

# ANALISIS EFISIENSI TEORETIS KONDISI FABRIC FILTER DI UNIT COAL MILL PADA PT SG DI TUBAN JAWA TIMUR

Haryono Setiyo Huboyo <sup>\*)</sup>

## ABSTRACT

*Cement Industrial activities produces various pollutants mainly dust pollutant and gases pollutants. These pollutants come up from material handling, production process (treatment, combustion and finish mill) and packing process. PT SG has done any steps to controll its pollutant i.e ambient and emission pollutant measurements and conducting abatement. Bag filters in coal mill unit shows an excellent performance since its real dust output concentration only 22.9 and 13.4 mg/m<sup>3</sup> far below emission standard 80 mg/m<sup>3</sup>. Theoretical efficiency of this device was assessed using design criteria, limited assumption and secondary relevant literature. Based on secondary data the efficiency was 99.9% (higher than EPA standard 99.5%). Its values are somewhat different using real output concentration showing 99.29% and 99.58%. These differences were subjected to limited design specification data and fluid properties exist.*

**Keywords :** Bag filter, cement, dust emission, efficiency, PT SG

## PENDAHULUAN

Bag filter adalah alat untuk memisahkan partikel kering dari gas (udara) pembawanya. Di dalam bag filter, aliran gas yang kotor akan partikel masuk ke dalam beberapa longsongan *filter* (disebut juga kantong atau *cloth bag*) yang berjajar secara paralel, dan meninggalkan debu pada *filter* tersebut.

Aliran debu dan gas dalam bag filter dapat melewati kain (*fabric*) ke segala arah. Partikel debu tertahan di sisi kotor kain, sedangkan gas bersih akan melewati sisi bersih kain. Konsentrasi partikel *inlet* bag filter adalah antara 100 µg/ m<sup>3</sup> – 1 kg/m<sup>3</sup> (Bethea, 1978). Debu secara periodik disisihkan dari kantong dengan guncangan atau menggunakan aliran udara terbalik, sehingga dapat dikatakan bahwa bag filter adalah alat yang menerima gas yang mengandung debu, menyaringnya, mengumpulkan debunya, dan mengeluarkan gas yang bersih ke atmosfer (Buonicore and Davis, 1992).

Keuntungan dari penggunaan bag filter adalah (Cooper dan Alley, 1994; Buonicore and Davis, 1992, Beachler et.al, 2005) : Efisiensi pengumpulan sangat tinggi, meski untuk partikulat yang sangat kecil, dapat dioperasikan pada kondisi debu dan dalam volume alir yang berbeda-beda, terjadi konservasi energi, tidak beresiko menimbulkan pencemaran air dan tanah.

Sedangkan kerugian dari bag filter adalah (Cooper dan Alley, 1994) : memerlukan area yang luas, material kain akan dapat rusak akibat adanya temperatur yang tinggi ataupun korosi bahan kimia, tidak dapat beroperasi pada keadaan basah (*moist*); kain dapat menjadi lengket, dapat berpotensi menimbulkan kebakaran atau meledak (*eksplotion*).

Pencemaran lingkungan yang paling utama yaitu pencemaran udara berupa partikulat (debu). Mengingat debu yang dihasilkan dari pabrik semen sebenarnya merupakan produk juga (hanya belum sempurna), maka debu yang tertangkap alat pengendali partikulat akan dikembalikan lagi ke proses hingga diperoleh produk dengan kehalusan yang sesuai. Sedangkan untuk pencemaran air dan tanah tidak terlalu berdampak pada lingkungan.

Dalam upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran partikulat, PT. SG melakukan program pengelolaan lingkungan secara teratur yaitu dengan pengendalian proses produksi, pengoperasian alat pengendali partikulat berupa cyclone, bag filter, dan electrostatic precipitator sebelum diemisikan melalui *stack*, penanaman pohon (penghijauan) di sekitar lokasi pabrik serta pemantauan lingkungan secara kontiyu oleh Bappedal (kontrol udara emisi dan ambien sekitar lokasi pabrik) dan Hiperkes (kontrol udara

<sup>\*)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan FT Undip  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang Semarang

emisi, ambien dan bising di tempat kerja yang dilakukan setiap 3 bulan.

#### **Pemantauan Udara Ambien dan Emisi**

Pemantauan udara ambien erat kaitannya dengan kesehatan masyarakat yang bertempat tinggal dekat dengan lokasi pabrik. Dengan pemantauan ini, dapat diketahui seberapa besar pengaruh paparan udara emisi terhadap lingkungan sekitar pabrik.

PT. SG di Tuban, melakukan pemantauan udara ambien di empat titik pantau dengan nilai konsentrasi debu 0,041 - 0,153 mg/m<sup>3</sup>, CO 0.01 - 0,667 ppm, NO<sub>x</sub> 0,006 - 0,018 ppm, SO<sub>2</sub> 0.001 – 0.002 ppm. Semua parameter masih dibawah baku mutu udara ambien. Dengan pemantauan udara emisi ini dapat diketahui seberapa baik kinerja alat pengendali partikulat dalam mengurangi emisi debu yang dihasilkan dalam proses produksi. Pemantauan udara emisi dilakukan di beberapa lokasi, yaitu pada *roll mill* atau *raw mill*, *coal mill*, *cooler*, *finish mill*, serta *packer*.

Kadar NO<sub>2</sub> berada dalam kisaran 99 – 109.72 mg/m<sup>3</sup>, sedang SO<sub>2</sub> 17.72 – 24.86 mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi TSP mencapai 9.131 – 22.934 mg/m<sup>3</sup> (DPPL, 2005). Semua emisi sudah memenuhi baku mutu udara emisi (Keputusan Gubernur KDH. Tk. I Jatim No. 129/1996).

Alat pengendali pencemaran dari proses produksi PT SG terdapat pada serangkaian unit sebagai berikut :

#### **Tahap Penyediaan Bahan Baku**

- a) Penyediaan Batu Kapur (*Clearing, Stripping, Drilling, Breaking, Loading, Hauling, Dumping*)
- b) Penyediaan Tanah Liat (*Clearing, Stripping, Drilling, loading, Hauling*)

Yaitu bag filter dengan kapasitas masing-masing 367 m<sup>2</sup> dan 170 m<sup>2</sup> dengan kapasitas 700 ton/jam dan 350 ton/jam.

#### **Tahap Pengolahan Bahan Baku**

Material akan mengalami proses penggilingan, pencampuran, dan pengeringan. Alat pengendali yang ada berupa serial unit cyclone, conditioning tower dan EP dengan kapasitas beban 570 ton/jam.

#### **Tahap Pembakaran Material**

- 1) Tahap *Prakalsinasi*
- 2) Tahap Pembakaran Lanjut

Dengan alat pengendali berupa bag filter dengan filter area 1710 m<sup>2</sup> ( 55 ton/jam) dan EP dengan kapasitas 7500 ton/jam

#### **Tahap Penggilingan Akhir (*Finish Mill*)**

Penggilingan akhir dilakukan untuk menghasilkan produk dengan kehalusan sekitar 45 mikron. Alat pengendali yang dipasang adalah cyclone dan bag filter dengan kapasitas 215 ton/jam.

#### **Tahap Pengantongan (*Packing*)**

Semen yang keluar dari *silo*, dialirkan ke *senral bin* dengan menggunakan *air slide* dan *bucket elevator*. Alat yang dipasang adalah bag filter dengan filter area 276 m<sup>2</sup>

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN KINERJA BAG FILTER UNIT COAL MILL**

Bag filter yang ada di unit coal mill memiliki komponen – komponen utama sebagai berikut : *Inlet - outlet duct, top box lid, Inlet - outlet damper, hoist, weather enclosure, purge tube* dan *venturi*. compressed air manifold, filter casing, hopper, distribution screen, insulation, crew conveyor, kantong serta kerangka dalam (*cage*), support, stair case tower dan air sluice. Adapun komponen pendukung yang ada adalah pengatur waktu pembersihan (*timer*), meteran – saklar beda tekanan katup tekan, dan katup udara utama. Peralatan tambahannya berupa fan, tangki CO<sub>2</sub>, explosion vendor.

Perhitungan efisiensi secara teoretis dilihat dari data sekunder. Penentuan gas *inlet* berdasarkan nilai spesifikasi desain yang ditetapkan oleh perusahaan pembuat bag filter. Proses produksi semen yang bersifat kontiyu dan tertutup dengan temperatur tinggi menyulitkan dalam penentuan gas yang masuk ke dalam bag filter. Dengan demikian besarnya *inlet* gas kotor ke dalam bag filter tidak dapat ditentukan dengan tepat. Berdasarkan perhitungan akan dihasilkan efisiensi pengumpulan partikulat dan konsentrasi emisi partikulat yang mungkin keluar pada *outlet* bag filter.

**Perhitungan Konsentrasi Partikel Inlet**

Data yang diketahui adalah sebagai berikut :

1. Gas *inlet*, Q = 57.900 acfm = 98.000 m<sup>3</sup>/jam = 27,22 m<sup>3</sup>/dtk
2. Densitas debu, ρd = 140,0 gr/acf = 321,0 gr/m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} & \frac{Mass}{jam} \times \frac{Loading}{m^3} \times \frac{inlet}{gr} \times \frac{jam}{3.600detik} \\ &= \frac{98.000m^3}{jam} \times \frac{321gr}{m^3} \times \frac{10mg}{gr} \times \frac{jam}{3.600detik} \\ &= 87.383,33 \text{ mg/dtk} \\ & \text{Konsentrasi partikel inlet, } C = \frac{87.383,33mg}{dtk} \times \frac{1}{27,22m^3 / dtk} \\ &= 3210,26 \text{ mg/m}^3 = 3,21 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Nilai ini masih dalam rentang kriteria desain (Bethea, 1978).

**Perhitungan Pengumpulan Partikel**

Data yang diketahui adalah sebagai berikut :  
 asumsi diameter serat, D<sub>b</sub> = 100 μm = 10<sup>-4</sup>m (Cooper, 1994). Diameter partikel yang ditangkap bag filter = 90 μm = 9.10<sup>-5</sup> m, densitas debu = 0,321 kg/m<sup>3</sup>, viskositas gas, μ, untuk temperatur 176 °F (Cooper, 1994) adalah 0,051 lbm/jam-foot. Nilai μ adalah

$$\begin{aligned} & \frac{0,051lbm}{jam.ft} \times \frac{1kg}{2,205lbm} \times \frac{3,281ft}{1m} \times \frac{jam}{3600dtk} \\ &= 2,11 \cdot 10^{-5} \text{ kg/m.dtk} \end{aligned}$$

Konsentrasi partikel *inlet*, C = 3210,26 mg/m<sup>3</sup> = 3,21 g/m<sup>3</sup>, sementara kecepatan aliran gas kotor, V = 15 - 18 m/dtk, diambil 15 m/dtk yaitu pada kondisi efisiensi terburuk

Perhitungan :

Rata - rata pengumpulan maksimum = V.D<sub>b</sub>.C = 4,815.10<sup>-3</sup>g/m.dtk  
 Nilai *separation number*, N<sub>s</sub>.

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{\rho x D^2 x V}{18 x \mu x D_b} = \\ &= \frac{(0,321kg / m^3) x (9 \cdot 10^{-5} m)^2 x (15m / dtk)}{18 x (2,11 \cdot 10^{-5} kg / m.dtk) x (10^{-4} m)} \\ &= 1,03 \end{aligned}$$

Setelah diplot di grafik didapat nilai η<sub>f</sub> = 0,56 = 56 %, maka pengumpulan partikel = 0,56 x 4,815.10<sup>-3</sup> g/m.dtk = 2,696.10<sup>-3</sup> g/m.dtk

**Perhitungan Efisiensi Pengumpulan Seluruh Elemen**

Asumsi jarak pusat ke pusat serat = 5 kali diameternya (Nevers, 1988), maka area yang merintang = 1/5 = 0,2 = 20 %. Karena 56 % partikel yang masuk akan ditangkap bag filter, maka

$$\begin{aligned} & \text{Efisiensi pengumpulan tiap elemen} = (\text{target efisiensi}) \times (\text{prosentase area yang merintang}) \\ &= 0,56 \times 0,2 = 11,2 \% \\ & \text{Jumlah elemen per kompartemen} = 128 \\ & \rho \text{ individual} = 0,166 \\ & \eta_{\text{keseluruhan}} = 1 - p \text{ keseluruhan} \\ &= 1 - (p \text{ individual})^n \\ &= 1 - (1-0,112)^{128} = \mathbf{99,9\%} \end{aligned}$$

Rata-rata efisiensi bag filter untuk penyisihan partikel dengan ukuran 6-10 μm menurut EPA adalah **99,5%**. Maka, disimpulkan bahwa kinerja bag filter sangat baik walaupun perhitungan efisiensi tersebut diatas menggunakan data tahun 1993 yang berarti kondisi bag filter pada saat itu masih baru.

Dengan demikian konsentrasi setelah melewati bag filter dapat dihitung. Perhitungannya adalah sebagai berikut :  
 Konsentrasi yang terkumpul = 99,9 % x 3210,26 mg/m<sup>3</sup> = 3207,05 mg/m<sup>3</sup>  
 Konsentrasi yang terlepas = 0,1 % x 3210,26 mg/m<sup>3</sup> = 3,21 mg/m<sup>3</sup>

Bila dibandingkan dengan pengukuran riil (Hiperkes, 2005), maka perhitungan efisiensi bag filter, dengan asumsi konsentrasi *inlet* yang sama sebagai berikut :  
 Konsentrasi *inlet* bag filter 1 dan 2, C<sub>1</sub> = 3210,26 mg/m<sup>3</sup>, konsentrasi *oultet* bag filter 1, C<sub>2</sub> = 22,934 mg/m<sup>3</sup>, konsentrasi *oultet* bag filter 2, C<sub>2</sub> = 13,378 mg/m<sup>3</sup>  
 maka :

Efisiensi Pada Bag Filter 1

$$\eta = \frac{C_1}{C_2} \times 100\% = \mathbf{99,29\%}$$

Efisiensi Pada Bag Filter 2

$$\eta = \frac{C_1}{C_2} \times 100\% = \mathbf{99,58\%}$$

Kedua nilai tersebut juga telah menunjukkan efisiensi kerja bag filter yang sangat baik.

Tabel 1. Perbandingan Output Emisi Dari Perhitungan Dan Pengukuran

Bag Filter	Pengukuran Langsung (mg/m <sup>3</sup> )	Perhitungan Teoritis (mg/m <sup>3</sup> )	Perbedaan Nilai (mg/m <sup>3</sup> )	Baku Mutu (mg/m <sup>3</sup> )
1	22,934	3,21	19,724	80
2	13,378	3,21	10,168	80

Sumber : Hasil Analisis, 2005

Hasil emisi riilnya juga masih dibawah standar baku mutu udara emisi menurut Keputusan Gubernur KDH Tingkat I Jawa Timur No. 129/1996 yang sebesar 80 mg/m<sup>3</sup>.

### KESIMPULAN

Hasil perhitungan menunjukkan, efisiensi bag filter 1 dan 2 adalah **99,9%**. Nilai tersebut sama karena data spesifikasi mekanis bag filter 1 dan 2 yang digunakan dalam perhitungan juga sama. Emisi bag filter *coal mill* adalah total partikel. Walau demikian, tidak menutup kemungkinan terjadinya penyimpangan, karena emisi bisa saja meningkat seiring dengan menurunnya kemampuan bag filter. Asumsi beberapa variabel dengan pendekatan terbaik yang digunakan dalam perhitungan, seperti diameter serat dan penentuan *densitas* dapat menyebabkan perbedaan dalam perhitungan. Beberapa parameter dalam perhitungan mengenai komponen udara, seperti viskositas gas menggunakan standar EPA di USA yang kemungkinan memiliki perbedaan ketika diterapkan di Indonesia.

Efisiensi bag filter untuk menyisihkan partikel berukuran 0-10 µm menurut EPA adalah antara 99-99,5%. Bag filter *coal mill* menyisihkan partikel dengan ukuran yang lebih besar yaitu 90 mikron sehingga efisiensinya juga lebih besar. Hasil perhitungan memperlihatkan efisiensi kinerja bag filter mendekati kondisi ideal.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1995. *Installation, Operation, And Maintenance Manual For The Jet Pulse dust Collector With WJ Timer*. Bethlehem : Fuller Kovako Corporation
- Beachler, David S., Joseph, Jerry., and Pompelia, Mick. 1995. *Fabric Filter Operation Review*. USA : North Carolina State University. <http://yosemite.epa.gov/oaqps/eogtra>

[in.nsf/DisplayView/SI\\_412A\\_0-5?OpenDocument](http://www.epa.gov/ttn/airquality/airpollutioncontrol/airpollutioncontrol.cfm?OpenDocument). diakses pada 30 Desember 2005

- Bethea, Robert M. 1978. *Air Pollution Control Technology*. London : Litton Educational Publishing Incorporation
- Buonicore, Anthony J and Davis, Wayne T. 1992. *Air Pollution Control : A Design Approach*. Second Edition. Illinois : Waveland Press Incorporation
- Cooper, C. David and Alley, F.C. 1994. *Air Pollution Control : A Design Approach*. Second Edition. Illinois : Waveland Press Incorporation
- DPPL, 2005. *Presentation PT. Semen Gresik Environmental Protection Agency*. AP-42 Appendix B.2. *Generalized Particle Size*. <http://www.epa.gov/ttn/airquality/airpollutioncontrol/airpollutioncontrol.cfm?OpenDocument>. diakses pada 30 Desember 2005
- Environmental Protection Agency. *Air Pollution Control Technology Fact Sheet*. <http://www.epa.gov/ttn/catc/dir1/ff-pulse.pdf>. diakses pada 30 Desember 2005
- Hiperkes, 2005. *Laporan Hasil Pengujian Udara Emisi dan Ambien*
- Nevers, Noel De. 2000. *Air Pollution Control Engineering*. Second Edition. Singapore : McGraw Hill Company Incorporation