

## PENGARUH VARIASI POSISI FLOW STRAIGHTENER DI DALAM CEROBONG TERHADAP DERAJAT KEMIRINGAN ALIRAN GAS BUANG

Dewi Puspitasari<sup>1\*</sup>, Rizki Sihombing<sup>1</sup>, Ellyanie<sup>1</sup>, Marwani<sup>1</sup>, Agus A.P<sup>1</sup>

(1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

\*Email korespondensi : [dewipuspitasari@unsri.ac.id](mailto:dewipuspitasari@unsri.ac.id)

**Abstrak.** Derajat kemiringan aliran gas buang dalam cerobong yang dekat sampling point sangat mempengaruhi hasil pengukuran kualitas emisi. Berdasarkan metode U.S EPA untuk memperoleh hasil pengukuran yang akurat diperlukan beberapa persyaratan yaitu sampling point harus berada pada jarak tertentu dari sisi buang cerobong, kecepatan aliran emisi harus seragam, aliran emisi harus severtikal mungkin dengan derajat kemiringan aliran gas buang maksimum  $5^\circ$  serta tidak terbentuk aliran berpusar (cyclone). Salah satu upaya untuk memperbaiki keakurasian pengukuran kualitas emisi adalah dengan memasang flow straightener pada variasi posisi vertikal (0,75D, 1D dan 1,25D) dari gangguan bawah dengan fokus penelitian pada derajat kemiringan aliran di tiga posisi tersebut. Geometri flow straightener yang digunakan adalah bentuk kerucut  $45^\circ$  upward. Penelitian dilakukan dengan metode komputasi aliran untuk menganalisis bagaimana pengaruh posisi flow straightener terhadap derajat kemiringan aliran gas buang. Berdasarkan hasil komputasi aliran diperoleh derajat kemiringan rata-rata terkecil dicapai pada jarak 1,25D sebesar  $0,8679188^\circ$  sedangkan yang terbesar pada jarak 0,75D sebesar  $0,885649^\circ$ . Semakin mendekati ke arah sampling point terlihat ada perbaikan nilai derajat kemiringan aliran gas buang sehingga diharapkan adanya peningkatan keakurasian pengukuran kualitas emisi di cerobong.

**Kata kunci:** flow straightener, posisi vertikal flow straightener, derajat kemiringan aliran gas buang

### PENDAHULUAN

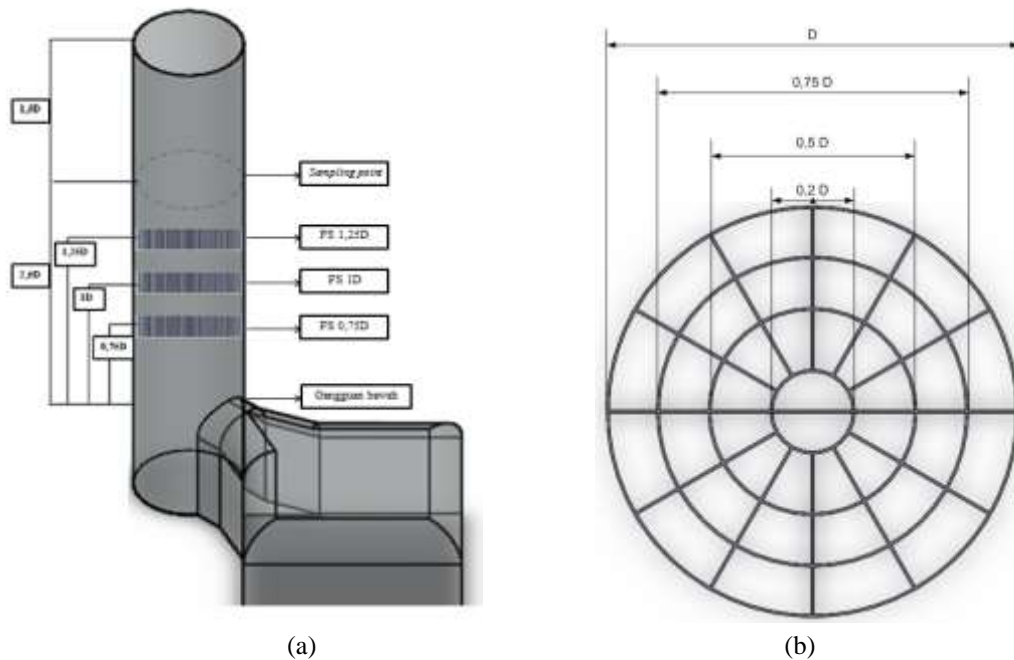
Tingkat pencemaran udara semakin lama semakin membahayakan khususnya di perkotaan berasal dari sektor industri (KepMenKes RI, 2002). Pada tahun 2014, sektor industri merupakan pangsa energi terbesar di Indonesia yaitu sebesar 48%. Sumber pencemaran udara yang berasal dari sektor industri adalah proses pembakaran, karena jumlah bahan bakar dan kualitas peralatan akan sangat mempengaruhi beban emisi yang ditimbulkan oleh aliran gas buang (BPPT, 2016). Pada tingkat konsentrasi tertentu, zat-zat pencemaran udara dapat membahayakan kesehatan, dimulai dari iritasi saluran pernafasan hingga kanker paru-paru (Budiyono.,A, 2010). Maka dari itu pemerintah melalui Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan membuat suatu kebijakan bagi sektor industri untuk melakukan pengukuran kualitas emisi pada setiap cerobong yang digunakan. Dari hasil pengukuran kualitas emisi gas buang dapat dilihat tingkat kepatuhan setiap industri dalam melakukan perawatan setiap peralatan yang digunakan, sehingga menghasilkan emisi gas buang hasil pembakaran yang memenuhi syarat dari Baku Mutu Lingkungan (BML) yang ditetapkan. Pengukuran kualitas emisi partikulat menggunakan metode isokinetik dimana pengukuran terjadi pada beberapa titik sepanjang *traverse point* pada suatu bidang *sampling point*. Metode ini hanya dapat digunakan pada aliran emisi gas buang yang tidak terdapat aliran berpusar (*cyclone*). Aliran berpusar dapat menurunkan tingkat keakuratan pengukuran kualitas emisi gas buang hingga deviasi hasil pengukuran yang mencapai  $-7.05\%$  (Shen, J.J.S, 1991). Karenanya aliran emisi gas buang diharapkan mengalir vertikal ke atas dengan derajat kemiringan aliran sekecil mungkin. Salah satu upaya untuk memperbaiki tingkat keakurasian pengukuran kualitas emisi di *sampling point* yang memenuhi standar metode isokinetik adalah pemasangan *flow straightener* di dalam cerobong (Scarabino dkk, 2015). Selain itu kecepatan aliran emisi gas buang harus seseragam mungkin pada *sampling point*, semakin seragam kecepatan aliran emisi gas buang maka akan semakin akurat hasil dari pengukuran kualitas emisi gas buang. Tata cara pengukuran kualitas emisi gas buang telah diatur pemerintah dengan mengeluarkan peraturan mengenai persyaratan teknis titik sampling pengukuran kualitas emisi gas buang pada cerobong (Badan Standarisasi nasional, 2005). Penelitian ini ditujukan untuk cerobong yang tidak memenuhi syarat 8D-2D.

Pada penelitian sebelumnya telah di desain geometri flow straightener bentuk kerucut (*upward*) dan kerucut terbalik (*downward*) dengan masing-masing sudut kemiringan  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $45^\circ$  (Dewi P dkk, 2017). Kondisi terbaik flow straightener terbaik dicapai pada geometri FS  $45^\circ$  upward. Pada penelitian ini akan dilanjutkan upaya perbaikan kondisi aliran dengan memvariasikan posisi flow straightener di dalam cerobong pada jarak vertikal 0,75D, 1D dan 1,25D dengan jarak sampling point 2,5D dari gangguan bawah. Diharapkan dari variasi posisi flow straightener dapat meningkatkan kinerja flow straightener lebih baik dari pada penelitian sebelumnya.

### METODE PENELITIAN

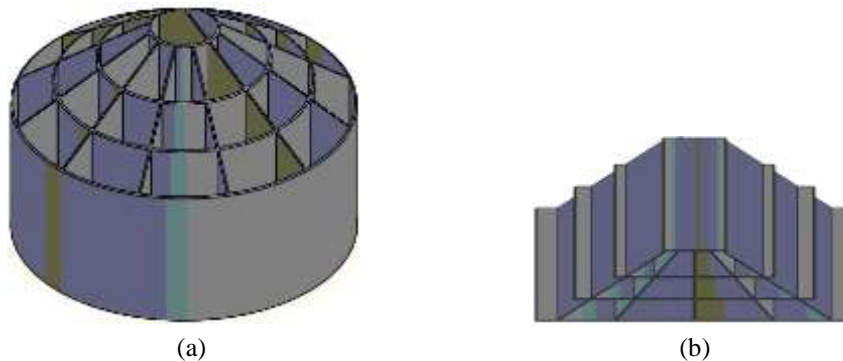
#### Geometri

Dimensi cerobong maupun *flow straightener* mengikuti dimensi dari penelitian sebelumnya (Dewi.P dkk, 2017). Tinggi cerobong 4D dan tinggi *flow straightener* 0,9D.



**Gambar 1.** (a) Dimensi cerobong (b) Dimensi penampang *flow straightener*

Desain geometri *flow straightener* berbentuk kerucut dengan sudut kemiringan  $45^\circ$  *upward* merupakan kinerja *flow straightener* terbaik dari hasil penelitian sebelumnya (Dewi.P dkk, 2017). *Flow straightener* berbentuk kerucut memiliki dua fungsi yaitu mereduksi aliran emisi yang berpusar dan mendistribusikan aliran emisi dari sisi pinggir cerobong menuju pusat cerobong, hal ini terjadi dikarenakan adanya perbedaan tekanan. Tekanan pada sisi pinggir cerobong lebih besar dibandingkan pusat cerobong sehingga emisi akan mengalir kepusat cerobong.



**Gambar 2.** Desain geometri *flow straightener* berbentuk kerucut dengan sudut kemiringan  $45^\circ$  (a) Tampak isometrik (b) Tampak potongan

### Simulasi CFD

Penelitian ini menggunakan metode CFD untuk mensimulasikan aliran emisi gas buang di dalam cerobong yang telah dipasang *flow straightener*. Setelah membuat geometri cerobong dan *flow straightener* dilanjutkan dengan *meshing*. *Mesh* yang digunakan berjenis *mesh volume* dengan bentuk hexahedron dengan jumlah minimal 1.000.000. Selesai *meshing* dilanjutkan dengan pemilihan *solver*, model dan kondisi-kondisi batas. *Solver* yang digunakan adalah *pressure based* dengan aliran emisi gas buang diasumsikan fluida mampu mampat dan *steady*. Model *viscous* yang digunakan adalah *K-ε realizable* dengan *standard wall treatment*. Kondisi batas yang ditetapkan adalah aliran emisi gas buang mengalir dengan kecepatan 17.5 m/s. Temperatur emisi gas buang pada *inlet* maupun *outlet* sebesar  $190^\circ\text{C}$ , sehingga tidak terjadi perpindahan panas pada dinding cerobong (Carter.,B.J.J, 2005). Cerobong diasumsikan beroperasi pada lingkungan standar dengan tekanan udara 1 atm. Emisi juga diasumsikan sebagai hasil dari pembakaran bahan bakar yaitu batu bara (PerMen LH No.7, 2007) dengan komposisi emisi gas buang seperti terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi gas buang

Nama zat	Fraksi Volume (%)
Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	11
Argon (Ar)	1
Uap Air (H <sub>2</sub> O)	6
Oksigen (O <sub>2</sub> )	6
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	75,821
Nitrogen dioksida (NO <sub>2</sub> )	0,069
Sulfur oksida (SO <sub>2</sub> )	0,063
Karbon monoksida (CO)	0,047

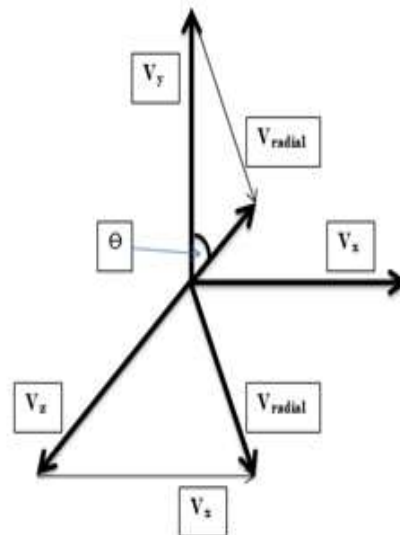
Pada penelitian ini dilakukan tiga simulasi CFD untuk kondisi :

1. Simulasi CFD *flow straightener* pada jarak 0,75D dari gangguan bawah.
2. Simulasi CFD *flow straightener* pada jarak 1D dari gangguan bawah.
3. Simulasi CFD *flow straightener* pada jarak 0,25D dari gangguan bawah.

Dengan jarak *sampling point* setiap simulasi sama yaitu 2,5D dari gangguan bawah (Gambar 1. a)

### Derajat Kemiringan

Derajat kemiringan aliran emisi gas buang digambarkan sebagai besar sudut yang terbentuk antara kecepatan radial dengan kecepatan vertikal. Semakin kecil sudut yang terbentuk maka semakin vertikal aliran emisi gas buang, yang dapat meningkatkan keakuratan pengukuran kualitas emisi gas buang.



**Gambar 3.** Vektor kecepatan pembentuk derajat kemiringan aliran emisi gas buang

Perhitungan derajat kemiringan aliran emisi gas buang dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$V_{radial} = \sqrt{V_x^2 + V_z^2} \quad (1)$$

$$\text{arc tan } \theta = \frac{V_{radial}}{v_y} \quad (2)$$

$$\text{derajat kemiringan} = \frac{\text{arc tan } \theta \times 360}{2\pi} \quad (3)$$

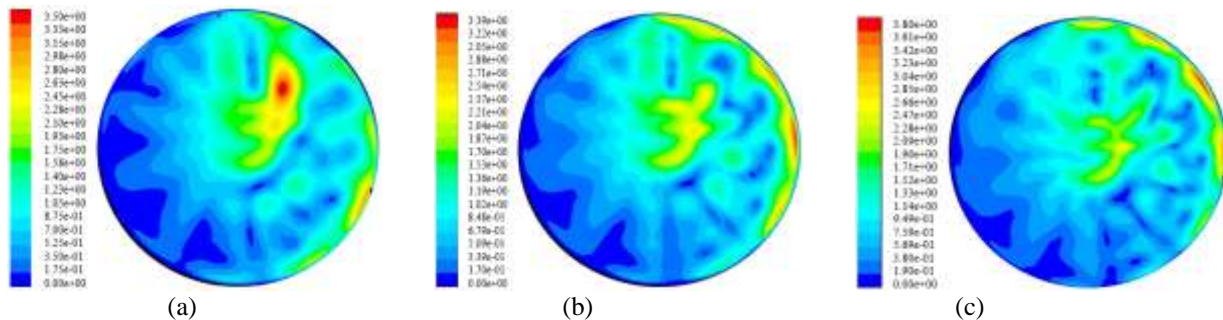
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan proses simulasi aliran keluar *flow straightener* diperoleh hasil yang dirangkum pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil simulasi pengaruh flow straightener terhadap derajat kemiringan aliran emisi gas buang

No	Posisi <i>Flow straightener</i> 45° upward	Derajat Kemiringan Aliran Emisi gas buang	
		Maksimum (°)	Rata-rata (°)
1	0,75D	3,500202	0,8679188
2	1D	3,392816	0,8826109
3	1,25D	3,796657	0,885649

Pada Tabel 2 dapat terlihat bahwa *flow straightener upward* 45° pada jarak 0,75D memiliki derajat kemiringan aliran emisi gas buang terkecil dengan sudut maksimum 3,500202° dan sudut rata-rata 0,8679188°. *Flow straightener* pada jarak 1D dan 1,25D memiliki derajat kemiringan yang relatif sama yaitu sudut rata-rata 0,8826109° dan 0,885649° serta sudut maksimum 3,392816° dan 3,796657°. Semakin mendekati *sampling point* maka derajat kemiringan aliran akan semakin meningkat baik sudut rata-rata maupun sudut maksimum, akan tetapi kenaikan nilainya tidak begitu signifikan. Dari simulasi CFD juga didapat gambar *contours* derajat aliran emisi gas buang untuk setiap posisi *flow straightener*. Pada gambar *contours* aliran emisi gas buang dapat dilihat nilai derajat aliran emisi gas pada setiap *cell*.



**Gambar 4.** Kontur derajat kemiringan aliran emisi gas buang pada *sampling point* pada jarak (a) 0,75D (b) 1D (c) 1,25D

Aliran gas buang yang keluar dari *flow straightener* inklinasinya sudah relatif rendah (Zanker et al, 2007), sudut inklinasi akan semakin rendah ketika jarak upstream aliran meninggalkan *flow straightener* semakin besar, hal ini bersesuaian dengan hasil penelitian yang dihasilkan. Derajat kemiringan terkecil dicapai pada posisi vertikal *flow straightener* 0,75D, karena pada posisi inilah jarak upstream keluar *flow straightener* yang paling jauh terhadap *sampling point*.

### KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi CFD yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi posisi *flow straightener* di dalam cerobong terhadap kemiringan derajat aliran emisi gas buang diperoleh hasil bahwa *Flow straightener upward* 45° pada jarak 0,75D, 1D maupun 1,25D menghasilkan aliran emisi gas buang dengan sudut kemiringan rata-rata kurang dari 1°. *Flow straightener* posisi 0,75D memiliki derajat kemiringan aliran emisi gas buang terkecil yaitu dengan sudut maksimum 3,500202° dan sudut rata-rata 0,8679188°, sedangkan *Flow straightener upward* 45° 1D dan 1,25D memiliki derajat kemiringan yang relatif sama yaitu sudut rata-rata 0,8826109° dan 0,885649° serta sudut maksimum 3,392816° dan 3,796657°. Semakin *flow straightener* mendekati *sampling point* maka semakin besar derajat aliran emisi gas buang yang terjadi dan hal ini kurang menguntungkan bagi pengukuran kualitas emisi di *sampling point*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DIPA UNSRI yang telah memberikan pendanaan pada Penelitian Unggulan Kompetitif UNSRI Tahun Anggaran 2018. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada keluargaku yang selalu mensupport penulis untuk menghasilkan paper ilmiah secara konsisten setiap tahun.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2005. Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 2: Penentuan lokasi dan titik-titik lintas pengambilan contoh uji partikel.
- Budyono, A., 2010. Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. 21–27.
- BPPT, 2016, Outlook Energi Indonesia 2016, Jakarta.
- Carter, B.J.J., Petersen RL, Cochran BC. (2005) Designing Exhaust Systems to minimize energy costs, 47(7).
- Dewi, P., Pramadhony, Ellyanie, Marwani. (2018) The Effects of Flow Straightener Inclination on Distribution of Flue Gas Flow, Proceeding of The 9th International Conference on Thermofluids 2017, Yogyakarta-Indonesia, 9-10 November, 060002-1 – 060002-6.



- Dewi, P., Pramadhony, Ellyanie, Marwani, M, Imam A., (2017) Pengaruh Kemiringan Flow Straightener Terhadap Tingkat Keseragaman Aliran Gas Buang Pada Sampling Point, Prosiding Seminar Nasional Energi dan Industri Manufaktur 2017 (SIGER 2017), Bandar Lampung-Indonesia, 7 – 8 November 2017, III-69 – III-73.
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002, (2002), Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 1–13.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 07, (2007) Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap, Sekretariat Negara, Jakarta.
- Shen, J J S. (1991) Characterization of Swirling Flow and Its Effects on Orifice Metering.
- Scarabino, Ana, Federico Bacchi, Ricardo J Filace, and Marcela Raviculé. (2015) Computational Fluid Dynamic Analysis of a Heater Chimney with and without a Flow Straightener, *Journal of Scientific and Engineering Research*, 2(2): 79–93.
- Zanker, Claus, J., (2007) *Gas Flow Conditioning*, Houston.