

PERANCANGAN SISTEM VENTILASI DI AREA *FOUNDRY* UNTUK MENGURANGI PAPARAN PARTIKULAT PADA PERUSAHAAN MANUFAKTUR

Dean Wily Nuari¹⁾, George Endri Kusuma²⁾, Moch. Yusuf Santoso³⁾

¹ Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111

^{2,3}Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jl. Teknik Kimia Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111

E-mail : deanwily.tk3@gmail.com

Abstract

Sand casting is commonly used as casting methods in manufacturing industry. The process is done by making molds using sand and resin as an adhesive to make the sand mold solid. The use of the sand casting method has a negative impact which is it can produce particulate dust which cause respiratory problems for workers. The result of air quality measurements on November 15, 2017 in foundry, the dust particulate concentration was 11.42 mg/m³. This value exceeds NAB specified in Permenakertrans No.PER. 13/MEN/X/2011 which is 10 mg/m³. To handle this problem, the design of the ventilation system needs to be done. Simulation using CONTAM is done to find out whether the design results have been successful. The simulation results, the ventilation system managed to reduce the concentration which was initially 11.42 mg/m³ to 9 mg/m³ in a period of two hours. Cost-benefit analysis is also conducted to find out whether the ventilation system is beneficial or not. The Cost-Benefit Analysis Result that has been done shows the value of the Benefit-Cost Ratio of 4.39. This value indicates that the design of the ventilation system provides economic benefits for the company.

Keywords : *Benefit-Cost Analysis, NAB, Silica Dust, Ventilation System*

Abstrak

Sand casting merupakan salah satu metode pengecoran yang paling sering digunakan di industri manufaktur. Proses sand casting sendiri dilakukan dengan cara pembuatan cetakan menggunakan pasir yang dibentuk sedemikian rupa dan resin sebagai bahan perekat agar cetakan pasir kokoh. Penggunaan metode sand casting memiliki dampak negatif yaitu menghasilkan debu partikulat yang mana dapat mengakibatkan gangguan pernafasan bagi pekerja. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas udara pada tanggal 15 November 2017 di area foundry diperoleh nilai konsentrasi partikulat debu sebesar 11,42 mg/m³. Dimana nilai ini melebihi NAB yang telah ditentukan pada Permenakertrans No. PER. 13/MEN/X/2011 yaitu 10 mg/m³. Untuk menangani permasalahan ini, maka perancangan sistem ventilasi perlu dilakukan. Untuk mengetahui apakah hasil perancangan telah berhasil, maka dilakukan simulasi menggunakan software CONTAM. Berdasarkan hasil simulasi, sistem ventilasi berhasil menurunkan konsentrasi debu silika yang awalnya 11,42 mg/m³ menjadi 9 mg/m³ dalam jangka waktu dua jam sejak sistem ventilasi diaktifkan. Analisa Manfaat-Biaya juga dilakukan untuk mengetahui apakah sistem ventilasi bermanfaat atau tidak. Hasil Analisa Manfaat-Biaya yang telah dilakukan menunjukkan nilai Benefit-Cost Ratio sebesar 4,39. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perancangan sistem ventilasi memberikan manfaat ekonomi bagi perusahaan.

Kata Kunci : *Debu, NAB, Sand Casting, Ventilasi*

PENDAHULUAN

Sand casting adalah salah satu metode pengecoran logam yang dilakukan dengan cara membuat cetakan dari pasir yang dibentuk sedemikian rupa menggunakan resin sebagai bahan perekatnya. Salah satu dampak negatif dari metode ini adalah menghasilkan debu silika yang cukup banyak. Paparan debu silika yang

berlebihan dapat mengakibatkan silikosis bagi pekerja. Silikosis adalah penyakit paru-paru yang disebabkan karena menghirup debu silika (Martinez et al, 2010). Gungen et al (2016) juga menyatakan bahwa silika juga bersifat karsinogen dan dapat mengakibatkan kanker paru-paru.

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas udara yang dilakukan pada tanggal 15 November 2017 di *foundry* diperoleh konsentrasi partikulat debu yang dihasilkan sebesar 11,42 mg/m³. Dimana nilai ini telah melebihi NAB yang telah ditentukan pada Permenakertrans No. PER. 13/MEN/X/2011 yaitu 10 mg/m³. Tingginya konsentrasi juga disebabkan oleh buruknya sistem ventilasi yang terpasang di *foundry*. Berdasarkan hasil pengamatan, sistem ventilasi yang terpasang pada *foundry* hanya berupa jendela-jendela bukaan yang berfungsi sebagai saluran sirkulasi udara. Buruknya sistem ventilasi di *foundry* mengakibatkan debu silika yang berada dalam ruangan terakumulasi dan sulit untuk keluar dari dalam ruangan, sehingga dapat mengakibatkan bahaya terhadap kesehatan pekerja.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan dilaksanakan pada perancangan sistem ventilasi ini dilakukan dari merancang dan menentukan aliran hisap pada *hood*. Langkah selanjutnya ialah menentukan kecepatan aliran yang mengalir di dalam *duct*. Penentuan kecepatan aliran mengacu terhadap ASHRAE. Dengan diketahuinya besar kecepatan aliran dalam *duct*, maka dapat dihitung besarnya ukuran *duct* yang digunakan dalam perancangan ini. Setelah melakukan perhitungan tersebut, langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan. Perancangan sistem ventilasi ini menggunakan Revit 2017 sebagai *software* untuk melakukan *drawing*. Selain itu *software* ini juga mampu menghitung besarnya *pressure loss* yang dihasilkan dari perancangan *duct*. Besarnya *pressure loss* yang dihasilkan dari hasil perancangan selanjutnya digunakan untuk menghitung besarnya daya *fan* yang dibutuhkan untuk menghasilkan *transport velocity* yang sesuai dengan hasil perhitungan.

Shrubsole et al (2012) berpendapat bahwa CONTAM merupakan *software* yang dapat digunakan untuk memvalidasi kualitas udara dalam ruangan serta memprediksi konsentrasi partikulat. Dengan melakukan simulasi menggunakan CONTAM, maka dapat diketahui apakah hasil perancangan mampu menurunkan konsentrasi partikulat atau tidak.

Untuk mengetahui besarnya manfaat dari perancangan sistem ventilasi, maka dilakukan Analisa Manfaat-Biaya. Analisa Manfaat-Biaya dilakukan dengan cara melihat rasio antara manfaat dari suatu proyek pada masyarakat terhadap ongkos-ongkos yang dikeluarkan (Pujawan, 1995)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama yang dilakukan dalam perancangan ini ialah menentukan jenis *hood* yang akan digunakan. Pada perancangan ini jumlah *hood* yang digunakan ialah 2 buah dengan keliling sebesar 2 meter dengan bentuk persegi dan dipasang pada ketinggian 2 m dari permukaan tanah. *Suction velocity* untuk debu silika ialah 1,78 m/s mengacu pada standar ASHRAE. Berdasarkan standar tersebut dan perhitungan matematis yang dilakukan maka diperoleh debit udara hisap pada *hood* sebesar 7,12 m³/s untuk masing-masing *hood*. Langkah selanjutnya ialah menentukan *transport velocity*. Berdasarkan standar ASHRAE, *transport velocity* untuk debu silika ialah 19,05 m/s. Dengan menggunakan nilai debit udara hisap dan *transport velocity* maka dapat dihitung diameter *duct* yang dibutuhkan. Berdasarkan perhitungan matematis diperoleh diameter *duct* 1000 mm untuk *duct* utama dan 710 mm untuk *duct* cabang.

Pada langkah ini akan dilakukan perhitungan *pressure loss* sistem ventilasi menggunakan Revit 2017. Dalam perhitungan ini Revit membutuhkan input berupa densitas udara dan viskositas udara. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa suhu kerja pada *foundry* sebesar 30^oC. Hasil interpolasi menunjukkan densitas udara sebesar 1,163 kg/m³, sedangkan viskositas udara sebesar 1,85 x 10⁻⁵ Ns/m². Nilai tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam *software* Revit 2017 untuk mengetahui *pressure loss* pada perancangan.

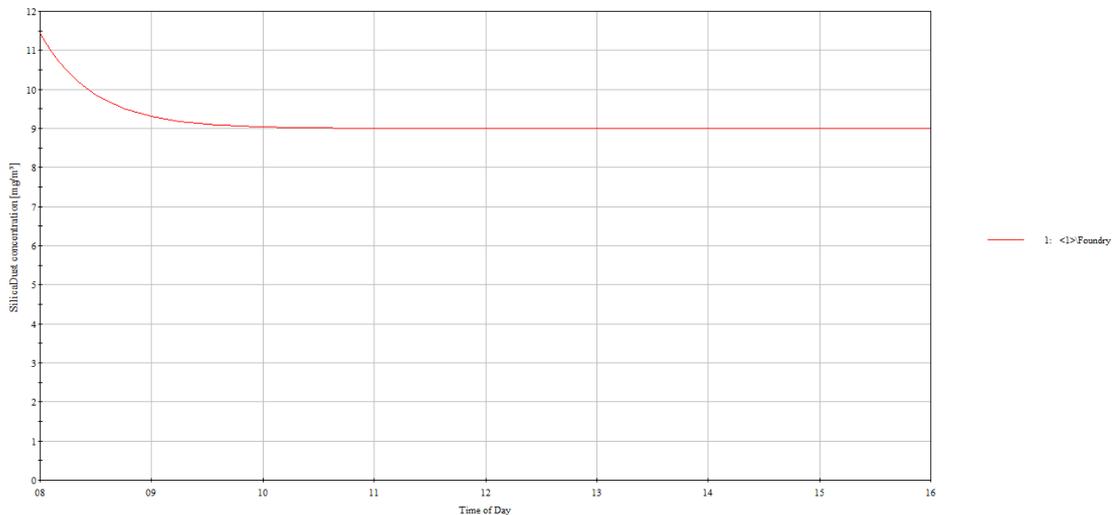
Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan *software* Revit 2017 dapat diketahui besarnya *flow*, *loss coefficient*, *friction*, *Reynolds number* serta *pressure loss* pada masing-masing section. Total *pressure loss* yang dihasilkan dari hasil perancangan ialah 998,4 Pa (998,4 N/m²). Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk mengetahui daya *fan* yang dibutuhkan dalam perancangan. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa daya *fan* yang dibutuhkan sebesar 30 kW.



Gambar 1 Hasil Perancangan Menggunakan Revit 2017

Sumber: Hasil Perancangan, 2018

Setelah melakukan perancangan, langkah selanjutnya ialah melakukan validasi menggunakan *software* CONTAM. Agar validasi dapat berjalan, terdapat beberapa parameter yang harus dimasukkan di dalam program, antara lain jenis kontaminan, konsentrasi kontaminan, desain sistem ventilasi yang dirancang serta bukaan-bukaan yang terdapat di dalam bangunan tersebut.



Gambar 2 Hasil Simulasi *Software* CONTAM

Sumber: Hasil Simulasi, 2018

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *software* CONTAM diketahui terjadi penurunan konsentrasi debu silika yang awalnya sebesar 11,417 mg/m³ turun menjadi 9 mg/m³, dimana nilai ini di bawah Nilai Ambang Batas yaitu sebesar 10 mg/m³. Konsentrasi 9 mg/m³ sendiri tercapai ketika waktu menunjukkan pukul 10.00 siang atau sekitar dua jam setelah sistem ventilasi diaktifkan sejak awal pekerjaan dimulai. Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa perancangan sistem ventilasi telah berhasil menurunkan konsentrasi debu silika pada *foundry*.

Besarnya biaya yang digunakan pada Analisa Manfaat-Biaya mengacu pada biaya pengadaan material dan biaya listrik untuk operasional. Biaya listrik untuk operasional dihitung dengan cara mengalikan besarnya daya *fan* terhadap biaya listrik per KWh dan waktu operasional *fan* selama satu tahun. Sedangkan besarnya manfaat yang diperoleh berdasar kepada pengurangan biaya pengobatan pekerja dan pengadaan masker kain bagi pekerja. Besarnya biaya dan manfaat yang diperoleh dari perancangan system ventilasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Grafik Estimasi Biaya Perancangan Sistem Ventilasi

Sumber: Data Yang Diolah, 2018



Gambar 4 Grafik Estimasi Manfaat Perancangan Sistem Ventilasi
Sumber: Data Yang Diolah, 2018

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa biaya material memiliki pengaruh tertinggi dengan prosentase sebesar 57,75% dari keseluruhan biaya perancangan. Sedangkan biaya operasional listrik memiliki prosentase sebesar 42,25%. Pada Gambar 4 menunjukkan manfaat tertinggi diperoleh dari pengurangan biaya pengobatan dengan prosentase sebesar 99,92%. Sedangkan biaya pengadaan APD hanya memiliki prosentase sebesar 0,08% dari keseluruhan manfaat perancangan sistem ventilasi. Dengan diketahuinya besar manfaat dan biaya maka dapat dilakukan Analisa Manfaat-Biaya. Hasil Analisa Manfaat-Biaya menunjukkan rasio sebesar 4,39. Nilai ini menunjukkan bahwa hasil perancangan memberikan manfaat bagi perusahaan

KESIMPULAN

Perancangan sistem ventilasi untuk menangani paparan debu silika pada area *foundry* menggunakan dua terminal dimana masing-masing terminal didesain dengan kecepatan hisap sebesar 7,12 m³/s. Ukuran *duct* yang digunakan ialah 710 mm untuk *duct* cabang dan 1000 mm untuk *duct* utama dimana fungsi *duct* ini sebagai saluran mengalirnya kontaminan dari area *foundry* ke *fabric filter*. Berdasarkan hasil simulasi juga diketahui bahwa perancangan sistem ventilasi berhasil menurunkan konsentrasi debu silika dari 11,42 mg/m³ menjadi 9 mg/m³. Hasil Analisa Manfaat-Biaya menghasilkan rasio sebesar 4,39. Nilai ini menunjukkan bahwa hasil perancangan sistem ventilasi memberikan manfaat bagi perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Gungen, A. C., Aydemir, Y., Coban, H., Duzenli, H., & Tazdemir, C. (2016). *Lung cancer in patients diagnosed with silicosis should be investigated*. Turkey: Elsevier.
- Kemenaker, 2011. *Permenakertrans No. PER. 13/MEN/X/2011*. Jakarta.
- Martinez, C., Prieto, A., Garcia, L., Quero, A., Gonzales, S., & Casan, P. (2009). *Silicosis: a Disease with an Active Present*. Spanyol: Elsevier.
- Pujawan, I. N., 2012. *Ekonomi Teknik*. 2nd ed. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Shrubsole, C., Ridley, I., Biddulph, P., Milner, J., Vardoulakis, S., Ucci, M., . . . Davies, M. (2012). *Indoor PM2.5 exposure in London's domestic stock: Modelling current and future. Atmospheric Environment*, 62, 336-343.