

## **Analisa kebocoran *line warming up high pressure boiler feed pump* menggunakan metode *root cause and failure analysis* di Pembangkit Listrik Tenaga Gas & Uap Grati**

**Ahmad Farhan Fuadi<sup>1\*</sup>, Muhammad Agus Sahbana<sup>2</sup>, Dadang Hermawan<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Widyagama  
Jl. Borobudur No.35, Mojolangu, Kecamatan Lowokwaru, Malang, Jawa Timur, Indonesia  
<sup>\*</sup>corresponding author : farhantm96@gmail.com

### **Abstract**

*The reliability of the Grati Gas And Steam Power Plant equipment is highly maintained to support the operational readiness of the generation. The feed water system at the Grati Gas And Steam Power Plant is one of the most important factors, especially in the feed water pump equipment. One of the pumps that is highly reliable is the High Pressure Boiler Feed Water Pump which is used as a tool for supply feed water to the Heat Recovery Steam Generator. However, from the recap data of disturbances in the Grati Gas And Steam Power Plant, leaks often occur in the system, precisely in the line warming up which serves to provide flow to the standby High Pressure Boiler Feed Water Pump and comes from the backflow of the High Pressure Feed Water Header to the Discharge side of the pump. Analysis related to the leak is very necessary in order to minimize losses due to the occurrence of the disturbance using the Root Cause And Failure Analysis method to eliminate the main disturbance causing the leak. The research variables used include the independent variable: regulating the pump discharge opening, the dependent variable: flow rate and valve warming up opening and the controlled variable: standby pump temperature and pump operating temperature. By conducting a series of trials setting the discharge valve opening of the High Pressure Boiler Feed Water Pump starting from 80%, 85%, 90%, 95% and 100%. The results of these tests can be concluded that the greater the opening of the pump discharge valve, the higher the speed and flow rate, while the pump discharge pressure will decrease.*

**Keywords :** *High Pressure Boiler Feed Pump, Root Cause And Failure Analysys, Flow, flow speed, pump pressure.*

### **Abstrak**

Keandalan peralatan PLTGU Grati sangat dijaga untuk menunjang kesiapan operasional pembangkitan. Sistem air pengisi pada PLTGU Grati menjadi salah satu faktor yang sangat diperhatikan, terutama pada peralatan pompa air pengisi. Salah satu pompa yang sangat dijaga keandalannya yaitu *High Pressure Boiler Feed Water Pump* yang digunakan sebagai alat untuk mengalirkan air pengisi menuju *Heat Recovery Steam Generator*. Namun dari data rekapan gangguan yang ada di PLTGU Grati sering terjadi kebocoran pada sistem tersebut tepatnya di *line warming up* yang berfungsi untuk memberikan aliran menuju *High Pressure Boiler Feed Water Pump* yang *standby* dan berasal dari aliran balik *High Pressure Feed Water Header* ke sisi *Discharge* pompa. Analisa terkait kebocoran tersebut sangat diperlukan guna meminimalisir kerugian akibat terjadinya gangguan tersebut menggunakan metode *Root Cause And Failure Analysys* untuk mengeliminasi gangguan utama penyebab kebocoran. Variabel penelitian yang digunakan diantaranya variabel bebas : mengatur pembukaan *discharge* pompa, variabel terikat : kecepatan aliran dan pembukaan *valve warming up* dan variabel terkontrol : temperatur pompa *standby* dan temperatur pompa operasi. Dengan melakukan serangkaian uji coba pengaturan pembukaan *discharge valve High Pressure Boiler Feed Water Pump* mulai dari 80%, 85%, 90%, 95% dan 100%. Hasil pengujian

tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar pembukaan *discharge valve* pompa berpengaruh terhadap kecepatan dan debit aliran yang semakin tinggi sedangkan tekanan *discharge* pompa akan menurun.

**Kata kunci:** *High Pressure Boiler Feed Pump, Root Cause And Failure Analysys*, Debit aliran, kecepatan aliran, tekanan pompa.

## Pendahuluan

PT. Indonesia Power merupakan sebuah anak perusahaan PT. PLN Persero yang menjalankan usaha komersial pada bidang Pembangkitan Tenaga Listrik. Saat ini Indonesia Power merupakan perusahaan pembangkitan listrik dengan daya mampu terbesar di Indonesia. Grati *Power Generation and O & M Services Unit* (POMU) merupakan salah satu unit pembangkit yang dimiliki oleh PT. Indonesia Power dengan jenis Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). PLTGU Grati saat ini memiliki total 3 Blok pembangkitan dengan Daya Mampu Netto (DMN) terpasang sebesar 1.350 MW. Pembangkit listrik tersebut bertipe *Combined cycle* (siklus gabungan) dimana gas buang dari *Gas Turbine* dimanfaatkan terlebih dahulu untuk memanaskan air yang berada di HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*). Uap yang dihasilkan dari HRSG tersebut, digunakan untuk memutar *Steam Turbine*. Putaran yang dihasilkan oleh *Steam Turbine* kemudian digunakan untuk memutar generator dan akhirnya dapat menghasilkan energi listrik [1].

Untuk memproduksi uap di HRSG diperlukan air pengisi yang dialirkan dari daerah menggunakan *Boiler Feed water Pump* (BFP). BFP memiliki 2 tipe yaitu *Low pressure* (LP) dan *High pressure* (HP) yang sama-sama digunakan untuk mengalirkan air pengisi menuju *economizer* HRSG, setelah melewati *economizer* air pengisi tersebut ditampung pada LP dan HP drum untuk di sirkulasi menuju proses selanjutnya hingga memproduksi uap bertekanan tinggi dan rendah untuk menggerakkan turbin uap [2].

*Boiler Feed water Pump* (BFP) merupakan peralatan utama yang di jaga kehandalannya untuk mengalirkan air pengisi menuju HRSG, tetapi ada beberapa

kasus kebocoran pada *line* BFP, tepatnya pada *Line Warming Up* yaitu *line* yang berfungsi untuk mengalirkan aliran fluida saat BFP dalam kondisi *standby* guna menyeragamkan temperatur fluida saat pompa dalam kondisi *standby* [3].

Penelitian ini bertujuan : (1) Mengetahui pengaruh pembukaan *discharge valve* HP BFP terhadap kecepatan aliran. (2) Mengetahui pengaruh pembukaan *discharge valve* HP BFP terhadap debit aliran. (3) Mengetahui pengaruh pembukaan *discharge valve* HP BFP terhadap tekanan *discharge* pompa. (4) Mengetahui pengaruh injeksi kimia terhadap kualitas fluida air pengisi [4].

## Tinjauan Pustaka

*Metode Root Cause And Failure Analysis* (RCFA) dalam proses *problem solving* adalah sebuah teknik yang dimaksudkan untuk menemukan dan memahami penyebab utama dari masalah yang ada, dengan tujuan menghilangkan penyebab-penyebab tersebut muncul lagi di waktu mendatang sehingga bisa dilakukan tindakan pencegahan [5].



Gambar 1. Diagram RCFA

Dari hasil penjabaran metode RCFA dapat dijelaskan bahwa terdapat 4 *Failure Cause* (FC) yang menyebabkan kebocoran pada *line warming up* di PLTGU Grati POMU. 4 *Failure Cause* tersebut diantaranya yaitu Faktor Material, Mesin, Manusia, dan Metode. Pada penelitian ini menggunakan rumus persamaan kontinuitas

untuk mencari nilai kecepatan aliran air pengisi yang melewati line warming up yaitu [6]:

$$\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 \quad (1)$$

Keterangan :

- $p_1$  = Tekanan air pipa besar
- $p_2$  = Tekanan air pipa kecil
- $a_1$  = Luas penampang pipa besar
- $a_2$  = Luas penampang pipa kecil
- $\rho$  = Massa jenis air
- $d_1$  = Diameter penampang pipa besar
- $d_2$  = Diameter penampang pipa kecil
- $q$  = Debit aliran
- $V_1$  = Kecepatan aliran *line discharge* HP BFP
- $V_2$  = Kecepatan aliran *line warming up* HP BFP

Selain mencari kecepatan aliran *line warming up*, penelitian ini juga membandingkan apakah material yang terpasang ini sudah sesuai dengan standar internasional atau tidak. Dengan mencari spesifikasi pipa yang terpasang pada *manual book* dengan perhitungan menurut ASME B31.3. Menurut ASME B31.3 ketebalan pipa dapat dihitung dengan rumus [7,8]:

$$t_m = t + c \quad (2)$$

Nilai  $t$  ditentukan dengan rumus :

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S \cdot E \cdot W + P \cdot Y)} \quad (3)$$

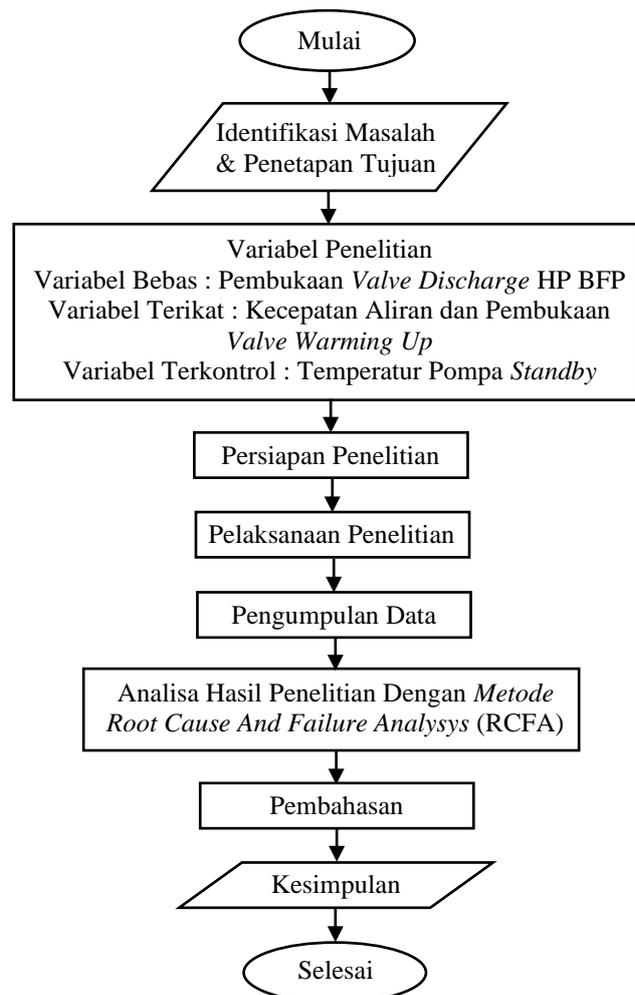
Keterangan :

- $t_m$  = ketebalan minimum yang diperlukan
- $t$  = Ketebalan desain tekanan
- $c$  = Jumlah kelonggaran mekanis ditambah kelonggaran korosi dan erosi.
- $P$  = Tekanan kerja [PSIg]
- $D$  = Diameter luar pipa
- $S$  = Nilai tegangan untuk material dari Tabel A-1
- $E$  = Faktor kualitas dari Tabel A-1A atau A-1B
- $W$  = Faktor reduksi kekuatan sambungan las sesuai dengan tabel 302.3.5(e)
- $Y$  = Koefisien dari Tabel 304.1.1

## Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan diantaranya yaitu studi *Literature, Observasi, Interview*, serta menggunakan *tools Root Cause And Failure Analysys (RCFA)* sebagai alat untuk memetakan dan menjabarkan kemungkinan penyebab terjadinya kebocoran, mulai dari pemeriksaan material yang terpasang, kualitas fluida air pengisi dan kompetensi operator pembangkit. Variabel penelitian ini terdiri dari Variabel bebas, Variabel terikat dan Variabel terkontrol. Pelaksanaan penelitian juga dilakukan bersama operator pembangkit dan atas izin atasan, karena penelitian kali ini dapat mengganggu berlangsungnya pengoperasian pembangkit. Mulai dari persiapan peralatan, waktu pelaksanaan serta evaluasi hasil penelitian.

Diagram alir pada penelitian kali ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

## Hasil dan Pembahasan

Data yang dikumpulkan menggunakan metode observasi lapangan serta pengujian saat pembangkit listrik beroperasi pada beban steam turbin maksimum dengan pola *Combined cycle* 2.2.1. Berikut ini adalah tabel data yang sudah direkap dari laporan operasi yang diisi oleh operator pembangkit.

Tabel 1. Data Operasi Pembangkit

No	Tanggal	D. V (%)	W. Up V. (%)	P. D. (kg/cm <sup>2</sup> )	F. (T/H)
1	06/07/20	100	100	106	160
2	07/07/20	95	100	108	152
3	08/07/20	90	100	112	145
4	09/07/20	85	100	120	138
5	10/07/20	80	100	123	130

Keterangan :

D = Discharge

V = Valve

W = Warming Up

P = Pressure

F = Flow

Metode *Root Cause And Failure Analysis* (RCFA) yang digunakan dalam penelitian ini mengasumsikan 4 *Failure Cause* yang menjadi sumber utama permasalahan yang ada pada system air pengisi PLTGU Grati. Asumsi yang ditentukan berdasarkan rekaman laporan gangguan yang ada pada aplikasi MAXIMO yaitu suatu aplikasi yang berfungsi untuk merekam dan melaporkan histori kejadian-kejadian yang ada dipembangkit listrik Grati POMU. Ke-4 *Failure Cause* tersebut diantaranya yaitu Faktor Material, Mesin, Manusia, dan Metode.

### 1. Faktor material

Material yang digunakan menurut *manual book design* yaitu ASME SA-515, adalah spesifikasi standar untuk pelat bejana tekan, baja karbon, untuk layanan suhu menengah dan tinggi pada boiler dan bejana tekan lainnya. Data tersebut menjadi acuan sebagai pembandingan dan referensi bahwa material yang digunakan apa sudah sesuai dengan tekanan dan temperatur kerja [9].

Tabel 2. Material Pipa FeedWater

No.	DESCRIPTION	MATERIAL		
		PRESS.PART ASME	NON PRESS.PARTS JIS	ASME
1	Deaerating Heater Shell	SA-515Gr.60		
2	Deaerating Heater Head	SA-515Gr.60		
3	Storage Tank Shell	SA-515Gr.60		
4	Storage Tank Head	SA-515Gr.60		
5	Tray Intake Nozzle	SA-515Gr.60		
6	Tray Intake Flange	SA-226CL2		
7	Tray Intake Cover	SA-515Gr.60		
8	Manhole Nozzle	SA-515Gr.60		
9	Manhole Flange	SA-226CL2		
10	Manhole Cover	SA-515Gr.60		
11	Leg		SS400	SA-283Gr.D
12	Spray Valve		SUS304	SA-240 Type 304
13	Tray		SUS304	SA-240 Type 304
14	Distribution Tray		SUS304	SA-240 Type 304
15	Support Ring		SS400	SA-283Gr.D
16	Feedwater Down Pipe	SA-515Gr.60		
17	Balance Pipe	SA-515Gr.60		

Diketahui desain pipa *warming up* yang terpasang menggunakan material *Carbon Steel* ASME SA-515 dengan data sebagai berikut [10]:

*Nominal Pipe Size* (NPS) = 1/2 inch

*Schedule Pipe* = 80S

*Outside Diameter* (OD) = 0,84 inch

*Wall Thickness* = 0,147 inch

Tekanan kerja = 100 Bar

Berdasarkan material yang digunakan maka dapat ditentukan beberapa parameter yang dicari pada ASME B31.3[11].

c = 3 mm = 0,118 [inch]

E = 1

P = 100 [Bar] = 1.450 [PSI<sub>g</sub>]

W = 1

D = 0,84 [inch]

Y = 0,4

S = 18,9 [KSI] = 18900 [PSI]  
(Temperatur kerja 266°F atau 130°C)

Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$t = \frac{1.450 \times 0,84}{2 \cdot (18900 \times 1 \times 1 + 1.450 \times 0,4)}$$

$$t = 0,0312 \text{ [inch]}$$

Jadi besar nilai  $t_m$  adalah :

$$t_m = 0,0312 + 0,118$$

$$t_m = 0,1681 \text{ [inch]}$$

Ketebalan minimum  $t_m$ , untuk pipa yang dipilih, dengan mempertimbangkan toleransi minus pabrikan, harus tidak kurang dari perhitungan diatas. Berdasarkan perhitungan diatas diketahui ketebalan minimum yang diperlukan sebesar 0,1681 *inch* dan berdasarkan desain yang terpasang oleh pabrikan yaitu dengan menggunakan pipa ukuran  $\frac{1}{2}$  *inch* dengan Schedule 80S diketahui ketebalan pipa yang digunakan sebesar 0,147 *inch* ketentuan tersebut diambil dari produk pipa yang tersedia dipasaran pada gambar 4.3, maka desain pipa yang terpasang pada *Line Warming Up* sudah sesuai standar [12].

## 2. Faktor mesin

Pengoperasian PLTGU dengan siklus *closed cycle* pada system air pengisi memungkinkan penggunaan air secara kontinyu dengan bahan baku yang sama. Proses sirkulasi tersebut menggunakan pompa *High and Low Boiler Feed water Pump* yang berfungsi mengalirkan air pengisi ke proses penguapan di HRSG. *High pressure Boiler Feed water Pump* sering mengalami kerusakan pada bagian system perpipaannya yang mengakibatkan Losses air dan membahayakan pola pengoperasian. Kerusakan tersebut bisa terjadi karena faktor mesin, dimana jadwal perawatannya yang tidak sesuai, usia peralatan yang sudah melewati batas penggunaan, ataupun karena erosi pipa [13].

### a. Turbulensi Aliran

Disebabkan karena :

- Perubahan drastis pada diameter lubang bor atau arah pipa
- Penyekat pada sambungan yang buruk pemasangannya
- Adanya celah yang memungkinkan fluida mengalir di luar aliran utama

### b. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran yang melewati *Line Warming Up* serta kecepatan aliran *line HP BFP* memiliki batasan pengoperasian yaitu antara 1,5 – 2,5 m/s. Untuk menghitung kecepatan aliran fluida yang melewati *Line*

*Warming Up* menggunakan rumus persamaan kontinuitas sebagai berikut :

### Rumus Flow Aliran

$$Q = \rho \cdot A \cdot V \quad (4)$$

### Persamaan Kontinuitas

$$\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2$$

Diketahui parameter parameter yang bekerja sebagai berikut :

$$P_1 = 106 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$d_1 = 132 \text{ (mm)} = 0,132 \text{ (m)}$$

$$P_2 = 2,5 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$d_2 = 15 \text{ (mm)} = 0,015 \text{ (m)}$$

$$Q_1 = 160 \text{ [T/H]} = 44,4 \text{ [Kg/s]}$$

$$\rho = 928 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Maka perhitungannya sebagai berikut :

$$Q = \rho A V$$

$$\rho A_1 V_1 = \rho A_2 V_2$$

$$Q_1 = \rho A_2 V_2$$

$$44,4 \text{ [Kg/s]} = 928 \text{ [kg/m}^3\text{]} \times (\pi/4 \times 0,015^2 \times V_2)$$

$$44,4 \text{ [Kg/s]}$$

$$V_2 = \frac{44,4 \text{ [Kg/s]}}{928 \text{ [kg/m}^3\text{]} \times (\pi/4 \times 0,015^2)}$$

$$V_2 = 270,9 \text{ [m/s]}$$

Tabel 3. Perhitungan Kecepatan Aliran Feed Water

No	D.V. (%)	W. Up V. (%)	Kec. Aliran (m/s)	Flow (T/H)
1	100	100	270.90	160
2	95	100	257.36	152
3	90	100	245.51	145
4	85	100	233.65	138
5	80	100	220.11	130

Keterangan :

D = *Discharge*

V = *Valve*

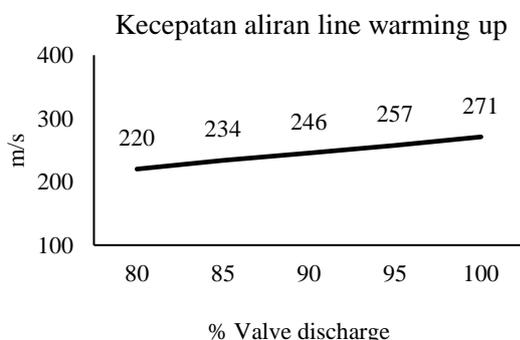
W = *Warming Up*

Data diatas merupakan hasil percobaan pengujian manuver *Discharge valve HP BFP* dan perhitungan kecepatan aliran yang melewati *Line Warming Up* berdasarkan rumus persamaan laju aliran dan persamaan kontinuitas. Pengujian pengaturan *valve Discharge HP BFP* hanya dapat dilakukan sampai 80% dikarenakan flow minimum untuk pengoperasian PLTGU dengan pola *combined cycle 2.2.1* sudah mendekati alarm. Apabila pengujian

dilakukan sampai pembukaan 50% akan menyebabkan unit pembangkit listrik trip (berhenti beroperasi mendadak). Hal tersebut tentunya merugikan pihak PT. Indonesia Power PLTGU Grati selaku perusahaan yang menyediakan jasa pengoperasian bidang kelistrikan [14].

### Grafik hasil penelitian

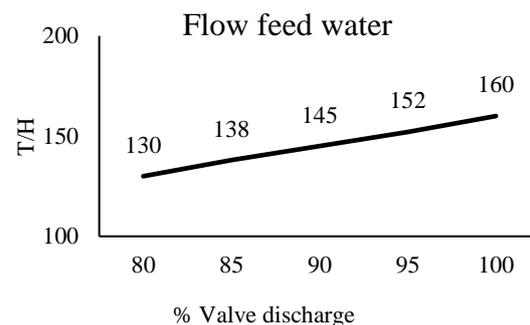
Pembukaan *valve discharge* yang semakin besar akan menyebabkan kenaikan kecepatan aliran yang melewati *Line Warming Up* semakin tinggi. Sedangkan kecepatan terendah hanya bisa dicapai saat pembukaan *valve discharge* sebesar 80% dengan nilai kecepatan aliran 220 m/s. Hal tersebut disebabkan karena adanya penyempitan ruang alir dari *line Discharge* pompa HP BFP menuju *Line Warming Up*, dan didasarkan dari rumus *Bernoulli* yang berbunyi “fluida yang mengalir semakin cepat pada tempat yang menyempit akan menimbulkan tekanan yang kecil”. Pengecilan penampang tersebut terjadi dari desain gambar yang ada pada *Manual Book Design* dimana ukuran *line Discharge* HP BFP sebesar 12 inch sedangkan ukuran *Line Warming Up* hanya 1/2 inch. Hasil survey desain yang terpasang dilokal juga tidak terdapat *orifice plate* atau *venturi tube* yang berfungsi sebagai alat menurunkan kecepatan aliran, jadi imbas dari tidak terpasangnya *orifice plate* atau *venturi tube* akan menyebabkan penipisan dinding pipa *Line Warming Up* yang dapat menyebabkan kebocoran [15].



Gambar 3. Grafik variasi pembukaan discharge BFP dengan kecepatan aliran

Pembukaan *valve discharge* yang semakin besar akan menyebabkan kenaikan

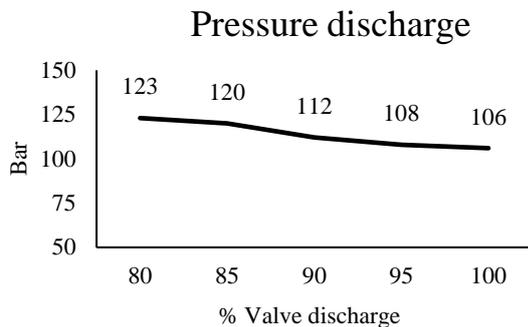
debit *feed water* yang melewati *Line Warming Up* semakin tinggi. Saat pembukaan *valve discharge* 80% *flow* yang tercapai sebesar 130 T/H, debit aliran tersebut sudah mencapai batasan terendah alarm pengoperasian dan apabila di atur pembukaan yang lebih rendah akan memicu terjadinya kondisi pembangkit trip yaitu kondisi dimana unit berhenti beroperasi secara mendadak. Perubahan debit aliran juga terjadi saat beban turbin uap naik karena membutuhkan produksi uap yang lebih banyak sehingga debit aliran *feed water* yang diperlukan juga lebih besar. Kenaikan debit aliran tersebut juga bisa disebabkan saat adanya pengujian *open/close valve* dalam rangka pemeliharaan, dan tindakan pengisian air ke Drum HRSG yang *standby* oleh operator pembangkit guna mempersiapkan level minimal untuk persiapan operasi *combined cycle* pembangkit



Gambar 4. Grafik variasi pembukaan discharge BFP dengan flow aliran

Variasi pembukaan *valve discharge* juga mempengaruhi *pressure outlet* pompa, dimana akan mengalami penurunan sesuai dengan pembukaan *valve* yang *disetting*. Tekanan terendah tercapai saat pembukaan 100% dengan nominal tekanan sebesar 106 Bar, apabila tekanan *Discharge* cenderung turun saat pembangkit beroperasi biasanya pompa yang *standby* akan segera beroperasi guna sebagai backup untuk menaikkan tekanan kerja tersebut. Turunnya tekanan pompa juga disebabkan karena faktor yang disebutkan di point “a” yaitu efek *Bernoulli*, serta adanya *losses* yang terjadi akibat banyaknya sambungan pipa (*elbow, reducer, Tee, flange*), passing nya *valve*

drain dan juga karena kebocoran yang terjadi di sepanjang sistem pengoperasian air pengisi.



Gambar 5. Grafik pressure discharge dengan variasi pembukaan valve discharge BFP

### 3. Faktor manusia

Tugas dari operator PLTGU Grati adalah melaksanakan pengoperasian, pemeliharaan unit pembangkit, menganalisa gangguan dan membuat laporan pengoperasian untuk tercapai kehandalan dan continuity pasokan kelistrikan sesuai dengan jadwal Sistem Operasi Pembangkit (SOP). Operator wajib memiliki sertifikasi sebagai bukti bahwa mereka kompeten dalam pengoperasian pembangkit. Tersedianya Instruksi Kerja sebagai panduan operator untuk pengoperasian peralatan.

Berdasarkan undang-undang nomor: 06 tahun 2009 tentang penetapan dan pemberlakuan standar latih kompetensi tenaga teknik ketenagalistrikan bidang jasa pendidikan dan pelatihan tenaga listrik maka diwajibkan untuk semua pihak yang menjalankan bisnis dibidang ketenagalistrikan memiliki standar kompetensi yang unggul, dan PLTGU Grati POMU ternyata sudah mempunyai upaya untuk meningkatkan kompetensi semua pegawainya serta disertifikasi oleh pihak yang ahli dibidangnya.

### 4. Faktor metode

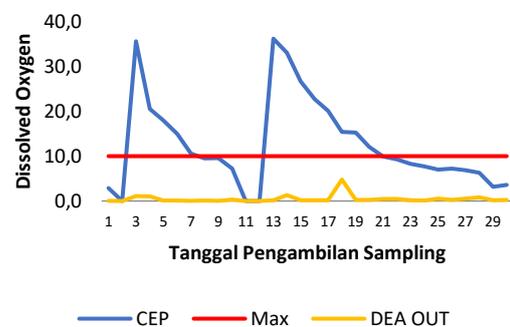
Metode *treatment* kualitas fluida menjadi faktor yang sangat mempengaruhi *lifetime* pipa, apabila kualitas fluida (*Feed Water*) tidak sesuai standar baku mutu akan menyebabkan erosi korosif. Hal tersebut tentunya merugikan pengoperasian dan menyebabkan berhentinya pembangkit

untuk dilakukan pemeliharaan. Pengamatan kualitas fluida yang dilakukan pada *Feed water System* ini diantaranya *Disolved Oxygen*, *Electrical Conductivity*, *Potential Hydrogen*. Ketiga nilai tersebut sangat mempengaruhi *lifetime* jangka Panjang pengoperasian

*Chemical injection* yang digunakan pada *feed water system* diantaranya yaitu cairan amoniak, *hydrazine* dan *phosphate* [16].

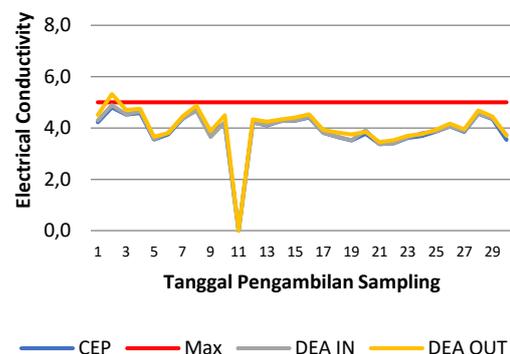
### Grafik trending kualitas air

Data dibawah ini didapat dari hasil sampling laboratoium PLTGU Grati



Gambar 6. Trending kualitas nilai dissolved oxygen pada feed water bulan Juni 2020

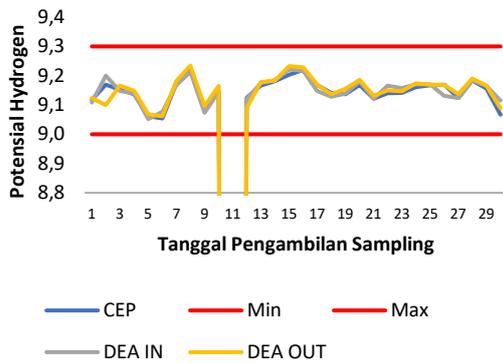
Hasil sampling menunjukkan terjadinya kenaikan nilai DO pada awal bulan dari tanggal 3 – 6 juni 2020 dan dipertengahan bulan naik kembali ditanggal 13 – 20 juni 2020 melebihi batas operasinya.



Gambar 7. Trending kualitas nilai electrical conductivity pada feed water bulan Juni 2020

Hasil sampling nilai EC pada bulan juni 2020 cenderung stabil dan pada tanggal 11 Juni 2020 nilai EC terpantau nol, ada

kemungkinan karena tidak diambil sampling atau alat eror.



Gambar 8. Trending kualitas nilai potensial hydrogen pada feed water bulan Juni 2020

Hasil sampling nilai pH pada bulan juni 2020 cenderung stabil namun pada tanggal 10 juni 2020 tidak ada data yang terrecord, kemungkinan karena tidak diambil sampling atau alat eror.

#### Analisa trending baku mutu air pengisi

Pengambilan uji sampling di PLTGU Grati dilaksanakan 3 kali dalam sehari dan dilakukan pada masing-masing shift yang sedang bertugas guna memastikan keakuratan parameter operasi dan keandalan sistem air pengisi agar tidak menyebabkan gangguan berupa erosi korosi akibat kualitas air pengisi yang buruk atau dibawah nilai baku mutu [16].

*Disolved oxygen* berpengaruh terhadap kenaikan nilai korosi pada material dan berfungsi untuk mengikat zat oksigen (O<sub>2</sub>) yang menjadi sumber penyebab korosif dan dapat menimbulkan kebocoran karena penipisan dinding material. Dari hasil rekapan laporan bidang laboratorium PLTGU Grati, dapat dilihat pada gambar 4.12 & 4.13 saat pembangkit tersebut beroperasi nilai DO cenderung stabil dan pada awal bulan juni nilai DO naik yang kemungkinan penyebabnya karena pengaturan injeksi *hydrazine* (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) yang berlebihan [17].

*Electrical Conductivity* merupakan nilai hantar listrik yang terkandung dalam fluida air pengisi, semakin besar nilai tersebut akan mempercepat efek korosi pada peralatan pembangkit sehingga perlu dijaga

pada batasan operasinya yaitu pada angka maksimum 5,5  $\mu$ S/m. Normalnya nilai EC pada bahan baku air pengisi (*Make Up Water*) sekitar 1  $\mu$ S/m namun karena adanya faktor gesekan antara fluida dan dinding material pipa, pompa atau katup dapat meningkatkan nilai tersebut. Pengukuran nilai tersebut pada temperatur 25 – 30 °C, untuk memastikan kandungan ion yang terdapat pada air pengisi akurat [18].

Parameter air pengisi terakhir yang umum dilakukan pengecekan di PLTU/PLTGU yaitu nilai Potensial Hydrogen, yang merupakan tingkat keasaman pada air pengisi. Air pengisi yang bersifat asam memiliki sifat yang sangat korosif, sedangkan jika bersifat terlalu basa akan menyebabkan caustic embrittlement sehingga memonitoring nilai tersebut merupakan suatu kewajiban bagi bidang laboratorium pembangkit. Nilai PH dijaga pada rentang 9,0 – 9,3 dimana semakin rendah nilai PH maka semakin tinggi konsentrasi ion H<sup>+</sup>, sedangkan semakin tinggi nilai PH maka konsentrasi ion OH<sup>-</sup> semakin dominan. Pada pengamatan operasi PLTGU Grati nilai PH cenderung stabil sehingga kemungkinan kebocoran akibat kandungan PH dalam air pengisi dapat dibidang kecil [19].

#### Kesimpulan

Pembukaan *Valve Discharge* HP BFP yang semakin besar sangat mempengaruhi kecepatan aliran yang melewati *Line Warming Up*, saat pembukaan 100% kecepatan aliran mencapai 270.9 m/s serta tidak adanya orifice plate atau venturi tube yang terpasang pada *Line Warming Up* yang berfungsi untuk menurunkan tekanan dan kecepatan aliran fluida sehingga memungkinkan terjadinya efek erosi yang disebabkan karena faktor kecepatan aliran.

Debit aliran HP BFP akan semakin tinggi seiring bertambahnya pembukaan *Valve Discharge* HP BFP dan mempengaruhi kebutuhan *supply feed water system* PLTGU Grati. Kenaikan debit aliran tersebut juga bisa disebabkan saat adanya

pengujian *open/close valve* dalam rangka pemeliharaan, dan tindakan pengisian air ke Drum HRSG yang standby oleh operator pembangkit guna mempersiapkan level minimal untuk persiapan operasi *combined cycle* pembangkit.

Variasi pembukaan *valve discharge* juga mempengaruhi pressure outlet pompa, dimana akan mengalami penurunan sesuai dengan pembukaan *valve* yang disetting. Tekanan terendah tercapai saat pembukaan 100% dengan nominal pressure sebesar 106 Bar. Turunnya tekanan pompa juga disebabkan karena efek Bernoulli, serta adanya losses yang terjadi akibat banyaknya sambungan pipa (*elbow, reducer, Tee, flange*), passing nya *valve* drain dan juga karena kebocoran yang terjadi di sepanjang system pengoperasian air pengisi.

Baku mutu air pengisi sangat diperhatikan dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap Grati dengan pengamatan pada nilai *Dissolved Oxygen, Potential Hydrogen dan Electrical Conductivity*, sehingga injeksi kimia sangat diperlukan guna mengatur PH air pengisi agar dalam batasan normal operasinya karena dapat menyebabkan korosi pada peralatan apabila nilainya melebihi batas pengoperasian dalam jangka waktu yang lama.

## Saran

1. Mereview instruksi kerja pengoperasian HP BFP bersama bidang operasi pembangkitan.
2. Memasang *orifice plate* atau *venturi tube* pada *line warming up*.

## Referensi

- [1] E. Eswanto and D. Syahputra, "Analisa Distribusi Kapasitas Aliran Fluida Di Daerah Percabangan Pada Sistem Perpipa-an," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 3, no. 1, pp. 7–11, 2017, doi: 10.31884/jtt.v3i1.7.
- [2] Y. Ramadhan, Ramelan, and W. Sumbodo, "Pengembangan Media Pembelajaran Pengukuran Rugi Aliran Fluida Cair dalam Pipa Venturi," *J. Mech. Eng. Learn.*, vol. 3, no. 2, pp. 115–124, 2014.
- [3] V. A. Tiwow, "Analisis aliran fluida newtonian pada pipa tidak horizontal," *J. Sains dan Pendidik. Fis.*, vol. 2015, no. 1, pp. 104–108, 2015.
- [4] A. Amril, D. A. Tunggadewi, and H. H. Santoso, "Perancangan Sistem Monitoring Meter untuk Aplikasi Meter Orifice Menggunakan Perangkat Lunak PI ProcessBook," *J. Ilm. Giga*, vol. 20, no. 2, p. 57, 2017, doi: 10.47313/jig.v20i2.553.
- [5] A. Ghurri, S. P. G. G. Tisna, and S. Syamsudin, "Pengujian Orifice Flow Meter dengan Kapasitas Aliran Rendah," *Mechanical*, vol. 7, no. 2, pp. 61–66, 2016, doi: 10.23960/mech.v7.i2.201610.
- [6] H. Kusumaningsih, W. Wijayanti, D. Widhiyanuriyawan, and M. Fauzi, "Analisi Pressure Drop Dan Pola Aliran Dua Fase ( Air-Udara ) Pada Pipa Horisontal Melalui Orifice," vol. IV, no. 2, pp. 14–22, 2018.
- [7] PT. PLN (PERSERO) Pusat Pendidikan dan Pelatihan, "PT. PLN (PERSERO) Pusat Pendidikan dan Pelatihan."
- [8] P. C. UNIVERSITY, "Indonesia - Power Generation," 2019, [Online]. Available: <https://www.export.gov/article?id=Indonesia-Power-Generation>.
- [9] American Society of Mechanical Engineers International, "Pipe Flanges and Flanged Fittings Metric / Inch Standard ASME B16.5-2003," *Am. Soc. Mech. Eng. Int.*, vol. 2003, pp. 1–203, 2003.
- [10] ASME, "ASME B31.3 Process Piping Guide," *LANL Eng. Stand. Man. PD342*, pp. 1–168, 2009.
- [11] H. 2011. F. – faktor yang berhubungan dengan kejadian I. pada anak B. di wilayah P. B. K. B. T.

2011. T. P. P. U. Ibrahim, “Macam-macam Valve dan Fungsinya,” no. c, pp. 1–43, 2014.
- [12] M. Yani, “Mengenal Actuator Perangkat Penggerak Valve,” 2019. <https://www.jasaservis.net/mengenal-actuator-perangkat-penggerak-valve/.html> (accessed Jul. 01, 2021).
- [13] R. K. Mobley, *Root Cause And Failure Analysis*. 2546.
- [14] Oktaviani.J, “Fluida,” *Sereal Untuk*, vol. 51, no. 1, p. 51, 2018.
- [15] N. E. Josephine, “Modul Pembelajaran SMA Fisika Kelas X,” *Direktorat Jendral PAUD, DIKDAS, dan DIKMEN*, pp. 25–29, 2020.
- [16] L. Mitsubishi Heavy Industries, “Manual Book Design Grati.pdf.” Mitsubitshi Heavy Industry, Ltd., GRATI.
- [17] Drieant, “Tabel Nominal Pipe Size dan Pipe Schedule,” 2015. <http://www.idpipe.com/2014/10/tabel-nominal-pipe-size-dan-pipe-schedule.html> (accessed Jul. 01, 2021).
- [18] A. Rifaldhi, “Chemical\_Injection\_Internal\_Treatment.” .
- [19] I. Anas, “Monitoring Kualitas Air Pengisi PLTGU Grati,” PT. Indonesia Power PLTGU Grati, 2020.
- [20] Budiyanto, E., Yuono, L. D., & Rohman, F. (2020). Analisa proses produksi part number D574-50081-201 menggunakan mesin milling CNC di PT DI. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(2).