

# Analisis Performa *Electrostatic Precipitator* (ESP) Berdasarkan Beban Kerja Boiler Terhadap Pengaturan Arus Sekunder Trafo di PLTU Cirebon 1x1000MW

*Electrostatic Precipitator (ESP) Performance Analysis Based on Boiler Workload on Transformer Secondary Current Regulation at Cirebon Steam Power Plant with a Capacity of 1x1000MW*

Utis Sutisna<sup>1\*</sup>, Dimas Triaji<sup>2</sup>, Fitriawati<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi S1 Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik Widorotomo Purwokerto

Jl. Semangir No. 1 Purwokerto

E-Mail: [utis@stt-widorotmo.ac.id](mailto:utis@stt-widorotmo.ac.id)<sup>1</sup>, [dimas.threeaji@gmail.com](mailto:dimas.threeaji@gmail.com)<sup>2</sup>, [fitriawati@gmail.com](mailto:fitriawati@gmail.com)<sup>3</sup>

\*Penulis Korespondensi

## Abstraksi

Untuk menekan Emisi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) diperlukan *Electrostatic Precipitator* (ESP). PLTU memiliki sistem ESP yang berfungsi untuk mengendalikan dan menekan emisi dari gas buang pembakaran batubara sebelum dialirkan menuju cerobong (*Chimney*). Gas buang akan di *filter* (proses penyaringan) terlebih dahulu didalam ESP sebelum dilepaskan ke atmosfer. Dinamakan *Electrostatic Precipitator* (ESP) karena proses penangkapan abu dari gas buang menggunakan metode arus listrik statis yang nantinya partikel akan ditangkap untuk diendapkan di *hopper*. Pengumpulan data-data yang diperoleh akan diolah guna mengetahui luas efektif pelat pengumpul (*collecting plate*), aspek rasio, kuat medan listrik, kecepatan migrasi partikel (*Particle Migration Velocity*), dan efisiensi ESP. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengaturan (*setting*) arus sekunder rekomendasi trafo ESP berperan besar terhadap efisiensi ESP dalam menekan emisi gas buang, sehingga semakin tinggi nilai efisiensi pada ESP, maka nilai partikulat akan turun. Efisiensi ESP tertinggi terjadi pada tanggal 3/03/2024 sebesar 95,40% dengan beban kinerja dari boiler 37,6% dan nilai partikulat sebesar 4,9 mg/Nm<sup>3</sup>. Sedangkan efisiensi ESP terendah terjadi pada tanggal 9/03/2024 sebesar 93,70% dengan beban kinerja dari boiler 85,4% dan nilai partikulat sebesar 18,6 mg/Nm<sup>3</sup>.

**Kata kunci:** *Electrostatic Precipitator, abu terbang, Sistem Penanganan Abu, Sistem Pemantauan Emisi Berkelanjutan.*

## Abstraction

To reduce Steam Power Plant (PLTU) emissions, an *Electrostatic Precipitator* (ESP) is needed. The PLTU has an ESP system which functions to control and suppress emissions from coal burning flue gas before it flows into the chimney. The exhaust gas will be filtered (filtration process) first in the ESP before being released into the atmosphere. It is called *Electrostatic Precipitator* (ESP) because the process of capturing ash from flue gas uses a static electric current method which will then capture the particles to be deposited in the hopper. The data collected will be processed to determine the effective area of the collecting plate, aspect ratio, electric field strength, particle migration velocity and ESP efficiency. Based on the research that has been carried out, the recommended secondary current setting for the ESP transformer plays a major role in the efficiency of the ESP in reducing exhaust emissions, so that the higher the efficiency value on the ESP, the particulate value will decrease. The highest ESP efficiency occurred on 03/03/2024 at 95.40% with a performance load from the boiler of 37.6% and a particulate value of 4.9 mg/Nm<sup>3</sup>. Meanwhile, the lowest ESP efficiency occurred on 03/09/2024 at 93.70% with a performance load from the boiler of 85.4% and a particulate value of 18.6 mg/Nm<sup>3</sup>.

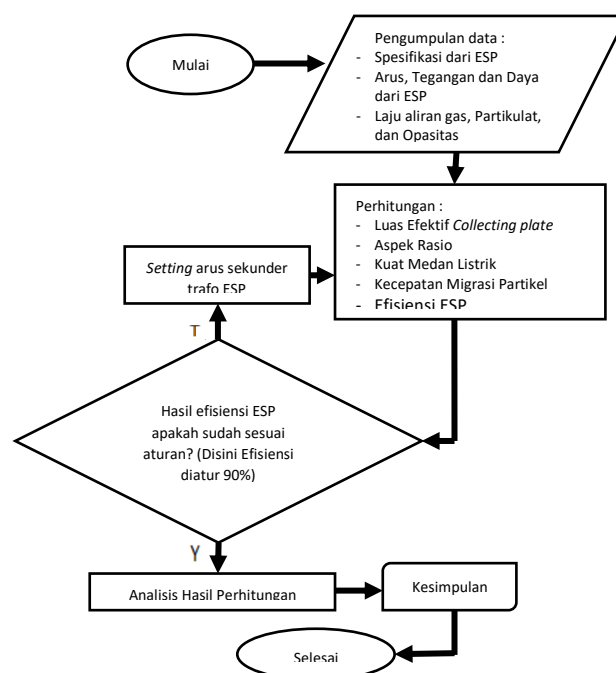
**Keywords:** *Electrostatic Precipitator, fly ash, Ash Handling System, Continous Emission Monitoring System.*

## 1. Latar Belakang

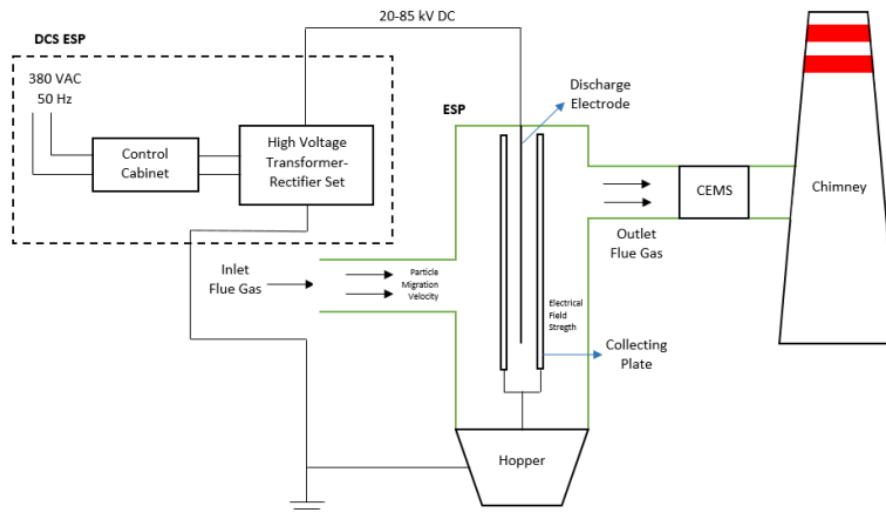
Kapasitas PLTU yang beragam dan semakin besar menghasilkan limbah padat hasil pembakaran dari batubara berupa *Fly Ash Bottom Ash* (FABA) dan gas buang (*Flue Gas*) yang mengandung zat-zat berbahaya menjadi semakin besar pula. Jika sisa pembakaran PLTU batubara tidak ditangani secara serius maka dapat menjadi sumber polusi udara yang mencemari lingkungan sekitar, sehingga lingkungan harus tetap dijaga agar tetap lestari [1]. Batubara yang proses pembakarannya kurang sempurna pada PLTU menghasilkan gas beracun CO (karbon monoksida), Gas  $SO_x$  (sulfur oksida), CO (karbon monoksida),  $CO_2$  (karbon dioksida),  $NO_x$  (nitrogen oksida) merupakan hasil dari pembakaran batubara yang kurang/tidak sempurna didalam ruang bakar pada boiler serta menghasilkan limbah padat berupa partikulat logam berat  $SiO_2$  (silikat) dan debu (*bottom ash* maupun *fly ash*) [2]. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan sistem penanggulangan kadar pencemaran udara melalui metode penyaringan udara hasil pembakaran, yaitu *Electrostatic Precipitator* [1]. *Electrostatic Precipitator* (ESP) yaitu alat pendukung pada PLTU yang berperan untuk menangkap dan menampung abu terbang (*Fly Ash*) sementara hasil dari pembakaran batubara di ruang bakar boiler yang ikut terbawa *Flue Gas*/gas buang. Partikel-partikel gas buang sisa hasil pembakaran batubara akan melewati *Electrostatic Precipitator* untuk ditangkap semaksimal mungkin agar tidak membahayakan dan mencemari lingkungan saat dilepaskan menuju atmosfer [3]. Pada penelitian kali ini akan membahas tentang performa dari ESP yang berkaitan dengan efisiensi ESP berdasarkan beban kinerja pada boiler terhadap pengaturan arus sekunder trafo.

## 2. Metode

Pada penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan cara mencari data di lapangan/site dan diruang kontrol. Data-data yang akan digunakan seperti spesifikasi ESP, spesifikasi trafo ESP, tegangan arus dan daya ESP, laju aliran gas, partikulat, dan opasitas guna dilakukan perhitungan. Efisiensi ESP di atur diatas 90%, apabila belum tercapai maka arus sekunder trafo ESP harus di atur (*setting*) terlebih dahulu hingga tercapai efisiensi ESP diatas 90% guna memperoleh data-data yang akan digunakan dalam penelitian. Hasil perhitungan-perhitungan dari data yang telah diperoleh akan di olah kemudian di analisis. Gambar 1 memperlihatkan *flowchart* penelitian. Gambar 2 menampilkan Alur Sistem ESP. Tabel 1 menampilkan Data Karakteristik Parameter ESP.



Gambar 1 Flowchart Penelitian



Gambar 2 Alur Sistem ESP

Tabel 1 Data Karakteristik Parameter ESP

S.N	Description	Main Specification
1	ESP Model and data	2 FAA 4*45.0 - 3*132.0 - 155.0
		No. Of ESP per boiler: 2 nos.
		No. Of field per ESP: 4 nos.
		No. Of chamber per ESP: 3 nos.
		Effective length of each field: 4.5m
		Effective width of each chamber: 13.2m
2	Effective Cross-sectional Area	Effective width of each chamber * Effective height of each field = 3m * 13.2m * 15.5m = 613.8m <sup>2</sup>
3	Total Effective Collecting Area	No. Of ESP* no. Of field* length of field* height of field* no. Of passages*2 = 2*4*4.5m* 15.5m* 99* 2 = 110.484 m <sup>2</sup>
4	Specific Dust Collective Area	Total effective collecting area/max. Flue gas volume = 110.484m <sup>2</sup> /4,918,649m <sup>3</sup> /h = 80,86m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> /s (Max.Flue gas volume 4,918,649m <sup>3</sup> /h = 3,275,100 Nm <sup>3</sup> /h. 137°C
5	Gas Velocity	Flue gas volume/ESP section area = 4,918,649m <sup>3</sup> /h/613.8 m <sup>2</sup> /2 = 1.11 m/s
6	Aspect Ratio	ESP effective length/ESP effective height 4*4.5m* 15.5m = 1.16
7	Guaranteed Particle Emission	Max. 50 mg/Nm <sup>3</sup> at (one) TR per each ESP out of service
8	Efficiency ( Case-BMCR (Max.Gas))	(inlet dust load-outlet dust emission)/inlet dust load = (4940-50)/4940 = 98.99%
9	Ash flow rate each field hopper	No. 1 field 85%. No. 2 field 11.25%. No. 3 field 2.25%. No. 4 field 0.47%.
10	Hopper Capacity	[S-upper + S-lower+ v(S-upper x S-lower)] * h /3 = [39.955 + 0.16 + v(39.955x0.16)] * 6.9/3 = 98 m <sup>3</sup> (S-upper + 6.1 x 6.55; S-lower = 0.4; h=6.9)
11	Purge air blower Capacity pressure	Purge air fan volume: 16Nm <sup>3</sup> /min. Pressure 98 Kpa
12	Rapping force	Collecting rapping force : 150g. Emitting rapping force : 50g.
13	Hopper vibrator power	0.06KW
14	ESP thermal expansion : Results shall be included with proper drawing	Expansion capacity ΔL = α*ΔT*L. Detailed explanation to be listed in the document CB2-V-HDE-01-20001. General Arrangement Drawing for ESP.
15	Insulation area / Insulation thickness	Insulation area : 34500m <sup>2</sup> . Insulation thickness : hopper-150mm. Casing-100mm.
16	T/R power consumption	K-----SCR RECTIFIER EQUIPMENT CONVERSION FACTOR (0.2-0.75) : P-----RATED CAPACITY OF SCR RECTIFIER EQUIPMENTS (kVA) : K*P = 0.38* (1.6*72kW/0.7) + 62.7 KW

Alur sistem ESP sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 dapat dijelaskan sebagai berikut.

*Flue Gas* PLTU masuk menuju ESP melalui Inlet ESP dan disini terdapat kecepatan migrasi dari partikel yang masuk ke dalam ESP. Kecepatan partikel saat melalui ESP berpengaruh terhadap Efisiensi ESP saat menangkap partikel yang terkandung pada gas buang oleh pelat pengumpul (*collecting plate*) [4]. Aliran *Flue Gas* akan melalui *Discharge Electrode* yang dialiri listrik dari Trafo Rectifier, sehingga partikel yang terdapat pada *Flue Gas* akan menjadi bermuatan negatif. *Collecting Plate* bermuatan positif akan menarik partikel-partikel bermuatan negatif, disinilah terjadi tarik menarik antara partikel bermuatan negatif dan positif.

Partikel yang telah tertangkap pada *Collecting Plate* karena adanya tarik menarik antara muatan negatif dan positif akan terkumpul kemudian sistem *Rapping* akan menjalankan tugasnya untuk melakukan proses pemukulan (*Hammering*) pada permukaan pemukulan *Collecting Plate* sehingga partikel-partikel yang telah tertangkap berupa *Fly Ash* akan jatuh dan tertampung di penampung (*Hopper*). Sebagian besar partikel *Fly Ash* seperti kaca (amorf) di alam terdiri atas partikel lembut atau halus, berongga atau padat, dan tepung berbentuk bulat yang dominan [5]. Berdasarkan komponen yang terkandung didalamnya, *Fly Ash* masuk kedalam kategori limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dikarenakan dapat mencemari lingkungan dengan kandungan oksida logam beratnya [6].

Udara tercemar terjadi karena adanya elemen-elemen penyebab pencemaran udara yang menjadi sumber bahan pencemar udara penghasil polutan, dampak negatif yang ditimbulkan terhadap manusia dan juga lingkungan menyebabkan menurunnya kualitas udara yang terjadi karena adanya faktor pencemar berinteraksi di atmosfer [7]. *Flue Gas* yang telah melewati penyaringan dari proses tarik menarik antara partikel negatif dan positif akan langsung menuju ke cerobong untuk dilepaskan ke atmosfer yang sudah berupa udara bersih. Partikel yang telah ditampung didalam *Hopper* ESP akan di transfer menuju *silo* penampungan akhir untuk dikumpulkan menjadi satu. Sistem ESP terbukti sangat efektif untuk menekan partikel-partikel berbahaya yang terkandung dalam gas buang. Gas buang yang mengandung partikel berbahaya pada *Fly Ash* (seperti bahan kimia, asam, dan arsenik) dapat ditangkap hingga 99,9 % pada beberapa sistem ESP, tergantung pada desain sistem ESP dan tegangan, ukuran partikel dan komposisi bahan kimia partikel yang terkandung, *flow*/aliran dari gas buang dan suhu [8]. *Fly Ash* yang telah terkumpul di *silo* akan di manfaatkan oleh pihak lain sebagai campuran bahan baku dari semen dan lain-lain.

Perhitungan dalam penelitian ini meliputi perhitungan yang digunakan untuk mengetahui kinerja dari ESP sebagaimana perhitungan berikut ini.

#### A. Perhitungan Kuat Medan Listrik

Kuat medan listrik yaitu jumlah gaya listrik yang diperlukan untuk menciptakan medan listrik, atau efek dari adanya muatan listrik seperti ion, elektron, dan juga proton disekitar partikel listrik. Maka dapat dijelaskan dalam persamaan berikut ini:

$$E = \frac{V}{d} \quad (1)$$

Dimana:

E = Kuat Medan Listrik (V/m)

V = Tegangan output transformer (V)

d = Jarak antara *discharge electrode* dengan *collecting plate* (m)

#### B. Perhitungan Luas Efektif *Collecting Plate*

*Collecting plate* memiliki perhitungan rumus persamaan luas permukaan efektifnya yaitu:

$$A = p \times l \times 2 \text{ (permukaan)} \quad (2)$$

Dimana :

A = Luas pelat pengumpul (*collecting plate*) (m<sup>2</sup>)

p = Panjang pelat (m)

l = Lebar pelat (m)

Sedangkan rumus dalam perhitungan banyaknya pelat pengumpul (*collecting plate*) dapat dijelaskan dalam persamaan berikut:

$$\text{Baris} \times \text{Kolom} \times \text{Field} \times \text{Jumlah ESP} \quad (3)$$

Sehingga rumus perhitungan untuk mencari luas efektif dari pelat pengumpul (*collecting plate*) digunakan persamaan seperti berikut:

$$A = \text{Luas permukaan} \times \text{Jumlah Collecting Plate} \quad (4)$$

#### C. Perhitungan Luas Spesifik *Collecting Plate*

Rumus perhitungan luas spesifik *collecting plate* (SCA) dapat di lihat dalam persamaan berikut:

$$SCA = \frac{\text{Jumlah luas permukaan collecting plate (m}^2\text{)}}{\text{Kapasitas aliran gas buang } \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)} \quad (5)$$

#### D. Perhitungan Aspek Rasio

Rumus perhitungan nilai dari aspek rasio menggunakan persamaan:

$$AR = \frac{\text{Panjang efektif pelat pengumpul (m)}}{\text{Tinggi efektif pelat pengumpul (m)}} \quad (6)$$

Sedangkan perhitungan rumus mencari panjang efektif dari pelat pengumpul menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Jumlah Susunan Memanjang} \times \text{Lebar Pelat} \times 3 \quad (7)$$

#### E. Kecepatan Migrasi Partikel

Kecepatan migrasi partikel dapat dapat dinyatakan dengan rumus perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$\omega = \frac{2 K0paEcEp}{3\mu} \quad (8)$$

Dimana:

$\omega$  = Kecepatan Migrasi Partikel (m/s)

P = Tekanan/*Pressure* (1 atm)

a = Jari-jari Partikel (m)

Ec = Kuat Medan listrik (V/m)

Ep = Kuat Medan *Precipitator* (V/m) (Dapat dianggap Ec = Ep = E)

$\mu$  = Viskositas Gas

K0 = *Permittivity* (8,85 x 10<sup>-12</sup> F/m)

Kecepatan migrasi partikel mempunyai persamaan lain, yaitu:

$$\omega = -\frac{Q}{A} \times \ln(1 - \eta) \quad (9)$$

Keterangan:

$\omega$  = Kecepatan migrasi partikel (m/s)

Q = Laju aliran gas (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas media penangkap (m<sup>2</sup>)

$\eta$  = Efisiensi ESP (%)

#### F. Efisiensi Pengumpulan Partikel

Efisiensi pengumpulan partikel pada ESP ini dikenal dengan persamaan Deutsch-Anderson. Berikut ini rumus perhitungan dari persamaan Deutsch-Anderson :

$$\eta = 1 - e^{-\left(\frac{WA}{Q}\right)} \quad (10)$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi ESP (%)

$\omega$  = Kecepatan migrasi partikel (m/s)

A = Luas media penangkapan (m<sup>2</sup>)

Q = Laju aliran gas (m<sup>3</sup>/s)

e = Bilangan napier

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### A. Setting Arus Sekunder Trafo ESP

Pada tahapan ini *setting* arus sekunder trafo mula-mula berdasarkan beban kinerja *Boiler* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Data aktual trafo diperoleh saat beban kinerja *boiler* 37,6 % pada tanggal 03 Maret 2024.

**Tabel 2** Data Aktual Trafo ESP A & B 03/03/2024

ESP A & B	V	A	kW	kV	mA	Sett arus (mA)
111	86	41	5	25	99	100
112	78	42	5	21	99	100
113	75	42	3	38	99	100
114	73	41	3	20	99	100
121	85	40	3	21	99	100
122	79	43	6	20	99	100
123	75	41	5	20	100	100
124	73	40	3	18	99	100
131	87	45	9	24	99	100
132	78	41	4	21	99	100
133	73	40	3	20	99	100
134	73	41	4	18	100	100
211	88	42	5	27	99	100
212	76	39	4	21	100	100
213	72	41	5	19	99	100
214	74	43	4	18	99	100
221	95	43	5	26	99	100
222	79	41	5	21	99	100
223	75	41	3	19	99	100
224	73	42	5	19	99	100
231	92	41	6	27	100	100
232	77	40	4	21	99	100
233	77	42	3	19	99	100
234	74	41	5	19	99	100
Rata-rata	78,62	41,37	4,45	21,75	99,16	100

#### B. Kuat Medan Listrik

Data hasil perhitungan Kuat Medan listrik ESP ditunjukkan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Data hasil perhitungan Kuat Medan listrik ESP A & B selama 14 hari.

No	Tanggal	V (kV)	d (m)	E (V/m)
1	3 Maret 2024	21,75	0,2	108,75
2	4 Maret 2024	26,79	0,2	133,95
3	5 Maret 2024	28,70	0,2	143,5
4	6 Maret 2024	28,91	0,2	144,55
5	7 Maret 2024	27,75	0,2	138,75
6	8 Maret 2024	27,54	0,2	137,7
7	9 Maret 2024	27,25	0,2	136,25
8	10 Maret 2024	27,29	0,2	176,83
9	11 Maret 2024	23,04	0,2	154,1
10	12 Maret 2024	19,87	0,2	99,45
11	13 Maret 2024	23,04	0,2	156,00
12	14 Maret 2024	27,41	0,2	176,75
13	15 Maret 2024	27,33	0,2	176,79
14	16 Maret 2024	25,29	0,2	161,70

Berdasarkan pada Tabel 3 didapatkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (1), kuat medan listrik yang berbeda tiap harinya dikarenakan beban kinerja boiler tidak sama tiap harinya.

### C. Kecepatan Migrasi Partikel dan Efisiensi ESP

Kecepatan partikel saat melewati ESP mempengaruhi efisiensi ESP dalam menangkap partikel yang terkandung pada gas buang oleh pelat pengumpul (*collecting plate*) [8]. Berdasarkan Tabel 4, diperoleh hasil perhitungan kecepatan migrasi partikel dengan menggunakan persamaan (8) selama 14 hari rata-rata yaitu 0,03452 m/s. Perhitungan efisiensi Efisiensi ESP aktual dengan menggunakan persamaan (10) rata-rata 94,47%. Rata-rata efisiensi ESP aktual masih kurang dari efisiensi ESP sesuai desain (98,99 %) tetapi hasil rata-rata efisiensi ESP sudah berada diatas batas 90% sehingga tidak perlu lagi dilakukan pengaturan arus sekunder trafo ESP.

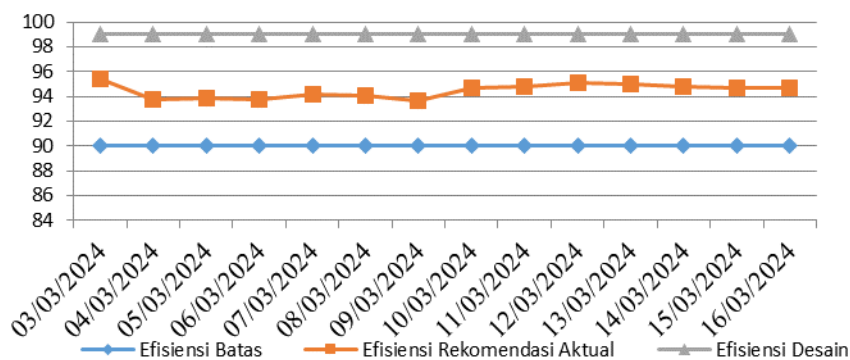
**Tabel 4** Data Hasil Perhitungan Kecepatan Migrasi Partikel Dan Efisiensi Dari ESP A & B Selama 14 Hari

No	Tanggal	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\omega$ (m/s)	$\eta$ (%)
1	3 Maret 2024	601,99	0,02612	95,40
2	4 Maret 2024	976,63	0,03804	93,79
3	5 Maret 2024	966,68	0,03761	93,83
4	6 Maret 2024	973,22	0,03789	93,80
5	7 Maret 2024	885,54	0,03843	94,18
6	8 Maret 2024	918,72	0,03987	94,04
7	9 Maret 2024	998,35	0,04322	93,70
8	10 Maret 2024	756,93	0,03285	94,73
9	11 Maret 2024	742,87	0,03224	94,79
10	12 Maret 2024	668,20	0,02900	95,11
11	13 Maret 2024	688,54	0,02988	95,03
12	14 Maret 2024	733,89	0,03185	94,83
13	15 Maret 2024	772,34	0,03352	94,67
14	16 Maret 2024	756,67	0,03283	94,73
	Rata-rata	817,18	0,03452	94,47

### D. Efisiensi ESP berdasarkan Kinerja Boiler

Dapat dilihat dari Gambar 3 grafik perbandingan efisiensi ESP berdasarkan beban kinerja dari boiler dapat disimpulkan bahwa usia trafo yang masih prima mampu mencapai efisiensi diatas 90% dengan mudah sehingga ESP masih mampu beroperasi dengan optimal. Efisiensi *Electrostatic Precipitator* berhubungan erat dengan nilai dari emisi gas buang pada PLTU yang keluar melalui cerobong (*Stack*) dan dimonitoring menggunakan gas analyser atau sering disebut data *Continuous Emmision Monitoring System (CEMS)*.

Efisiensi ESP



**Gambar 3** Grafik Perbandingan Efisiensi Elctrostatic Precipitator Batas, Rekomendasi Aktual dan Desain.

#### E. Hubungan Efisiensi ESP dengan Emisi Gas Buang

Besarnya efisiensi ESP dipengaruhi oleh kuat medan magnetnya, semakin besar arus maka akan semakin besar juga kuat dari medan magnetnya [9]. Penangkapan debu dengan metode ESP memiliki efektifitas yang cukup tinggi yaitu mencapai diatas 99,84% [10]. Berdasarkan Tabel 5 diatas diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi efisiensi pada ESP maka nilai partikulat akan turun, ini berarti efisiensi ESP sangat berperan besar dalam menekan emisi dari gas buang. Bisa dilihat pada tabel bahwa Efisiensi ESP tertinggi terjadi pada tanggal 3/03/2024 sebesar 95,40% dengan beban kinerja dari boiler 37,6% dan nilai partikulat sebesar 4,9 mg/Nm<sup>3</sup>. Sedangkan efisiensi ESP terendah terjadi pada tanggal 9/03/2024 sebesar 93,70% dengan beban kinerja dari boiler 85,4% dan nilai partikulat sebesar 18,6 mg/Nm<sup>3</sup>.

**Tabel 5** Hubungan Efisiensi ESP Dengan Emisi Gas Buang

No	Tanggal	Partikulat (mg/Nm <sup>3</sup> )	Opasitas ESP A (mg/m <sup>3</sup> )	Opasitas ESP B (mg/m <sup>3</sup> )	$\eta$ (%)	Beban Kinerja Boiler (%)
1	3 Maret 2024	4,9	8,8	9,4	95,40	37,6
2	4 Maret 2024	12,9	19,4	19,4	93,79	84,8
3	5 Maret 2024	14,5	18,8	18,8	93,83	85,3
4	6 Maret 2024	13,8	46,3	20,0	93,80	86,2
5	7 Maret 2024	9,4	20,0	17,5	94,18	86,4
6	8 Maret 2024	11,0	42,5	19,4	94,04	85,7
7	9 Maret 2024	18,6	23,8	18,8	93,70	85,4
8	10 Maret 2024	7,5	20,0	13,8	94,73	85,6
9	11 Maret 2024	6,8	14,4	8,1	94,79	43,2
10	12 Maret 2024	5,6	14,4	9,4	95,11	36,2
11	13 Maret 2024	14,7	16,9	31,3	95,03	43,5
12	14 Maret 2024	10,6	26,3	18,8	94,83	86,5
13	15 Maret 2024	11,1	25,0	19,4	94,67	84,2
14	16 Maret 2024	8,4	19,4	14,4	94,73	63,5
	Rata-rata	10,62	22,57	17,03	94,47	71,00

## 4. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Nilai efisiensi *Electrostatic Precipitator* (ESP) di PLTU Cirebon 2, 1x1000 MW bervariasi tergantung besarnya arus sekunder pada trafo ESP berdasarkan beban kinerja dari boiler.

Usia trafo yang masih prima dikarenakan merupakan unit PLTU yang masih baru, sehingga mampu mencapai efisiensi diatas 90% dengan mudah dan ESP beroperasi dengan optimal. Selain itu, setting arus sekunder trafo tidak perlu dilakukan lagi karena nilai efisiensi rata-rata sudah diatas 90%

Efisiensi ESP sangat berperan besar dalam menekan emisi dari gas buang, sehingga semakin tinggi nilai efisiensi pada ESP, maka nilai partikulat akan turun. Efisiensi ESP tertinggi terjadi pada tanggal 3 Maret 2024 sebesar 95,40% dengan beban kinerja dari boiler 37,6% dan nilai partikulat sebesar 4,9 mg/Nm<sup>3</sup>. Sedangkan efisiensi ESP terendah terjadi pada tanggal 9 Maret 2024 sebesar 93,70% dengan beban kinerja dari boiler 85,4% dan nilai partikulat sebesar 18,6 mg/Nm<sup>3</sup>.

### Saran

Dalam melakukan pengaturan arus sekunder trafo masih menggunakan metode manual, diharapkan dimasa yang akan datang ditemukan pembaruan suatu program sistem yang dapat mengatur besar kecilnya arus sekunder trafo secara otomatis berdasarkan beban kerja pada boiler sehingga efisiensi ESP beroperasi andal dan optimal.

Diperlukan penginstalan aplikasi data CEMS untuk memudahkan dalam melakukan pemantauan emisi gas buang dan partikel terlarut yang mempunyai parameter lebih lengkap di ruang kontrol *Ash Handling*.



**Daftar Pustaka**

- [1] Afrian, N., Firdaus., Edy Ervianto. (2015). Analisa Kinerja *Electrostatic Precipitator* (ESP) Berdasarkan Tegangan DC Yang Digunakan Terhadap Perubahan Emisi Di *Power Boiler* Industri *Pulp And Paper*. Universitas Riau.
- [2] Yunita, E (2017). Analisis Potensi Dan Karakteristik Limbah Padat *Fly Ash* Dan *Bottom Ash* Hasil Dari Pembakaran Batubara Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Semen Tonasa. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- [3] Rohmanda, N. (2020). Pengaruh *Overhaul* Terhadap Perhitungan Efisiensi Pada *Electrostatic Precipitator* Di PLTU Banten 3 Lontar Omu. Institut Teknologi PLN. Jakarta.
- [4] Ahmaruzzaman, M. (2010). A review on the utilization of fly ash. *Progress in Energy and Combustion Science*, 36(3), 327–363. <http://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.11.003>.
- [5] Wardani, Letdi Desisandi Kusuma. (2018). Karakteristik Fly Ash(Abu Layang) Batubara sebagai Material Adsorben Pada Limbah Cair Yang Mengandung Logam. Universitas Negeri Yogyakarta.
- [6] Prabowo, Kuart dan Burhan, Muslim, 2018. *Penyehatan Udara*. Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- [7] Hosansky, D. (2021). *Electrostatic Precipitator*. *Encyclopedia Britannica*, 22 Apr. 2021, <https://www.britannica.com/technology/electrostatic-precipitator>.
- [8] Sepfitrah, dan Rizal, Y. (2015). Analisis *Electrostatic Precipitator* (ESP) Untuk Penurunan Emisi Gas Buang Pada *Recovery Boiler*,” *J. APTEK*, vol. 7.
- [9] Winarno. (2020). Analisis Kinerja *Electrostatic Precipitator* (ESP) Berdasarkan Pembagian Besarnya Arus *Transformator* di PT PJB UBJOM PLTU Paiton. Universitas Panca Marga Probolinggo.
- [10] Fitrianto, A. (2018) Analisa Kinerja *Electrostatic Precipitator* (ESP) Berdasarkan Hasil Perubahan Emisi Pada *Power Boiler* Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Studi Kasus Di PLTU Lestari Banten *Energy*). Universitas Teknologi Yogyakarta.