



Evaluasi Kinerja Electrostatic Precipitator Pada Unit Raw Mill Plant 11 PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Bogor Jawa Barat

Evaluation of Electrostatic Precipitator Performance at Raw Mill Plant Unit 11 of PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Bogor, West Java

Farlina Hapsari*, Indah Dhamayanti*, Puji Astuti Ibrahim

D-III Teknik Kimia, Teknik, Institut Teknologi Petroleum Balongan, Jl. Soekarno Hatta, Indramayu, 45211, Indonesia

*Email: hapsari.farlina@gmail.com

Abstrak

PT Indocement Tunggal Prakarsa merupakan industri penghasil semen yang sebagian aktivitas produksinya berupa penggilingan material dan pembakaran sehingga menimbulkan dampak pencemaran lingkungan yang berupa debu ke udara. Emisi partikulat tersebut berasal dari unit Raw mill. Batas maksimum standar yang diterapkan pada PT Indocement adalah 60 mg/m³. Upaya yang dilakukan untuk meminimalisasi debu yang dihasilkan pada unit tersebut adalah dengan memasang alat pengendali debu seperti *Electrostatic Precipitator* (EP), sehingga debu tidak dilepas secara langsung ke atmosfer. *Electrostatic Precipitator* adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai *dust collector* atau penangkap debu keefisienan alat ini untuk menangkap debu dapat mencapai 99.96% dengan kata lain hampir seluruh debu dapat ditangkap oleh *Electrostatic Precipitator*. Faktor yang mempengaruhi tingkat kenaikan debu emisi pada alat tersebut yaitu temperature inlet karena semakin tinggi temperature maka resistivitas debu semakin tinggi sehingga akan sulit untuk ditangkap.

Kata kunci: *Electrostatic Precipitator, dust collector, emisi, temperatur*

Abstract

PT Indocement Tunggal Prakarsa is a cement manufacturing company whose production activities involve grinding and burning materials, resulting in environmental pollution in the form of dust into the air. These particulate emissions originate from the Raw Mill unit. The maximum standard limit applied to PT Indocement is 60 mg/m³. Efforts to minimize dust generated in this unit include installing dust control devices such as *Electrostatic Precipitators* (EP), preventing dust from being released directly into the atmosphere. *Electrostatic Precipitators* are devices that function as *dust collectors*. Their efficiency in capturing dust can reach 99.96%. In other words, almost all dust can be captured by *Electrostatic Precipitators*. The factor influencing the increase in dust emissions in these devices is the inlet temperature. The higher the temperature, the higher the resistivity of the dust, making it more difficult to capture.

Keywords: *Electrostatic Precipitator, dust collector, emissions, temperature*

Pendahuluan

PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk adalah salah satu Perusahaan semen terbesar di Indonesia yang memiliki kegiatan produksi semen yang menghasilkan semen dan klinker, selain itu menghasilkan limbah sisa produksi. Jenis limbah yang dihasilkan bergantung dari proses yang ada di dalam pabrik. Dalam produksi semen limbah yang paling banyak dihasilkan adalah partikulat. Partikulat merupakan salah satu bahan pencemar/polutan

udara yang digolongkan kedalam kelompok pencemar primer yang bahan pencemarnya diemisikan langsung ke udara dari sumber cemaran. Partikulat yang dihasilkan yaitu zat padat atau debu. Emisi debu di alirkan ke udara melalui cerobong asap, dalam debu yang berukuran 0,1 – 10 µm berbahaya bagi kesehatan apabila terhirup oleh manusia. Debu yang terdispersi kedalam udara akan membentuk aerosol yang akan mengganggu aktivitas manusia karena dapat mengurangi jarak pandang dan membentuk lapisan

debu pada bangunan, kendaraan dan tanaman yang menyebabkan fungsi yang kurang baik dari segi estetika. Mempertimbangkan dampak –dampak dari emisi debu yang sangat besar, maka PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk Citeureup-Bogor mengoprasikan beberapa alat pengendali partikulat salah satu diantaranya adalah menggunakan alat penangkap debu *Electrostatic Precipitator*. Alat ini sangat ideal karena dapat digunakan dalam suhu tinggi, volume besar. Keistimewaan *Electrostatic Precipitator* membuat penyusun memilih alat tersebut dan PT Indocement Tungal Prakarsa sebagai tempat melaksanakan Tugas Akhir. [18]

Teori

A. Semen

Semen adalah hidrolik *binder* (pelekat hidrolik) yang bila bereaksi dengan air akan dapat mengikat bahan lainnya, membentuk satu kesatuan massa yang kompak, padat dan keras. Bahan baku semen berupa paduan batu kapur, tanah liat, pasir besi dan pasir silika. Batu kapur adalah salah satu bahan utama dan tanah liat lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (CaO), sedangkan tanah liat atau lempung adalah bahan alam yang mengandung silika oksida (SiO_2), alumunium oksida sebagai bahan pengganti, *iron sand* atau pasir besi dan pasir silika. Untuk menghasilkan semen yang baik menggunakan komposisi bahan baku berupa batu kapur (CaCO_3) 80%, pasir silika (SiO_2) 10%, tanah liat (Al_2O_3) 9% dan pasir besi (Fe_2O_3) 1% yang dibakar sampai meleleh kemudian didinginkan untuk membuat klinker yang selanjutnya dicampur dengan gypsum dalam jumlah yang ditentukan. Hasil akhir produksi dikemas dalam kantong semen atau sak dengan berat 40 kg dan 50 kg. produksi semen selain menghasilkan produk juga menghasilkan pencemaran udara. [15]

B. Unit Raw Mill

Secara garis besar ada 4 proses di unit *raw mill section* sebelum bahan baku menjadi *raw meal*, yaitu pengeringan (*drying*), pemisahan (*separation*), penggilingan (*grinding*) dan homogenisasi (*blending*). *Raw mill* merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk menghaluskan dan mengeringkan material produk dari *crusher*. Peralatan ini memakai aliran udara panas untuk pengeringan yang berasal dari *suspension pre-heater*. Pengeringan bahan baku (*limestone, sandy clay, clay corrective, pyrite cynder*) bertujuan agar kadar airnya berkurang dari 9,5% menjadi kurang dari 1%. Sedangkan pengecilan ukuran bahan baku dari 30 mm menjadi ukuran 170 mesh (90 mikron) dengan residu kurang dari 12% sehingga diperoleh material yang lebih halus dengan luas permukaan besar yang berpengaruh pada keefektifan reaksi di *kiln* dan *Electrostatic Precipitator*.

C. Pencemaran Udara di Industri Semen

Pencemaran utama yang dikeluarkan oleh industri semen adalah partikulat. Hampir pada setiap

tahapan proses dihasilkan debu seperti : tahapan homogenisasi, penyimpanan sementara (*silo*), transportasi raw mix, transportasi klinker, *grate cooler*, distribusi semen dan sebagainya. Partikulat adalah material yang diolah dan dihasilkan oleh pabrik semen. Material tersebut adalah raw mix, batu bara dan semen. Karena ukuran partikulat yang diolah berukuran 5 μm hingga 200 μm , maka debu ini sangat mudah menyebar ke lingkungan bila terlepas dari tempat penyimpan.[5]

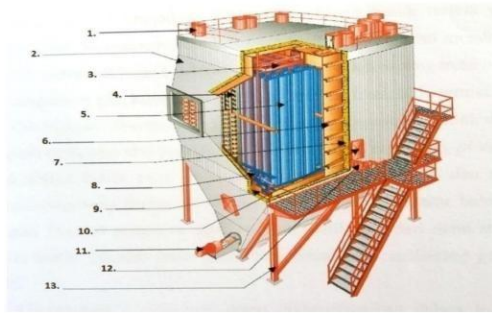
D. Pengendalian pencemaran Udara

Tingkat bahaya yang ditimbulkan akibat jenis pencemaran udara yang dikeluarkan dan suatu sumber, maka harus diperhatikan dosisnya terhadap manusia. Dapat juga dikatakan bila tingkat pencemaran di udara tinggi dan makin meluas, makin rendah pula dosis pemaparan yang mungkin terjadi. Jenis-jenis peralatan pengendali emisi udara yang harus dipakai di pabrik semen yaitu menggunakan beberapa tipe dan model yang disesuaikan dengan kebutuhan seperti:

1. *Cyclone* : Dipakai sebagai alat pra pembersih tepatnya dipasang pada penggilingan awal, untuk mengurangi beban EP.
2. *Electrostatic Precipitator* : EP pada pabrik semen dipasang pada sumber cemaran gas buang/ partikel debu seperti penggilingan *raw material* atau *ball mill*, *suspension preheater*, *rotary kiln*, *clinker cooler*, *coal mill*. [3]

E. *Electrostatic Precipitator (EP)*

Alat pengendali debu yang berfungsi untuk memisahkan gas dan abu sebelum gas tersebut keluar dari *chimney* (cerobong asap). Pengontrolan partikulat dari hasil proses industri merupakan masalah penting yang makin berkembang sejak awal abad ke-19. Teknologi EP ditemukan oleh Frederick Cattrell dan telah digunakan sejak tahun 1900- an. Instalasi pertama EP berhasil dengan sukses digunakan sebagai penangkap asam sulfat. Kemudian dilanjutkan pada industri semen untuk menangkap debu klinker dan debu semen. Setelah itu digunakan pada industri pengolahan batubara yang menggunakan *boiler*. Sejak tahun 1920 desain awal EP terus berkembang seperti yang dikenal sampai saat ini seiring dengan 12 adanya aturan lingkungan. EP sangat efektif sebagai pengendali partikulat terutama yang berukuran kurang dari 10-20 μm (dominan pada ukuran submikron). Sebagian besar aplikasinya EP memiliki efisiensi pengumpulan partikulat sebesar (80-99,9)%



Gambar 1. Electrostatic Precipitator

Sumber : Electrical departement

Prinsip dari EP yaitu penggunaan energi Listrik untuk memberi muatan (negatif) ke partikulat di udara kotor atau aliran gas. Partikel yang sudah diberi muatan tadi berpindah pada *collecting plate* yang muatannya positif. Tujuan akhirnya adalah membersihkan partikulat yang telah terkumpul tadi. Proses penangkapan debu pada EP secara umum terdiri atas tujuh langkah proses dasar yang berlangsung secara kontinu yaitu :

- Gas masuk melalui gas distribution kedalam treatment zone pada awal.
- Terjadi proses *particle charging* partikel yang melewati EP.
- Corona discharge*
Efek ini terlihat dari adanya cahaya biru *luminescen*. Efek korona ini akan mengionisasi udara di sekeliling kawat dengan pelepasan muatan negatif (elektron).
- Ionisasi pengumpulan
Proses gas yang terjadi pada *corona discharge* kemudian akan membuat partikel tersuspensi dalam aliran gas menjadi muatan negatif yang akan bergerak menuju *collection Plate* yang bermuatan positif yang selanjutnya disisihkan. *Collecting Plate* bermuatan positif karena biasanya dihubungkan dengan tanah (*grounding*), proses gas menambah tingkat efisiensi EP dengan penempelan banyak partikel pada bagian permukaan plat tersebut.
- Pengumpulan partikel
Pada saat partikel negatif menempel pada *Collecting Plate* yang dihubungkan ke tanah, maka hanya sebagian dan muatan tersebut yang akan terbuang (*discharge*). Muatan tersebut akan melalui *collecting plate* ke tanah secara perlahan, sebagian muatan tersebut akan tersusun kembali dan berkontribusi terhadap adanya kohesi.
- Penumpukan debu yang tertangkap
- Proses pemindahan debu yang tertangkap

F. Efisiensi *Electrostatic Precipitator*

Untuk menghitung efisiensi *Electrostatic Precipitator* dapat digunakan persamaan Deutch-Anderson.

Persamaan ini dipakai untuk menentukan efisiensi penangkapan *Electrostatic Precipitator* pada kondisi ideal

Persamaan tersebut adalah :

$$\eta = 1 - \exp(-w \cdot Q \cdot A) \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.1)}$$

η = Efisiensi penangkapan EP

A = Luas efektif *collecting plate* dalam EP (m^2)

Q = Laju aliran gas (m^3/s)

w = kecepatan migrasi (m/s)

Walaupun terbukti secara teoritis, namun dalam aplikasi dilapangan sering ditemukan kesalahan. Hal ini disebabkan karena persamaan ini mengabaikan 3 variabel proses yang cukup penting, yaitu :

- Mengabaikan debu yang menempel di *collecting plate* yang mungkin terjadi pada saat *rapping*.
- Asumsi bahwa ukuran partikel dan kecepatan migrasi gas adalah seragam untuk semua bentuk partikel gas.
- Asumsi bahwa laju aliran yang terjadi pada EP adalah seragam. maka Perhitungan efisiensi *Electrostatic Precipitator* Raw Mill pada plant 11 dapat dihitung memakai persamaan berdasarkan desain awal yaitu :

$$\eta = \frac{D_i - D_o}{D_i} \times 100 \% \dots \dots \dots \text{persamaan (2.2)}$$

η = Efisiensi penangkapan EP16

D_i = Konsentrasi debu pada *inlet* (mg/Nm^3)

D_o = Konsentrasi debu pada outlet (mg/Nm^3)

Perhitungan efisiensi *Electrostatic Precipitator* Raw Mill pada plant 11 dapat dihitung memakai persamaan berdasarkan Aktual yaitu :

- Kondisi Raw Mill Beroperasi

$$\eta = \frac{C_i - C_o}{C_i} \times 100\% \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.3)}$$

C_i = Laju aliran masuk EP (ton/jam)

C_o = Laju aliran keluar EP (ton/jam)

- Kondisi Raw Mill Stop

$$\eta = \frac{C_i - C_o}{C_i} \times 100\% \dots \dots \dots \text{Persamaan (2.4)}$$

C_i = Laju aliran masuk EP (ton/jam)

C_o = Laju aliran keluar EP (ton/jam)

Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini ada 2 yaitu metode observasi dan pengambilan data.

a) Metode Observasi

Dengan cara melakukan pengamatan secara sistematis mengenai hal-hal yang terjadi dilapangan yang berkaitan dengan penelitian.

b) Pengambilan Data

Data-data diperoleh dari studi literature berbagai referensi jurnal, *e-book* dan pustaka yang menunjang penelitian ini.

Hasil

1. Evaluasi data hasil pemantau emisi

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara di *electric department* PT Indocement Tungal Prakarsa Tbk, maka dapat diketahui bahwa emisi debu yang dihasilkan selama proses produksi dari *vertical raw mill* pada unit raw mill berasal dari gas

panas yang dihisap oleh EP fan gas panas ini masih mengandung material dan telah melewati VRM dan gas panas berasal dari *SAD dan TAD Unit Burning section*. Oleh karena itu dibutuhkan alat pengendali debu agar debu yang terkandung dalam gas panas tidak dikeluarkan ke udara bebas. Pada plant 11 untuk memisahkan material padatan dengan gas pada unit *raw mill* digunakan *electrostatic presipitator*. Material umpan *raw mill* terlebih dahulu mengalami *size reduction, drying, conveying* serta separating. Material yang lolos *dynamic separator* berukuran halus dengan residu 200 μm sebanyak 2,5% sedangkan residu 90 μm sebanyak 17,5%. Pemisahan material padat gas dapat menggunakan *cyclone*, bag filter, maupun *electrostatic presipitator*. Dibandingkan alat yang lain EP memiliki efisiensi yang paling besar sehingga digunakan alat ini untuk pemisahannya. Efisiensi pemisahan partikel padat dan gas perlu diperhatikan agar kapasitas produk *raw mill* semakin banyak dan mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. Pada laporan ini dihitung perbandingan antara efisiensi design, teoritis serta aktualnya untuk membandingkan kondisi saat ini sudah seperti yang di rencanakan.

2. Efisiensi EP Desain

Diketahui :

Spesifikasi konsentrasi debu masuk EP (D_i) = 850 g/Nm³ = 850.000 mg/Nm³

- Spesifikasi konsentrasi debu keluar EP (D_o) = 40 mg/Nm³

Perhitungan Efisiensi EP desain :

$$\eta = \frac{D_i - D_o}{D_i} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{850.000 - 40}{850.000} \times 100\% = 99,99\%$$

3. Efisiensi EP Teoritis

Diketahui :

A = 2795,52 (m²)

Q = 609505,97 (m³ /jam) = 169.307215 (m³ /s)

w = 0,45 (m/s)

Ditanya : η ?

Perhitungan Efisiensi EP Teoritis :

$$\eta = 1 - \exp\left(\frac{-w \cdot A}{Q}\right) \times 100\%$$

$$\eta = 1 - \exp\left(\frac{-0,45 \times 2795,52}{169.307215}\right) \times 100\%$$

$$\eta = 1 - 0,00059308 \times 100\%$$

$$\eta = 99,94\%$$

Table 1. Neraca Massa VRM

Komponen	Input (Ton/jam)	Output (Ton/jam)
Limestone	458.28	458.28
Clay	59.77	59.77
Clay korektif	0.00	0.00
Pirite Cinder	7.91	7.91
MC	34.76	2.80
Udara Panas	602.02	602.02
Dust	25.45	25.45
Uap Air	36.94	68.89
Total	1225.12	1225.12

Tabel 2. Emisi debu pada kondisi VRM operasi

Time	Dust Emisi mg/m ³	Terget Perusahaan mg/m ³	Baku Mutu Emisi mg/m ³
1	22	60	80
2	23	60	80
3	22	60	80
4	24	60	80
5	24	60	80
6	24	60	80
7	25	60	80
8	27	60	80
9	27	60	80
10	24	60	80
11	32	60	80
12	31	60	80
13	32	60	80
14	33	60	80
15	42	60	80

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian literatur dari berbagai referensi penelitian ini dapat disimpulkan :

1. Prinsip kerja *Electrostatics Precipitator* dengan pemanfaatan sumber energi listrik, untuk menimbulkan listrik statis yang di alirkan ke *discharge electrode* yang akan menghasilkan korona, yang berfungsi untuk memuati debu agar bermuatan negative dengan memancarkan listrik negatif, debu tersebut akan mengalir mengikuti laju aliran gas pada *Electrostatic Precipitator* menempel ke *Collecting Plate*. Debu yang menempel pada *Collecting Plate* akan menjadi netral karena dalam *Dishcharge Electrode* terdapat suatu *grounding*, lalu di alirkan ke tempat penyimpanan dengan sistem *rapping* dan di alirkan kedalam hopper.
2. Efisiensi pada *Electrostatic Precipitator* yaitu 99,99 % secara aktual, tidak jauh berbeda dengan efisiensi secara desain 99,99 % dan teoritis 99,94 %. Hal ini dikarenakan proses *burning suction* dan unit *raw mill* berjalan secara efektif. Maintenance pada alat EP dilakukan dengan baik.
3. Permasalahan yang terjadi pada *electrostatic precipitator* pada unit *raw mill* plant 11 tidak begitu signifikan seperti debu yang menggumpal di *collecting plate* dan *discharge electrode* serta cara penyelesaiannya dengan cara meningkatkan sistem *rapping* untuk menjamin kekuatan transmisi yang efektif.

Daftar Pustaka

- [1] Duda H, 1985. "Cement Data Book 1"

- [2] Himmelblau, David M, James B. Riggs. "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering, Eight Edition"
- [3] Moran, J Michael, Howard N. Shapiro, Daisie D. Boettner, dan Margaret B. Bailey. 2014. "Fundamentals Of Engineering Thermodynamics"
- [4] Kohlhaas, 1983. "Cement Engineer's Handbook".
- [5] Philip A Alsop PhD, 2001. "Cement Plant Operations Handbook".
- [6] TAI & CHIYUN, 2012 "Electrostatic Precipitator".
Science 22.5: 2123-2135.