

Studi Numerik Karakteristik Aliran dan Perpindahan Panas pada *Heat Recovery Steam Generator* di PT Gresik Gases and Power Indonesia (Linde Indonesia)

Dhika Suryananda dan Wawan Aries Widodo

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Sepuluh Nopember, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: wawanaries@me.its.ac.id

Abstrak—Pertumbuhan ekonomi berdampak pada meningkatnya kebutuhan energi, sehingga menuntut peningkatan efisiensi dari *power plant* sebagai salah satu produsen energi. Pada saat ini *power plant* yang memiliki efisiensi paling tinggi adalah *combined cycle power plant*. Pada sistem *combined cycle* tersebut terdapat komponen *Heat Recovery Steam Generator (HRSG)* yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi dari *power plant* dengan cara menggunakan sisa panas dari gas buang (*exhaust*) gas turbine dan digunakan untuk memproduksi uap (*steam*) untuk proses selanjutnya. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode numerik (CFD) dengan software FLUENT 6.3.26. Pemodelan yang dilakukan pada penelitian ini adalah 3 dimensi, aliran steady, turbulence model yang dipakai *Realizable k-ε* model dengan reaksi pembakarannya menggunakan spesies transport. Mixture materials yang digunakan merupakan *methane-air*. Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data yang di ambil di PT. GRESIK GASES and POWER INDONESIA.. Hasil yang didapatkan pada simulasi ini adalah bentuk bodi seperti *enlargement*, *contraction*, dan *elbow* memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap distribusi temperatur, tekanan, dan kecepatan pada HRSG. Error dari hasil simulasi numerik dan referensi CCR sebagai berikut pada *secondary superheater* sebesar 8 %, pada *primary superheater* sebesar 6%, pada *evaporator* sebesar 0.00008% dan yang terakhir pada *economizer* sebesar 92 % . Penyebab perbedaan antara numerik dengan data CCR adalah kurang akuratnya proses simulasi dan simplifikasi dari jajaran *heat exchanger* terutama pada bagian *economizer*.

Kata kunci : FLUENT, HRSG, Duct Burner, Tipe aliran

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini sebagian besar energi digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dan industri berasal dari proses pembakaran. Hampir 89 % energi dunia berasal dari proses pembakaran, dan semakin lama proses ini semakin meningkat. Banyak sekali aplikasi proses pembakaran ini dalam industri, antara lain untuk boiler, tungku peleburan logam, pengecoran baja, dan lain-lain.

Sistem pembakaran sangat diperlukan dalam sistem pembangkit atau *power plant*. Hasil pembakaran yang dihasilkan dapat digunakan untuk menggerakkan komponen seperti gas turbine. PT. GRESIK GASES and POWER INDONESIA (LINDE Group) merupakan salah satu perusahaan yang menggunakan sistem *combined cycle power plant* yang menghasilkan listrik dan juga memproduksi gas. Pada Sistem pembangkit listrik terdapat banyak komponen dan salah satunya adalah HRSG (*Heat Recovery Steam*

Generation). HRSG merupakan komponen yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dari *power plant* dengan menggunakan sisa panas dari gas buang (*exhaust*) gas turbine yang kemudian dipanaskan kembali dan digunakan untuk memproduksi uap panas (*steam*) yang dapat digunakan sebagai penggerak *steam turbine* ataupun digunakan langsung untuk proses lain.

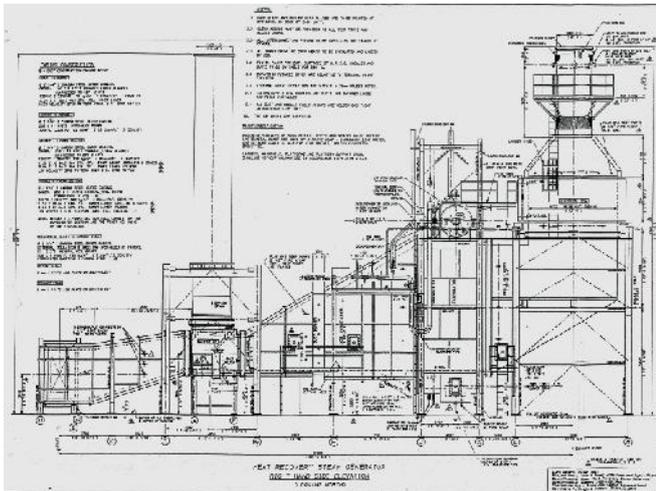
HRSG yang digunakan merupakan tipe HRSG gabungan dari horizontal dan vertikal yaitu terdiri dari komponen-komponen *heat exchanger* berupa *primary superheater*, *secondary superheater*, dan *evaporator* yang berada pada posisi horizontal sementara *economizer* yang berada pada posisi vertikal. Komponen lain yang ada pada HRSG salah satunya adalah *duct burner* yang berfungsi untuk menambahkan panas pada gas buang dari *gas turbine* sehingga didapatkan temperatur yang cukup tinggi untuk menghasilkan *steam* pada *heat exchanger*. *Duct burner* yang digunakan menggunakan bahan bakar natural gas. Pada pengoperasiannya kebutuhan akan nyala *duct burner* bergantung dari temperatur gas buang dari *gas turbine*. Karena hal tersebut, melatarbelakangi dibuatnya sebuah simulasi tentang fenomena yang terjadi di dalam HRSG secara numerik 3 dimensi menggunakan software CFD karena pengamatan secara langsung sangat tidak mungkin dilakukan.

Banyak peneliti yang telah melakukan penelitian terhadap HRSG menggunakan permodelan numerik. Veera (2005) [1] melakukan simulasi dengan menggunakan software CFD FLUENT terhadap HRSG tipe horizontal dan komponen di dalamnya dengan menggunakan *porous media* pada *heat exchanger* dan model simulasi yang digunakan adalah *Realizable K-ε*. Hasil dari penelitian menunjukkan karakteristik aliran yang terjadi di dalam HRSG pada tipe horizontal, terdapat adanya perbedaan distribusi kecepatan yang tidak merata pada bagian *duct burner*. Hyuntae, dkk (2012) [2] melakukan simulasi dengan menggunakan software CFD FLUENT terhadap *inlet duct* pada *Heat Recovery Steam Generator* tipe vertikal dengan menggunakan *porous media* pada *heat exchanger* dan model simulasi yang digunakan adalah *RNG K-ε*. Hasil dari penelitian menunjukkan karakteristik aliran yang terjadi pada HRSG tipe vertikal. Pharam H.K, dkk [3] melakukan analisa hydrodynamic aliran flue gas pada HRSG tipe horizontal.

II.

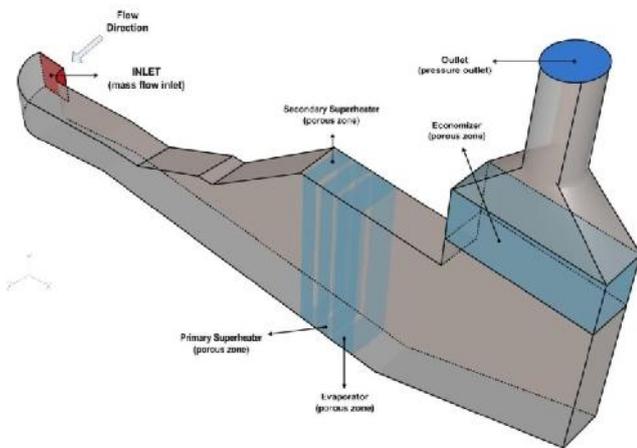
III. METODE PENELITIAN

Kajian numerik dengan *software Fluent 6.3.26* digunakan untuk menghasilkan visualisasi dan pengukuran yang detail mengenai karakteristik aliran pada HRSG. Sedang geometri HRSG yang digunakan adalah mengacu pada geometri HRSG di PT Gresik Gases and Power Indonesia, seperti yang tertera di bawah ini:



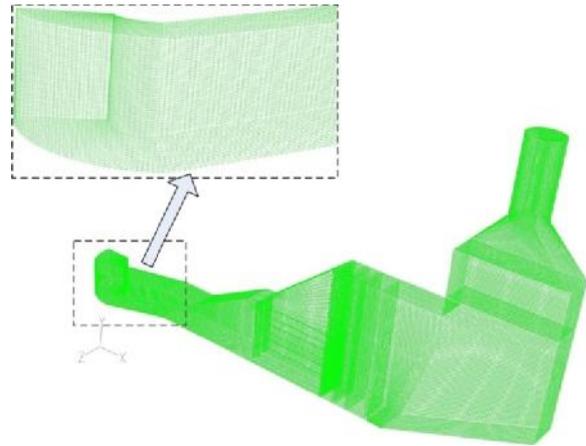
Gambar 1. Geometri HRSG

pemodelan ini adalah:



Gambar 2. Domain dari pemodelan 3D yang digunakan

Dengan kondisi batas inlet adalah mass flow inlet, outlet adalah outflow, dinding adalah wall, dan pada bagian *Secondary superheater*, *primary superheater*, *evaporator*, dan *economizer* didefinisikan sebagai *porous zone* [4].



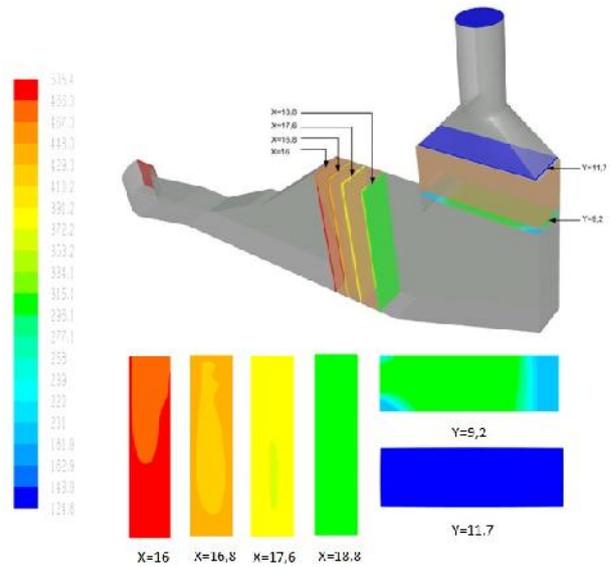
Gambar 3. Bentuk meshing pemodelan 3D

Meshing yang digunakan adalah hexahedral map yang dinilai lebih akurat untuk memvisualisasikan aliran yang terbentuk.

Model turbulensi yang digunakan adalah k-epsilon realizable dengan metode diskritisasi second order upwind. Sedangkan alir massa udara masuk sebesar 38.95 kg/s.

IV. HASIL DAN DISKUSI

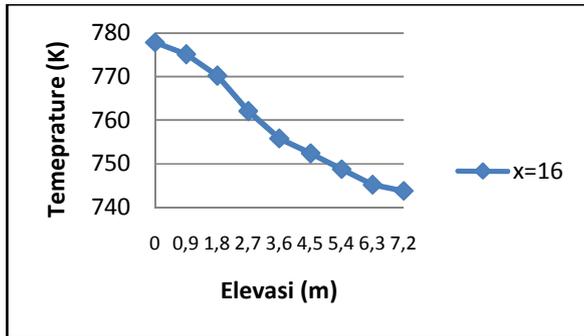
A. Analisa Data Kualitatif dan Kuantitatif Kontur Temperatur



Gambar 4. Distribusi temperatur terhadap sumbu x dan y

Pada gambar 4 distribusi temperatur terhadap sumbu x dan y yang merupakan posisi sesaat sebelum dan sesudah *heat exchanger*. $x=16$ merupakan distribusi temperatur sesaat sebelum memasuki *secondary superheater* terhadap sumbu x dengan jarak 16m dari titik acuan dan seterusnya. Pengambilan data dilakukan pada posisi sesaat sebelum dan sesudah *heat exchanger* untuk mengetahui perbedaan temperatur yang terjadi pada fluida akibat melalui *heat exchanger*. Secara garis besar dapat dilihat bahwa temperatur menurun dari sekitar 505°C menuju 125°C setelah melalui deretan *heat exchanger*, penurunan ini terjadi akibat

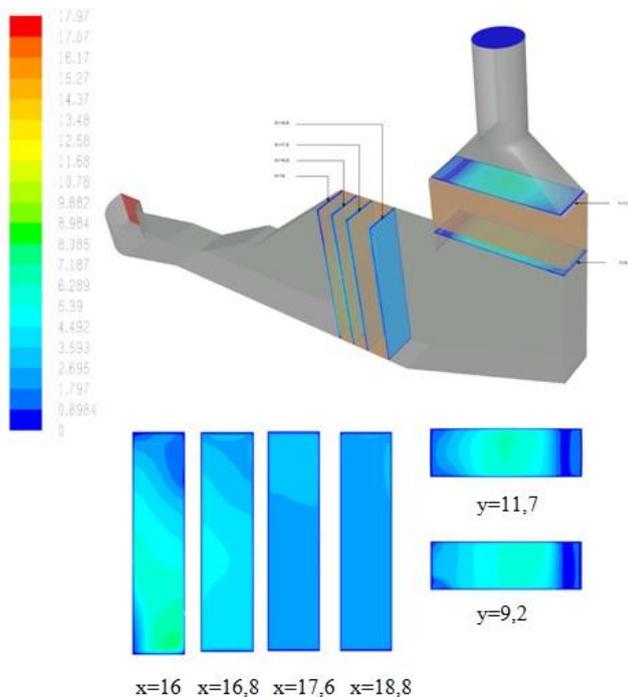
sebagian panas yang terbentuk diserap oleh jajaran *heat exchanger*.



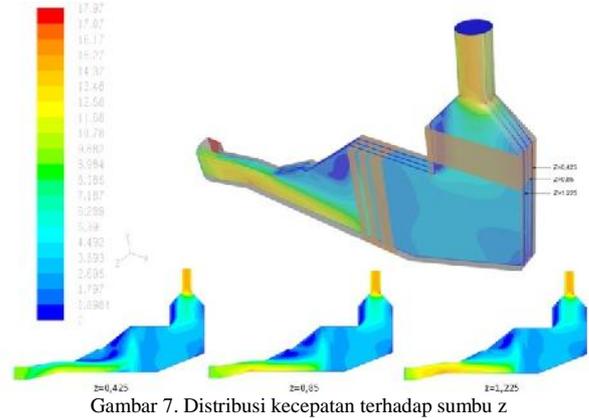
Gambar 5. Grafik distribusi temperatur pada x = 16

Pada gambar 5 dapat dilihat adanya perbedaan temperatur pada posisi yang sama terhadap elevasinya, hal ini disebabkan oleh bentuk dari bodi sebelum mencapai titik tersebut yang merupakan *elbow* dan *enlargement/diffuser* sehingga besar kemungkinan terjadinya olakan/*vortex* pada aliran fluida disuatu daerah tertentu. Akibat dari terbentuknya *vortex* pada aliran adalah tidak meratanya temperatur pada aliran akibat adanya panas yang terkonsentrasi pada daerah tertentu.

B. Analisa Data Kualitatif dan Kuantitatif Kontur Kecepatan



Gambar 6. Distribusi Kecepatan terhadap sumbu x dan y

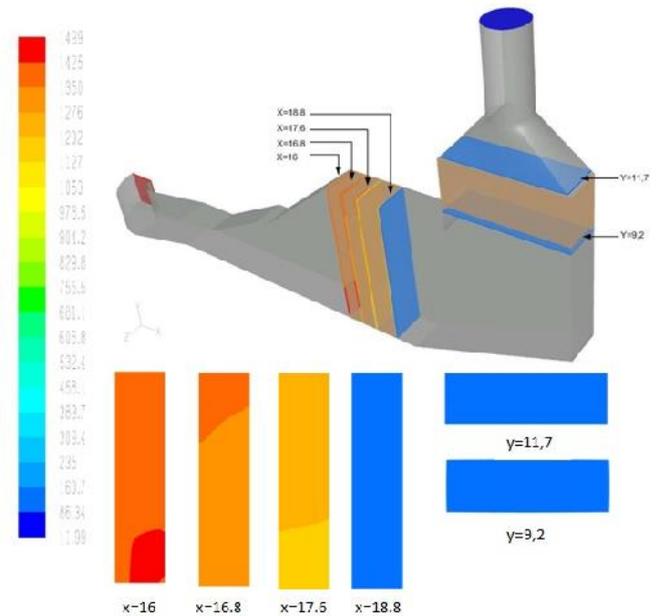


Gambar 7. Distribusi kecepatan terhadap sumbu z

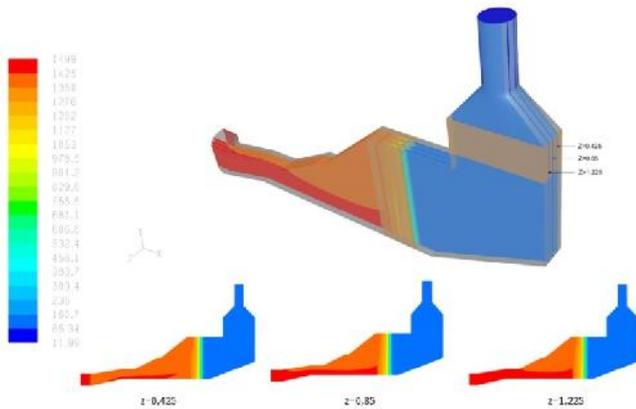
Distribusi kecepatan aliran ditunjukkan dengan potongan pada posisi tertentu seperti terlihat pada gambar 6. Gambar tersebut menunjukkan beberapa posisi yang tepat berada pada sesaat sebelum dan sesudah *heat exchanger*. Tujuannya adalah untuk melihat distribusi kecepatan pada daerah tersebut.

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan kontur kecepatan terhadap sumbu z terutama pada bagian setelah inlet. hal ini terjadi akibat bentuk *elbow* yang terdapat tepat setelah posisi inlet sehingga kontur kecepatannya berbeda terhadap sumbu z. kemudian terdapatnya peningkatan kecepatan pada posisi *stack* akibat mengecilnya luas permukaan.

C. Analisa Data Kualitatif dan Kuantitatif Kontur tekanan



Gambar 8. Distribusi tekanan terhadap sumbu x dan y

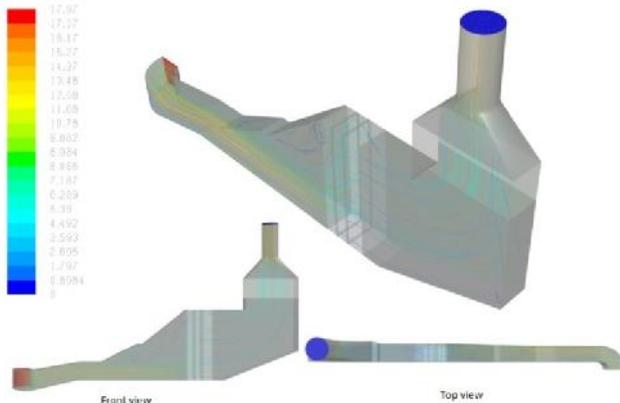


Gambar 9. Distribusi tekanan terhadap sumbu z

Pada gambar 8 data diambil sesaat sebelum dan sesudah melalui *heat exchanger*, hal ini dilakukan untuk mengetahui *pressure drop* yang diakibatkan oleh masing-masing *heat exchanger*. dengan mengetahui *porosity* dan C_2 maka *pressure drop* dapat dibandingkan antara perhitungan dan simulasi.

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan kontur tekanan terhadap sumbu z terutama pada daerah sesudah inlet, hal ini disebabkan oleh bentuk *elbow* yang berada pada posisi tepat setelah *inlet*.

D. Analisa Data Pathline Kecepatan



Gambar 10. Velocity pathline

Pada gambar 10 juga terdapat gambar *velocity pathline* dari partikel *fluegas* yang dilihat dari atas. Dari gambar tersebut terlihat bahwa visualisasi aliran *fluegas* yang terjadi didalam HRSG mengalami olakan/*vortex* terutama yang dikibatkan oleh adanya *elbow* pada posisi sesaat setelah inlet

E. Analisa Data Kualitatif Distribusi Tekanan

Tabel 1.

No	Lokasi	Δp		Error
		CCR (pa)	Numerik (pa)	
1.	<i>Secondary superheater</i>	57	61,54	0,08
2.	<i>Primary superheater</i>	110	116,14	0,06
3.	<i>Evaporator</i>	1086	1084,96	$8,8 \times 10^{-7}$
4.	<i>Economizer</i>	583	1,87	0,92

Data yang diambil ada empat lokasi yaitu pada *secondary superheater*, *primary superheater*, *evaporator*, dan *economizer*. Data *pressure drop* tersebut akan dibandingkan dengan data yang ada di (CCR) *central control room* atau referensi yang ada di PT. GRESIK GASES and POWER INDONESIA (LINDE Group). Pada tabel 4.9 terlihat *pressure drop* pada masing-masing lokasi dan terlihat hasil numerik hampir sama dengan data yang ada di CCR. Akan tetapi *pressure drop* dari numerik tidak sama persis dengan data yang ada di referensi dari CCR. Error dari hasil simulasi numerik dan referensi CCR adalah sebagai berikut pada *secondary superheater* sebesar 8 %, pada *primary superheater* sebesar 6%, pada *evaporator* sebesar 0.00008% dan yang terakhir pada *economizer* sebesar 92 % .

Penyebab perbedaan antara numerik dengan data CCR adalah kurang akuratnya proses simulasi dan simplifikasi dari jajaran *heat exchanger* terutama pada bagian *economizer*. Estimasi penyerapan panas pada jajaran *heat exchanger* yang tidak sesuai dengan kondisi aktual. Estimasi dilakukan karena data pada referensi CCR kurang lengkap.

KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari simulasi yang dilakukan pada permodelan HRSG PT. GRESIK GASES and POWER INDONESIA (LINDE Group) untuk mengetahui aliran dan karakteristik aliran secara numerik dengan menggunakan *software* fluent didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Kontur temperatur pada permodelan yang dilakukan didapatkan hasil yaitu panas yang terdapat pada suatu posisi berbeda pada setiap elevasinya. Hal ini terjadi karena bodi yang berbentuk *elbow* dan *enlargement* yang mempengaruhi arah aliran dan juga megakibatkan olakan/*vortex* pada lokasi tertentu.
2. Kontur kecepatan pada permodelan yang dilakukan didapatkan hasil kecepatan yang tidak seragam. kecepatan menurun pada saat melalui daerah *enlargement* dan meningkat kembali ketika memasuki daerah *contraction*. Selain itu kecepatan jg dipengaruhi oleh adanya *elbow* pada bodi.
3. Kontur tekanan pada permodelan yang dilakukan pengambilan data pada posisi sesaat sebelum dan sesudah *heat exchanger* untuk mengetahui *pressure drop* yang terjadi pada masing-masing *heat exchanger*. Data *pressure drop* dari numerik digunakan untuk memvalidisasi data dar referensi CCR.
4. Aliran *pathline* partikel dari *flue gas* terlihat bahwa ada beberapa aliran *flue gas* yang mengalami olakan / *vortex* terutama akibat bentuk *elbow*, *enlargement*, dan *contraction* pada bodi.
5. Error dari hasil simulasi numerik dan referensi CCR adalah sebagai berikut pada *secondary superheater* sebesar 8 %, pada *primary superheater* sebesar 6%, pada *evaporator* sebesar 0.00008% dan yang terakhir pada *economizer* sebesar 92 % .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis D.S. mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Wawan Aries Widodo selaku dosen pembimbing dalam mengerjakan tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Veera V, CFD Modeling of Heat Recovery Steam Generator and its Components Using Fluent, University of Kentucky, (2005).
- [2] Shin H, dkk. Investigation of the Flow Pattern in a Complex Inlet Duct of a Heat Recovery Steam Generator, 3R & D Center, SeenTec Co., Ltd., Changwon, South Korea, (2012) 641-969.
- [3] Pharam H.K, dkk. Hydrodynamic Analysis Of Flue Gas Flow Behavior Within A Heat Recovery Steam Generator, R&D Department, MapnaBoiler Co., Tehran, Iran.
- [4] Fluent 6.3 User's Guide, FLUENT Inc.