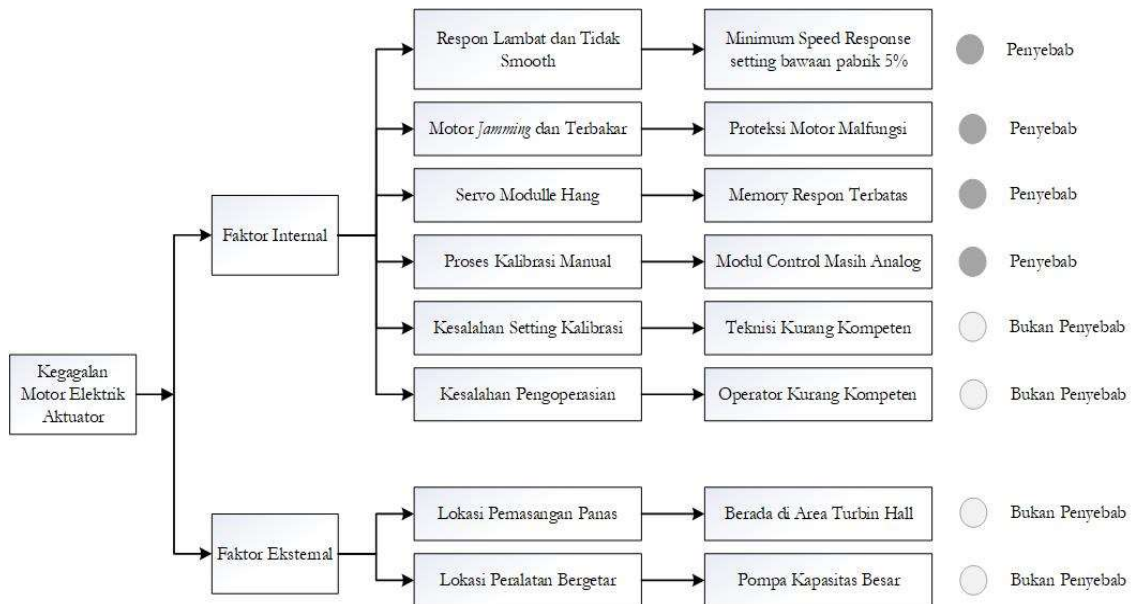
Dari data gangguan yang terekam selama satu tahun, tercatat bahwa pembangkit mengalami beberapa kali *shutdown* disebabkan terjadinya gangguan atau malfungsi pada BFP sebagaimana terlihat pada tabel 3.

Speed error pada BFP terjadi karena Motor Elektrik Aktuator terbakar, sehingga aktuator stagnan pada posisi terakhir, sehingga laju aliran *feedwater* tidak dapat dikendalikan. *Speed error* juga dapat disebabkan karena Elektrik Aktuator mengalami *hunting*, sehingga perintah yang datang dari *controller* tidak dapat diterjemahkan secara linier oleh aktuator menyebabkan *feedwater flow* tidak terkendali. Sedangkan *Control Trip* pada sistem kontrol BFP disebabkan kedua BFP mengalami kegagalan secara bersamaan yang terindikasi

menyebabkan alarm *Loss of Both* BFP muncul dan menginisiasi Master Fuel Trip (MFT), sehingga boiler *shutdown*. Terlihat dari rekap data gangguan BFP tersebut, 80% gangguan yang terjadi disebabkan karena terjadinya kerusakan atau kegagalan pada Motor Elektrik Aktuator.

Tabel 3. Data Gangguan BFP

| Bulan | Indikasi | Penyebab | Dampak |
|---------|---------------------|-------------------------|-----------------|
| Maret | BFP 2B speed error | Motor Aktuator Terbakar | Unit 2 Shutdown |
| Maret | BFP 1B control trip | Loss of Both BFP | Unit 1 Shutdown |
| Mei | BFP 1A speed error | Aktuator Hunting | Unit 1 Shutdown |
| Juni | BFP 2B speed error | Motor Aktuator Terbakar | Unit 2 Shutdown |
| Oktober | BFP 2A speed error | Aktuator Hunting | Unit 2 Shutdown |



Gambar 8. RCFA Kegagalan Motor Elektrik Aktuator

Langkah berikutnya adalah mencari akar penyebab permasalahan kegagalan pada Motor Elektrik Aktuator menggunakan metode RCFA. RCFA adalah metode analisis untuk mencari akar penyebab permasalahan atau kegagalan yang tidak secara jelas diketahui penyebabnya (Moblely, 1999). Metode RCFA yang digunakan pada analisis kegagalan Elektrik

Aktuator BFP dapat dilihat pada gambar 8.

Langkah analisis yang dilakukan dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Fenomena Kegagalan

- Motor elektrik aktuator sering stagnan dan terbakar
- Respon elektrik aktuator lambat dan tidak *smooth* ketika terjadi perubahan *demand feedwater flow* secara cepat dan mendadak
- *Servo Control Modul* mudah mengalami *hang*
- Kalibrasi nilai setting masih manual menggunakan potensiometer

2. Akar Permasalahan

- Bi-metallic thermal proteksi motor aktuator malfungsi, sehingga supply power ke motor tidak terputus, menyebabkan motor terbakar
- Penambahan atau pengurangan torsi motor telah ditentukan oleh pabrikan sebesar minimum 5 % orde step, sehingga respon tidak *smooth*
- *Servo-Amplifier Speed Control Module* masih berbasis elektronika analog
- Modul tidak memiliki ketahanan lingkungan yang baik

3. Akibat

- Ketika motor elektrik aktuator terbakar atau *Servo-Amplifier Speed Control Modul* *hang*, maka aktuator akan berhenti pada posisi terakhir (*fail safe in last position*). Kondisi ini menyebabkan kecepatan BFP tidak dapat dikendalikan, sehingga *delta pressure* pada *feedwater control valve* tidak terjaga, sehingga *feedwater flow* tidak terkendali.
- Respon aktuator yang lambat dan tidak *smooth* dalam step orde 5% akan menyulitkan pengendalian *feedwater flow* untuk menjaga *level drum* boiler tetap berada pada nilai *Normal Water Level (NWL)* pada saat terjadi gangguan.
- Rentan terjadi perubahan nilai setting pada potensiometer menyebabkan kecepatan BFP *hunting*, sehingga *level drum* boiler tidak terkendali.

4. Alternatif Solusi

- Menggunakan aktuator berbasis pneumatik sistem.
- Menggunakan aktuator dengan tingkat kecepatan respon yang lebih sensitif dan *smooth*.
- Menggunakan positioner yang telah berbasis elektronika digital (controller) sehingga

nilai setting tidak mudah berubah dan lebih user friendly.

- Menggunakan positioner dengan tingkat ketahanan lingkungan yang tinggi.

Dari beberapa alternatif yang teridentifikasi, paket solusi yang diambil adalah melakukan *retrofit* pada *Speed Control Actuator* BFP, menggunakan *Digital Elektro Pneumatik Actuator*. *Retrofit* adalah pembaruan atau peremajaan dengan menerapkan teknologi baru untuk menggantikan sistem yang sudah ada dengan tujuan untuk meningkatkan kapasitas dan performa peralatan (Purba et al., 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Retrofit dilakukan dengan mengganti, sistem eksisting yang masih menggunakan Elektrik Aktuator (*Motorized*) digantikan dengan sistem baru berbasis Pneumatik Aktuator yang dilengkapi dengan *Digital Smart Positioner*. Pneumatik aktuator memiliki *respon time* yang lebih baik pada saat terjadi gangguan. Sistem pneumatik menggunakan udara bertekanan sebagai fluida kerja, sehingga tidak ada kemungkinan kegagalan karena motor terbakar. Supply aktuator menggunakan instrument air yang sudah ada di area BFP, yakni udara kontrol bertekanan 7 bar.

Selain itu, *fail safe condition* pada pneumatik aktuator dapat disetting pada mode *last position*, sehingga ketika terjadi gangguan, suplai *feedwater* akan relatif lebih mudah dikendalikan oleh operator, sehingga kemungkinan *shutdown* boiler disebabkan level drum abnormal dapat dikurangi. Positioner menggunakan jenis *elektro pneumatik positioner* berbasis *controller* sehingga lebih mudah disetting dan *user friendly*. Setting juga akan lebih aman tersimpan pada memori *controller* dan tidak mudah berubah. Tipe positioner yang dipilih menggunakan kategori outdoor dan tahan hazardous area sehingga lebih tahan pada kondisi lingkungan pemasangan yang panas dan bergetar.

Retrofit pada *speed control actuator* BFP dilakukan untuk meningkatkan keandalan BFP dan memperbaiki *response time* BFP sehingga apabila terjadi perubahan permintaan suplai *feedwater* yang sangat cepat dan mendadak, keseimbangan sistem kontrol 3-elemen pengendali *level drum* boiler tetap terjaga sehingga pembangkit masih dapat beroperasi dengan normal. Selain itu, harus dipilih jenis aktuator yang memiliki ketahanan tinggi terhadap kondisi lingkungan yang panas dan bergetar.

Berdasarkan analisis akar permasalahan yang telah dijabarkan sebelumnya, *retrofit*

dilakukan dengan mengganti *aktuator hydraulic coupling* BFP dari elektrik aktuator menjadi pneumatik aktuator yang telah berbasis *digital elektro pneumatik positioner*. Model aktuator yang dipilih adalah DeZurik R1&R1 Powerrac Actuators dan Positioner tipe DeZurik P85 dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

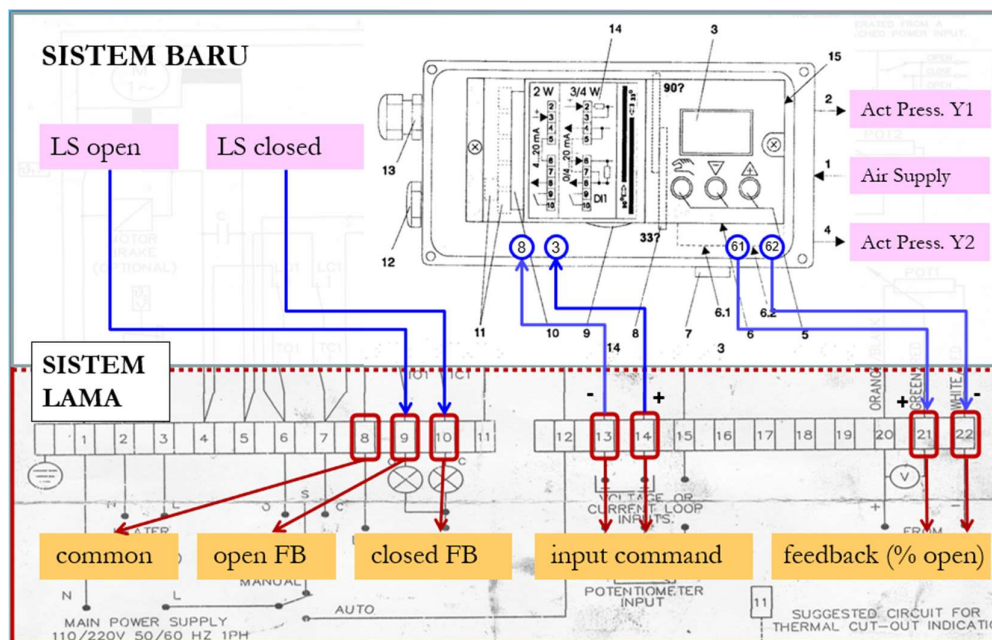


Gambar 9. Proses *Retrofit Speed Control Actuator BFP 1A*

- Merk : DeZURIK
- Tipe Aktuator : Pneumatic Aktuator (Double Acting Piston)
R1 & R2 Powerrac
- Tipe Positioner : Electro Pneumatic Positioner (I/P Positioner)
P85
- Torque Requirement : 136 Nm

- Req. Speed Stroke : Step Order 1 % (smooth response)
- Fail Safe Condition : Stop in Last Position
- Actuator Supply : 3 – 15 Psig
- Feedback : Limit Switch Open & Closed Position
- Operating Temperature : - 30 °C ~ 75 °C
- Class rating : D severity level 2 (outdoor & hazardous)

Proses instalasi *retrofit speed control actuator* dapat dilihat pada Gambar 9. Detail skema instalasi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Skema Instalasi dan Wiring Sistem Baru (*Retrofit*)

Retrofit pertama dilakukan pada *elektrik aktuator hydraulic coupling* BFP 1A yang mengalami kerusakan permanen karena motor aktuator terbakar pada bulan Juni. Retrofit BFP 1A selesai dilaksanakan pada bulan Januari, dan telah dilakukan pengujian, komisioning dan *run time operation* selama lebih dari 1 tahun, untuk mengetahui unjuk kerja alat hasil *retrofit* tersebut. Selama 1 tahun peralatan hasil *retrofit* tersebut beroperasi, berdasarkan data gangguan yang terekam, **tidak pernah** terjadi gangguan yang disebabkan kegagalan Pneumatik Aktuator sesuai data pada Tabel 5. Selain itu, respon pneumatik aktuator saat terjadi gangguan juga relatif lebih baik, sebagaimana terlihat pada Gambar 11.

Tabel 4. Perbandingan Sistem Lama dan Sistem Baru (*Retrofit*)

| Parameter | Sistem Lama | Sistem Baru |
|-----------------------|---|---|
| Tipe Aktuator | Elektrik Aktuator (Motorized) | Pneumatik Aktuator (Piston) |
| Tipe Positioner | Servo–Amplifier & Analog Control Modulle | Digital Smart Electro Pneumatic Positioner |
| Torque (min 136 Nm) | Min. 136 Nm | Min. 136 Nm |
| Speed Stroke Response | 5 % step order | 1 % step order |
| Fail Safe Condition | Stop in Last Position | Configurable |
| Actuator Supply | 220 volt AC | 3 – 15 Psig |
| Step Movement | - 25 oC ~ 65 oC | - 30 oC ~ 75 oC |
| Scoop Lever Angular | Max. 260 mm | Max. 262,5 mm |
| Operating Temperature | 90 degree | Up to 90 degree |

Tabel 5. Data Gangguan PLTU Setelah *Retrofit* BFP

| Bulan | Unit | Durasi | Status | Jenis Gangguan | Dampak |
|---------|------|--------|--------|--|----------|
| Januari | #1 | 18:03 | PO | Cleaning Generator Cooler | Shutdown |
| Februai | - | - | - | - | - |
| Maret | #1 | 1:46 | FO | Flow Coal Feeder Error, Mill Trip | Derating |
| | #2 | 12:25 | FO | Relay Differential Trafo | Shutdown |
| April | #1 | 10:16 | FO | Under Voltage Relay | Shutdown |
| | #2 | 5:26 | FO | Under Voltage Relay | Shutdown |
| Mei | #1 | 0:41 | FO | Coal Feeder Trip | Derating |
| Juni | #1 | 5:05 | FO | Clenaout Coal Feeder Trip | Derating |
| Juli | #1 | 1:31 | FO | Primary Air Fan Trip Drum Level Low Low | Shutdown |

| | | | | | |
|-----------|----|-------|----|------------------------------|----------|
| Agustus | #1 | 33:28 | PO | Pipa Evaporator Boiler Bocor | Shutdown |
| September | #1 | 59:48 | PO | Gearbox CT Fan Patah | Derating |
| Oktober | - | - | | | |
| November | #1 | 3:07 | FO | Over Frekuensi | Shutdown |
| Desember | #1 | 0:01 | FO | Coal Feeder Trip | Derating |

Perbandingan kecepatan respon (*response time*) sistem lama dengan sistem baru dapat dilihat pada Gambar 11. Terlihat bahwa sistem baru hasil *retrofit* yang dipasang pada BFP 1A memiliki *response time* yang jauh lebih baik dan lebih *smooth* apabila dibandingkan dengan *response time* sistem lama yang masih terpasang pada BFP 1B. Oleh sebab itu, diputuskan untuk melanjutkan retrofit pada unit BFP lainnya yakni BFP 2B, 2A dan 1B.



Gambar 11. Perbandingan *Response Time* Sistem Lama dan Sistem Baru

Data implementasi *retrofit* yang telah dilakukan pada semua BFP di PLTU dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Implementasi *Retrofit* pada BFP PLTU

| Pelaksanaan | Unit | Run Time (Equivalent Operating Hours) |
|-------------|--------|---------------------------------------|
| Januari | BFP 1A | 12.000 EoH tanpa Failure (FO) |
| Januari | BFP 2B | 8.000 EoH tanpa Failure (FO) |
| Mei | BFP 2A | 4.000 EoH tanpa Failure (FO) |
| Oktober | BFP 1B | 2.000 EoH tanpa Failure (FO) |

Manfaat Finansial

Manfaat finansial dihitung dengan melakukan pendekatan sederhana atas potensi penghematan biaya pemeliharaan, serta potensi kerugian yang harus ditanggung oleh pembangkit karena kehilangan kesempatan produksi.

1. Potensi Penghematan

Berdasarkan referensi data gangguan yang terjadi selama 1 tahun sebelum dilaksanakan *retrofit*, terjadi empat kali kerusakan electric actuator yang memerlukan penggantian spare part. Sehingga diperlukan biaya korektif sebesar Rp 148.000.000,- sebagaimana dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Biaya Penggantian Electric Actuator

| Jenis Part | Satuan | Jumlah | Harga Satuan | Total Biaya |
|-------------------|--------|--------|--------------|-------------|
| Electric Actuator | Set | 4 | 37.000.000 | 148.000.000 |
| | | | Total Biaya | 148.000.000 |

2. Potensi Kerugian Karena Kehilangan Kesempatan Produksi

Berdasarkan referensi data gangguan yang terjadi selama 1 tahun sebelum pelaksanaan *retrofit*, terjadi empat kali kerusakan electric actuator yang menyebabkan pembangkit mengalami Outage dengan durasi sebagaimana terlihat pada tabel 8.

Tabel 8. Durasi Outage Satu Tahun Sebelum *Retrofit* BFP

| Bulan | Status | Durasi Outage |
|-------|--------|---------------|
| Maret | FO | 8:28 hours |
| Mei | FO | 14:16 hours |
| Juni | FO | 10:45 hours |

| | | |
|---------|----|-------------|
| Oktober | FO | 6:03 hours |
| Total | | 39:32 hours |

Durasi total pembangkit mengalami Forced Outage (FO) disebabkan kegagalan BFP selama satu tahun sebelum dilaksanakan *retrofit* adalah selama 39,32 jam. Sehingga potensi kerugian pembangkit karena kehilangan kesempatan produksi sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Potensi kerugian} &= 39,32 \text{ h} \times 64 \text{ GW} \times \text{Rp } 265,33 / \text{kWh} \\ &= \text{Rp } 660.905.190,00 \end{aligned}$$

Dengan demikian, implementasi *retrofit* pada speed control actuator BFP dapat memberikan kontribusi penghematan biaya pemeliharaan senilai Rp 148.000.000,00 karena setelah dilakukan *retrofit* tidak pernah terjadi gangguan korektif pada BFP. Selain itu, *retrofit* juga bermanfaat menghindarkan pembangkit dari potensi kerugian senilai Rp 660.905.190,00 per tahun akibat kehilangan kesempatan produksi.

KESIMPULAN

RCFA merupakan sebuah metode analisis yang tepat untuk mencari akar permasalahan penyebab terjadinya gangguan berulang pada sebuah peralatan di Pembangkit. Solusi terbaik untuk mengatasi gangguan berulang pada *speed control actuator* BFP adalah melakukan *retrofit* yakni mengganti sistem *analog electric actuator* menjadi sistem *digital pneumatic actuator*. Sistem berbasis *digital electric actuator* mampu mengatasi kelemahan sistem sebelumnya, yakni; kecepatan respon saat gangguan, proteksi modul, kemudahan setting dan keandalan di kondisi lingkungan yang *hazardous*. Retrofit berhasil dilakukan pada BFP 1A, dan telah terbukti mampu meningkatkan keandalan BFP PLTU dengan indikasi tidak ada gangguan yang disebabkan kegagalan BFP. Retrofit juga telah berhasil diaplikasikan pada BFP 2B, 2A dan 1B serta terbukti menurunkan jumlah gangguan unit yang disebabkan oleh malfungsi BFP. Implementasi *retrofit speed control actuator* BFP terbukti mampu memberikan manfaat finansial bagi perusahaan, yakni menghindarkan munculnya biaya pemeliharaan korektif sebesar Rp 148.000.000 serta mampu menghindarkan perusahaan dari potensi kerugian akibat kehilangan kesempatan produksi sebesar Rp 660.905.190 selama satu tahun periode operasi pembangkit. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai referensi untuk diterapkan pada pembangkit lain yang memiliki sistem yang sejenis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT PLN (Persero) UPDL Suralaya dan PLTU UPK Asam Asam yang telah memberikan dukungan hingga terwujudnya artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, C. L. (2015). *FLUID COUPLINGS*. CRC Press.
- Basu, S., & Debnath, A. K. (2015). *Power Plant Instrumentation and Control Handbook: a Guide to Thermal Power Plants*. Academy Press (AP).
- Chakraborty, S. K., Manna, N., & Dey, S. (2014). Importance of Three-Elements Boiler Drum Level Control and Its Installation in Power Plant. *International Journal of Instrumentation and Control Systems*, 4(2), 1–12. <https://doi.org/10.5121/ijics.2014.4201>
- Chen, K. Y., Chen, L. S., Chen, M. C., & Lee, C. L. (2011). Using SVM based method for equipment fault detection in a thermal power plant. *Computers in Industry*, 62(1), 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2010.05.013>
- Goswami, Y. D., & Kreith, F. (2017). *Energy Conversion: Vol. Second Edition* (Second Edition). CRC Press.
- Mitsui Engineering. (2000a). *Boiler Plant Description of System Functions* (As Built Drawing). Tripatra Engineering.
- Mitsui Engineering. (2000b). *Boiler Plant-Unit 1 Function Control Diagram (FCD) for Plant Control System (Automatic Boiler Control)* (As Built Drawing). Tripatra Engineering.
- Mobley, R. K. (1999). *Root Cause Failure Analysis*. Newnes.
- Purba, S., Mukdas, E., Krisnamukti, D. B., & Ridwan, I. (2018). *SPLN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) PEMBANGKITAN*.
- Voith Fluidrive. (1999). Scoop Trimming Coupling - GST50 Installation & Maintenance. In *Fluidrive Installation and Maintenance: Vol. I* (pp. 1–30). Voith GmbH & Co. KGaA.
- Yoshikawa, Shigeru. (2016). Boiler Feed Pump (BFP). *Ebara Engineering Review*, 251, 11–20.