

## Perancangan Ulang *Bag Filter* di Industri Peleburan Baja

**Bety Noraini<sup>1\*</sup>, Ahmad Erlan Afiuddin<sup>1</sup>, Alma Vita Sophia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: betynoraini@student.ppns.ac.id

### **Abstrak**

Peleburan baja menghasilkan limbah debu dan asap yang berdampak pada lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Kegiatan yang menghasilkan limbah diharuskan memiliki pengolahan limbah sebelum di buang langsung ke lingkungan. Perancangan ulang *bag filter* dilakukan karena *bag filter* yang terpasang belum bisa mengolah limbah partikulat secara maksimal, hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran konsentrasi partikel yang melebihi baku mutu yaitu sebesar 193,162 mg/m<sup>3</sup>. Perancangan ulang *bag filter* terdiri dari pengukuran kadar konsentrasi partikulat di area *arc furnace* menggunakan HVAS (*High Volume Air Sampler*) dan metode *gravimetri*, pengukuran ukuran partikulat menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), analisa data dengan membandingkan fisik dan performa antara *bag filter* lama dan *bag filter* baru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar konsentrasi partikulat limbah peleburan baja sebesar 193,162 mg/m<sup>3</sup> dan ukuran partikulat paling kecil sebesar 1,845  $\mu$ m. Dimensi *bag filter* baru sebesar 7,7 m x 4,9 m x 13,73 m dengan diameter *duct* 152,4 cm. *Bag filter* baru dirancang dengan efisiensi lebih besar dari *bag filter* lama yaitu sebesar 99,8% sedangkan *bag filter* lama 60,12%.

**Keywords:** Perancangan, *bag filter*, partikulat, peleburan baja, dan *arc furnace*.

## 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan material berbahan besi dan baja memicu tingginya industri pengecoran di Indonesia. Dampak lingkungan yang dihasilkan oleh industri pengecoran baja yaitu debu dan asap yang keluar dari tungku. Tungku yang digunakan untuk meleburkan baja adalah jenis *arc furnace* dengan sistem peleburan menggunakan elektroda yang dialiri dengan listrik. Tungku *arc furnace* memiliki tingkat produktifitas yang lebih tinggi dari pada tungku yang lain, serta membutuhkan kontrol debu yang lebih rendah dibandingkan tungku yang menggunakan bahan bakar fosil, gas alam, atau berbagai produk sekunder dari pembakaran (Wright, 1968).

Industri peleburan baja harus memiliki sistem pengolahan partikulat untuk mengurangi limbah partikulat dari proses peleburan baja. Kondisi eksisting industri peleburan baja memiliki sistem pengolahan partikulat jenis *bag filter* namun belum bisa mengolah limbah partikulat secara maksimal. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengukuran kadar konsentrasi partikulat limbah peleburan yang melebihi baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 10 tahun 2009 tentang Baku Mutu Udara Ambien dan Emisi Sumber Tidak Bergerak sebesar 193,162 mg/m<sup>3</sup>. Oleh karena itu perlu adanya perancangan ulang *bag filter* yang digunakan supaya dapat berfungsi secara maksimal untuk mengolah limbah partikulat dari proses peleburan baja.

## 2. METODE

Perancangan ulang *bag filter* dilakukan di industri pengecoran baja yang memiliki produksi rata-rata sebesar 956 ton per bulan. Berikut ini tahapan perancangan ulang *bag filter* baru :

### 1. Kadar konsentrasi partikulat

Data konsentrasi partikulat didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode *gravimetric*. Pengambilan sampel dilakukan di area *arc furnace* dengan metode secara *grab sampling* (sesaat) karena limbah yang dihasilkan dari proses peleburan bersifat kontinyu selama 24 jam dengan kapasitas yang sama yaitu 5 ton (Hasil data, 2019). Pengambilan sampel dilakukan di udara ambien sesuai SNI 19-7119.6-2005.

## 2. Ukuran partikulat

Ukuran partikulat limbah peleburan logam diperoleh dari pengujian menggunakan metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Partikulat yang tertahan di kertas saring saat proses pengukuran menggunakan HVAS yang diuji dengan SEM.

## 3. Perancangan ulang *bag filter*

Tahap perancangan ulang *bag filter* dilakukan dengan menghitung hood, duct, panjang filter, jumlah filter dan dimensi bag filter yang dibutuhkan. Berikut ini tahapan yang dilakukan :

### a. Merancang hood

Perencanaan hood disesuaikan dengan nilai *minimum recommended control velocities* limbah yang didapatkan dari buku Schnelle, 2016. Nilai kecepatan minimum yang didapat digunakan untuk menghitung dimensi hood. Rumus yang digunakan disesuaikan dengan jenis hood yang akan diaplikasikan di lapangan.

### b. Merancang duct

Dimensi duct yang digunakan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$A_{\text{Duct}} \text{ (m}^2\text{)} = \frac{Q_{\text{emisi}}}{V_{\text{min}}} \quad (1)$$

$$D_{\text{act}} = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{0,5} \quad (2)$$

$$V_{\text{act}} = \frac{Q}{A_{\text{act}}} \quad (3)$$

Dimana :

A = luas duct (m<sup>2</sup>)

D = diameter duct (m)

V = kecepatan limbah (m<sup>2</sup>)

### c. Effective Filtration Velocity

Rumus yang digunakan untuk menentukan *effective filtration velocity*

$$V_{\text{ef}} = V_{\text{fn}} \times A \times T \times P \times D \quad (4)$$

Dimana :

$V_{\text{ef}}$  = Effective filtration velocity

$V_{\text{fn}}$  = Nominal filtration velocity

A = Application

0,8 = Oily, moist or agglomerating

0,9 = Product collection

1,0 = Nuisance dust collection

T = Temperature

1,0 = U<sup>o</sup> to 110°F (43°C)

0,9 = From 110° F to 225°F (107°C)

0,8 = Above 225°F (>107°C)

P = Particel Size

0,8 = Under 3,0 μ

0,9 = From 3 to 9 μ

1,0 = For 10 to 50 μ

1,1 = For 51 to 100 μ

1,2 = Above 100 μ

D = Dust Load

1,2 = For 10 or less gr/ft<sup>3</sup>

1,1 = For 10 or 20 gr/ft<sup>3</sup>

1,0 = For 20 or 50 gr/ft<sup>3</sup>

0,9 = For 50 or 80 gr/ft<sup>3</sup>

0,8 = Above 80 gr/ft<sup>3</sup>

### d. Merancang panjang filter

Menentukan panjang filter diperlukan nilai  $V_c$  (*can velocity*) yang didapatkan dari buku Croom Miles. L, 1995. Panjang filter dapat ditentukan dengan menarik grafik pada *filter length* dan melakukan interpolasi.

### e. Menentukan jumlah filter

Jumlah filter ditentukan dengan rumus dari EPA, 1998 sebagai berikut :

$$N = \frac{A_c}{A_b} \quad (5)$$

Dimana :

$A_c$  = area of the clothe (m<sup>2</sup>)

$A_b$  = luas filter tiap bag ( $m^2$ )

**f. Merancang dimensi bag filter**

Dimensi *bag filter* ditentukan sesuai kebutuhan filter yang digunakan dan jarak antar filter.

**4. Perbandingan fisik dan performa bag filter**

Perbandingan fisik *bag filter* yaitu berupa dimensi *bag filter*, jenis *hood*, diameter *duct*, jenis filter, panjang filter, jumlah filter. Perbandingan performa berupa efisiensi *bag filter* yang dirancang dengan *bag filter* lama.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan pembahasan yang dilakukan dalam perancangan ulang *bag filter* sebagai berikut:

**1. Kadar konsentrasi partikulat**

Hasil pengukuran kadar konsentrasi partikel nilai rata-rata konsentrasi limbah partikel peleburan baja di area *arc furnace* sebesar  $193,162 \text{ mg/m}^3$ .

**2. Ukuran partikulat**

Hasil pengukuran limbah partikel peleburan baja menunjukkan bahwa partikel memiliki ukuran paling kecil sebesar  $1,845 \mu\text{m}$  dan ukuran terbesar  $10,32 \mu\text{m}$ .

**3. Perancangan ulang bag filter**

Perancangan ulang *bag filter* dilakukan dengan menentukan debit limbah yang akan diolah dan layout *bag filter* dari sumber pencemar sampai ke cerobong. Debit limbah perancangan ulang *bag filter* didapatkan dari perkalian luas penampang keluaran tungku dengan laju alir limbah, perhitungan sebagai berikut :

Dimensi tungku *arc furnace*

- Diameter dalam tungku = 3,2 m
- Tinggi tungku = 0,32 m

Laju alir limbah dari tungku *arc furnace* = 5,2 m/s didapatkan dari pengukuran cerobong setiap 6 bulan sekali.

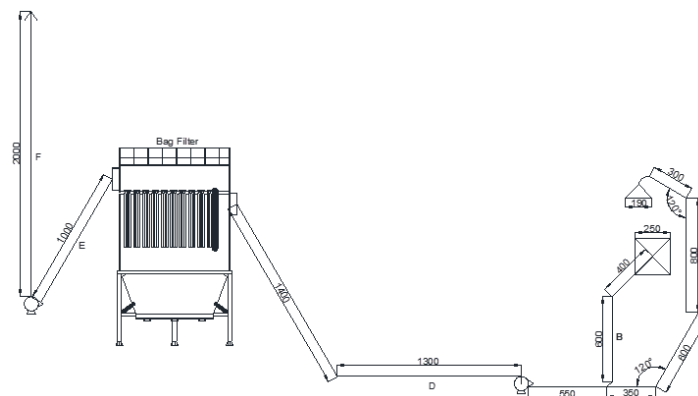
$$\begin{aligned} \text{Debit limbah (Q)} &= \text{luas tungku (bentuk silinder) x laju alir} \\ &= \pi r^2 \times h \\ &= 3,14 \times (1,6 \text{ m})^2 \times 5,2 \text{ m/s} \\ &= 41,80 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

**a. Merancang hood**

*Hood* yang digunakan jenis *canopy hood* dan *rectangular hood* dengan dimensi masing-masing sebesar 1,9 m dan 2,5 m.

**b. Merancang duct**

Limbah peleburan baja memiliki range kecepatan minimum yang ada di buku Schnelle, 2016 sebesar 5000 fpm . Apabila dikonversikan menjadi m/s menjadi 25,40 m/s. Terdapat 7 jalur dari A-F sehingga perlu dilakukan perhitungan pada masing-masing jalur.



Gambar 1 Jalur ducting

Perhitungan jalur *ducting* dihitung dengan rumus sebagai berikut :

▪ **Jalur A**

Jalur A memiliki panjang 14,5 meter berawal dari *hood canopy* sampai ke pipa utama. Besarnya debit yang dapat dihisap dari *hood* sebesar  $22,63 \text{ m}^3/\text{s}$  apabila dikonversikan ke scfm nilainya menjadi  $(2118,880003 \times 22,63) = 47955,05 \text{ scfm}$  (*standard cubic feet per minute*) dan kecepatan minimal *hood* sebesar 5000 ft/min. Perhitungan dimensi *duct* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A \text{ (luas area)} &= \frac{47955,05 \text{ scfm}}{5000 \text{ ft/min}} \\
 &= 9,59 \text{ ft}^2 \\
 \text{(D) diameter} &= (4A/\pi)^{0,5} \\
 &= \left(\frac{4 \times 9,59}{3,14}\right)^{0,5} \\
 &= 3,495 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Diameter *duct* yang dibutuhkan untuk mengalirkan debu limbah peleburan baja sebesar 3,495 ft. Karena dipasaran tidak tersedia *duct* berdiameter 3,495 ft, maka akan menggunakan *duct* berdiameter 3,5 ft atau 1067 mm sesuai katalog pipa. Jadi luas area aktual *duct* sebesar :

$$\begin{aligned}
 A_{\text{act}} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\
 A_{\text{act}} &= \frac{1}{4} \pi (3,5)^2 \\
 A_{\text{act}} &= 9,64 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Berubahnya ukuran diameter *duct* aktual maka kecepatan yang terjadi didalam *duct* akan berubah.

Kecepatan aktual yang terjadi dalam *duct* sebesar :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{act}} &= Q/A_{\text{act}} \\
 V_{\text{act}} &= \frac{47955,05 \text{ scfm}}{9,64 \text{ ft}^2} \\
 V_{\text{act}} &= 4986,88 \text{ ft/min}
 \end{aligned}$$

Tabel 1 Perhitungan dimensi *ducting*

<i>Duct</i>	<i>Flow</i> (scfm)	<i>Velocity</i> (V in ft/min)	<i>Area</i> (A in ft <sup>2</sup> )	D (ft)	D act (ft)	A act (ft <sup>2</sup> )	Vact (ft/min)
A	47955.05	5000*	9.59	3.50	3.5	9.62	4986.88
B	52127.63	5000	10.43	3.64	4.0	12.56	4150.29
C	100082.68	5000	20.02	5.00	5.0	19.63	5099.75
D	100082.68	5000	20.02	5.00	5.0	19.63	5099.75
E	100082.68	5000	20.02	5.00	5.0	19.63	5099.75
F	100082.68	5000	20.02	5.00	5.0	19.63	5099.75

### c. Effective Filtration Velocity

Perhitungan ini dapat ditentukan dengan mengetahui data aplikasi debu (*application*), suhu (*temperature*), ukuran partikel (*particle size*), dan beban debu (*dust load*) :

$$\begin{aligned}
 V_{\text{ef}} &= V_{\text{in}} \times A \times T \times P \times D \\
 &= 6 \text{ fpm} \times 0,9 \times 0,9 \times 0,8 \times 1,2 \\
 &= 4,67 \text{ fpm}
 \end{aligned}$$

### d. Merancang panjang filter

Nilai panjang filter didapat dengan menarik garis sumbu Y (*can velocity*) sampai dengan garis X (*effective filtration velocity*) yang terdapat pada grafik *filter length* di buku Croom miles, 1995, kemudian melakukan interpolasi. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 (2,5-5)/(2,5-4,67) &= (18,8-9,4)/(18,8-x) \\
 (-2,5)/(-2,2) &= 9,4/(18,8-x) \\
 -47+2,5x &= -20,68 \\
 2,5x &= 26,32 \\
 x &= 10,53 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

Panjang filter yang dibutuhkan adalah 10,53 ft dikonversikan menjadi meter  $10,53 \text{ ft} \times 0,3048/(1 \text{ ft}) = 3,21$  meter. Panjang filter jenis *nomex* yang ada dipasaran sebesar 3,76 meter dan diameter sebesar 0,118 meter.

### e. Menentukan jumlah filter

Menghitung jumlah bag yang diperlukan harus menghitung luas area (*Ab*) yang dibutuhkan per *bag*, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A_b &= \pi \times d(\text{diameter } \textit{bag}) \times h(\text{tinggi } \textit{bag}) \text{ m} \\
 &= 3,14 \times 0,12 \text{ m} \times 3,75 \text{ m} \\
 &= 1,41 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$= 15,00 \text{ ft}^2$$

Jumlah *bag* yang dibutuhkan ( $N_b$ ) dengan perhitungan :

$$\begin{aligned} N_b &= A_c/A_b \\ &= (12510,33 \text{ ft}^2)/(15,00 \text{ ft}^2) \\ &= 840 \text{ buah} \end{aligned}$$

#### f. Merancang dimensi *bag filter*

Jumlah *bag* di sisi panjang 42 buah dan sisi lebar sebanyak 20 buah, sehingga didapatkan panjang *bag filter* 7,70 meter dengan lebar 4,9 meter dan tinggi total 13,73 meter. Tinggi hopper yang digunakan sebesar 2,68 meter dengan kemiringan sudut  $70^\circ$  dan tinggi pagar *bag filter* sebesar 1,15 meter.

#### 4. Perbandingan fisik dan performa *bag filter*

Perubahan fisik yang dilakukan dalam perancangan ulang *bag filter* dilakukan berdasarkan karakteristik limbah yang ada di unit *arc furnace* di industri pengecoran baja. Perbandingan fisik antara *bag filter* baru dengan yang lama ada pada Tabel 4.1.

Tabel 2 Perbandingan fisik *bag filter* lama dengan baru

Parameter	<i>Bag filter</i> lama	<i>Bag filter</i> baru
Jenis <i>hood</i>	<i>Canopy hood</i>	<i>Canopy hood</i> dan <i>rectangular hood</i>
Dimensi <i>duct</i>	900 cm	1524 cm
Dimensi <i>bag filter</i>	8,4 m x 2,94 m x 9,47 m	7,7 m x 4,9 m x 13,73 m
Jumlah filter	600 buah	840 buah
Panjang filter	2,79 m	3,76 m
Jenis filter	<i>Polyester</i>	<i>Nomex</i>
Efisiensi	60,12%	99,8%

(Sumber : penulis, 2019)

Performa *bag filter* dibandingkan dengan nilai efisiensi alat yang dirancang. Nilai efisiensi *bag filter* baru sebesar 99,8 %, sedangkan efisiensi *bag filter* lama sebesar 60,12 %.

#### 4. KESIMPULAN

Perancangan ulang *bag filter* memiliki kemampuan debit hisap limbah sebesar 2833,8 m<sup>3</sup>/min. Jenis *hood* yang digunakan *canopy hood* dan *rectangular hood*. Diameter *duct* sebesar 1524 mm. Dimensi *bag filter* baru 7,7 m x 4,9 m x 13,37 m. Jumlah filter yang dibutuhkan 840 filter dengan panjang 3,76 meter. Efisiensi *bag filter* baru sebesar 99,8 %.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- EPA, (United States Environmental Protection Agency). (1998). *Fabric Filter Design Review*, 2, 1–16. U.S. EPA. (1998).
- Croom, Miles L. 1995. *Filter Dust Collector: Design And Application*. Newyork: McGraw-hill
- Schnelle Jr. Karl B., Charles A. Brown. 2016. *Air Pollution Control Tecnology Handbook*. New york. Taylor dan Francis Group
- SNI 19-7119.3. (2005). Udara ambien – Bagian 3: Cara Uji Partikel Tersuspensi Total Menggunakan Peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan Metode gravimetri
- Wright, R. J. (1968). *Concepts of electric arc furnace fume control*. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 18(3), 175–178.B
- Katalog pipa. Dimension and weihgts of steel pipe ANSI 36.10

**Halaman ini sengaja dikosongkan**