

PENGARUH PENGATURAN EMISI BUANG TERHADAP PENINGKATAN EFISIENSI PEMBAKARAN PADA OVEN

Norman Iskandar* dan Ambo Ardy Pranowo

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang 50275.

*Email: norman.undip@gmail.com

Abstrak

Penggunaan oven dalam proses produksi di suatu perusahaan industri sangat bermanfaat terutama dalam proses pengeringan atau pemanasan produk. Penggunaan oven selain menguntungkan juga dapat membawa dampak negatif bagi lingkungan jika pengoperasiannya tidak dilakukan dengan benar. Proses pembakaran yang terjadi di dalam oven menghasilkan emisi buang seperti karbon monoksida, nitrogen, karbondioksida, dan oksigen. Beberapa komponen emisi buang tersebut jika memiliki kadar melebihi standar yang telah ditentukan akan berdampak pada buruknya kualitas udara di lingkungan dan merupakan indikasi kemungkinan adanya ketidakefisiensian kerja oven karena adanya proses pembakaran yang tidak sempurna. Banyak perusahaan industri di Indonesia menggunakan oven hanya melakukan kontrol temperatur saja tetapi belum melakukan proses kontrol emisi dari oven yang digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui emisi yang dihasilkan oleh salah satu oven pada sebuah perusahaan kemudian dilakukan proses standarisasi emisi buang oven dengan melakukan optimasi pengaturan rasio perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang digunakan. Selanjutnya dilakukan analisa seberapa besar perubahan efisiensi yang didapat dan penghematan yang dapat diperoleh industri dari tindakan ini. Dari hasil analisa yang dilakukan diperoleh bahwa efisiensi pembakaran dapat dinaikkan.

Kata kunci: efisiensi, emisi, gas buang, oven, pembakaran

PENDAHULUAN

Industri merupakan salah satu sektor yang banyak mengonsumsi energi untuk mendukung kegiatan produksinya. Diperkirakan komponen biaya energi sekitar 16 – 32% dari total biaya produksinya tergantung dari jenis industri (Taufiq, 2008)). Oleh karena itu diperlukan suatu langkah dalam mengembangkan sistem dari produksi agar dapat menggunakan energi seefisien mungkin.

Penelitian ini bertujuan adalah untuk mengetahui emisi yang dihasilkan sebuah oven, dan melakukan standarisasi emisi oven dengan melakukan perubahan pada rasio campuran udara dan ban bakar yang digunakan. Sehingga nantinya dapat dibuat sebuah analisis seberapa besar perubahan efisiensi yang didapat serta penghematan yang mungkin diperoleh oleh pihak industri dari kegiatan ini.

Oven adalah alat untuk memanaskan memanggang dan mengeringkan. Oven dapat digunakan sebagai pengering apabila dengan kombinasi pemanas dengan kelembaban

rendah dan sirkulasi udara yang cukup (Kusumastuti, 2010). Oven telah banyak digunakan oleh pabrik industri sebagai alat bantu pemanas, pengering, ataupun proses coating.

Secara umum, pembakaran dapat didefinisikan sebagai proses atau reaksi oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar (*fuel*) dan oksidator dengan menimbulkan panas atau nyala dan panas. Bahan bakar (*fuel*) merupakan segala substansi yang melepaskan panas ketika dioksidasi dan secara umum mengandung unsur-unsur karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S). Sementara oksidator adalah segala substansi yang mengandung oksigen (misalnya udara) yang akan bereaksi dengan bahan bakar (Jayanti dkk., 2014).

Dari hasil pembakaran tersebut oven akan menghasilkan Gas buang. Unsur yang terkandung dalam gas buang antara lain CO, NO₂, HC, C, H₂, CO₂, H₂O dan N₂ dimana banyak yang bersifat mencemari lingkungan sekitar dalam bentuk polusi udara dan mengganggu kesehatan hingga menimbulkan

kematian pada kadar tertentu (Tenaya & Hardiana, 2011).

Untuk kondisi ini maka diperlukan standar emisi gas buang yang menjadi indikator layak atau tidak suatu sistem pembakaran untuk beroperasi. Penelitian ini dilakukan dengan menerapkan standar emisi % Oksigen 1-3, % Karbondioksida 9-10, dan Karbon monoksida dibawah 200 ppm. Standarisasi ditujukan pada *burner weishaupt* tipe *RGL dual fuel burner*, dengan menggunakan bahan bakar jenis natural gas yang digunakan sebagai penghasil pembakaran pada sistem *Oven*.

Dengan dilakukannya aktivitas ini maka akan didapatkan data hasil sebelum dan sesudah setting ulang *burner* yang dapat dijadikan dasar perhitungan efisiensi pembakaran. Analisis dilakukan dengan tiga metode yang berbeda yaitu metode analisa reaksi pembakaran natural gas, rasio perbandingan emisi karbondioksida dan karbon monoksida, dan perhitungan *combustion loss* yang terjadi.

Dalam kesempurnaan pembakaran ada tiga hal yang mempengaruhinya seperti perbandingan udara dan bahan bakar (*air fuel ratio*/AFR), tingkat homogen campuran, dan temperatur pembakaran. Pada *air fuel ratio* (AFR) terdapat campuran kaya dan campuran kurus, campuran kaya adalah campuran dimana jumlah bahan bakar lebih banyak dibandingkan dengan udara, sedangkan campuran kurus adalah campuran yang kekurangan bahan bakar atau kelebihan udara. Antara campuran kaya dan campuran kurus terdapat campuran *stoichiometry*, dimana perbandingan antara udara dengan bahan bakar dalam keadaan seimbang (Martawati & Hardiyana, 2017).

METODOLOGI

Alat yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah *flue gas analyzer* seperti terlihat pada Gambar 1. *gas analyzer* adalah alat yang digunakan untuk menganalisis, mengukur kadar atau konsentrasi gas tertentu apakah kadar dari gas tersebut masih dalam ambang batas yang diperbolehkan atau melebihi batas yang dapat membahayakan lingkungan dan makhluk hidup.

Pada gambar 2 merupakan *burner weishaupt* tipe *RGL dual fuel burner*. *Burner*

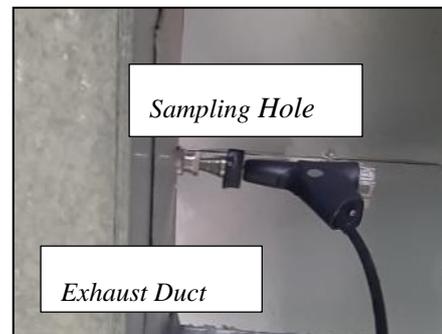
adalah peralatan yang memberi atau mengatur bahan bakar dan udara untuk terbakar. Salah satu kegunaannya adalah untuk melakukan pencampuran antara udara dan bahan bakar sehingga dihasilkan pembakaran yang bagus.



Gambar 1. *flue gas analyzer burner*



Gambar 2. *Burner Weishaupt tipe RGL dual fuel burner*



Gambar 3. Proses injeksi *flue gas analyzer*

Proses pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3. Pengambilan sampel emisi *oven* dilakukan dengan cara membuat *sampling hole* pada area *ducting* yang mengarah langsung ke bagian *exhaust*, kemudian bagian ujung dari *flue gas analyzer* diinjeksikan pada *sampling hole*. Setelah Proses penginjeksian, maka nilai CO, CO₂, dan O₂ dapat terlihat pada *display flue gas analyzer*.

Gambar 4. *cam switch*

Indikasi pembakaran yang tidak sempurna bisa diakibatkan dari keadaan *abnormality* dari sistem *oven*, yaitu tidak tepatnya rasio bahan bakar dan udara pada *burner*. sehingga diperlukan setting ulang pada *burner* di bagian *cam switch* yang mengatur rasio campuran bahan bakar dan udara. Komponen *cam switch* diperlihatkan pada Gambar 4.

Setting ulang dilakukan dengan cara memutar baut ke arah kanan untuk meningkatkan parameter, dan ke kiri untuk mengurangi parameter dari angin dan natural gas. Setiap kali dilakukan perubahan dari rasio campuran bahan bakar dan udara maka perlu dilakukan pengukuran kembali dengan *flue gas analyzer* untuk mengetahui perubahan emisi yang dikeluarkan *oven*, hingga mencapai hasil yang maksimal (sesuai standar atau mendekati standar). Setiap perbandingan *volume* udara dengan bahan bakar menghasilkan pembakaran yang berbeda-beda. Perbandingan udara dengan bahan bakar yang kurang sempurna akan berdampak pada proses pembakaran.

Tabel 1. merupakan standar yang dijadikan sebagai acuan dalam menentukan *setting* ulang *burner* pada *oven*, Standar yang digunakan adalah standar bahan bakar untuk gas, karena *oven* menggunakan bahan bakar natural gas.

Tabel 1. Standar regulasi emisi

Fuel Type	% O ₂	% CO ₂	CO (ppm)
Liquid	3-5	12-14	<200
Gas	1-3	9-10	<200

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data perbandingan sebelum dan sesudah setting ulang *oven* pada *burner*, dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 dapat dilihat dengan mengubah rasio campuran bahan bakar dan CO, dapat mereduksi emisi CO dari *oven* hingga mendekati standar. Ada kondisi dimana *burner* tidak dapat diatur ulang hal ini dikarenakan api yang dibutuhkan sangat kecil, sehingga jika dilakukan perubahan pada rasio udara dan bahan bakar, akan menyebabkan *missfire* (api gagal dinyalakan).

Tabel 2. Data *setting* ulang *burner*

Oven	Burner Control	Burner Setting			
		Air		Fuel (Natural Gas)	
		Before	After	Before	After
ED Keep Zone 1B	Low Fire	0	0	20	20
	Partial Load	1.45	1.8	30	30
	Full Load	3.9	3.5	50	50
ED Keep Zone 1	Low Fire	0.5	0.4	15	15
	Partial Load	2	2.6	23	25
	Full Load	4.4	4	30	30
ED Heat Up no.2	Low Fire	1.5	1.5	22	22
	Partial Load	1.9	1.9	25	25
	Full Load	3.7	3.7	42	42

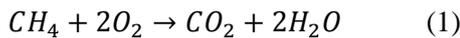
Tabel 3. Data hasil *setting* ulang *burner*

Oven	Burner Control	Combustion Parameter						Information
		Before			After			
		O ₂ %	CO ₂ %	CO (ppm)	O ₂ %	CO ₂ %	CO (ppm)	
ED Keep Zone 1B	Low Fire	2.99	9.92	3651	2.99	9.92	3651	Missfire
	Partial Load	1.28	11	2658	3.78	9.76	49	angin dinaikkan
	Full Load	5.32	8.88	32	2.81	10	8	angin diturunkan
ED Keep Zone 1	Low Fire	13.3	4.34	546	4.1	9.58	67	angin diturunkan
	Partial Load	6.4	8.25	255	3.1	10.2	49	angin dinaikkan
	Full Load	7.1	7.89	690	3.5	9.9	30	angin diturunkan
ED Heat Up no.2	Low Fire	9.59	6.45	189	9.59	6.45	189	
	Partial Load	6	8.5	3	6	8.5	3	Tidak setting (CO masuk standar)
	Full Load	2.7	10.4	6	2.7	10.4	6	

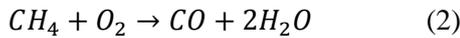
Dari Tabel 3 dapat dilihat dengan mengubah rasio campuran bahan bakar dan udara, dapat mereduksi emisi CO dari oven hingga mendekati standar. Ada kondisi dimana burner tidak dapat di atur ulang hal ini dikarenakan api yang dibutuhkan sangat kecil, sehingga jika dilakukan perubahan pada rasio udara dan bahan bakar, akan menyebabkan *missfire* (api gagal dinyalakan).

Analisis Efisiensi Reaksi Pembakaran

Dari data pengukuran emisi oven, pengembangan metode ini dapat mereduksi tingkat emisi CO secara signifikan, dengan kata lain sistem pengoperasian oven yang digunakan menuju ke arah pembakaran yang sempurna. Semakin sempurna proses pembakaran maka efisiensi kerjanya akan lebih meningkat. hal ini dapat dibuktikan dengan menggunakan teori pembakaran sederhana dari *natural gas* (methana).



Persamaan 1 diatas merupakan reaksi Pembakaran yang sempurna dari methane dan oksigen. Dengan rasio keduanya yang tepat akan menghasilkan karbon dioksida dan uap air.



Persamaan 2 diatas adalah reaksi pembakaran yang tidak sempurna dari methana dan oksigen. Reaksi pembakaran yang tidak sempurna akan menghasilkan karbon monoksida dan uap air. Reaksi ini akan menghasilkan kalor yang lebih sedikit dibandingkan reaksi pembakaran yang sempurna. sehingga dapat menurunkan efisiensi kerja dari sistem. Jadi semakin sedikit emisi CO yang keluar dari sistem pembakaran, mengindikasikan pembakaran tersebut mendekati pembakaran yang sempurna. Sehingga dengan mereduksi emisi CO dapat meningkatkan efisiensi kerja dari sistem oven.

Selain dapat mereduksi CO, metode kontrol emisi oven ini juga merubah persentase dari CO₂ yang keluar dari oven, dengan nilai CO dan CO₂ yang dikeluarkan sistem oven, bisa didapatkan nilai kasar dari efisiensi pembakaran oven. Persamaan 3 merupakan perhitungan efisiensi pembakaran yang

digunakan untuk perhitungan.

$$CE = \frac{CO_2}{CO_2+CO} \times 100 \quad (3)$$

keterangan

- CE : *combustion efficiency* (%)
- CO : *carbon monoxyde* (ppm)
- CO₂ : *carbon dioxyde* (ppm)
- 1% :1000 ppm

Berikut data perhitungan efisiensi pembakaran dengan bantuan software Ms. Excel disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4. Data perhitungan efisiensi pembakaran

Oven	Burner Control	Combustion Parameter				CE	
		Before		After		Befor e	After
		CO ₂ %	CO (ppm)	CO ₂ %	CO (ppm)		
ED Keep Zone 1B	Low Fire	9.92	3651	9.92	3651	73.097	73.097
	Partial Load	10.9	2658	9.76	49	80.496	99.5
	Full Load	8.88	32	10	8	99.641	99.92
ED Keep Zone 1	Low Fire	4.34	546	9.58	67	88.825	99.305
	Partial Load	8.25	255	10.2	49	97.002	99.522
	Full Load	7.89	690	9.9	30	91.958	99.698
ED Heat Up no.2	Low Fire	6.45	189	6.45	189	97.153	97.153
	Partial Load	8.5	3	8.5	3	99.965	99.965
	Full Load	10.3	7	10.37	6	99.942	99.942

Dari perhitungan efisiensi diatas dapat dilihat, terjadi peningkatan efisiensi pada burner yang dilakukan setting ulang, perhitungan ini membuktikan pengembangan metode yang sedang dilakukan berhasil meningkatkan efisiensi pembakaran dari oven.

Analisis Combustion Loss Efisiensi Oven

Perhitungan sebelumnya merupakan perhitungan kasar dari efisiensi pembakaran, karena terdapat faktor yang dapat menentukan efisiensi dari sistem pembakaran oven yaitu, oksigen yang terbuang lewat *exhaust*, suhu ducting exhaust, serta suhu di luar oven yang belum diperhitungkan. Kerugian *flue gas* dapat dihitung dari seberapa banyak kelebihan udara yang digunakan yang ditandai oleh persentase jumlah kandungan O₂ (Ghufron dkk., 2014).

Faktor tersebut akan mempengaruhi persen *combustion loss* yang ada pada sistem *oven*. *Combustion loss/flue loss* dapat dihitung dengan persamaan 4 berikut (Anonimus, 2004).

$$qA\% = (FT - AT)x(B + \frac{A2}{21-\%O_2}) \quad (4)$$

Keterangan

- qA% : *combustion loss*
- AT : suhu luar oven
- A, B : *fuel spesific parameter*
- FT : suhu *ducting exhaust*

Dimana untuk nilai *fuel spesific parameter* dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. *fuel spesific parameter*

Fuel Type	A	B
Natural Gas	0.66	0.009
Solar	0.63	0.008
LNG	0.68	0.007

Setelah mendapatkan nilai *combustion loss* (CL) dari sistem pembakaran, maka *combustion efficiency* (CE) dari sistem bisa dihitung dengan persamaan berikut.

$$CE = 100\% - CL \quad (5)$$

Pengambilan contoh perhitungan efisiensi dilakukan pada *oven ED keep zone 1B*, pada fase *full load*. Perhitungan membutuhkan parameter temperature dari *ducting exhaust oven*, suhu di luar Oven. Suhu di luar Oven terukur 34°C, dan suhu di dalam *ducting exhaust Oven* bisa diperoleh dengan mengamati panel *temperature control oven*. pada panel suhu *ducting exhaust* menunjukkan angka 235 °C. Kemudian dilakukan pengukuran emisi pada *Oven* saat kondisi sebelum setting dan setelah setting. Berikut Gambar 5 yang menunjukkan hasil pengukuran emisi yang tertera pada *display flue gas analyzer*.

Dari data tersebut dilakukan perhitungan dengan memasukan parameter Oksigen, Suhu *ducting exhaust*, suhu lingkungan sekitar *oven*, dan *fuel spesific parameter* (*burner* menggunakan tipe bahan bakar natural gas, A2 = 0.66 dan B = 0.009).

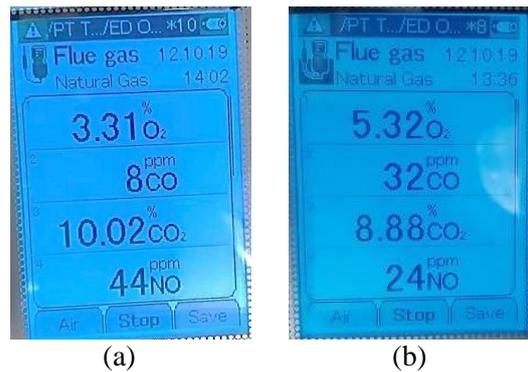
Dengan menggunakan Persamaan 4, maka efisiensi dapat dihitung. Perhitungan nilai efisiensi sebelum dilakukan setting ulang

adalah seperti berikut ini:

$$qA\% = (FT - AT)x(B + \frac{A2}{21-\%O_2})$$

$$qA\% = (235 - 34,5) x (0,009 + (\frac{0,66}{21 - 5,32}))$$

$$qA\% = 10.24\%$$



Gambar 5. (a) sebelum (b) setelah setting burner

Sehingga nilai *combustion efficiency* dengan Persamaan 5 dapat dihitung seperti berikut ini :

$$CE = 100\% - 10.24\% = 89,76\%$$

Setelah dilakukan *setting* ulang pada burner maka nilai efisiensinya dapat dihitung dengan metode diatas dan dihasilkan nilai berikut ini.

$$qA\% = (FT - AT)x(B + \frac{A2}{21-\%O_2})$$

$$qA\% = (235 - 34,5) x (0,009 + (\frac{0,66}{21 - 3,31}))$$

$$qA\% = 9,28\%$$

Sehingga nilai *combustion efficiency* yang diperoleh adalah:

$$CE = 100\% - 9.28\% = 90,72\%$$

Dari perhitungan diatas dapat dikomparasikan antara kondisi sebelum setting ulang dan setelah setting ulang burner Setelah dilakukan setting ulang pada burner terjadi peningkatan efisiensi pembakaran dari 89.76% menjadi 90,72%.

PENUTUP**Kesimpulan**

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang dilakukan dari penelitian dapat disimpulkan bahwa Standarisasi yang dilakukan berpengaruh terhadap efisiensi pembakaran dari *oven*. Dari metode analisis reaksi pembakaran menunjukkan bahwa CO setelah setting ulang lebih rendah kadarnya, sehingga mengindikasikan pembakaran *oven* sempurna. Dari metode rasio perbandingan CO₂ dan CO menunjukkan data efisiensi pembakaran yang meningkat pada *oven*. Dari metode analisis perhitungan *combustion loss* menunjukkan Tingkat *combustion loss* pada *oven* setelah setting ulang lebih kecil, yang mengindikasikan *combustion efficiency* meningkat dari 89.76% menjadi 90.72%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. (2004). *Combustion Analysis Basic: An Overview of Measurements, Methods and Calculations Used in Combustion Analysis*. TSI Incorporated, USA.
- Ghufron, H. C., Prasetyo, T., & Mulud, T. H. (2014). Analisa Pengaruh Excess Air terhadap Flue Gas di PLTU Tanjung Jati B Unit 2. *Semarang : Polines*, 10(3), 84–89.
- Jayanti, N. E., Hakam, M., & Santiasih, I. (2014). Emisi Gas Carbon Monooksida (Co) Dan Hidrocarbon (Hc) Pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda Motor “Supra X 125 Tahun 2006.” *Rotasi*, 16(2), 1. <https://doi.org/10.14710/rotasi.16.2.1-5>
- Kusumastuti, Y. A. (2010). *Pengeringan Labu Kuning dengan Media Pemanas Oven Menggunakan Variabel Suhu dan Waktu*. 7138.
- Martawati, M. E., & Hardiyana, H. (2017). Pembuatan dan Analisis Pembacaan Sensor Karbon Dioksida pada Gas Analyzer Terhadap Variasi Bahan Bakar Berbasis Aplikasi Android. *JURNAL ELTEK; Vol 15 No 2 (2017): ELTEK Vol 15 No 2*. <http://eltek.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/view/121>
- Taufiq. (2008). *Perbandingan Temperatur Stainless Steel dan Temperatur Ring Keramik Pada Fenomena Flame Lift-Up*.

Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta.

- Tenaya, I., & Hardiana, M. (2011). Pengaruh Air Fuel Ratio Terhadap Emisi Gas Buang Berbahan Bakar Lpg Pada Ruang Bakar Model Helle-Shaw Cell. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 5(1).