

## **PENURUNAN KANDUNGAN BESI TERLARUT DI ECONOMIZER INLET MENGGUNAKAN KOMBINASI PENGOLAHAN AIR PADA PLTU PAITON UNIT 3, 7 DAN 8**

Tsamara Amalia Audia, Windi Zamrudy, Erwan Yulianto  
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia  
[tsamaraamaliaaudia3108@gmail.com](mailto:tsamaraamaliaaudia3108@gmail.com), [[windimlg@gmail.com](mailto:windimlg@gmail.com)], [[eyulianto@pomi.co.id](mailto:eyulianto@pomi.co.id)]

### **ABSTRAK**

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) merupakan suatu kegiatan yang memproduksi listrik dengan menggunakan bahan bakar untuk memanaskan air dalam boiler yang menghasilkan uap. Air sebelum masuk ke boiler dilakukan pemanasan awal dengan *economizer inlet* yang merupakan bagian dari boiler. Air laut diproses terlebih dahulu di unit *condenser polisher plant* dengan beberapa metode, sehingga mengurangi resiko korosi dan *scaling*. Metode tersebut dipilih sesuai dengan jenis bahan pipa yang digunakan pada boiler. Pada unit 7 dan 8 bahan pipa boiler menggunakan *all-ferrous* maka metode yang digunakan [AVT(R)] dengan penambahan  $\text{NH}_4\text{OH}$  untuk menaikkan pH yang akan membentuk *magnetit* berupa  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  yang akan menjadi proteksi bagi pipa tersebut. Pada unit 3 pipa berbahan dasar besi, menggunakan metode *combine water treatment*, yang merupakan metode gabungan antara  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan  $\text{O}_2$  pada treatmentnya yang membentuk *hematit*. Pada penelitian ini menggunakan metode *corrosion monitor* selama 3 hari pada unit 3, 7 dan 8. Hasil yang didapatkan pada unit 3 selisih volume 326.31 L, pH 9.09, total Fe 3.49 ppb. Pada unit 7 selisih volume 257.52, pH 9.28, total Fe 0.45 ppb. Pada unit 8 selisih volume 257.52, pH 9.51, total Fe 0.32. Hasil analisa yang dilakukan terlihat lebih banyak kandungan Fe terlarut pada unit 3 dibandingkan dengan unit 7 dan 8.

**Kata kunci:** boiler, magnetit, hematit, corrosion monitor.

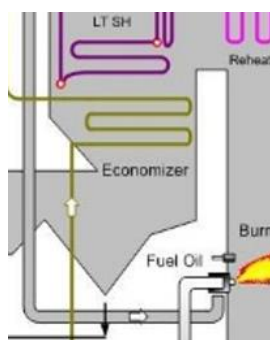
### **ABSTRACT**

Steam power plant (PLTU) is an activity that produces electricity by using fuel to heat water in a boiler that produces steam. Water before entering the boiler is preheated with *economizer inlet* which is part of the boiler. Seawater is needed first in the *polisher plant condenser unit* with several methods, thereby reducing the risk of corrosion and *scaling*. The method chosen is according to the type of pipe material used in the boiler. In units 7 and 8 the boiler pipe material uses *all-ferro* the method used [AVT (R)] by using  $\text{NH}_4\text{OH}$  to raise the pH will form a magnetite containing  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  which will be the protection for the pipe. In unit 3 pipes made from iron, using a method of combining water treatment, which is a combination of  $\text{NH}_4\text{OH}$  and  $\text{O}_2$  in the treatment that forms hematite. In this study using the monitor corrosion method for 3 days on units 3, 7 and 8. The results obtained in unit 3 were 326.31 L volume difference, pH 9.09, total Fe 3.49 ppb. At unit 7 the volume difference is 257.52, pH 9.28, total Fe 0.45 ppb. In unit 8 the volume difference is 257.52, pH 9.51, total Fe 0.32. The results of the analysis carried out showed more than the dissolved Fe reserves in unit 3 compared to units 7 and 8.

**Keywords:** boiler, magnetit, hematit, corrosion monitor

## 1. PENDAHULUAN

*Boiler* adalah salah satu alat utama yang paling penting di pembangkit listrik tenaga uap. Pada *boiler*, air digunakan sebagai fluida kerja karena harganya murah dan mudah diperoleh. Air yang digunakan adalah air laut yang memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batu-batuan dan tanah [1]. Air laut sebelum digunakan diproses terlebih dahulu. Air proses menja{di air umpan untuk unit boiler yang dikonversi menjadi uap bertekanan (*steam*) yang energinya dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak turbin [2]. Air umpan boiler sebelum masuk kedalam *stream drum*, air dipanaskan terlebih dahulu di *low pressure heater*, *high pressure heater* dan yang terakhir di *economizer inlet*.

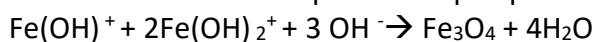


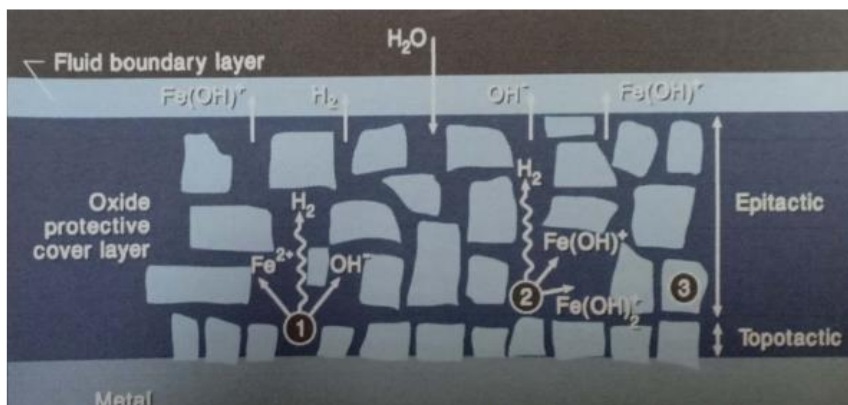
**Gambar 1.** *Economizer inlet* pada boiler di PT POMI Paiton

Sumber : *Cycle chemistry* PT. Pomi Paiton unit 3, 7, dan 8

*Economizer inlet* merupakan bagian dari boiler yang digunakan untuk pemanasan awal sebelum air masuk ke boiler. Pada paiton unit 3, 7 dan 8 menggunakan air laut yang sudah diproses terlebih dahulu, sehingga mengurangi resiko terjadinya korosi dan *scaling*. Agar korosi dan *scaling* tidak terjadi pada pipa-pipa di boiler maka, air laut di proses terlebih dahulu di unit *condenser polisher plant*. Ada tiga metode umum yang digunakan untuk pengolahan air pada CPP. Metode tersebut dipilih sesuai dengan jenis bahan pipa yang digunakan pada boiler. Apabila pipa boiler menggunakan bahan campuran tembaga dan besi (Mixed Metallurgy), maka metode pengolahan menggunakan *reducing all-volatile treatment [AVT(R)]*. Apabila pipa boiler menggunakan bahan *all-ferrous* maka metode pengolahan airnya dapat menggunakan *oxydazing all-volatile treatment [AVT(O)]* atau *oxygenated treatment (OT)*.

Karena pada unit 7 dan 8 bahan pipa boilernya *all-ferrous* maka metode yang digunakan [AVT(O)]. Dengan metode [AVT] maka air yang digunakan untuk proses di boiler harus memenuhi syarat- syarat yang telah di tentukan, salah satunya adalah kandungan Fe (besi) di *feed water boiler* harus < 2 ppb [3]. Untuk mengentahui kandungan Fe terlarut pada *feed water boiler (economizer inlet)* maka perlu dilakukan analisa Fe di *economizer inlet*. Apabila kandungan Fe di boiler terlalu tinggi, maka bisa mengakibatkan boiler korosi dan bisa terjadi kebocoran pipa – pipa boiler sehingga boiler trip atau mati. Umumnya produk korosi besi adalah  $\text{Fe(OH)}_2$  tetapi akibat oksigen dan air menghasilkan produk  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ( Magnetite), produk korosi ini berwarna. Adapun reaksi pelapisan Magnetite :





**Gambar 2.** Mekanisme pembentukan lapisan oksida pada AVT  
 Sumber : EPRI *Oxygenated Treatment Revision*



**Gambar 3.** Mekanisme pembentukan lapisan oksida pada CWT  
 Sumber : EPRI *Oxygenated Treatment Revision*

Berikut ini adalah nilai batas parameter air umpan untuk sistem yang perpipanya seluruh besi :

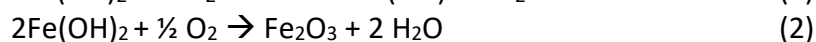
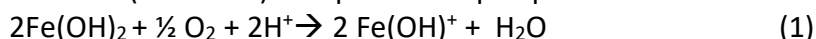
**Tabel 1.** Parameter target metode AVT pada unit 7/8

Parameter	AVT (O)
pH	9.2-9.6
Cation Conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	< 0.2
Fe (ppb)	<2 (<1)
Cu (ppb)	<2
Oxygen (ppb) at EI	<10
Oxygen (ppb) at CPD	<10
Reducing Agent	No
ORP (mV) at DAI	Not needed

Sumber : EPRI *Cycle AVT Guidelines*

Pada unit 3, pipa-pipa tersebut berbahan dasar besi, metode yang digunakan adalah *combine water treatment*. Metode tersebut merupakan metode gabungan antara [AVT(O)] dengan OT (*oxygen treatment*). Metode ini lebih efektif jika di lihat dari kurva korosi yang dihasilkan dari treatment korosi [4]. Tujuan dalam laporan praktik kerja Industri untuk

mengetahui laju korosi pada unit 3, 7 dan 8 di PLTU Paiton. Produk korosi pada unit 3 ini bewarna merah (Hematite). Adapun reaksi pelapisan Hematite :



Berikut ini adalah nilai batas parameter air umpan pada unit 3 :

**Tabel 2.** Parameter target metode CWT pada unit 3

Sampling Point	Item	MHI Criteria (Target Value)
Cp Outlet	Cation Conductivity (mS/m)	< 0,020
	Cation Conductivity (mS/m)	< 0,020
Cps Outlet	Silika ( $\mu\text{g/l}$ )	< 10
	Sodium ( $\mu\text{g/l}$ )	< 5
	pH at 25°C	8,5 – 9,3 (9,0)
	Cation Conductivity (mS/m)	< 0,020
Eco inlet	Dissolved Oxygen ( $\mu\text{g/l}$ )	20 – 200 (50)
	Iron ( $\mu\text{g/l}$ )	< 2
	Copper ( $\mu\text{g/l}$ )	-
	Silika ( $\mu\text{g/l}$ )	< 20
	Cation Conductivity (mS/m)	< 0,030
Steam	Silika ( $\mu\text{g/l}$ )	< 20
	Sodium ( $\mu\text{g/l}$ )	< 5

Sumber : EPRI Criteria for CWT Treatment

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode *corrosion monitor* dilakukan pengukuran Fe terlarut pada *economizer inlet* PLTU Paiton unit 3, 7 dan 8

### 2.1. Bahan

Larutan HCl 1:1, demineralized *water*, larutan standar Fe (1, 3, 5 ppm)

### 2.2. Prosedur Penelitian

#### 2.2.1. Pengambilan sampel dengan CPS

Pada *economizer inlet* valve dibuka dan inlet dialirkan ke alat, kemudian atur tekanan regulator serta valve laju aliran 100 cc/min. Volume awal dicatat pada flowmeter CPS sebelum cairan disalurkan ke alat. Filter dipasang pada *Collection filter housing* dengan susunan paling bawah *particulate filter*, kedua *cation filter* dan terakhir dengan *particulate filter*. Proses dilakukan selama 3 hari, kemudian catat volume akhir. Filter hasil analisa diambil dari *collection filter*, kemudian dilakukan uji laboratorium.

#### 2.2.2. Analisa laboratorium

*Particulate filter* dan *cation filter* diletakkan ditempat yang berbeda, kemudian tambahkan HCL 1:1 sebanyak 100 ml dan dipanaskan dengan suhu(350°C) hingga larutan menjadi kuning. Larutan sampel didiamkan hingga dingin, kemudian ditambahkan dengan *demin water* hingga 100 ml. Larutan sampel dicek konsentrasi Fe terlarut dengan AAS.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Fe terlarut adalah Fe yang terdapat pada air umpan boiler, kandungan Fe Fe air umpan boiler salah satunya berasal dari pipa – pipa di *economizer inlet* yang terkikis karena pH, suhu, dan aliran yang melewati pipa – pipa tersebut. Kandungan Fe terlarut pada boiler memiliki batas tertentu yaitu < 2 ppb [5] batas Fe pada *economizer inlet*.

Proses *running* untuk pengukuran kadar Fe terlarut pada *economizer inlet* dilakukan selama 3 hari menggunakan *corrosion monitor* adalah alat yang dapat digunakan untuk memfilter senyawa terlarut berbentuk partikel dalam air. *Corrosion monitor* dapat dijadikan acuan untuk melakukan pengawasan laju korosi dengan menyaring senyawa terlarut dalam air yang memiliki potensi untuk korosi. Dalam penelitian yang dilakukan selisih volume air yang melewati *corrosion monitor* > 200 L dengan flowrate 100 ml/ menit. Berikut adalah selisih volume yang diperoleh selama 3 hari proses *running*.

**Tabel 3.** Karakteristik air umpan di *economizer inlet* pada PT. POMI Paiton

Hari/Tanggal	Unit	Conductivity ( $10^{-3}$ S/m)	pH	P (kPa)	Selisih Volume (L)
03-07-2019	3	261	9.09	310	326.31
10-07-2019	7	0.5639	9.28	620	257.52
17-07-2019	8	0.5503	9.51	260	210.17

Setelah proses dihentikan maka dilakukan analisa data. Analisa data dilakukan dengan menggunakan metode *digest* Fe ini dilakukan untuk mengetahui beberapa nilai Fe terlarut dari hasil kertas saring yang terpasang di *corrosion monitor* dengan *feed water* berasal dari *economizer inlet*. Prinsip kerja dari metode ini adalah dengan melarutkan kertas saring hasil dari *corrosion monitor*. Kertas saring yang digunakan ada 3 kertas yaitu : kertas saring penyaring Fe *particulate*, penyaring ion *cation* dan penyaring Fe *particulate* lagi.

*Particulate filter* digunakan untuk menyaring Fe terlarut dalam bentuk *particulate*, sedangkan *cation filter* digunakan untuk menyaring Fe terlarut dalam bentuk ion, karena muatan dari  $Fe^{2+}$  adalah positif, maka digunakan cation filter yang bermuatan positif sehingga  $Fe^{2+}$  akan tertahan pada filter.

Pelarut kertas saring ini untuk melarutkan semua Fe yang telah tersaring pada filter. Kedua *particulate filter* dilarutkan bersama dengan penambahan HCl 1:1 (*digest*) 100 ml dan dipanaskan di *hotplate* sampai volume berkurang menjadi 50 ml. *Cation filter* juga dilarutkan dengan cara yang sama. Setelah kedua filter ini larut dengan sempurna, maka ditambahkan *demineralized water* sampai 100 ml.

**Tabel 4.** Hasil analisa *economizer inlet* menggunakan AAS

Unit	Konsentrasi Fe (ppm)		Total Fe (ppb)
	Particulate	Cation	
3	11.128	0.261	3.49
7	1.066	0.093	0.45
8	0.621	0.056	0.32

Dari hasil perhitungan dapat dilihat kandungan Fe total pada umpan boiler di unit 7 sebesar 0,45 ppb dan di unit 8 sebesar 0,32 ppb. Pada unit 7 dan 8 metode pengolahan air umpan boilernya menggunakan AVT(O) tetapi pada unit tersebut juga terdapat *oxygen*

*scavenger* yang berfungsi untuk menangkap oksigen pada saat pertama kali unit *start up*. *hematite* dan *magnetite* merupakan senyawa gabungan antara Fe dan oksigen, sehingga ketika unit mulai beroperasi oksigen akan diserap *oxysigen scavenger* yang menyebabkan Fe terpisah dengan oksigen, dan Fe ikut larut kedalam umpan *boiler*. Pengukuran kandungan Fe didalam air umpan *boiler* dilakukan setiap 3 bulan sekali, hal itu bertujuan untuk mengamati baik tidaknya kondisi pengolahan air umpan boiler terutama pada sistem *condensate polisher plant* pada unit 7 dan 8.

Kandungan Fe terlarut pada *boiler* memiliki batas tertentu, untuk paiton unit 7 dan 8 memiliki ambang batas kandungan Fe terlarut di air boiler sebesar <2ppb [3] Batas Fe pada *economizer inlet* dengan AVT(O) dengan metode tersebut sesuai dengan ketentuan dari EPRI (elektrik power research insitute). Sedangkan kandungan Fe terlarut pada boiler di paiton unit 3 memiliki ambang batas kandungan Fe terlarut di air boiler sebesar <2 ppb [2] batas Fe pada *economizer inlet* dengan metode AVT(O) sudah sesuai tetapi pada CWT [2] belum sesuai, diperlukan penanganan lebih. Dari data yang sudah kami ambil disini mempunyai standart yang berbeda, oleh karena itu kandungan Fe terlarut di air boiler lebih tinggi pada unit 3 dibandingkan dengan unit 7 dan 8. Hasil analisa yang kami lakukan terlihat lebih banyak kandungan Fe terlarut pada unit 3 dibandingkan dengan unit 7 dan 8.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: Kandungan Fe tpada air umpan *boiler* juga dipengaruhi oleh keadaan operasi Power Plant. Saat beroperasi normal kandungan Fe relatif kecil dibandingkan dengan Power Plant start-up. Hasil kandungan Fe yang didapatkan pada unit 3 yaitu 3.49 ppb, unit 7 yaitu 0.45 ppb, dan unit 8 yaitu 0.32 ppb. Hasil analisa yang telah dilakukan terlihat lebih banyak kandungan Fe terlarut pada unit 3 dibandingkan dengan unit 7 dan 8.

#### REFERENSI

- [1] Yuningsih, A dan Masduki, A., 2011, *Potensi Energi Arus Laut untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Kawasan Pesisir Flores Timur NTT*, Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 3, No. 1, Juni, 13-25.
- [2] Suryandari, A.S., Mustain, A., Pratama, D.W., Maula,I., 2019, *Studi Aktivitas Reaksi Fotokatalisis Berbasis Katalis TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif Terhadap Mutu Air Limbah Power Plant*, Vol.3, No.2, 95 – 101.
- [3] Dooley, R.B., 2002, *Cycle Chemistry Guidline for Fossil Plants, All-Volatile Treatment Revision I*, EPRI, Palo Alto, California.
- [4] Dooley, R.B., 2005, *Cycle Chemistry Guidline for Fossil Plants, Oxygeneted Treatment*, EPRI, Palo Alto, California.
- [5] Syrett,B.C., 1998, *Refence Manual for On-Line Monitoring of Water Chemistry and Corrosion*, EPRI, Palo Alto, California.