

# Analisa Redesain Penukar Panas Ringkas pada *Heat Recovery Steam Generator* di PLTGU

Dewa Gede Adi Darma Saputra, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma dan N. Suarnadwipa

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis HRSG pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap yang ukuran awalnya sangat besar menjadi lebih ringkas serta dapat menghasilkan efisiensi dan efektivitas yang lebih baik dari sebelumnya. Pada penelitian ini menggunakan pemrograman komputer dengan bahasa program *Python* untuk melakukan iterasi agar mendapatkan dimensi yang paling ringkas namun memiliki kinerja yang lebih baik. Berdasarkan dari data yang diperoleh dan setelah melakukan iterasi, penelitian ini memperoleh desain penukar panas yang paling ringkas ialah 1ft x 2ft x 6ft, dimana volume total yang didapatkan ialah 12ft<sup>3</sup>. Sedangkan nilai luasan perpindahan panas per volume ( $\beta$ ) ialah 281.167 ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup> yang dimana sudah memenuhi persyaratan dari ( $\beta > 213.35$  ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup>). Luas perpindahan panas total ( $A_o$ ) ialah 1026,43 ft<sup>2</sup>, diameter pipa yang digunakan ialah Diameter luar sebesar 0,02625 ft dan diameter dalam sebesar 0,023125 ft.

*Kata kunci: HRSG, Penukar panas ringkas, pemrograman python*

## Abstract

*This study aims to analyze HRSG in Gas and Steam Power Plants whose initial size is very large to be more concise and can produce efficiency and effectiveness better than before. In this study using computer programming with the Python program language to iterate to get the most concise dimensions but have better performance. Based on the data obtained and after iterating, this study obtained the most concise heat exchanger design which is 1ft x 2ft x 6ft, where the total volume obtained is 12ft<sup>3</sup>. While the value of the area of heat transfer per volume ( $\beta$ ) is 281,167 ft<sup>2</sup> / ft<sup>3</sup> which meets the requirements of ( $\beta > 213.35$  ft<sup>2</sup> / ft<sup>3</sup>). The total heat transfer area ( $A_o$ ) is 1026.43 ft<sup>2</sup>, the diameter of the pipe used is the outer diameter of 0.02625 ft and the inner diameter of 0.023125 ft*

*Keywords: HRSG, Compact heat exchanger, python programming*

## 1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan energi utama yang digunakan pada peralatan elektronik, energi listrik merupakan energi utama yang diperlukan hampir di seluruh sisi kehidupan mulai dari industri sampai dengan kehidupan sehari-hari. Seiring perkembangan zaman kebutuhan energi listrik semakin meningkat diseluruh dunia, maka dari itu pasokan energi listrik harus ditambah menyesuaikan dengan kebutuhan yang ada. Disisi lain meningkatnya permintaan energi listrik maka unit pembangkit harus ditambah, dan penambahan unit pembangkit memerlukan lahan yang cukup luas. Salah satu solusi yang diperlukan agar tidak menggunakan lahan yang luas yaitu meringkas komponen dari suatu unit pembangkit yang salah satunya ialah *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). HRSG merupakan komponen yang berfungsi untuk memanfaatkan gas sisa pembakaran dari turbin gas yang digunakan untuk memanaskan air menjadi uap dan digunakan untuk menggerakkan turbin uap. Adapun permasalahan yang akan dikaji, yaitu bagaimana cara meringkas sistem HRSG agar memiliki dimensi yang ringkas namun memiliki kinerja yang lebih baik.

Beberapa batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Perhitungan menggunakan program komputasi dan analisa yang akan dilakukan berdasarkan pada perpindahan panas dan termodinamika yang terjadi pada HRSG.
2. Kinerja yang akan dibahas mencakup efektivitas pada HRSG dan penurunan pressure yang terjadi.
3. Kekuatan material dan bahan tidak dibahas dalam penelitian ini.

## 2. Dasar Teori

Perpindahan panas/kalor merupakan suatu energi yang berpindah berdasarkan perbedaan suhu. Panas/kalor berpindah dari tempat yang memiliki suhu tinggi ke tempat yang bersuhu rendah. Setiap benda memiliki energi dalam yang berhubungan dengan gerak acak dari atom ataupun molekul penyusunnya. Dalam hal ini perpindahan panas dapat melalui 3 cara yaitu:

1. Konveksi merupakan perpindahan panas pada kondisi dimana energi panas dipindah ke fluida mengalir pada permukaan di atas aliran yang terjadi.
2. Radiasi merupakan perpindahan panas yang tidak memerlukan perantara apapun

- Konduksi merupakan perpindahan panas melalui zat perantara tanpa disertai dengan perpindahan zat perantara tersebut.

persamaan yang digunakan untuk menghitung harga perpindahan panas :

$$q = \dot{m} \cdot h \cdot C_p \cdot h \cdot (Thi - Tho) \quad (1)$$

$\dot{m}$  = laju aliran massa

$C_p$  = panas spesifik

untuk mengetahui kerja suatu penukar panas lebih mudah bila menggunakan metode keefktivitasan NTU. NTU sendiri didefinisikan sebagai [1]:

$$NTU = \frac{U \cdot A_o}{C_{min}} \quad (2)$$

$U$  = Koefisien Perpindahan Panas Total (BTU/hr.ft<sup>2</sup>.°F)

$A_o$  = Luas perpindahan panas total

$C_{min}$  = laju kapasitas minimum

Apabila nilai NTU sudah didapat, maka efektivitas penukar panas didapat dengan menggunakan persamaan [2]:

$$\varepsilon l = 1 - \exp\left(\frac{1}{Cr}\right) \cdot (NTU)^{0.22} \cdot \{\exp[-Cr \cdot (NTU)^{0.78}] - 1\} \quad (3)$$

$Cr$  = Rasio Laju Kapasitas

Dalam penelitian ini, *pressure drop* sebuah penukar panas dapat dihitung dengan persamaan yang dijelaskan [1] yaitu:

$$\Delta P = \frac{G^2 \cdot v_1}{2gc} \cdot [(Kc + 1 - \sigma^2) + 2 \cdot \left(\frac{v_2}{v_1} - 1\right) + f \cdot \frac{A}{Ac} \cdot \frac{vm}{v_1} - (1 - \sigma^2 - Ke) \cdot \frac{v_2}{v_1}] \quad (4)$$

$G$  = Mass Flux (lbm/hr.ft<sup>2</sup>)

$gc$  = Percepatan Gravitasi (ft/hr<sup>2</sup>)

$v$  = Volume Spesifik (ft<sup>3</sup>/lbm)

### 3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode keefktivitasan-NTU untuk memperoleh nilai performa dari HRSG dimana dalam hal ini keefktivitasan dan penurunan tekanan yang terjadi.

Sedangkan untuk mendapat dimensi penukar panas yang ringkas dan melakukan perhitungan secara matematis, penelitian ini menggunakan pemrograman *Python*.

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Memasukan data dari lapangan
- Mencari sifat air dan gas berdasarkan  $\Delta T$  fluida
- Mencari harga pertukaran panas serta harga keefktivitasan awal
- Mencari paramter lain yang diperlukan

- Memasukan persamaan yang akan digunakan untuk program komputer (*PyCharm IDE*)
- Melakukan proses iterasi secara komputional
- Mendapatkan dimensi *compact heat exchanger* dan nilai properties dari *compact heat exchanger*

### 4. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan secara langsung, dan data yang diambil pada saat mesin dalam keadaan beban maksimum. Adapun data yang didapat ialah:

- Fluida Panas

$Thi$  = 386 °F

$Tho$  = 192 °F

$\dot{m}h$  = 16.873 lbm/hr

$Ph$  = 37,5 Psig

- Fluida Dingin

$Tci$  = 87 °F

$Tco$  = 155 °F

$\dot{m}c$  = 90.225 lbm/hr

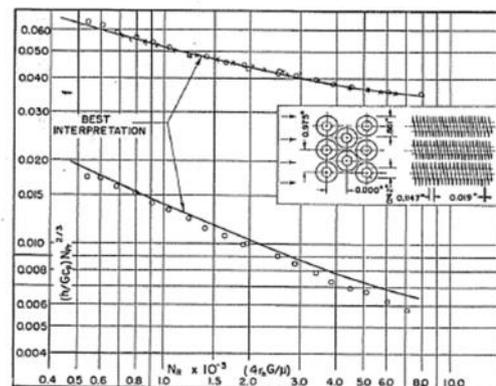
$Pc$  = 1,4 Psig

Hasil dari perhitungan dengan menggunakan properti laju kapasitas kedua fluida, keefektivitasan HRSG yang didapat ialah sebesar 64%.

#### 4.1. Spesifikasi tabung dan Sirip

Spesifikasi tabung dan sirip yang digunakan dalam desain penelitian ini ialah *surface CF-8.72(c)* [1]. Adapun spesifikasi yang digunakan ialah:

Fig. 10-77. Finned circular tubes, surface CF-8.72(c).



Tube outside diameter = 0.42 in.

Fin pitch = 8.72 per in.

Flow passage hydraulic diameter,  $4r_h = 0.01452$  ft

Fin thickness (average)\* = 0.019 in., copper

Free-flow area/frontal area,  $\sigma = 0.494$

Heat transfer area/total volume,  $\alpha = 136$  ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup>

Fin area/total area = 0.876

\* Fins slightly tapered

Gambar 1. Spesifikasi tabung dan Sirip

#### 4.2. Keefesiensian Sirip

Berdasarkan persamaan keefesiensian dari 1 sirip ialah 0,823 atau 82,3% sehingga efisiensi total dari sirip ialah 0,845 atau 84,5%. Hasil dari

keefisiensi total sirip ini sangat tinggi dimana hal ini memiliki berdampak yang baik pada perpindahan panas yang terjadi pada penukar panas ringkas.

#### 4.3. Keefektivan Penukar Panas Ringkas

Dengan menggunakan persamaan (2) didapat nilai dari NTU sebesar 5,59. Dari NTU ini, maka keefektifitasan dari penukar panas ini dapat ditentukan. Maka dengan menggunakan persamaan (3), harga keefektifitasan penukar panas ringkas didapatkan sebesar 99%. Dimana nilai keefektifitasan penukar panas ringkas lebih besar dibandingkan dengan keefektifitasan penukar panas awalnya.

#### 4.4. Pressure Drop

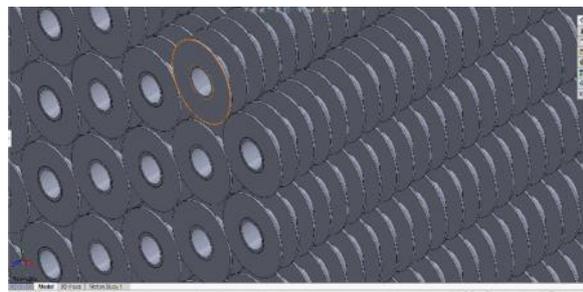
Penukaran panas yang terjadi dengan sifat *cross flow both fluid unmixed*. Maka dari itu persamaan (4) digunakan untuk menentukan besarnya penurunan tekanan yang terjadi. Penurunan tekanan yang terjadi sebesar 0,0413 Psig, penurunan tekanan yang terjadi sangat kecil sehingga tidak berpengaruh terhadap kinerja dari penukar panas.

#### 4.5. Desain Penukar Panas Ringkas

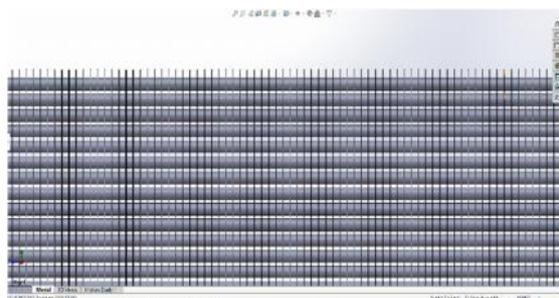
Pada penelitian ini menggunakan perhitungan iterasi untuk mendapatkan desain penukar panas yang paling ringkas. Perhitungan iterasi ini menggunakan pemrograman *python* yang dilakukan berulang kali perhitungan (dikarenakan ditentukan batasan minimal dari satu sisi ialah 1ft sampai 10ft). Adapun dimensi yang didapat dari melakukan perhitungan iterasi ini ialah 1ft x 2ft x 6ft dengan volume sebesar 12ft<sup>3</sup>. Desain dari penukar panas dapat dilihat dari Gambar 2 sampai 4



Gambar 2. Desain Penukar Panas Ringkas



Gambar 3. Desain Sirip dan tabung



Gambar 4. Sisi Samping Pipa dan Sirip

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisa redesign penukar panas ringkas pada *Heat Recovery Steam Generator* di PLTGU dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Dimensi yang didapat dari perhitungan iterasi ialah 1ft x 2ft x 6ft dengan volume total sebesar 12ft<sup>3</sup>.
2. Penurunan tekanan yang terjadi sebesar 0,0413 Psig dimana penurunan tekanan yang terjadi sangat kecil.
3. Sedangkan nilai luasan perpindahan panas per volume ( $\beta$ ) ialah 281.167 ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup> yang dimana sudah memenuhi persyaratan dari ( $\beta > 213,35$  ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup>).

#### Daftar Pustaka

- [1] W. M. Kays, A. L. London, 1964, *Compact Heat Exchanger*, McGraw Hill, New York.
- [2] F. P. Incropera, D. P. Dewitt, T. L. Bergman, A. S. Lavine, 2007, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer (Sixth Edition)*, John Wiley & Sons, Hoboken.



Dewa Gede Adi Darma Saputra menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2020.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan perpindahan panas dan termodinamika.