

# VENTURI-PACKED SCRUBBER SEBAGAI PENGENDALI CEMARAN PARTIKULAT PADA INDUSTRI PENGECORAN LOGAM TUNGKU INDUKSI

## VENTURY-PACKED SCRUBBER AS PARTICULATE POLLUTION CONTROL ON INDUCTION FURNACE METAL CASTING INDUSTRY

**Januar Arif Fatkhurrahman dan Ikha Rasti Juliasari**

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Kementerian Perindustrian

Jl. Kimangunsarkoro No.6, Semarang, Jawa Tengah – Indonesia

e-mail : [januarfa@kemenperin.go.id](mailto:januarfa@kemenperin.go.id) dan [ikharasti@kemenperin.go.id](mailto:ikharasti@kemenperin.go.id)

diajukan: 04/07/2014, direvisi: 06/08/2014, disetujui: 26/08/2014

### ABSTRACT

*Induction furnace metal casting industry on small medium scale needs some attention, especially on its particulate pollution. By today, particulate pollution from this industrial process remain unhandling. Particulate pollution handling research on this activity, mainly focused on the design and construction of equipment venturi packed scrubber with construct support facilities, liked: exhaust hood, settling basin and stack. Location of the study conducted at the Metal Casting workshop owned Metal Industry Development Center (BBLM) Bandung to show a decrease in the effectiveness of the inhalable particulate parameters and respirable particulate parameters during the metal casting process takes place. The results of the trial showed a decrease of inhalable particulate is  $0.5745 \text{ mg/Nm}^3$  and respirable particulate is  $0.2357 \text{ mg/Nm}^3$ , the efficiency of venturi packed scrubber is 57.26 % for inhalable particulate and 61.73 % for respirable particulate.*

*Keywords: Induction Furnace Metal Casting, Venturi-Packed Scrubber, Inhalable Particulate, Respirable Particulate*

### ABSTRAK

Industri pengecoran logam tungku induksi skala kecil menengah memerlukan perhatian khusus mengingat sampai saat ini belum ada penanganan cemaran partikulat pada kegiatan produksinya. Kegiatan penelitian ini berupa rancang bangun peralatan venturi packed scrubber beserta fasilitas pendukung yaitu: bangunan penangkap partikel, pengendap air dan cerobong. Lokasi penelitian dilaksanakan di bengkel pengecoran milik Balai Besar Logam dan Mesin (BBLM) Bandung untuk melihat efektifitas penurunan parameter partikulat inhalabel dan partikulat respirabel selama proses pengecoran berlangsung. Hasil uji coba alat menunjukkan penurunan partikulat inhalabel sebesar  $0,5745 \text{ mg/Nm}^3$  dan partikulat respirabel sebesar  $0,2357 \text{ mg/Nm}^3$ . Efisiensi pengikatan venturi packed scrubber untuk partikulat inhalabel sebesar 57,26% dan partikulat respirabel sebesar 61,73%.

Kata Kunci: Pengecoran Logam Tungku Induksi, *Venturi-Packed Scrubber*, Partikulat Inhalabel, Partikulat Respirabel

### PENDAHULUAN

Berkembangnya sejumlah industri seperti otomotif, alat berat dan elektronik dan permesinan tak urung menggerek permintaan di industri pengecoran logam. Industri pengecoran logam merupakan industri hulu yang ke depan mempunyai prospek cukup bagus sejalan dengan peningkatan permintaan pada industri hilirnya. Menurut Anwar (2010), berbagai kendala dihadapi oleh industri ini, mengingat sebagian besar merupakan

industri skala kecil menengah mulai dari kualitas cetakan yang masih rendah dan belum memenuhi standar internasional dengan tingkat penolakan produk (*rejection rate*) pada industri baja skala kecil masih sekitar 10-15%. Sedangkan rata-rata secara internasional *rejection rate* hanya 3%. Permasalahan ini disebabkan oleh peralatan yang sudah tua dan kualitas sumber daya manusia yang rendah.

Permintaan bahan baku scrap yang tinggi tidak sejalan dengan keterbatasan jumlahnya, menyebabkan naiknya harga

scrap. Sehingga banyak industri pengecoran logam skala kecil menengah menggunakan campuran besi rongsok sebagai pengganti bahan baku, tidak hanya pada pengecoran logam dengan tungku kupola, namun juga pada industri pengecoran logam berbasis tungku induksi. Kandungan pengotor dalam besi rosok akan menghasilkan cemaran bagi udara ruang kerja dalam bentuk gas dan partikulat ketika dilakukan proses peleburan.

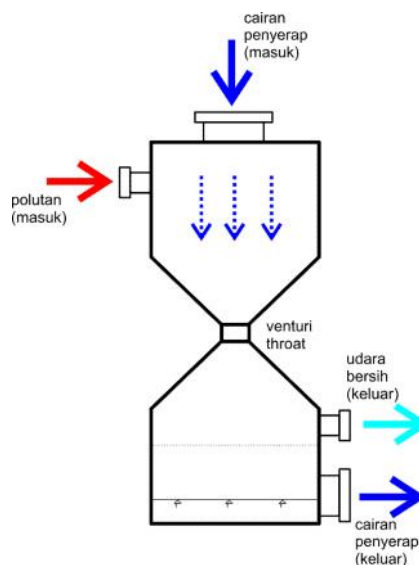
Kondisi industri pengecoran logam skala kecil menengah, khususnya yang berbasis tungku induksi yang menggunakan bahan baku besi scrap, menghasilkan produk samping berupa limbah padat dan cemaran udara yang berbahaya untuk kesehatan baik lingkungan maupun pekerja. Hal ini ditambah dengan belum adanya perangkat pengendali cemaran udara pada unit proses pengecoran logam tungku induksi (Juliasari, 2013).

Berdasarkan data karakteristik pencemaran udara ruang produksi pada industri pengecoran logam tungku induksi (Juliasari, 2013), pencemar untuk parameter gas SO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub> masih berada jauh di bawah limit deteksi metode pengujian parameter tersebut, sementara hasil pemantauan lingkungan di ruang proses industri pengecoran logam didapat konsentrasi partikulat inhalabel pada ruang kerja mencapai 1,593 mg/Nm<sup>3</sup> dan partikulat respirabel sebesar 0,5185 mg/Nm<sup>3</sup>. Dengan melihat cemaran partikulat yang cenderung berdampak negatif dibandingkan baku mutunya sebesar 10 mg/Nm<sup>3</sup> untuk partikulat inhalabel dan 3 mg/Nm<sup>3</sup> untuk partikulat respirabel (Permenakertrans No.13/Men/X/2011), kegiatan ini dibatasi pada pengendali cemaran partikulat, meliputi partikulat inhalabel dan partikulat respirabel. Dari batasan masalah tersebut, dirumuskan dua hal, yaitu; kemampuan *venturi-packed scrubber* sebagai solusi cemaran partikulat di IKM pengecoran logam berbasis tungku induksi, dan efisiensi pengikatan *venturi-packed scrubber*. Sedangkan untuk konsentrasi logam ruang kerja didominasi oleh Mn, Cu, Fe, Cr, Co yang berbahaya untuk kesehatan.

Melihat karakteristik cemaran partikel yang dihasilkan, dipilih kombinasi venturi scrubber yang dilengkapi packed material

Coulson (2002) menyatakan bahwa perancangan *wet scrubber* dengan pengikatan partikel, disarankan menggunakan 2 tahap proses;

- a. *Primary Stage*, menggunakan venturi scrubber, untuk mengabsorpsi gas – gas emisi yang terbentuk dan mengeliminasi sebagian partikulat. Konstruksi venturi scrubber secara umum dapat dijabarkan sebagai berikut; karakteristik dimensi mempunyai pengecilan diameter lalu pembesaran kembali. Bagian yang memiliki diameter terkecil disebut *venturi throat*, dengan adanya *throat* aliran gas akan mengalami proses *throating*, sehingga akan terjadi tumpukan partikel pada bagian tersebut.. Aliran air yang mengalir melalui *throat* seperti diperlihatkan pada Gambar 1. berikut ini.



Gambar 1. *Venturi Scrubber*

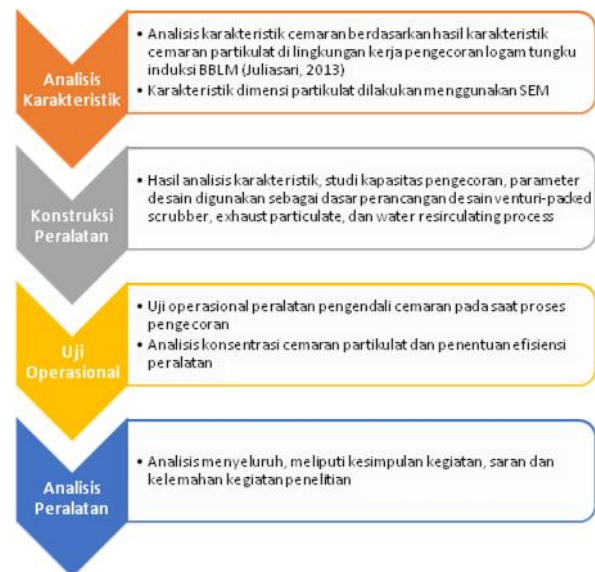
Kecepatan aliran gas dengan kondisi pengecilan pada bagian *throat* menghasilkan efisiensi tinggi pada tipe ini yaitu antara 70 – 99% untuk partikel berukuran > 1µm tetapi hanya > 50% untuk ukuran partikel sub µm (Purba, 2010).

b. *Secondary Stage*, menggunakan packed bed, dengan luas bidang kontak diperluas dengan adanya packing material sebagai area kontak antara partikulat-gas dengan cairan, untuk menyempurnakan proses eliminasi partikulat. Dengan adanya pengikatan lanjutan, partikulat cemaran yang tidak lolos dengan venturi scrubber akan tereliminasi oleh packed scrubber

Debu merupakan partikel – partikel zat padat yang disebabkan oleh kekuatan-kekuatan alami atau mekanis, seperti pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakan yang cepat, peledakan dan lain-lain dari bahan-bahan organik maupun anorganik, misalnya batu, kayu, bijih logam, arang batu, butir-butir zat padat dan sebagainya (Suma'mur, 1998). Sedangkan menurut Sarudji (2010), dalam buku Kesehatan Lingkungan, debu (partikulat) adalah bagian yang besar dari emisi polutan yang berasal dari berbagai macam sumber seperti mobil, truk, pabrik baja, pabrik semen, dan pembuangan sampah terbuka. Ada tiga cara masuknya bahan polutan seperti debu dari udara ke tubuh manusia yaitu melalui inhalasi, ingesti, dan penetrasi kulit. Kerusakan kesehatan akibat debu tergantung pada lamanya kontak, konsentrasi debu dalam udara, jenis debu itu sendiri dan lain-lain (Agusnar, 2008). Partikel yang terhisap oleh manusia dengan ukuran kurang dari 1  $\mu\text{m}$  akan ikut keluar saat napas dihembuskan. Partikel yang berukuran 1 – 3  $\mu\text{m}$  akan masuk ke dalam kantong udara paru-paru, menempel pada alveoli. Partikel berukuran 3 – 5  $\mu\text{m}$  akan tertahan pada saluran pernapasan bagian tengah. Partikel yang berukuran di atas 5  $\mu\text{m}$  akan tertahan di saluran napas bagian atas (Sunu, 2001).

## METODE

Kegiatan penelitian ini secara garis besar, dibagi menjadi empat tahapan, meliputi analisis karakteristik, konstruksi peralatan, uji operasional, dan analisis peralatan, seperti digambarkan dalam sistematika penelitian (Gambar 2.)



Gambar 2. Sistematika Penelitian

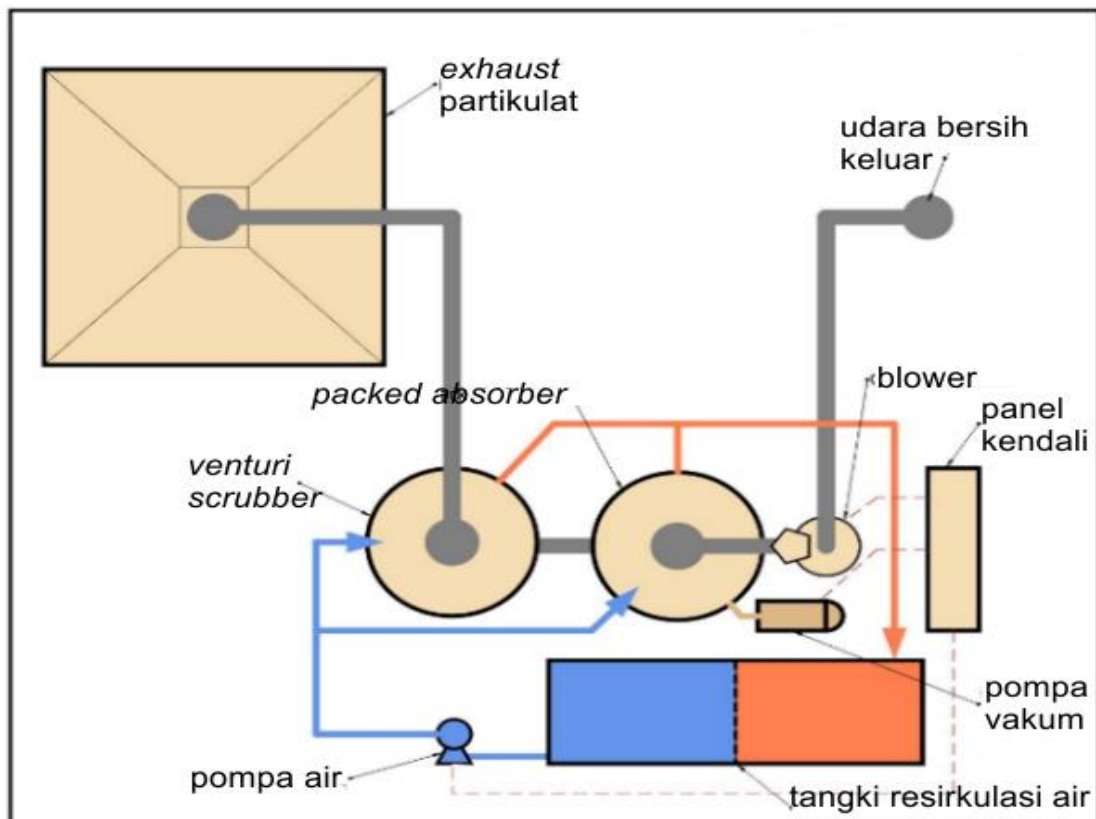
Peralatan yang digunakan untuk penelitian dibedakan atas :

a. Peralatan Konstruksi Venturi Packed Scrubber

Meliputi : exhaust, venturi scrubber, packed scrubber dan bak pencemar, dengan layout penempatan unit proses seperti gambar 3 di bawah ini :

- Venturi Scrubber

Dasar perancangan venturi scrubber mengacu pada debit partikel yang masuk ke dalam peralatan proses, estimasi tetesan/ droplet air (PDHEngineer, 2006). Dari parameter tersebut digunakan untuk menentukan diameter venturi, dimensi per bagian, dan leher (*throat*) venturi untuk kapasitas tungku induksi di BBLM, dengan tahapan sebagai berikut (US-EPA,1977); Prediksi penangkapan partikel, Perhitungan korelasi Calvert untuk prediksi penangkapan partikel di bagian *throat*. Perhitungan *pressure drop*.



Gambar 3. Layout Unit Proses Venturi-Packed Scrubber

- Packed Absorber  
Selain venturi scrubber, packed absorber menjadi peralatan proses utama yang perancangannya disesuaikan dengan kapasitas produksi tungku induksi. Luas permukaan packed material menjadi acuan utama saat menentukan packed material yang digunakan. Dengan melihat nilai ekonomis dari kelereng, dan faktor luas permukaan yang relatif besar. Selain itu, jika mengacu pada referensi (Coulson, 2002), untuk packed material pada absorber dengan diameter kurang dari 30 cm, diameter packed material yang disarankan kurang dari 2,5cm. Pada venturi-packed scrubber di tungku induksi BBLM ini dipilih kelereng sebagai packed material.
- Exhaust Particle

Peralatan proses yang digunakan untuk menangkap cemaran partikel/ debu dari tungku induksi, dirancang dengan menggunakan pertimbangan data area bebas di atas tungku, posisi tata kerja peralatan tungku induksi dan yang utama adalah diameter tungku. Sehingga didapatkan luasan maksimal dari exhaust particle yang mampu menangkap cemaran udara yang keluar dari tungku induksi.

- b. Peralatan Pengambilan Sampel Cemaran Partikulat  
Merupakan peralatan yang digunakan untuk pengambilan sampel cemaran udara ruang kerja untuk parameter partikel debu total dan debu respirabel. Peralatan pengambilan data tersebut meliputi :Low Volume Air Sampler, Roll kabel, Weather Station (*Thermometer dan Hygrometer*) Pompa vacuum, dan Rotameter.

Pengambilan sampel parameter partikel dengan metode gravimetri, pada pengambilan sampel partikulat dibagi menjadi dua, partikulat total / inhalabel dan partikulat respirabel (Lestari, 2007);

- Partikulat total / inhalabel adalah fraksi partikulat terbang (*airborne material*) yang mampu melewati hidung dan nafas, namun tertahan di saluran pernafasan atas, partikulat inhalabel mempunyai dimensi 10µm - 100 µm
- Partikulat Respirabel adalah fraksi partikulat terbang yang mampu mencapai paru – paru, dengan dimensi ≤ 4µm.

Dari dua parameter partikulat tersebut, pengambilan secara gravimetri dapat dijelaskan sebagai tahapan berikut;

- Persiapan media / filter  
Media atau filter dalam hal ini berupa *microfibre* filter yang disesuaikan dengan dimensi tertahan dua parameter partikulat
- Penimbangan media / filter  
Penimbangan media dilakukan sebelum dan sesudah pengambilan sampel partikulat
- Koleksi sampel  
Sampel diambil dengan laju udara 2L/menit untuk partikulat respirabel dan laju udara 5L/menit untuk partikulat inhalabel
- Analisis dan perhitungan  
Konsentrasi partikulat yang ada ditentukan total volume udara yang melewati filter, berdasarkan pada berat akhir media / filter setelah analisis, seperti yang ditunjukkan pada persamaan (1)

$$C = \frac{M_2 - M_1 - B}{V} \dots\dots\dots (1)$$

- Dengan;
- M<sub>1</sub> : berat media sebelum pengambilan sampel (mg)
  - M<sub>2</sub> : berat media setelah pengambilan sampel (mg)
  - B : berat media sebagai *blank sample* (mg)
  - V : Volume udara yang melewati media selama periode pengambilan (m<sup>3</sup>)

Data yang diperoleh berupa data sekunder dan data primer. Data sekunder yaitu: data kapasitas proses, dimensi tungku, lay out proses. Sementara data primer digunakan sebagai dasar perancangan peralatan proses;

Bahan penelitian yang digunakan untuk penelitian dibedakan atas :

1. Bahan penelitian untuk membuat konstruksi alat penelitian.
2. Bahan penelitian yang digunakan untuk ujicoba proses dan analisis laboratorium.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

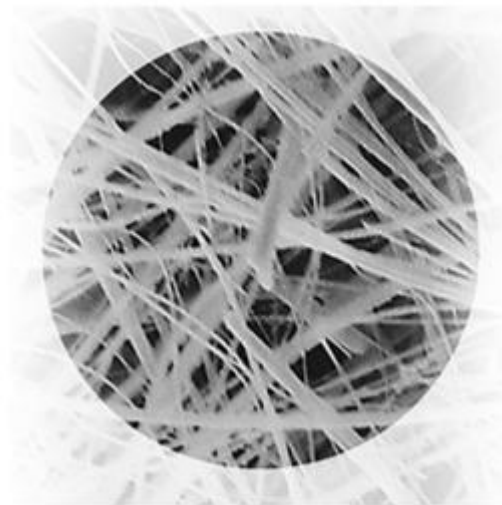
### Uji Karakteristik Awal Partikulat

Uji karakteristik awal dilakukan untuk mengetahui profil partikulat sebagai hasil cemaran proses produksi di bengkel pengecoran, uji karakteristik dilaksanakan menjadi dua tahapan, yaitu karakteristik partikulat secara gravimetri dan diameter partikel dengan SEM. Karakteristik awal partikulat sebelum pengecoran dilakukan secara gravimetri dengan hasil seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Awal di Ruang Kerja Bengkel Pengecoran BBLM

No.	Tanggal Pengambilan Contoh	Keterangan Pengambilan	Partikulat Inhalabel (mg/Nm <sup>3</sup> )	Partikulat respirabel (mg/Nm <sup>3</sup> )
1.	26 Juni 2013	Uji Karakteristik awal 1	0,6980	0,5340
2.	13 September 2013	Uji Coba Peralatan 1	0,9777	0,7908
3.	14 November 2013	Uji Coba Peralatan 2	1,9850	0,1480
4.	15 November 2013	Uji Coba Peralatan 3	1,8540	0,1480
5.	26 November 2013	Uji Coba Peralatan 4	0,2510	0,5130
<b>Konsentrasi Rata – Rata Partikulat</b>			<b>1,1531</b>	<b>0,4268</b>

sumber : Juliasari, 2013



Gambar 5. Hasil Analisis SEM pada Media sebagai Blanko (SKC, Inc.)

Sedangkan untuk mengetahui diameter partikulat pada proses produksi tersebut, dilaksanakan analisis menggunakan SEM pada blanko filter, dan filter setelah pengujian awal, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi lingkungan kerja bengkel pengecoran di BBLM tanpa ada proses pengecoran.

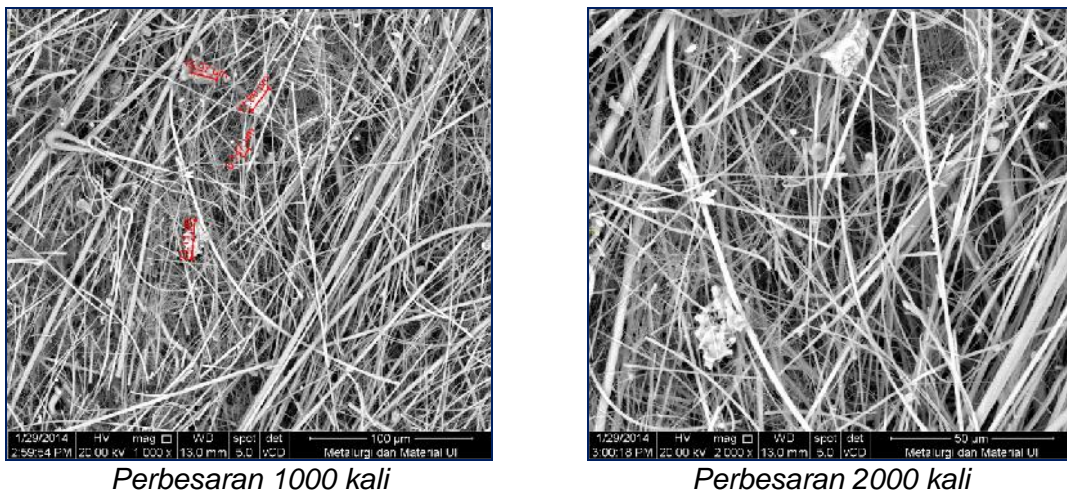
Gambar 5 menunjukkan hasil analisis pada filter blanko menggunakan SEM, hasil analisis filter blanko merupakan spesifikasi filter dari SKC, Inc. Hasil analisis SEM pada blanko dijadikan sebagai perbandingan

dengan Filter / media yang diujikan seperti terlihat pada Gambar 6, sebagai hasil uji karakteristik.

Berdasarkan uji karakteristik awal, cemaran udara (partikulat) pada tungku induksi di unit pengecoran logam BBLM, didapatkan data analisis SEM, dengan rata – rata dimensi partikel pada range  $10\mu\text{m}$  -  $50\mu\text{m}$  (Juliasari, 2013), seperti terlihat pada Gambar 7 yang ditunjukkan dengan garis merah yang menunjukkan diameter partikulat yang menempel pada filter hasil tangkapan pengujian.



Gambar 6. Filter / Media Penangkap Partikel



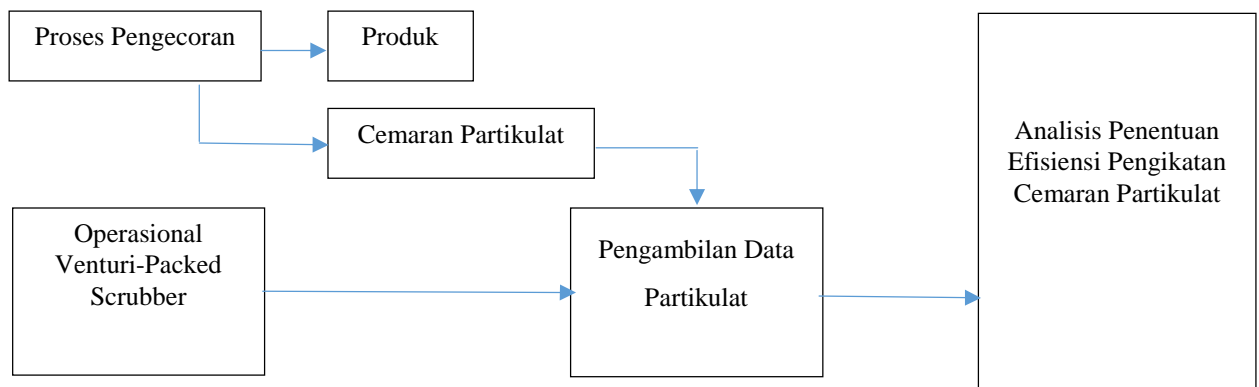
Gambar 7. Hasil Analisis SEM pada Karakteristik Awal Dimensi Partikulat Cemaran Udara Tungku Induksi Pengecoran Logam BBLM

Berdasarkan data analisis tersebut, dan diperkuat oleh literatur yang menyatakan efisiensi pengikatan pada penggunaan *venturi scrubber* mencapai 70 – 99% untuk partikel berukuran > 1µm (Purba, 2010), hal ini memperkuat penggunaan *venturi scrubber* sebagai *primary stage* pengendali cemaran partikel pada unit tungku induksi di bengkel pengecoran BBLM. Dari kesimpulan analisis karakteristik awal cemaran ini, studi kapasitas pengecoran, digunakan sebagai dasar perancangan desain *venturi-packed scrubber*, *exhaust particulate*, dan *water resirculating tank*.

Setelah tahapan konstruksi selesai, dilanjutkan uji peralatan pengendali

cemaran partikulat. Uji peralatan ini dilaksanakan pada saat bengkel pengecoran BBLM beroperasi untuk melihat efisiensi pengikatan peralatan. Tahapan penentuan efisiensi pengikatan peralatan pengendali cemaran partikulat digambarkan dalam kerangka proses pada Gambar 8.

Gambar 8 tersebut mendeskripsikan analisis penentuan efisiensi pengikatan cemaran, dengan data cemaran partikulat diambil sebagai hasil samping proses pengecoran. Analisis penentuan efisiensi pengikatan cemaran partikulat dibandingkan sebelum dan sesudah operasional *venturi packed scrubber*.



Gambar 8. Tahapan Analisis Penentuan Efisiensi Pengikatan Cemaran Partikulat

**Uji Operasional dan Pengambilan Data Cemar Partikulat**

- a. Pengambilan Data Partikulat tanpa Alat Venturi Packed Scrubber Beroperasi. Hasil pengambilan data partikulat, pada saat proses pengecoran yang dilakukan sebelum alat venturi packed dioperasikan ditampilkan pada Tabel 2.
- b. Pengambilan Data Partikulat dengan Alat Venturi Packed Scrubber Beroperasi. Hasil pengambilan data partikulat, pada saat proses pengecoran dengan operasional *venturi-packed scrubber* sebagai pengendali cemaran partikulat ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan pola penurunan partikulat cemaran proses pengecoran seiring proses operasional *venturi-packed scrubber*. Pada Tabel 3, partikulat baik inhalabel maupun respirabel menunjukkan penurunan secara kuantitas, dan mengalami kenaikan secara kualitas berdasarkan baku mutu yang ada. Efisiensi peralatan pengendali cemaran partikulat dihitung menggunakan penurunan konsentrasi cemaran partikulat, dengan membandingkan konsentrasi partikulat pada saat proses pengecoran berlangsung, antara operasional *venturi-packed scrubber* dengan non-operasional *venturi packed scrubber*. Terlihat efisiensi operasional pada Tabel 4.

Tabel 2. Pengambilan Data Partikulat Tanpa Alat *Venturi-Packed Scrubber* Beroperasi

No.	Tanggal Pengambilan Data	Keterangan Pengambilan	Partikulat Inhalabel (mg/Nm <sup>3</sup> )	Partikulat respirabel (mg/Nm <sup>3</sup> )
1.	14 November 2013	Run 1	2,3100	0,2850
2.	15 November 2013	Run 2	0,6050	0,6850
3.	26 November 2013	Run 3	1,1180	0,8780
<b>Konsentrasi Rata – Rata Partikulat</b>			<b>1,3443</b>	<b>0,6160</b>

sumber : *Data Analisis BBTPI, 2013*

Tabel 3. Kondisi Pengecoran Dengan Alat *Venturi-Packed Scrubber* Beroperasi

No.	Tanggal Pengambilan Data	Keterangan Pengambilan	Partikulat Inhalabel (mg/Nm <sup>3</sup> )	Partikulat respirabel (mg/Nm <sup>3</sup> )
1.	13 September 2013	Run 1	0,9803	0,7571
2.	14 November 2013	Run 2	1,6430	0,2280
3.	15 November 2013	Run 3	0,2050	0,0110
4.	26 November 2013	Run 4	0,2510	0,5250
<b>Konsentrasi Rata - Rata Partikulat</b>			<b>0,7698</b>	<b>0,3803</b>

sumber : *Data Analisis BBTPI, 2013*

Tabel 4. Efisiensi *Venturi-Packed Scrubber*

Parameter	Konsentrasi (mg/Nm <sup>3</sup> )		Efisiensi Penurunan
	Tanpa Alat Beroperasi	Dengan Alat Beroperasi	
<b>Partikulat Inhalabel</b>	1,3443	0,7698	57,26 %
<b>Partikulat Respirabel</b>	0,6160	0,3803	61,73 %

Tabel 5. Hasil Analisis Kandungan Logam

Kondisi	Parameter				
Proses Pengecoran	Mn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (%)	Cr (µg/g)	Co (µg/g)
<b>Tanpa scrubber</b>	2,163 ±0,134	3336±140,4	38,81 ±1,235	1988,9 ±56,48	134,7±4,149
<b>Dengan Scrubber</b>	0,246±0,035	141,2±50,48	2,025 ±0,068	129,2 ±5,557	13,32±1,014

sumber : *Data Analisis BATAN, 2014*



Analisis kandungan logam pada dua kondisi sebelum operasional scrubber dan setelah operasional scrubber, dijadikan sebagai pendukung efisiensi operasional *venturi-packed scrubber*. Analisis dilaksanakan di BATAN, dengan hasil sebagai berikut untuk masing – masing logam.

Dari hasil analisis kandungan logam untuk kondisi proses pengecoran tanpa operasional *venturi-packed scrubber* dibandingkan dengan operasional *venturi-packed scrubber*, didapatkan penurunan konsentrasi logam pada saat peralatan pengendali cemaran *venturi-packed scrubber* dioperasikan. Hal ini sebanding dengan efisiensi penurunan partikel pada bahasan Tabel 4.

Modifikasi dengan penyesuaian kapasitas produksi pada tungku induksi, menghasilkan sebuah perangkat yang ekonomis namun tetap mempunyai efisiensi yang cukup tinggi bagi industri skala kecil menengah. Hasil penelitian ini masih perlu penyempurnaan untuk memaksimalkan efisiensi pengikatan, diantaranya yaitu penyempurnaan pada rangkaian *hood (exhaust particle)* dan penyangga dari exhaust. Hal ini dikarenakan desain exhaust dengan konstruksinya yang ada terdapat sedikit perubahan yang disesuaikan dengan ketersediaan waktu dan anggaran. Rangkaian exhaust ini merupakan faktor utama yang mempengaruhi jumlah partikel cemaran yang masuk ke alat *venturi packed scrubber*. Semakin banyak jumlah partikel yang tertangkap di harapkan semakin tinggi tingkat efektifitas pengikatan *venturi-packed scrubber*. Sedangkan untuk penyangga exhaust dapat dibuat porTabel, sehingga tidak mengganggu keleluasaan pekerja pada saat proses pemasukan bahan baku.

Meskipun terdapat perubahan pada desain, hasil penelitian sudah menunjukkan penurunan konsentrasi partikulat inhalabel dan partikulat respirabel secara signifikan setelah alat *venturi-packed scrubber* dioperasikan. Hasil ujicoba menghasilkan efisiensi pengikatan yang mencapai 57,26% untuk partikulat inhalabel dan 61,73% untuk partikulat respirabel.

Keunggulan dari teknologi *venturi-packed scrubber* jika dilihat dari nilai keterbaruan, penggunaan wet scrubber

secara umum digunakan pada industri pengecoran logam yang menggunakan tungku kupola. Namun pada industri pengecoran logam tungku induksi, secara umum masih belum ada perangkat pengendali cemaran udara. Hal yang perlu dicermati bahwa dampak cemaran bagi kesehatan mempunyai efek jangka panjang, penggunaan kombinasi *venturi-packed scrubber* merupakan terobosan baru pada industri pengecoran logam dengan tungku induksi untuk IKM. Berdasarkan desain dan bentuk yang sederhana, porTabel dan mudah dalam operasional maupun perawatan merupakan keunggulan dalam teknologi ini. Teknologi ini merupakan bentuk teknologi tepat guna yang sesuai bagi IKM dalam pengendalian pencemaran udara.

Industri pengecoran logam tungku induksi secara umum di Indonesia merupakan jenis IKM dengan skala produksi yang relatif kecil. Sebagai contoh cluster pengecoran logam yang ada di Ceper Klaten, berada di sekitar masyarakat yang padat penduduk, sehingga dalam proses produksinya perlu memperhatikan lingkungan sekitar. Keberlanjutan suatu usaha industri sangat bergantung pada tiga faktor utama yaitu : ekonomi, sosial dan lingkungan, dengan hubungan ketiganya harus berjalan secara sinergi. Penanganan dampak lingkungan dari proses pengecoran logam skala IKM merupakan langkah awal untuk meminimasi dampak kepada masyarakat, sehingga kegiatan ini kedepannya dapat berkelanjutan. Teknologi *venturi-packed scrubber* merupakan teknologi tepat guna bagi pengendalian cemaran udara, terutama parameter partikulat di industri pengecoran logam pada tungku induksi skala IKM.

## KESIMPULAN

Berdasarkan rangkaian kegiatan penelitian ini, dapat disimpulkan penurunan konsentrasi partikulat sebagai parameter pencemar dapat dilihat pada saat kondisi pengecoran sebelum dan sesudah alat *venturi packed scrubber* beroperasi, dengan untuk parameter partikulat inhalabel mengalami penurunan rata – rata sebesar 0,5745 mg/Nm<sup>3</sup>, sedangkan Parameter

partikulat respirabel mengalami penurunan rata – rata sebesar 0,2357 mg/Nm<sup>3</sup>. Sementara itu, efisiensi pengikatan peralatan *venturi-packed scrubber* untuk parameter partikulat inhalabel dan partikulat respirabel berturut – turut adalah sebesar 57,26% dan 61,73%.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, sebagai pihak yang memberikan dana untuk kegiatan penelitian ini, tidak lupa kepada Balai Besar Logam Mesin yang berkenan memberikan dukungan dan kesediaan tempat penelitian ini, khususnya kepada Bapak Ir. Eddy Siswanto, MAM dan Dr. Sri Bimo Pratomo, ST. M.Eng dan staf pengecoran Balai Besar Logam Mesin.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agusnar, H. 2008. *Analisa Pencemaran dan Pengendalian Pencemaran*. Medan: USU Press.
- Coulson, J.M, etc. 2002. *Chemical Engineering Design Vol.6*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Juliasari, Ikha Rasti. 2013. *Karakterisasi Pencemaran Udara Ruang Kerja Pada Industri Pengecoran Logam Tungku Induksi. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau 1*. Semarang
- PDHengineer Course. 2006. *Wet Scrubber for Particulate Matter Control Section 6. Course No:EN-5009*. Decatur Professional Development : Houston, Texas
- Prayudi, Teguh. 2003. *Dampak Industri Pengecoran Logam Terhadap Kualitas Gas NO<sub>2</sub> dalam Udara Ambien di Daerah Ceper*. Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi : Jakarta
- Republik Indonesia, 2011. *Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Nomor Per.13/Men/X/2011 Tahun 2011 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia Di Tempat*

- Kerja*. Jakarta : Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi
- Safitri, Sari. 2006. *Analisis Struktur Perilaku Kinerja Industri Besi Baja di Indonesia*. Skripsi. Departemen Ilmu Ekonomi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Sarudji. 2010. *Kesehatan Lingkungan, cetakan pertama*. CV Karya Putra Darwati : Bandung
- Suma'mur P.K. 1998. *Higene Perusahaan Dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Gunung Agung
- Sunu, Pramudya. 2001. *Melindungi Lingkungan Dengan Menerapkan ISO 14000*. Jakarta: Gramedia Widiasarana Indonesia
- United States – Environmental Protecting Agency. *EPA-452/F-03-017. 1992. Air Pollution Control Technology Fact Sheet*. United States of America
- Unites States – Environmental Protecting Agency. 1977. *Venturi Scrubber Performance Model – Research Reporting Series*.