

## ***REVIEW CARA KERJA ELECTROSTATIC PRECIPITATOR***

**Tulus Setiyanto**

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro

Universitas Islam Nahdlatul Ulama Jepara

Email: 50setiyanto@gmail.com

### **ABSTRAK**

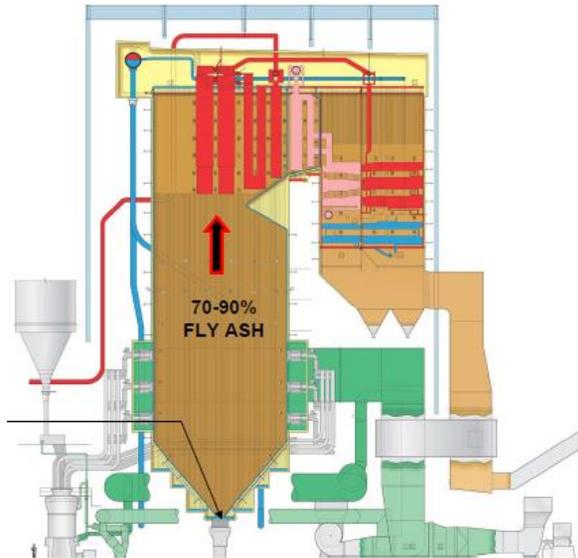
Pada era industri sekarang ini, isu lingkungan sangat menjadi hal yang sangat diperhitungkan untuk menjaga kelestarian lingkungan dan alam agar senantiasa aman dan terhindar jadi pencemaran, semakin berkembangnya industri otomatis semakin banyak pabrik yang dibangun sehingga semakin banyak dampak lingkungan yang dihasilkan oleh berkembangnya dunia industri, salah satunya adalah pencemaran udara akibat perkembangan industri, polutan debu yang dilepaskan di udara sesuai peraturan perundangan yang ditetapkan oleh kementerian lingkungan hidup (KLHK) untuk PM 10 Partikel 10  $\mu\text{m}$  adalah 150  $\mu\text{gm}$  3, maka perlu kajian untuk mendukung peraturan pemerintah dan dibutuhkan teknologi untuk mendukung peraturan pemerintah, salah satunya dengan teknologi *Electrostatic Precipitator* untuk dapat mengendalikan jumlah polutan debu diudara dari sisa hasil produksi. Harapannya adalah semua industri yang menyumbang polutan debu diudara dapat menerapkan teknologi ini untuk ikut serta menjaga lingkungan dan mengikuti peraturan pemerintah yang ada.

**Kata kunci:** Polusi, Debu, *Electrostatic Precipitator*, Industri.

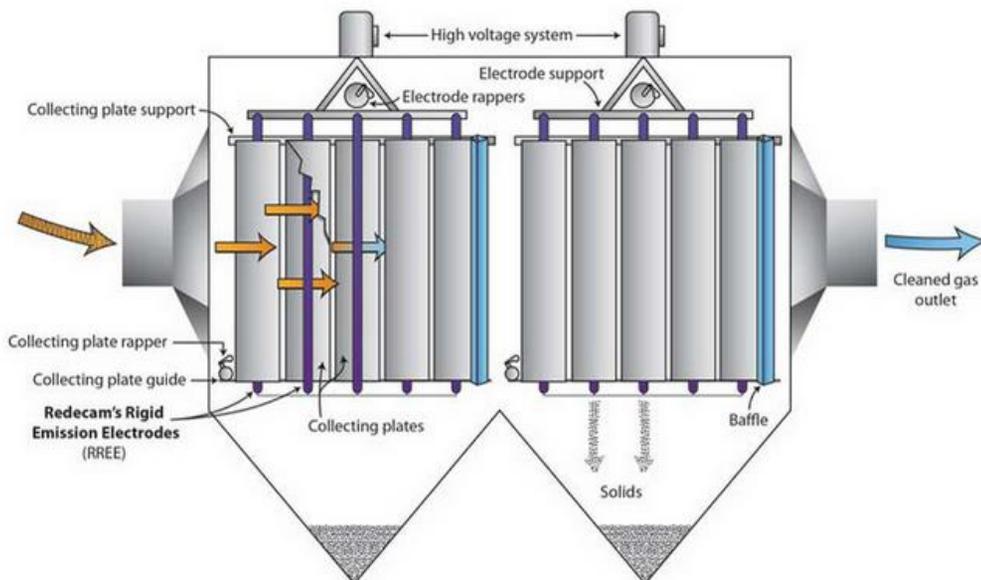
### **1. PENDAHULUAN**

*Electrostatic Precipitator* adalah salah satu jenis filter yang menggunakan listrik statis dalam pengoperasiannya untuk menghilangkan debu / abu / jelaga dari gas buangan dari boiler sebelum gas tersebut dibuang ke udara bebas melewati cerobong asap. Sekilas tentang pembangkit listrik tenaga uap bahan bakaryang digunakan adalah bahan bakar batubara, batubara dibakar sebagai bahan bakar dalam boiler untuk memanaskan air menjadi uap yang akan digunakan untuk memutar turbin uap sehingga menghasilkan energi listrik karena putaran dari turbin uap disambungkan dengan generator, pada proses pembakaran batubara ini terdapat abu jatuh dan abu terbang, abu terbang inilah yang lebih berbahaya karena akan dilepaskan diudara dan mencemari lingkungan, untuk menangani masalah ini diperlukan sebuah saringan yang efisien dengan skala besar untuk menyaring abu terbang ini maka dipasang *Electrostatic precipitator* untuk menangkap abu terbang agar udara yang keluar dari cerobong asap bersih dari abu terbang (1).

Dari data yang dapat diambil dari hasil pembakaran batubara di boiler sekitar 70 – 90 % batubara yang dibakar akan keluar sebagai abu terbang angka ini termasuk sangat besar mengingat batubara yang dibakar di boiler bisa sampai 100 ton dalam satu jam sesuai kapasitas dari pembangkit listrik tersebut. Sebagai gambaran umum dijelaskan pada gambar 1 bagaimana jumlah abu terbang yang keluar dari boiler sangatlah besar sehingga bila tidak di lakukan proses penyaringan batubara akan berdampak besar pada lingkungan. Jadi secara sederhana, fungsi dari *Electrostatic Precipitator* adalah untuk memisahkan karbon yang tidak terbakar dari asap hasil pembakaran agar tidak mencemari lingkungan dan membahayakan manusia. Jenis dari karbon yang dimaksud di sini bisa berbeda-beda tergantung pada komposisi kimia dari produk yang dibakar. Pembangkit listrik tertentu mungkin berupaya menghilangkan polutan berupa sulfur dioksida, atau pembangkit listrik lain ingin meminimalkan jumlah abu yang dihasilkan pembakaran.



**Gambar 1. Boiler**



**Gambar 2. Electrostatic Precipitator**

*Electrostatic Precipitator* yang berukuran besar tentunya memiliki banyak sekali komponen mulai dari yang berukuran super kecil seperti baut dan mur hingga komponen yang berukuran besar. Berikut adalah daftar komponen atau bagian-bagian utama dari *Electrostatic Precipitator*:

1. *Casing*

*Casing* ESP biasanya dibuat dari bahan yang tahan lama seperti baja ASTM A-36 atau bahan lain yang serupa. *Casing* ini dibuat kedap udara agar gas buangan dari hasil pembakaran tidak bocor.

Pada bagian casing terdapat ruang pemuaiian, dipasang insulator tahan panas, dan terdapat pintu untuk akses keluar masuk orang untuk melakukan perawatan pada ESP agar selalu dalam kondisi prima.

## 2. Elektroda

Elektroda pada *Electrostatic Precipitator* adalah pelat baja yang memiliki fungsi utama menghasilkan medan listrik intensitas tinggi dan mengionisasi partikel dalam gas buang. Secara sederhana, elektroda ESP menjadi menjadi tempat berkumpulnya abu bermuatan negatif sebelum jatuh ke bagian lain yang disebut *hopper*.

Elektroda pada satu ESP dan ESP lainnya bisa memiliki bentuk yang berbeda tergantung pada jenis presipitator elektrostatik yang digunakan, tapi bentuk umumnya berupa batangan, kawat logam, atau pelat di dalam pipa atau cerobong asap itu sendiri.

## 3. Hopper

Biasanya *hopper* juga dibuat dari baja yang sama dengan casing tadi, dengan bentuk segitiga sama kaki tapi terbalik. Jadi bagian lancipnya ada di bagian bawah, dan letak *hopper* sendiri ada di bagian paling bawah dari ESP.

Namun bagian lancip tadi tidak bersentuhan langsung dengan tanah, melainkan berada di atas penyangga ESP. Debu atau abu yang sudah terkumpul di elektroda tadi akan dipindahkan ke *hopper* ketika pelat baja mengeluarkan partikel dari elektroda.

Setelah *hopper* mencapai kapasitas maksimum, maka abu / debu akan dikeluarkan melalui lubang yang ada di bagian bawah *hopper*.

## 4. Rapper Coils

Komponen ini menghasilkan gaya getar dengan kekuatan tinggi untuk mengeluarkan partikel dari elektroda dan menggiringnya ke dalam *hopper*.

## 5. Hammering Device (HD)

HD adalah komponen pada *Electrostatic Precipitator* yang berfungsi melepaskan debu / abu / partikel yang sudah terkumpul di dalam *hopper* tadi. Komponen ini menjadi area dengan medan listrik terkuat pada ESP.

## 6. Transformer Rectifier

*Transformer Rectifier* adalah komponen pada *Electrostatic Precipitator* yang berfungsi sebagai penyuplai listrik secara keseluruhan pada sistem ESP. Komponen ini dibuat agar tahan terhadap tegangan arus tinggi / lonjakan listrik

## 2. METODE PENELITIAN

Istilah “*elektrode*” berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani: ‘elektron’, yang berarti amber (sejenis resin fosil yang menghasilkan muatan listrik statis saat digosok), dan ‘hodos’, yang berarti jalan atau cara. Ini mencerminkan fungsinya sebagai penghantar arus listrik dari sumber ke titik lain. Elektroda adalah bagian penting dari sel elektrokimia, yang mencakup baterai dan sel bahan bakar. Di dalam sel ini, reaksi kimia yang menghasilkan atau menggunakan listrik terjadi pada elektroda. Sebagai anode, elektroda berperan dalam proses oksidasi, di mana elektron dilepaskan. Sebaliknya, sebagai katode, elektroda berperan dalam proses reduksi, di mana elektron diterima. Peran ini dapat berubah tergantung pada arah aliran listrik. Dalam baterai atau sel bahan bakar saat menghasilkan listrik, anode adalah elektroda di mana oksidasi terjadi, sedangkan katode adalah tempat reduksi terjadi. Namun, dalam proses seperti elektrolisis, arahnya berlawanan: anode adalah tempat reduksi dan katode adalah tempat oksidasi(2).

Ada berbagai jenis bahan yang dapat digunakan sebagai elektroda, tergantung pada aplikasinya. Ini dapat mencakup logam, semikonduktor, dan bahkan cairan dalam beberapa kasus (seperti

dalam elektroda cair). Pilihan bahan ini akan mempengaruhi sifat dan efisiensi dari sel atau perangkat elektrokimia.

Dalam sel elektrokimia, elektrode bisa berfungsi sebagai anode atau katode, istilah yang juga diciptakan oleh Michael Faraday. Anode didefinisikan sebagai elektrode di mana elektron keluar dari sel elektrokimia dan proses oksidasi terjadi. Sementara itu, katode didefinisikan sebagai elektrode di mana elektron masuk ke dalam sel elektrokimia dan proses reduksi terjadi. Sebuah elektrode bisa berfungsi sebagai anode atau katode, tergantung pada tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia. Elektrode bipolar adalah jenis elektrode yang bisa berfungsi sebagai anode dalam satu sel elektrokimia dan katode dalam sel elektrokimia lainnya. *Elektrode* juga memiliki kemampuan untuk mentransfer arus ion ke penghantar elektron. Ini memungkinkannya digunakan untuk mengukur potensial aksi, yang penting dalam berbagai aplikasi, termasuk diagnostik medis. Bahan yang digunakan untuk membuat elektrode dalam konteks ini biasanya logam, seperti tembaga dan perak. Dalam konteks pengukuran potensial aksi pada manusia, cairan tubuh berfungsi sebagai elektrolit dan menciptakan potensial listrik ketika berinteraksi dengan elektrode. Elektrode tembaga biasanya dihubungkan ke tangan seseorang, sementara instrumen pengukuran dihubungkan ke elektrode perak. Hasil pengukuran ini merepresentasikan perpindahan elektron pada elektrode perak. Dalam praktiknya, pengukuran potensial aksi ini membutuhkan tegangan listrik yang sangat kecil, mendekati 0 volt. Selain itu, penting untuk memastikan bahwa elektrode yang digunakan untuk pengukuran pada pasien adalah steril dan tidak mengandung racun. Oleh karena itu, bahan yang umum digunakan adalah perak, sering kali dilapisi dengan lapisan tipis perak klorida untuk meningkatkan stabilitas dan respon *elektrode*. Selain bahan dan fungsi, elektroda juga dapat dibedakan berdasarkan bentuknya. Berikut beberapa jenis elektroda berdasarkan bentuknya:

1. Elektroda Batang: Mungkin bentuk elektroda yang paling umum, elektroda batang biasanya digunakan dalam pengelasan dan elektrolisis. Mereka biasanya terbuat dari logam atau karbon, dan berbentuk batang lurus.
2. Elektroda Cakram: Elektroda cakram, seperti namanya, memiliki bentuk cakram atau lingkaran. Mereka sering digunakan dalam aplikasi elektrokimia dan pengukuran *potensioks*.
3. Elektroda Jarum: Elektroda jarum memiliki ujung yang sangat tajam dan digunakan dalam aplikasi medis seperti elektromiografi dan elektroensefalogram. Mereka juga digunakan dalam mikroskopi gaya atom.
4. Elektroda Membran atau Film Tipis: Elektroda jenis ini biasanya terbuat dari semikonduktor atau logam dan digunakan dalam sel surya dan sensor gas.
5. Elektroda Kerucut dan Mikroelektroda: Elektroda ini memiliki ujung yang sangat kecil dan digunakan dalam aplikasi spesifik seperti pengukuran pH mikro dan neurofisiologi.
6. Elektroda Spon: Bentuk ini umumnya digunakan dalam sistem penyimpanan energi seperti baterai dan superkapasitor, dimana struktur spon membantu meningkatkan kapasitas penyimpanan energi.
7. Elektroda Pelat: Umumnya digunakan dalam baterai dan kapasitor, elektroda pelat memiliki bentuk datar dan lebar.

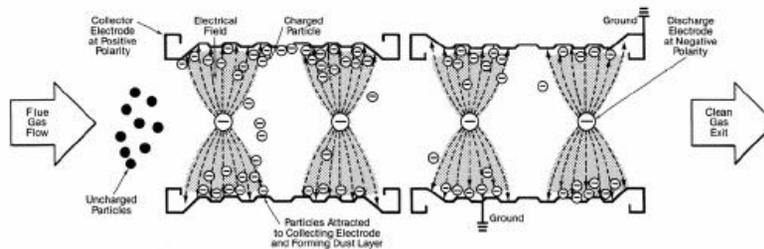
Ion merupakan partikel bermuatan yang terbentuk ketika atom kehilangan atau mendapatkan elektron. Ion terdiri dari dua jenis, yaitu ion positif dan ion negatif, yang memiliki perbedaan dalam jumlah elektron yang dimiliki. Ion positif terbentuk ketika sebuah atom kehilangan satu atau lebih elektron. Hal ini menyebabkan jumlah proton dalam inti atom menjadi lebih besar daripada jumlah elektron yang mengelilinginya (3). Akibatnya, ion ini memiliki muatan positif. Ion positif biasanya terbentuk ketika sebuah atom diberikan energi dalam bentuk panas atau radiasi. Proton dalam inti atom menarik elektron secara lebih lemah, sehingga elektron mudah untuk dipisahkan dari atom tersebut. Meskipun demikian, ion positif juga dapat terbentuk melalui reaksi kimia dengan atom atau molekul lain. Ion negatif terbentuk ketika sebuah atom mendapatkan satu atau lebih elektron tambahan. Jumlah elektron dalam ion ini lebih besar daripada jumlah proton, sehingga muatannya menjadi negatif. Atom menjadi lebih cenderung menerima elektron tambahan jika tidak memiliki kulit elektron penuh atau memiliki kulit elektron yang hampir penuh. Atom

cenderung biru mengikat dengan atom lain yang memiliki kecenderungan memberikan elektron. Hal ini menghasilkan ion negatif.

Cara Kerja *Electrostatic Precipitator* Cara kerja dari *electrostatic precipitator* (ESP) yaitu sebagai berikut :

1 Melewatkan gas buang (*flue gas*) melalui suatu medan listrik yang terbentuk antara *discharge electrode* dengan *collector plate*, *flue gas* yang mengandung butiran debu pada awalnya bermuatan netral dan pada saat melewati medan listrik, partikel debu tersebut akan terionisasi sehingga partikel debu tersebut menjadi bermuatan negatif (-).

2 Partikel debu yang bermuatan negatif (-) selanjutnya menempel pada pelat-pelat pengumpul (*collector plate*), Debu yang dikumpulkan di *collector plate* dipindahkan kembali secara periodik dari *collector plate* melalui suatu getaran (*rapping*). Debu ini kemudian jatuh ke bak penampung (*ash hopper*), dan dipindahkan (*transport*) ke *fly ash silo* dengan cara dihembuskan (*vacuum*).



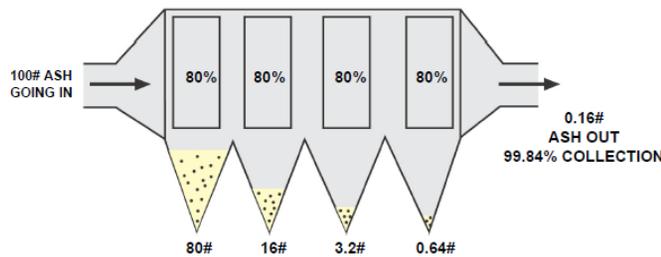
**Gambar 3. Penangkapan Abu Terbang (fly ash) oleh elektroda**

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembentukan Medan Listrik

1. Terdapat dua jenis *electrode*, yaitu *discharge electrode* yang bermuatan negatif (-) dan *collector plate electrode* bermuatan positif (+).
2. *Discharge electrode* diletakkan diantara *collector plate* pada jarak tertentu (jarak antara *discharge electrode* dengan *collector plate*).
3. *Discharge electrode* diberi listrik arus searah (DC) dengan muatan minus pada level tegangan antara 55 – 75 kV DC (sumber listrik awalnya adalah 380 volt AC, kemudian dinaikkan oleh transformer menjadi sekitar 55 – 75 kV dan dirubah menjadi listrik DC oleh *rectifier*, diambil hanya potensial negatifnya saja).
4. *Collector plate* ditanahkan (di-*grounding*) agar bermuatan positif.
5. Dengan demikian, pada saat *discharge electrode* diberi arus DC, maka medan listrik terbentuk pada ruang yang berisi tirai-tirai *electrode* tersebut dan partikel-partikel debu akan tertarik pada pelat-pelat tersebut, Gas bersih kemudian bergerak ke cerobong asap.

Pengendap Elektrostatis Sebagai Sebuah Solusi Ramah Lingkungan Alat pengendap elektrostatis digunakan untuk membersihkan udara yang kotor dalam jumlah (volume) yang relatif besar dan pengotor udaranya adalah aerosol atau uap air. Alat ini dapat membersihkan udara secara cepat dan udara yang keluar dari alat ini sudah relatif bersih. Alat pengendap elektrostatis ini menggunakan arus searah (DC) yang mempunyai tegangan antara 25 – 100 kv. Alat pengendap ini berupa tabung silinder di mana dindingnya diberi muatan positif, sedangkan di tengah ada sebuah kawat yang merupakan pusat silinder, sejajar dinding tabung, diberi muatan negatif. Adanya perbedaan tegangan yang cukup besar akan menimbulkan *corona discharge* di daerah sekitar pusat silinder. Hal ini menyebabkan udara kotor seolah – olah mengalami ionisasi. Kotoran udara menjadi ion negatif sedangkan udara bersih menjadi ion positif dan masing-masing akan menuju ke elektroda yang sesuai. Kotoran yang menjadi ion negatif akan ditarik oleh dinding tabung sedangkan udara bersih akan berada di tengah-tengah silinder dan kemudian terhembus keluar.



**Gambar 4. Proses Penangkapan abu terbang (*fly ash*) ke *hopper***

Dapat kita lihat bahwa *Electrostatic Precipitator* memberikan dampak yang sangat baik pada penangkapan dan penyaringan abu pada industri, hal ini tentunya dapat menjadikan lingkungan bersih dan aman, oleh karena itu diharapkan semua *sector industry* yang menyumbang nilai karbon atau pencemaran abu yang tinggi dapat menerapkan teknologi ini untuk menjaga kebersihan dan keamanan lingkungan.

#### 4. KESIMPULAN

*Electrostatic precipitator* adalah alat yang sangat berguna pada sector industry yang menghasilkan karbon atau abu sebagai bahan sisa proses produksi tentunya hal ini akan sangat berguna untuk menjaga lingkungan agar tetap bersih dan aman sesuai dengan peraturan pemerintah, dan untuk mendukung hal ini maka sebaiknya segala industry yang memberikan dampak pada lingkungan melalui sisa produksi berupa abu atau karbon dapat menggunakan teknologi ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pagandawebid. Mengenal Electrostatic Precipitator, fungsi Komponen, dan Cara Kerjanya” [Internet]. Available from: [https://www.pengadaan.web.id/2021/10/electrostatic-precipitator-adalah.html#google\\_vignette](https://www.pengadaan.web.id/2021/10/electrostatic-precipitator-adalah.html#google_vignette),
- [2] Adityarizkynet. Prinsip Kerja Pengendap Elektrostatis (Electrostatic Precipitator/ESP)” [Internet]. Available from: <https://adityarizki.net/prinsip-kerja-pengendap-elektrostatis-electrostatic-precipitatorresp/>,
- [3] Udaraiocom. Apa Sebenarnya Arti Dari Ion Positif dan Ion Negatif” [Internet]. Available from: <https://udaraion.com/apa-sebenarnya-arti-dari-ion-positif-dan-ion-negatif/>,