

Analisis Aliran Fluida Hubungannya Dengan Kevakuman dan Reduksi Pencemaran Udara

Sattar Yunus^{*1)}, Makmur Saini²⁾, Ahmad Rizal Sultan³⁾, Rusdi Nur⁴⁾, dan Ibrahim⁵⁾

¹⁾Dosen Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Teknologi Sulawesi, Makassar

²⁾Dosen Program Studi Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

³⁾Dosen Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

⁴⁾Dosen Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

⁵⁾Dosen Program Studi Teknik Mesin Politeknik ATI, Makassar

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan aliran fluida sebagai media untuk mengurangi pencemaran udara. Penelitian ini telah diuji cobakan pada ruangan pengelasan. Langkah ini adalah penelitian pendahuluan untuk menguji lebih lanjut pada level industri, khususnya untuk mereduksi gas buang industri. Fluida yang digunakan adalah fluida cair dan gas. Fluida ini disirkulasikan secara kontinyu melalui alat yang telah dirancang bangun sebelumnya yang dinamakan ejektor. Dengan ejektor akan timbul kondisi udara vacuum dalam tabung yang akan mengisap udara ke dalam tabung yang tentu ikutan udara seperti partikel debu dan lainnya akan ikut terisap. Partikel debu akan secara alami bercampur dengan fluida air di dalam tabung. Pada penelitian ini partikel debu yang timbul akibat proses pengelasan akan diukur, ketika ejektor belum dijalankan dan ketika ejektor dijalankan. Pengukuran Debu Total (Total Suspended Partikel) dilakukan dengan menggunakan alat Staflex Air Sampler. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sirkulasi fluida akan menimbulkan kevakuman dalam tabung dan berpengaruh secara signifikan mengurangi konsentrasi Total Suspended Partikel di dalam ruangan praktek pengelasan.

Kata kunci : fluida, ejektor, pencemaran udara, partikel debu total

PENDAHULUAN

Polusi udara terjadi ketika gas, partikel debu, asap atau bau masuk atau dimasukkan ke atmosfer dengan cara yang dapat membuat bahaya atau resiko bagi manusia, hewan dan tumbuhan. Polusi udara mengancam kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya di bumi. Beberapa penelitian telah memaparkan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara pencemaran udara dan tingkat kesehatan manusia, bahkan menyebabkan kematian, (Who, 2002; Brook dkk, 2010; Schiliro dkk, 2015; Al-Hemoud dkk, 2018). Pencemaran udara dalam ruangan akan menimbulkan efek dan resiko yang lebih tinggi dibandingkan dengan luar ruangan (WHO, 2005).

Di zaman industri seperti sekarang ini dan peningkatan jumlah populasi penduduk, pencemaran udara tidak dapat dihilangkan sepenuhnya, tetapi langkah-langkah dapat diambil untuk menguranginya. pemerintah telah mengembangkan, dan terus mengembangkan, pedoman untuk kualitas udara dan peraturan untuk membatasi emisi dalam upaya untuk mengendalikan polusi udara dinegara lain termasuk di Indonesia, (Lima dkk., 2009, KLH, 1999). Juga penelitian terkait dengan kualitas udara di kota Makassar telah dilakukan (Sattar dkk, 2012), lebih khusus juga dilaporkan sebagai hasil penelitian terkait dengan partikel diudara yang lebih halus yang dikenal dengan PM₁₀ di Makassar yang intinya bahwa pencemaran udara penting untuk memperoleh perhatian khusus, (Sattar dkk, 2014, Rashid dkk, 2014). Pada tingkat individu, kita dapat mengurangi masalah kontribusi terhadap pencemaran udara dengan mengurangi penggunaan mobil pribadi atau menggunakan transportasi umum. selain itu, membeli bola lampu dan peralatan yang hemat energi atau mengurangi penggunaan listrik kita akan mengurangi polutan yang dihasilkan dalam produksi listrik, yang menciptakan sebagian besar polusi udara industri.

*1) Korespondensi penulis: Sattar Yunus, Telp.082187010203, Email : sattaryunus@ymail.com

Deutsche Industrie Normen (DIN) menjelaskan bahwa las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan panas dan cair, dijelaskan lebih lanjut bahwa las adalah sesuatu proses dimana bahan dan jenis yang sama digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk suatu sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dari pemakaian panas dan tekanan (Suharno, 2008). Oleh karena ada sumber panas maka akan menghasilkan gas-gas dan partikel, dimana gas-gas yang timbul adalah Debu (Partikel) dalam asap las besarnya berkisar antara 0,2 μm sampai dengan 3 μm . Komposisi kimia dari debu asap las tergantung dari jenis pengelasan dan elektroda yang digunakan. Bila elektroda jenis hydrogen rendah, di dalam debu asap akan terdapat fluor (F) dan oksida kalium (K_2O). Dalam pengelasan busur listrik tanpa gas, asapnya akan banyak mengandung oksida magnesium (MgO). Gas-gas yang terjadi pada waktu pengelasan adalah gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2), ozon (CO_3) dan gas nitrogen dioksida (Wirjosumarto dan Okumura, 2004). Menurut Harsono (1996) sewaktu proses pengelasan berlangsung terdapat gas-gas yang berbahaya yang perlu diperhatikan yaitu Gas Karbon Monoksida (CO). Gas ini mempunyai afinitas yang tinggi terhadap haemoglobin (Hb) yang akan menurunkan daya penyerapannya terhadap oksigen, serta kondisi Debu Total (TSP) juga tak kalah pentingnya untuk dikendalikan dalam ruang pengelasan.

Sebagai upaya mengurangi partikel dan gas berbahaya lainnya yang timbul dalam ruangan ketika berlangsung proses pengelasan, diperlukan suatu sistem atau alat yang dapat mengurangi gas-gas atau partikel yang timbul. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah memanfaatkan fluida sebagai media dengan menggunakan metode ejektor. Ejektor telah berhasil digunakan untuk aplikasi pembersihan gas tercemar selama beberapa dekade terakhir karena kemampuan mereka menangani gas yang mengandung polutan seperti uap, gas, dan aerosol padat/cair hingga ukuran 0,1 μm (Dutton dkk., 1982; Subramarian dkk., 2006). Berdasarkan uraian tersebut maka pada penelitian ini akan menyelidiki seberapa besarkah kevakuman yang ditimbulkan oleh sirkulasi fluida dan meneliti pengaruhnya terhadap pencemaran udara khususnya Debu Total.

METODE PENELITIAN

Konstruksi Alat Penjernih Udara

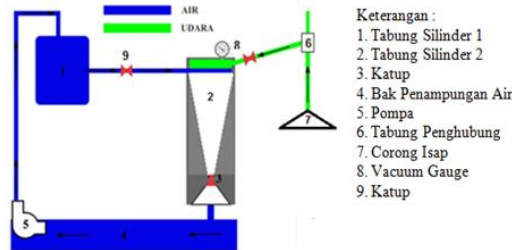
Komponen inti seperti Pompa, Ejektor, Bak penampung, Silinder energi dan tiang penyangga pada alat penjernih udara telah dirangkai dan diselesaikan seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Konstruksi Alat Penjernih Udara Hasil Rancang Bangun

Skema Instalasi Alat

Rancang bangun Instalasi ejektor yang terdiri dari beberapa komponen inti seperti tabung silinder, bak penampungan dan komponen lainnya telah dikerjakan dan diselesaikan, instalasinya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Instalasi Alat Penjernih Udara

Pengambilan Sampel Udara

Pelaksanaan penelitian dilakukan untuk menguji sejauh mana pengaruh alat penjernih udara atau dinamai ejektor yang telah dirancang dan dibuat maka dilakukan pengujian awal pada ruang pengelasan, sebelum dilanjutkan ke Industri. Sebagai tahapan uji coba alat ini dilakukan di ruang praktek pengelasan mahasiswa pada Politeknik Akademi Teknik Industri (ATI) Makassar, dengan pertimbangan bahwa pada ruang pengelasan ketika berlangsung pengelasan maka akan timbul kondisi udara yang rentang dengan kondisi udara buruk yang tentu dikhawatirkan memiliki dampak terhadap pekerja las ataupun mahasiswa yang sementara praktik las. Alat pengambilan sampel udara difasilitasi oleh Balai Teknik Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Kelas I Makassar, yang peralatannya tersedia dan memadai untuk pengambilan sampel dan juga untuk analisis dari sampel udara yang telah diambil. Sampel TSP digunakan alat Staflex Air Sampler. Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Alat Pengukur TSP

Pengambilan sampel dilakukan dalam dua kondisi pengujian udara yaitu: Kondisi Ejektor OFF : Pengambilan dan analisis sampel udara ketika sedang berlangsung praktik pengelasan namun belum dioperasikan ejektor. Data yang dihasilkan adalah sebagai kontrol untuk melihat seberapa besar pengaruh ejektor. Kondisi Ejektor ON : Pengambilan dan analisis sampel udara ketika sedang berlangsung praktek pengelasan dan sementara dioperasikan ejektor, Data konsentrasi yang diperoleh akan dibandingkan antara kedua kondisi pengambilan sample udara.

Prosedur Pelaksanaan Pengambilan Sampel Udara

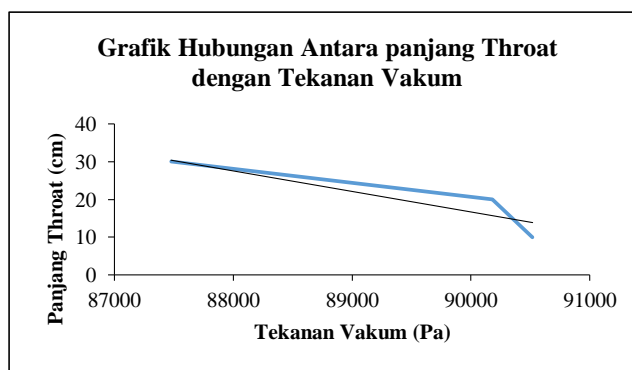
- Mencatu sistem peralatan instalasi dengan daya listrik.
- Mengoperasikan mesin pompa (5) untuk mengisi bak penampung (4).
- Membuka katup (9) dan katup (10) serta menutup katup (3) hingga silinder (2) dapat terisi penuh.
- Menutup katup (9) dan katup (10) setelah silinder (2) terisi penuh.
- Mengukur tinggi awal level air bak penampung (4).
- Menjalankan ejektor dengan membuka katup (3) dan katup (10), sehingga air tersirkulasi secara kontinyu
- Mencatat nilai vakum yang terukur pada *vacuum gauge* (8) setelah membuka katup (10).
- Mencatat dan menjaga ketinggian level air pada bak penampung (4).
- Menetapkan throat ejector (3) yang panjangnya 30 cm yang digunakan berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya.
- Mengoperasikan alat gas sampler ambien dan staflex air sampler
- Mencatat waktu mulai mengoperasikan alat pada langkah n
- Alat Sampling dioperasikan selama 60 menit, dengan tiga kali pengambilan sampel yaitu jam 9-10; 10-11;13-14 (dalam keadaan mahasiswa sementara melakukan pengelasan, seperti kondisi ketika pengambilan sampel tanpa menjalankan ejektor).
- Setelah cukup dengan durasi waktu masing-masing, maka ejektor di stop dan juga alat sampler
- Sampel udara dibawa ke Laboratorium BTKL-PP untuk dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Tekanan vakum berdasarkan panjang leher ejektor.

Pada penelitian ini dilakukan variasi pergantian panjang throat sebanyak tiga kali, dimana panjang masing-masing throat yaitu 10cm, 20 cm dan 30cm dengan diameter throat sebesar 2 cm dan diameter silinder vakum sebesar 30cm. Berdasarkan grafik di atas (Gambar 4), menunjukkan bahwa nilai tekanan vakum tertinggi terdapat pada percobaan dengan menggunakan panjang throat sebesar 30 cm dengan tekanan vakum sebesar 87477,3 Pa sedangkan tekanan vakum terendah menggunakan panjang throat sebesar 10 cm dengan tekanan vakum sebesar 90517 Pa . Adapun diameter throat yang digunakan yaitu 2 cm. Ketika panjang troath semakin panjang, maka daya tekan dari bagian atas ejektor akan semakin banyak di konversi menjadi kecepatan aliran yang mengakibatkan tekanan vakum akan semakin besar , ini sesuai dengan persamaan :

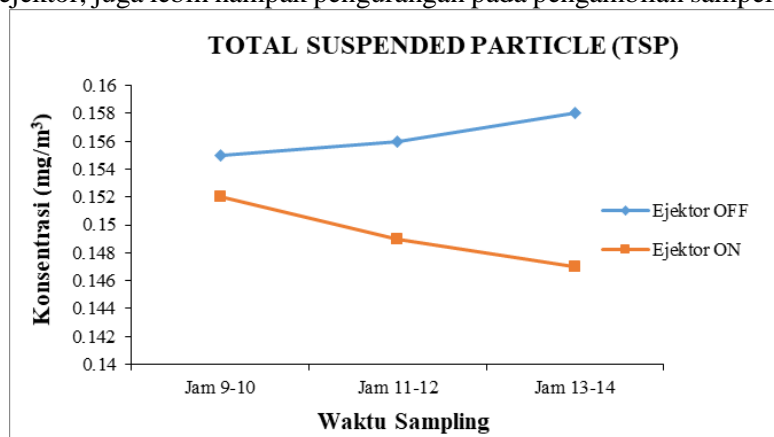
$$P_1 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + P_2$$



Gambar 4. Grafik hubungan antara panjang throat dengan tekanan vakum

Hasil Pengukuran Konsentrasi Debu Total dari Sampel Udara

Berdasarkan hasil pengukuran udara dalam ruangan pengelasan untuk parameter Debu Total (Total Suspended Particle) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, dengan kondisi ejektor tidak dijalankan, pada pengambilan sampel pukul 09-10 pagi diperoleh konsentrasi TSP sebesar $0,155 \text{ mg/m}^3$, pukul 11-12 sebesar $0,156 \text{ mg/m}^3$, sedangkan pada pukul 13-14 konsentrasinya sebesar $0,158 \text{ mg/m}^3$. Sementara hasil pengukuran TSP pada kondisi ejektor dijalankan, pada pukul 09-10 pagi diperoleh konsentrasi TSP sebesar $0,152 \text{ mg/m}^3$, pukul 11-12 sebesar $0,149 \text{ mg/m}^3$, sedangkan pada pukul 13-14 konsentrasinya sebesar $0,147 \text{ mg/m}^3$. Nampak ada penurunan konsentrasi TSP ketika dijalankan ejektor, juga lebih nampak pengurangan pada pengambilan sampel pukul 13-14.



Gambar 5. Grafik konsentrasi TSP di udara pada saat ejektor OFF dan ON

Pada pengukuran TSP dari seperti Gambar 5 diatas, nampak juga bahwa pada saat ejektor belum dijalankan konsentrasi TSP trendnya kelihatan meningkat, sedangkan ketika ejektor dijalankan konsentrasi debu total (TSP) trendnya menurun. Pengaruh ejektor nampak bahwa dapat menurunkan konsentrasi TSP sekitar 4,47%. Penyebabnya karena partikel memiliki massa sendiri yang secara alamiah akan jatuh kedalam air dalam tabung. Partikel sendiri dapat dikategorikan berdasarkan diameternya. Jika diameternya lebih kecil atau sama dengan 2,5 mikron maka dikategorikan partikel halus, jika diameternya antara 2,5-10 mikron disebut partikel kasar, sedangkan yang diameternya lebih besar dari 10 mikron inilah yang disebut Debu Total atau dikenal juga dengan Total Suspended Partikel (Sattar dkk., 2014). Semakin halus partikel itu semakin tinggi dampaknya terhadap kesehatan pernapasan (Rashid dkk, 2014).

KESIMPULAN

Dalam paper ini, telah dipaparkan bahwa pengurangan debu total di udara yang diisap dari udara dengan kondisi kevakuman yang timbul dalam tabung akibat sirkulasi fluida dan selanjutnya gas pencemar dan partikel tersebut akan dikirim ke dalam fluida air yang terus menerus bersirkulasi, kesimpulan dalam penelitian ini adalah :

- Terdapat pengaruh yang signifikan pengurangan konsentrasi Total Suspended Partikel dengan pengoperasian ejektor. Dan semakin lama ejektor dioperasikan maka menunjukkan pengurangan Total Suspended Partikel semakin lebih besar.
- Tingkat kevakuman yang timbul dipengaruhi oleh panjang leher ejektor dan semakin besar nilai vakum maka akan semakin tinggi kemampuan pengurangan konsentrasi Total Suspended Partikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hemoud, A., Al-Dousari, A., Al-Shatti, A., Al-Khayat, A., Bebbehani, W., Malak, M. 2018. *Health Impact Assesment Associated with Exposure to PM₁₀ and Dust Storms in Kuwait*. Atmosphere, 9: 6., doi: 10.3390/atmos9010006.
- Brook, R.D., Rajagopalan, S., Pope, C.A., Brook, J.R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A.V., Holguin Hong, Y.L., Luepker, R.V., Mittleman, MA., Peters, A., Siscovic, D., Smith, S.C., Whitsel, L., Kaufman, J.D. 2015. *Particulate matter and pollution and cardiovascular disease an update to the scientific statement from the American Heart Association circulation. Environmental Toxicology and Pharmacology*. 39; 833-844.
- Dutton, J. C., Mikkelsen, C.D. and Addy, A. L., 1982. A theoretical and experimental investigation of the constant area, supersonic-supersonic ejector, AIAA Journal, 20, 1392-1400.
- Harsono., 1996. *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradya Paramita. Jakarta.
- KLH, 1999. Pengendalian Pencemaran Udara, PP No. 41 Tahun 1999. Lembaran Negara No. 3853 Tahun 1999.
- Lima. E.A.P., Guimaraes. E.C., Pozza. S.A., Barrozo. M.A.S., Coury J.R ., 2009. *A Study of atmospheric particulate matter in a city of the central region of Brazil using time-series analysis*. Int.J. Environment Engineering. 1: 1-9.
- Rashid M, Sattar, Y., Ramli, M., Sabariah., and Puji, L., 2014. *PM₁₀ black carbon and ionic species concentration of urban atmospheric in Makassar of South Sulawesi Province, Indonesia*. Atmospheric Pollution Research . 5 : 610-615: doi: 10.5094/APR.2014.070.
- Sattar Y, M. Rashid, M. Ramli and B. Sabariah., 2014. *Black carbon and elemental concentration of ambient particulate matter in Makassar Indonesia*. IOP Conf.Series: Earth and Environmental Science. 18. 012099: doi : 10.1088/1755-1315/18/1/012099.
- Sattar., M Rashid., R Mat., and L Puji., 2012. A Preliminary Survey of Air Quality in Makassar City South Sulawesi Indonesia. *Jurnal Teknologi*, 57:123-136.
- Schiliro, T., Bonetta, S., Alessandria, L., Gianotti, V., Carraro, E., Gilli, G. (2015). *PM₁₀ in a background urban site : Chemical characteristics and biological effects. Environmental Toxicology and Pharmacology*, 39, 833-844.
- Subramarian G., Natrajan. S.K., Adhimolane .K., Natarajan. A. T., 2006. Comparison of Numerical and experimental Investigation of jet Ejectors with Blower. *International Journal of Thermal Science*, 84:134-142.
- Suharno., 2008. *Prinsip-Prinsip Teknologi dan Metalurgi Pengelasan Logam*. UNS Press. Surakarta
- WHO., 2002. *The World Health Report 2002 : Reducing Risks, Promoting Health Life*, WHO. Geneva.
- WHO., 2005. *Indoor Air Pollution and Health*, Bonn.
- Wiryosumarto, H., Okumura, T., 2004, *Teknologi Pengelasan Logam*, PT Pradya Paramita, Jakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kemenristekdikti yang telah menyiapkan anggaran untuk penelitian ini melalui UPPM PNUP. Terima kasih juga kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Direktur Politeknik ATI Makassar, Rektor Universitas Teknologi Sulawesi Makassar serta BTKL-PP Makassar.