

Distribution analysis of particulate matter from exhaust gas incinerator

Agung Sudrajad^{a,1}, Mekro Permana^a, Suryo Prayogo^a, Sunardi^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

¹agung@untirta.ac.id

ABSTRACT

The Incinerator is equipment for waste processing technologies through direct combustion with sufficient air and at high temperatures. Using an incinerator, it can convert waste material into residual combustion gas and ash (bottom ash and fly ash). An electrostatic precipitator (ESP) is a filtration medium that minimizes particles such as fly ash from flue gas during the combustion process. The ESP concept uses an induced electrostatic charge to catch the small particles, such as fly ash and other particles in the plate of the ESP system. The sample test is analyzed by Scanning Electron Microscope (SEM) to determine the size of the exhaust gas particulate matter from the combustion of the Incinerator. Sampling of exhaust gas is taken from the combustion of the Incinerator through filter paper. The results analysis of the SEM test without using the ESP filter shows a total area of 13470.4 μm^2 and an average particulate area of 1036.2 μm^2 . Moreover, while using the ESP filter, the total area was 15621.2 μm^2 and the average particulate area was 1201.6 μm^2 . It concluded that using an electrostatic precipitator (ESP) filter is effective in catching very small ash particles and protecting our environment.

Keywords: *Particulate matter, incinerator, SEM, ESP*

Received 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

PENDAHULUAN

Incinerator adalah salah satu teknologi pengolahan sampah melalui pembakaran langsung dengan udara yang mencukupi dan pada temperatur yang tinggi. Dengan menggunakan alat ini dapat mengubah material sampah menjadi gas sisa pembakaran dan abu (*bottom ash* dan *fly ash*). Pada ruang bakar incinerator, temperature pada ruang pembakaran mencapai 800 hingga 1100°C serta menghasilkan gas buang dengan temperature yang tinggi.

Dengan pembakaran menggunakan temperatur yang tinggi, membuat sampah mengalami oksidasi dan berubah fasa dari padatan atau cairan menjadi gas, yang utamanya dalam bentuk CO₂ (karbon dioksida), H₂O (air) dan abu hasil proses pemakaran. Dengan perubahan fasa ini, incinerator menjadi lebih efektif dalam pengolahan sampah karena dapat mengurangi volume sampah sebanyak 80 hingga 90%, dengan abu sebagai residu.

Electrostatic Precipitator (ESP) merupakan media filtrasi untuk meminimalisir partikel – partikel seperti abu (*fly ash*) dan asap (*smoke*) dari *flue gas* pada saat proses pembakaran. Konsep ESP menggunakan muatan elektrostatis terinduksi untuk menghalangi partikel seperti abu (*fly ash*) dan asap (*smoke*) serta partikel

lainnya agar tidak tecampur dengan *flue gas*. Dengan konsep ini dapat menurunkan level debu hingga 20 hingga 150 mg/Nm³ tergantung dengan desain *Electrostatic Precipitator* (ESP) yang digunakan. Selain itu, terdapat juga tipe *Wet Electrostatic* yang berfungsi untuk memisahkan debu (*fly ash*), air, partikel submikron lainnya dari *flue gas*.

Konsep dasar *Electrostatic Precipitator* (ESP) yaitu dialirkan gaya elektrostatis kepada partikel gas yang menyebabkan tekanan gas menurun dan partikel gas akan ditangkap oleh plat yang telah di beri muatan listrik tegangan tinggi. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan *Electrostatic Precipitator* (ESP) sebagai filter asap pada *incinerator*, partikel emisi yang dapat di tangkap sebanyak 99% dengan menggunakan konsep penurun tekanan.

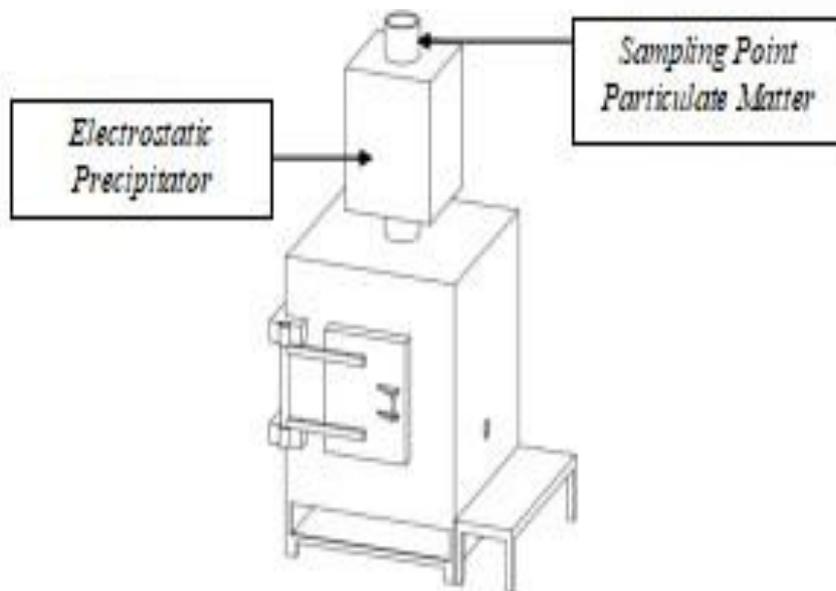
Particulate Matter (PM) adalah campuran kompleks partikel padat dan cair yang tersuspensi di udara. Ukuran, komposisi kimia, dan sifat fisik dan biologi partikel berbeda dengan lokasi dan waktu. Variabilitas tingkat polutan ini berasal dari perbedaan sumber polutan (Adams, et al., 2015). *Particulate Matter* (PM) memiliki ukuran besar yang beragam, dari yang memiliki diameter sebesar 0,005 μm (partikel halus) hingga yang memiliki diameter 100 μm (partikel kasar) (EPA, 2014).

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan

untuk keperluan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011).

METODELOGI PENELITIAN

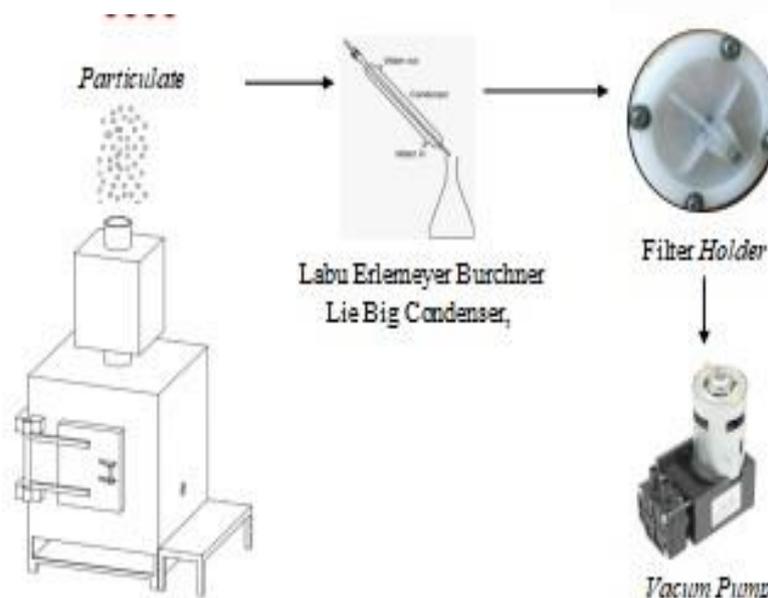
Sampling point merupakan titik untuk pengambilan data yang letaknya ada pada *incinerator* yang bertujuan untuk memudahkan penulis dalam proses pengambilan data. Adapun ilustrasi dari *sampling point* pada *incinerator* adalah sebagai berikut.



Gambar 1. *Sampling Point*

Terdapat satu titik pengambilan sampel yang terletak cerobong *incinerator*, dimana sampel yang diambil pada saat menggunakan

Electrostatic Precipitator (ESP) dan tidak *Electrostatic Precipitator* (ESP)

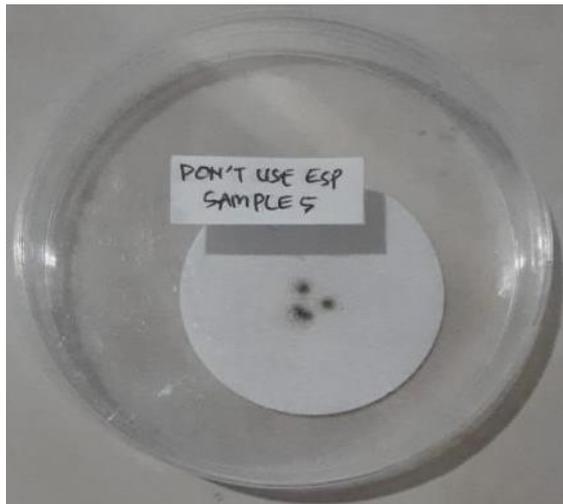


Gambar 2. Prosedur Pengambilan Data

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Energi kampus Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Untuk mendapatkan data yang diperlukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dapat dilihat hasil dari emisi *particulate* tanpa menggunakan filter *Electrostatic Precipitator* (ESP). Pada *Filter paper* menghasilkan warna hitam yang tebal, menandakan bahwa proses eksperimen menghasilkan *particulate* yang lebih banyak.



Gambar 3. Emisi *particulate* tanpa Filter (ESP)

Dapat dilihat hasil dari emisi *particulate* menggunakan filter *Electrostatic Precipitator* (ESP). Pada *Filter paper* menghasilkan warna hitam yang tidak terlalu tebal, menandakan bahwa proses eksperimen menghasilkan *particulate* yang lebih sedikit dibandingkan dengan tanpa menggunakan filter.

Pada pengujian SEM kali ini ditinjau melalui permukaan hasil eksperimen pada sampel *filter paper* tanpa menggunakan filter *Electrostatic*

Precipitator (ESP), sebelum melakukan pengujian SEM terlebih dahulu dilakukan *sputtering* menggunakan Au dan Ag dalam keadaan vakum. Pengujian dengan pembesaran 4000 \times . Pada Gambar 6 dapat dilihat karakteristik ukuran dari *particulate matter* (PM) yang dihasilkan dari proses eksperimen pada incinerator tanpa menggunakan filter *Electrostatic Precipitator* (ESP). Dari hasil pengujian SEM tersebut, luas area partikulat. Dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 4. Emisi *particulate* menggunakan Filter (ESP)

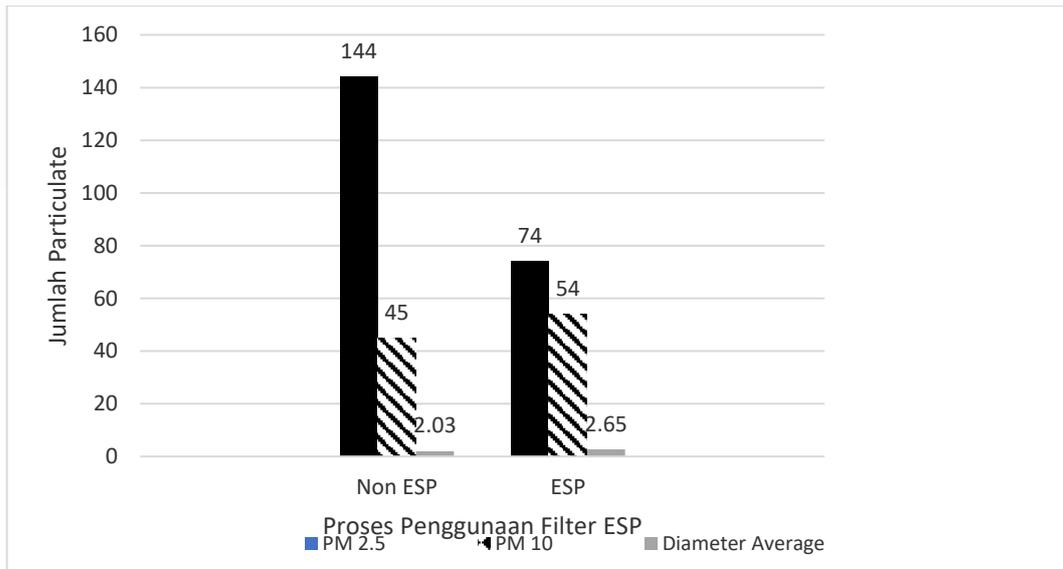
Pada tabel 1 menampilkan data *particulate* yang dihasilkan dari proses eksperimen pada incinerator tanpa menggunakan filter *Electrostatic Precipitator* (ESP). Jumlah PM 2.5 sebanyak 144 *particulate* dan PM 10 sebanyak 10 *particulate*. Dari banyaknya *particulate* dan diameter total yang terdapat pada *sample* diperoleh nilai diameter *average*.

Tabel 1. Hasil uji SEM Diameter PM tanpa Filter ESP

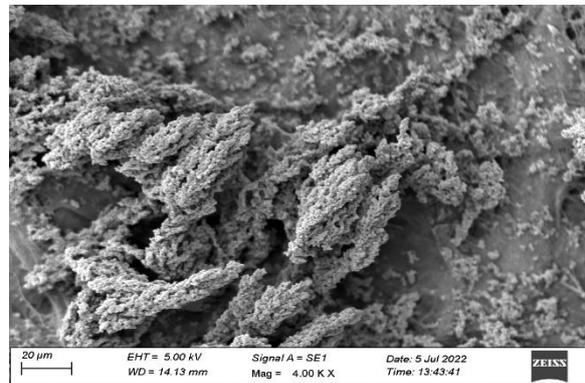
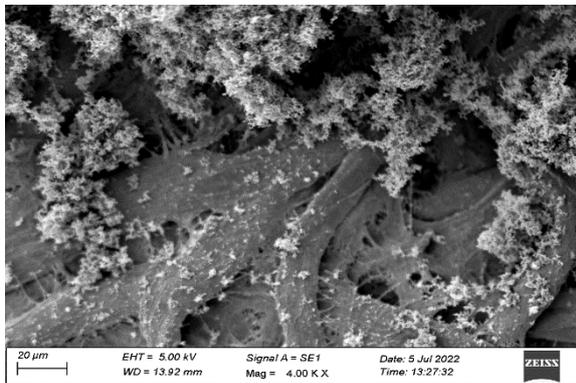
Jumlah <i>Particulate</i>		Diameter Total (μm)	Diameter <i>Average</i> (μm)
PM 2.5	PM 10		
144	45	383,25	2,03

Tabel 2. Hasil Uji SEM Diameter PM dengan Filter ESP

Jumlah <i>Particulate</i>		Diameter Total (μm)	Diameter <i>Average</i> (μm)
PM 2.5	PM 10		
74	54	339,75	2,65



Gambar 5. Grafik Jumlah Particulate Matter PM 10 dan PM2,5



Gambar 6. . Photo Hasil Pengujian SEM

Hasil pengujian SEM juga menunjukkan bahwa tanpa menggunakan filter ESP luas area total particulate adalah sebesar $13470,4 \mu\text{m}^2$ dan luas area average partikulat sebesar $1036,2 \mu\text{m}^2$, sedangkan dengan menggunakan filter ESP Luas area total sebesar $15621,2 \mu\text{m}^2$ dan luas area average partikulat sebesar $1201,6 \mu\text{m}^2$.

KESIMPULAN

Dari pelaksanaa penelitian serta pengujian beberapa hal dapat diambil kesimpulan:

1. Data *particulate* yang dihasilkan dari proses eksperimen pada incinerator tanpa menggunakan filter *Electrostatic Precipitator* (ESP). Jumlah PM 2.5 sebanyak 144 *particulate* dan PM 10 sebanyak 45 *particulate*. Dari banyaknya *particulate* didapatkan diameter total sebesar $383,25\mu\text{m}$ dan nilai diameter average sebesar $2,05\mu\text{m}$.

2. Data *particulate* yang dihasilkan dari proses eksperimen pada incinerator tanpa menggunakan filter *Electrostatic Precipitator* (ESP). Jumlah PM 2.5 sebanyak 74 *particulate* dan PM 10 sebanyak 54 *particulate*. Dari banyaknya *particulate* didapatkan diameter total sebesar 339

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afrian, N., Firdaus, dan E, Ervianto. 2015. Analisa Kinerja *Electrostatic Precipitator* (ESP) Berdasarkan Besarnya Tegangan DC yang Digunakan Terhadap Perubahan Emisi di Power Boiler Industri *Pulp and Paper*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau 2015. Pekanbaru.
- [2] Agung, F.S., Moch, D., dan Soemarwanto. 2012. Perancangan dan Pembuatan Model Miniatur *Electrostatic Precipitator* (Pengendap Debu *Elektrostats*) Untuk Mengurangi Partikel Debu Gas Buang Pabrik Gula Krebet Baru I Kabupaten

Malang. Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya 2013. Malang.

- [3] Ardyanto, C. P. 2018. Rancang Bangun *Electrostatic Precipitator* (ESP) sebagai Sub Sistem Penyaringan Udara pada *Atmospheric Water Generator*. Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang.
- [4] Fitrianto, A. 2018. Analisa Kinerja *Electrostatic Precipitator* (ESP) berdasarkan Hasil Perubahan Emisi pada Power Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Elektro Universitas Teknologi Yogyakarta.
- [5] Maria Son, P., dan Susianti, E. 2019. Pemodelan *Electrostatic Precipitator* Jenis *Plate to Plate* Menggunakan *Finite Element Method*. Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro UIN Suska Riau 2019. Pekanbaru.
- [6] Sepfitrah dan Rizal, Y., (2015), Analisis *Electrostatic Precipitator* (ESP) Untuk Penurunan Emisi Gas Buang Pada *Recovery Boiler*, Jurnal Aptek, 7(1), 53–64.
- [7] Sudrajad, A., dan Firmansyah, W. 2019. Studi Variasi Tegangan *Discharge* Pada Alat *Electrostatic Precipitator* Untuk Filter Udara. Jurnal Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa 2019. Banten.
- [8] Sudrajad, A., dan Herdyansyah, M. 2020. Studi Diameter *Particulate Matter* Pada Penggunaan Zeolit Bayah Untuk Aplikasi Filter Gas Buang Motor Diesel. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa 2020. Banten.