

## ANALISIS PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP PEMBAKARAN PADA OPERASI *STARTUP BURNER*

Avicenna Muhammad Izzanour<sup>1)</sup>, Prima Dewi Permatasari<sup>2)</sup>, dan Rif'ah Amalia<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> D4 Sistem Pembangkit Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS, Keputih, Kec. Sukolilo, Kota SBY, 60111  
E-mail: [muhammadavic@gmail.com](mailto:muhammadavic@gmail.com)

### Abstract

Startup burner which is kind of burner that were used to increase the furnace temperature to coal ignition point. This study mainly focused on influence of air mass flow to combustion process in the startup burner which considered to be the oil burner. ANSYS FLUENT 19.1 was used to numerically calculate the combustion process to predict the gas temperature and flue gas mass fraction contour. Non premixed combustion model was applied to this simulation. The diesel oil mass flow in this simulation was set to 0.0222 kg/s to all variation. Gas temperature distribution were obtained for air fuel ratio of 7, 13, 28, 37 which corresponding to air mass flow variation. The gas temperature and flue gasses mass fraction were measured at centerline of the burner. The results obtained from this study are, the variation of AFR 7 which is the lowest air flow mass value obtains the highest maximum temperature of 1967,28. This result corresponding with the CO<sub>2</sub> mass fraction which is indicates combustion process, the AFR 7 variation has a higher CO<sub>2</sub> mass fraction content than other variations, when the O<sub>2</sub> content is insufficient, the carbon will form a CO compound.

**Keywords:** *Burner, Oil, Air fuel ratio, CFD, PLTU*

### Abstrak

Bahan bakar yang digunakan pada PLTU sebagian besar menggunakan batu bara Namun, untuk operasi *start up boiler*, bahan bakar yang digunakan adalah jenis BBM *high speed diesel (HSD)*. Proses *start up boiler* pada *oil burner* bertujuan untuk meningkatkan temperatur pembakaran pada *furnace* hingga mencapai *ignition point*. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses pembakaran pada *burner* adalah *supply* udara yang dialirkan. Sehingga pada penelitian ini, peneliti akan melakukan studi numerik pengaruh laju massa alir udara terhadap pembakaran pada *oil burner*. Penelitian ini akan dilakukan dengan secara numerik dengan metode CFD. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu, massa alir udara mempengaruhi temperature pembakaran yang dihasilkan, variasi AFR 7 dengan nilai massa alir udara terendah memperoleh temperatur maksimum tertinggi yaitu 1967,28. Hal ini selaras dengan fraksi massa CO<sub>2</sub> yang merupakan salah satu indicator pembakaran, variasi AFR 7 memiliki kadar fraksi massa CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi nilainya dibanding variasi lain. Dan fraksi massa CO, semakin besar nilai massa alir udara, kadar CO yang dihasilkan lebih rendah, karena kadar oksigen yang dibutuhkan tercukupi sehingga karbon bereaksi dengan oksigen menjadi CO<sub>2</sub>.

**Kata Kunci:** *Burner, Oil, Air fuel ratio, CFD, PLTU*

## PENDAHULUAN

Proses *start up boiler* memiliki tujuan untuk meningkatkan temperatur pembakaran pada ruang bakar sebelum batu bara mulai diinjeksikan. Ruang bakar terlebih dahulu dipanaskan hingga temperaturnya sudah sampai ke *ignition point* batubara, sehingga saat batu bara masuk, ke ruang bakar akan langsung terbakar. Secara umum, pembangkit listrik menggunakan *big oil gun* sebagai perangkat *start up boiler* untuk men *supply* bahan bakar *HSD* dan *atomizing air/air supply*, dan alat ini juga dilengkapi dengan *igniter* yang sistem kerjanya mirip dengan busi.

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai permasalahan ini, chunlong, liu (2010) disampaikan pada laporan eksperimennya bahwa, “saat teknologi *start up burner* diterapkan pada pembangkit energi, pengontrolan pada *excess air* adalah metode yang efektif untuk mengatur proses pembakaran pada *boiler pulverized coal*.” Dan pada penelitian tersebut diperoleh bahwa, “pada rasio *excess air* rendah, nilai momentum *axial unburned coal* dan *coal flame* rendah, yang memiliki manfaat pada proses *mixing*. Diwaktu yang sama, hal ini menyebabkan waktu tinggal yang lebih lama. Sehingga proses pembakaran dengan rasio *excess air* rendah menyebabkan, temperatur gas pembakaran, *burnout coal*, dan pelepasan C dan H pada *exit burner* lebih tinggi.”

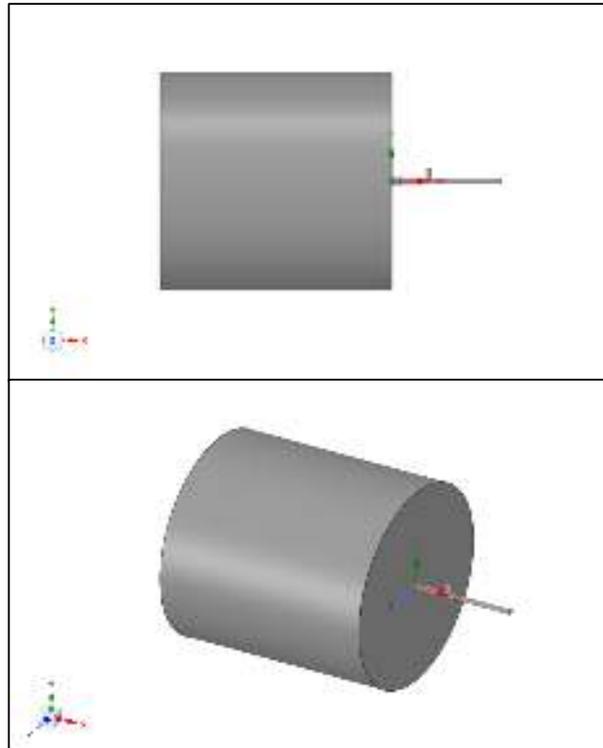
Sebagaimana yang telah disebutkan diatas, pada dasarnya dibutuhkan bahan bakar dan udara untuk melakukan reaksi pembakaran. Saat *oil burner* digunakan pada pembangkit listrik, *primary air supply* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatur pembakaran. Dengan pendekatan perhitungan CFD, pengujian pembakaran pada *oil burner* dapat dilakukan dengan aman tanpa melibatkan perangkat secara langsung. Pengaruh massa alir udara *primary air* terhadap pembakaran akan di analisis pada penelitian ini, antara lainnya yaitu kontur api hasil pembakaran, kontur CO dan kontur CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari pembakaran. Dengan tujuan, mengetahui bagaimana pengaruh massa alir udara yang diinputkan terhadap variabel variabel tersebut.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah simulasi numerik menggunakan *software* simulasi CFD *ANSYS* untuk analisis pembakaran serta pembuatan geometri.

1. Geometri dan meshing

Desain geometri dilakukan dengan menggunakan *software Autodesk Fusion* dan *spaceclaim ANSYS 2019*, pembuatan model dan geometri berdasarkan desain aktual dari *oil burner* PLTU menurut referensi. Geometri burner terdiri *burner tube* dan *chamber*. Ada 3 *inlet* yang diterapkan pada simulasi ini, *primary-carrier air*, *fuel inlet*, *secondary air inlet*. Dan untuk outlet, ada pada ujung *combustion chamber*.



Gambar 1 Geometri 3D Burner dan Chamber

Pada penelitian ini, *Meshing* yang digunakan adalah *global mesh* dengan bentuk mesh *hexahedron*. Kemudian dilakukan *multizone mesh* dan *hex dominant method*. *Meshing* geometri pada penelitian ini menghasilkan 21523 *elements*, dan 23057 *nodes*. Dengan nilai *orthogonal quality* 0,89 dan *skewness* 0,2

## 2. Processing

Setelah *meshing* dibuat, simulasi akan dilakukan dengan menggunakan *software ANSYS FLUENT*. Simulasi dilakukan dengan 3d pressure based solver. Energy equation diaktifkan. Dan *realizable k-epsilon* model dengan standar wall function diterapkan, radiation P-1, dan species model yang digunakan adalah non premix combustion. Dan bahan bakar diesel  $C_{12}H_{23}$  diidentifikasi sebagai bahan bakar yang digunakan.

A. *Boundary condition*Tabel 1 *Boundary Condition*

<b>Boundary Condition</b>	<b>Type</b>	<b>Keterangan</b>
<b>Carrier Air</b>	<i>Mass Flow Inlet</i>	$\dot{m}_{Air} : 0.14 \text{ kg/s}$ <i>flow direction: normal to boundary</i> temperature: 300 K P : 0.004 atm
<b>Fuel oil inlet</b>	<i>Mass Flow Inlet</i>	$\dot{m}_{diesel} : 0.0222 \text{ kg/s}$ <i>flow direction: normal to boundary</i> Temperatur: 300 K P : 0.04 atm
<b>Secondary air inlet</b>	<i>Velocity Inlet</i>	$\dot{m} \text{ total} = 0.076 \text{ kg/s}$ P : 0.008 atm Temperature: 300 K <i>flow direction: 60°</i>
<b>Chamber outlet</b>	<i>Pressure Outlet</i>	P : 1 atm Temperatur: 300 K

Setelah semua setting dilakukan, *set residual* di  $10e-3$  kemudian initialize dan calculate. Simulasi ini konvergen pada 579. Distribusi temperature data diambil dari centerline burner, kemudian fraksi massa diambil di garis sumbu Y di tengah *chamber*. Dan kontur diambil di Plane  $Z=0$ . *boundary condition* untuk setiap variasi akan ditampilkan pada table 2 dibawah.

Tabel 2 **Variasi massa alir udara**

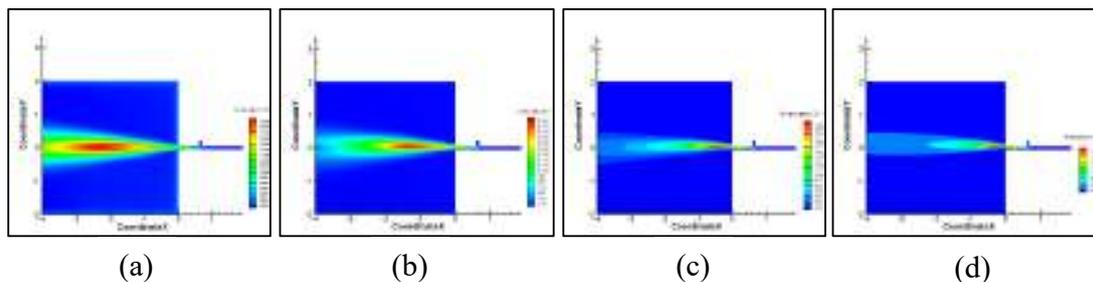
<i>Case</i>	<i>Mass flow ( kg/s )</i>		
	<i>Carrier air</i>	<i>Fuel inlet</i>	<i>Secondary air</i>
AFR 13	0.14	0.0222	0.076
AFR 7	0.014	0.0222	0.076
AFR 28	0.4789	0.0222	0.076
AFR 37	0.14	0.0222	0.076

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi *CFD steady* 3D pada *oil burner*, simulasi ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh massa alir udara terhadap pembakaran pada burner. Pada penelitian ini, diterapkan 3 variasi massa alir yang diidentifikasi sebagai carrier air pada simulasi.

### 1. Kontur Temperatur pada plane $z = 0$

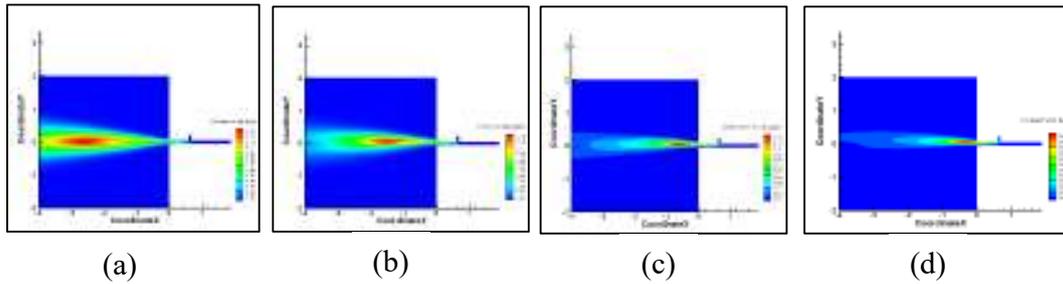
Variasi pertama yaitu AFR 13, merupakan variasi control untuk simulasi ini, atau sesuai dengan referensi. Diketahui pada hasil pembakaran yang terjadi, temperature mengalami kenaikan dari keluaran *burner tube* hingga ke area chamber, dan kenaikan temperature ini mencapai titik puncak pada titik 1,2 m dari keluaran burner tube yaitu pada nilai 1809,3 K. Kemudian di variasi AFR 7 temperatur maksimum yang dicapai pada variasi ini berada di titik 2,4 m dari keluaran *burner tube* dan memiliki nilai 1967,28 K. Dan pada variasi 28, atau nilai AFR yang didapat berdasarkan perhitungan stoikiometrik pembakaran diperoleh nilai temperature tertinggi berada di titik 0,2 m dari keluaran burner tube dan memiliki nilai sebesar 1623,35 K. dan yang terakhir yaitu variasi AFR 37, nilai temperatur maksimum terletak di titik area burner tube tepatnya di titik 0,04285 dengan temperature 1532 K.



Gambar 2 profil temperatur variasi AFR 7, 13, 28, 37 berturut turut

### 2. Kontur Fraksi massa CO<sub>2</sub> pada plane $z = 0$

Dari kontur yang ditampilkan di bawah, dapat kita amati bahwasannya fraksi massa yang dihasilkan dari reaksi pembakaran selaras dengan kontur temperature pembakaran yang terjadi. Perubahan kontur warna yang terjadi pada data fraksi massa CO<sub>2</sub> memiliki kemiripan dengan kontur warna temperature pada pembahasan sebelumnya. Hal ini karena korelasi yang terjadi antara reaksi pembakaran dan fraksi massa CO<sub>2</sub> yang dihasilkan. Jumlah CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama pembakaran mengindikasikan jumlah carbon yang bereaksi dengan oksigen, apabila reaksi terjadi secara baik maka kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan akan semakin banyak nilainya.

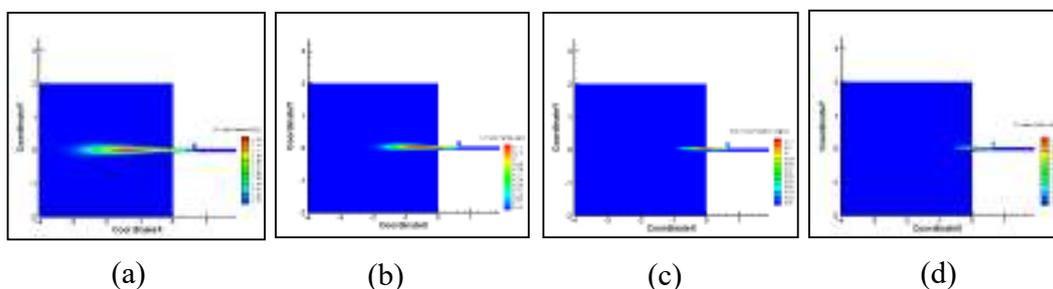


Gambar 3 profil Fraksi CO<sub>2</sub> variasi AFR 7, 13, 28, 37 berturut turut

### 3. Kontur Fraksi massa CO pada plane $z = 0$

Dari gambar yang disajikan dibawah, diketahui bahwa massa alir udara mempengaruhi kadar CO yang dihasilkan dari reaksi pembakaran. Carbon yang terkandung pada pembakaran akan bereaksi dengan oksigen yang terkandung pada udara. Pada pembakaran yang baik, idealnya carbon yang bereaksi ini akan membentuk senyawa CO<sub>2</sub> sedangkan sisanya akan bereaksi membentuk senyawa pollutan lain yaitu CO. Berdasarkan hasil simulasi beberapa variasi yang dilakukan, dapat diamati bahwa semakin rendah massa alir udara yang bereaksi dengan bahan bakar, kadar CO yang dihasilkan juga semakin pekat.

Jika kadar fraksi massa CO ditinjau pada satu titik yang sama yaitu  $X = -1.5$ , Pada variasi AFR 13, nilai fraksi massa CO bernilai 0,045 kg/s. Kemudian pada variasi AFR 7, nilai fraksi massa bernilai lebih besar yaitu 0,126 kg/s. Pada variasi AFR 28 nilai fraksi massa CO pada titik ini bernilai 0,000075 kg/s, dan yang terakhir pada variasi AFR 37, massa CO bernilai 0, karena pada titik ini sudah tidak terdapat lagi senyawa CO.



Gambar 4 profil Fraksi CO variasi AFR 7, 13, 28, 37 berturut turut

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian melalui pendekatan numerik CFD, serta hasil analisis yang telah dilaksanakan, berikut kesimpulan yang diperoleh.

1. Massa alir udara *carrier air* memiliki pengaruh terhadap proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar
2. Distribusi temperatur dipengaruhi oleh masa alir udara, dimana semakin rendah nilai massa alir udara yang direaksikan, maka temperature pembakaran yang dihasilkan akan semakin tinggi dan volume serta panjang api pembakaran akan semakin besar nilainya.
3. Fraksi massa CO<sub>2</sub> merepresentasikan pembakaran yang terjadi, semakin tinggi nilai massa alir udara yang bereaksi pada proses pembakaran, kadar CO<sub>2</sub> yang dihasilkan semakin rendah. Fraksi Massa CO menandakan adanya unsur Karbon yang tidak bereaksi secara sempurna membentuk CO<sub>2</sub>, hal ini menandakan kurangnya kadar oksigen yang bereaksi pada proses pembakaran. Sehingga semakin rendah nilai massa alir udara, kadar fraksi massa CO yang dihasilkan akan semakin besar.

## SARAN

1. Pengujian secara eksperimental perlu di lakukan untuk mengetahui kondisi real yang terjadi pada pembakaran di *oil burner*.
2. Diperlukan perhitungan CFD lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh massa alir udara secara lebih detail.
3. Factor factor yang menjadi parameter pembakaran yang baik perlu diteliti lebih lanjut untuk penelitian kedepannya guna mencari mencari penggunaan bahan bakar yang terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Chunlong Liu et al 2010. “*Influence of coal-feed rates on bituminous coal ignition in a full-scale tiny-oil ignition burner*”. PR China: School of Energy Science and Engineering, Harbin Institute of Technology.
- Dabade, Tanaji et al 2012. *CFD Simulation of Confined Non-Premixed Flames*. ASME 2012 Summer Heat Transfer Conference : Department of Mechanical Engineering , Lamar university, USA.

- Putra, Aditya P. 2015. “*Studi Numerik Karakteristik Pembakaran Batubara, Dengan Variasi Laju Aliran Massa Swirl Air dan Panjang dimensi Extension Pipe Pada Rancangan Start up Burner*”. Teknik Mesin FTI-ITS. Surabaya.
- Arriningtyas, Nia. 2014. “*Studi Numerik Pengaruh Konfigurasi Pengumpanan Dua Jenis Batubara Dengan Metode Infurnace Blending Terhadap Proses Pembakaran Pada Boiler Tangensial*”. Teknik Mesin FTI-ITS.Surabaya.
- Febyanasari, Rina. 2014. “*Studi Numerik Karakteristik Aliran dan Pembakaran Pada Tangentially Fired Pulverized Boiler Dengan Menggunakan Oxy-Fuel Pada Kasus Coal Blending Antara Medium Rank Coal ( MRC ) dan Low Rank Coal ( LRC )*”. Teknik Mesin FTI-ITS. Surabaya.
- Ikeda M, Makino H, Morinaga H, Higashiyama K, Kozai Y. 2003. “*Development of reduction technology of both emissions of NOx and unburned carbon by infurnace blended method*”. Report No. M07007. Tokyo: Central Research Institute of Electric Power Industry.