

## ANALISA PERBEDAAN EFISIENSI ANTARA HRSG 1 DAN HRSG 2 PLTGU CILEGON

Fathur Maulana<sup>1</sup>, Dian Riyani<sup>2</sup>, Tatun Hayatun Nufus<sup>3</sup>, Indra F. Silanegara<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI, Beji, Kukusan,  
Beji, Kota Depok, Tlp.+6221 7270036, Fax. (021) 7270034,  
[maufathoer@gmail.com](mailto:maufathoer@gmail.com)

### Abstrak

Kapasitas efisiensi dari peralatan unit pembangkit memiliki nilai efisiensi yang sesuai dengan desain produk. Seiring dengan berjalannya waktu nilai kapasitas dari peralatan unit pembangkit akan relative turun yang disebabkan oleh masa pengoperasian dan maintenance yang dilakukan, sehingga menyebabkan efisiensi dari unit pembangkit turun. Salah satu dari penyebab penurunan efisiensi pada unit pembangkit terjadi pada sistem HRSG. Pada PT. Indonesia Power UJP PLTGU Cilegon terdapat 2 HRSG dengan merk dan jenis yang sama, akan tetapi nilai efisiensi yang diperoleh dari kedua HRSG itu memiliki selisih nilai efisiensi sekitar 4% pada bulan Maret 2018. Dilihat dari data efisiensi tahunan, pada tahun 2015 efisiensi HRSG 1 sebesar 87,35% dan efisiensi HRSG 2 sebesar 85,59% , pada tahun 2016 efisiensi pada HRSG 1 sebesar 86,76% dan efisiensi pada HRSG 2 sebesar 85,24%, pada tahun 2017 efisiensi pada HRSG 1 sebesar 87,54% dan efisiensi HRSG 2 sebesar 85,12%, sedangkan pada tahun 2018 efisiensi pada HRSG 1 sebesar 87,21% dan efisiensi pada HRSG 2 sebesar 84,69%. Penyebab penurunan nilai efisiensi pada HRSG 1 dan HRSG 2 diantaranya yaitu adanya kebocoran pada tube HRSG, penyerapan panas yang tidak maksimal pada salah satu HRSG, heat losses antara exhaust gas turbine dengan inlet HRSG. Tujuan penelitian ini menganalisis penyerapan panas yang tidak maksimal pada HRSG. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan membandingkan antara data efisiensi HRSG di bulan maret 2018 dan data efisiensi HRSG pada beberapa tahun sebelumnya, yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar penurunan efisiensi yang terjadi. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai panas masuk yang hampir sama yaitu 1370221763,17 kJ/h untuk HRSG 1 sedangkan 1370226150,97 untuk HRSG 2, tetapi nilai panas yang diserap oleh HRSG 1 sebesar 1198645622019 kJ/h sedangkan panas yang diserap oleh HRSG2 sebesar 1151184244888 kJ/h. selisih penyerapan panas terbesar terjadi pada sistem HP dengan persentase penyerapan panas 59,272% untuk HRSG 1 dan 55,085% untuk HRSG 2. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan efisiensi pada kedua HRSG disebabkan oleh perbedaan nilai panas yang masuk dan panas yang diserap oleh system HRSG itu sendiri.

Kata kunci : efisiensi, hrsg, selisih

### Abstract

The efficiency capacity of the generating unit equipment has an efficiency value corresponding to the product design. As time goes by the value of the capacity of the generating unit equipment will be relatively decreased due to the operation and maintenance period, thus causing the efficiency of the generating unit to decrease. One of the causes of decreased efficiency in generating units occurs in the HRSG system. At PT. Indonesia Power UJP PLTGU Cilegon has 2 HRSG under the same brand and type, but the efficiency value obtained from both HRSGs has an efficiency difference of about 3% in March 2018. Judging from the annual efficiency data, by 2015 the HRSG 1 efficiency is 87.35% and the HRSG 2 efficiency is 85.59%, in 2016 the efficiency of HRSG 1 is 86.76% and the efficiency of HRSG 2 is 85.24% in 2017 the efficiency of HRSG 1 was 87.54% and the efficiency of HRSG 2 was 85.12%, while in 2018 the efficiency of HRSG 1 was 87.21 and the efficiency in HRSG 2 was 84.69%. Causes of impairment of efficiency on HRSG 1 and HRSG 2 include leakage of HRSG tube, absorption of heat not optimal on one HRSG, heat losses between exhaust gas turbine with HRSG inlet. The purpose of this study analyzed the absorption of heat that is not optimal on HRSG. The method used in this study is to compare the data between HRSG efficiency in March 2018 and HRSG efficiency data in previous years, which aims to find out how much the efficiency decrease that occurred. From the calculation results obtained the value of incoming heat is almost the same that is 1370221763,17 kJ / h for HRSG 1 while 1370226150,97 for HRSG 2, but the value of heat absorbed by HRSG 1 of 1198645622019 kJ / h while the heat is absorbed by HRSG2 of 1151184244888 kJ / h. the largest heat absorption difference occurred in the HP system with the percentage of heat absorption 59,272% for HRSG 1 and 55,085% for HRSG 2. In this study it can be concluded that the difference in efficiency on both HRSG caused by different values of incoming heat and heat absorbed by the HRSG system own.

Keywords: efficiency, hrsg, difference

## I. PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Masalah

Kapasitas efisiensi dari peralatan unit pembangkit memiliki nilai efisiensi yang sesuai dengan desain produk. Seiring dengan berjalannya waktu nilai kapasitas dari peralatan unit pembangkit akan relative turun yang disebabkan oleh masa pengoperasian dan maintenance yang dilakukan, sehingga menyebabkan efisiensi dari unit pembangkit turun. Salah satu dari penyebab penurunan efisiensi pada unit pembangkit terjadi pada sistem HRSG. Pada PT. Indonesia Power UJP PLTGU Cilegon terdapat 2 HRSG dengan merk dan jenis yang sama, akan tetapi nilai efisiensi yang diperoleh dari kedua HRSG itu memiliki selisih nilai efisiensi sekitar 3% pada bulan Maret 2018. Dengan selisih efisiensi yang terjadi pada salah satu HRSG, mengakibatkan kerja dari salah satu HRSG tidak maksimal. Untuk mengatasi hal tersebut maka penelitian ini bertujuan mencari penyebab perbedaan efisiensi pada HRSG di PLTGU Cilegon.

### I.2. Tujuan

Menganalisa penyebab dari perbedaan nilai - nilai efisiensi dari *Heat Recovery Steam Generator 1* dan *Heat Recovery Steam Generator 2* sepanjang Maret 2018.

## II. Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan proses mendapatkan data yang digunakan untuk analisis teoritis yang diperlukan. Langkah yang digunakan untuk makalah ini antara lain :

### 1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk tugas akhir ini dilaksanakan pada saat kerja praktek di PT. Indonesia Power UJP PLTGU Cilegon yang selanjutnya akan dianalisis. Pada penulisan tugas akhir ini penulis menggunakan beberapa metode pengambilan data, diantaranya :

#### a. Studi literatur

Studi literatur merupakan mencari teori yang relevan dengan permasalahan yang ditemukan. Studi literatur yang dilakukan penulis dengan membaca manual book, membaca referensi dari perpustakaan, jurnal dan bertujuan untuk mengetahui data yang diperlukan yang berkaitan dengan efisiensi HRSG.

#### b. Pengambilan data desain dan data aktual

Pengambilan data desain diambil dari Mitsubishi manual book yang sesuai dengan HRSG yang digunakan di UJP PLTGU Cilegon, serta pengambilan data secara aktual diambil dari divisi engineering bagian efisiensi UJP PLTGU Cilegon, dimana semua data parameter alat ukur akan terinput secara otomatis.

#### c. Wawancara

Wawancara merupakan pengumpulan data yang dilakukan dengan tanya jawab untuk mendapatkan informasi lebih mengenai objek yang diamati. Penulis melakukan tanya jawab dengan para teknisi, operator dan staf divisi engineering mengenai HRSG. Data yang sudah didapat kemudian dianalisis dengan data yang telah didapat sebelumnya.

### 2. Pengolahan Data

Sesudah data terkumpul dari pengumpulan data maka data yang telah ada perlu diolah penulis, adapun langkah – langkah yang ditempuh dalam pengolahan data diantaranya :

#### a. Seleksi

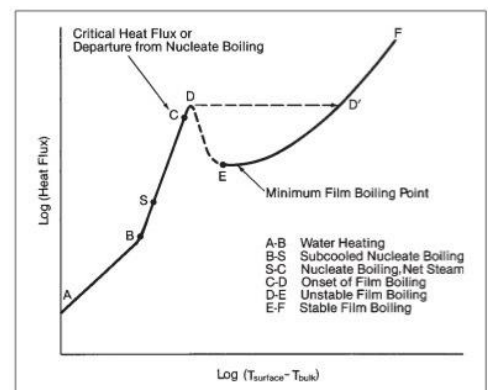
Penulis menyeleksi data sebanyak tiga puluh data yang diambil selama Bulan Maret 2018 yang akan digunakan pada analisis penelitian.

- b. Metode Perhitungan  
Mengolah data dengan metode yang ada di Mitsubishi manual book dan aplikasi data base ACS.
  - c. Perbandingan Data  
Hasil perhitungan efisiensi pada HRSG 1 dan efisiensi pada HRSG 2 yang telah dihitung kemudian dibandingkan antara efisiensi HRSG 1 dan HRSG 2 untuk mengetahui perbedaan efisiensi.
3. Analisis dan Pembahasan  
Analisis dan pembahasan bertujuan untuk memperjelas hasil perbandingan data pada setiap pengolahan data.
  4. Kesimpulan dan Saran  
Kesimpulan yang didapat dari pengolahan data Tugas Akhir untuk mengetahui penyebab perbedaan nilai efisiensi pada HRSG 1 dan HRSG 2 pada PT. Indonesia Power UJP PLTGU Cilegon.

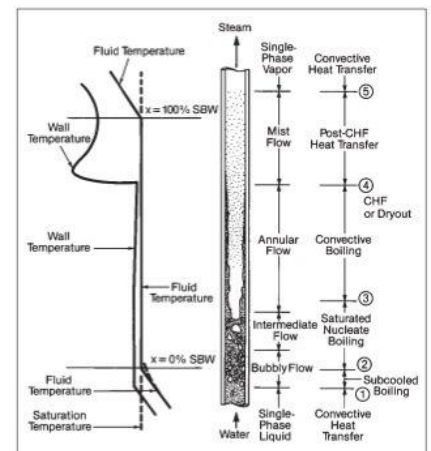
### III. Hasil dan Pembahasan

#### Penyerapan panas HRSG

Dari titik A ke B, perpindahan panas secara konveksi akan mendinginkan metal sehingga proses pendidihan akan tertahan. Proses B ke S merupakan *subcooled boiling* proses ini, kecepatan perpindahan panas cukup tinggi, namun masih belum terbentuk sejumlah uap air. Dari titik S ke C, temperatur air sudah mencapai temperatur saturasi dengan lebih merata. Gelembung uap tidak lagi mengalami kolaps dan mengecil, ia akan semakin besar dan terbentuk semakin banyak gelembung uap. Kurva area ini biasa diberi sebutan *nucleate boilling region*, yang memiliki kecepatan perpindahan panas cepat, serta temperatur permukaan metal lebih besar sedikit dari temperatur saturasi air. Mendekati titik C, permukaan evaporasi akan semakin luas. Pada saat ini proses pembentukan uap terjadi sangat cepat sehingga menyebabkan uap yang terbentuk seakan-akan menghalangi air untuk mendekati permukaan metal. Permukaan metal menjadi terisolasi oleh semacam lapisan film yang tersusun oleh uap air, sehingga mengakibatkan penurunan kecepatan perpindahan panas. Proses ini (C-D) dikenal dengan sebutan *critical heat flux* (CHF). Lebih lanjut, seperti digambarkan dengan titik D ke E, disebut dengan proses *unstable film boilling*. Dimana pada saat ini temperatur permukaan kontak metal-fluida tidak mengalami kenaikan. Titik D ke E, disebut dengan proses *unstable film boilling*. Dimana pada saat ini temperatur permukaan kontak metal-fluida tidak mengalami kenaikan. Dari titik E melewati D' ke F, lapisan insulasi uap air pada permukaan metal menjadi sangat efektif. Sehingga perpindahan panas dari permukaan metal melewati lapisan film ini terjadi dengan cara radiasi, konduksi, serta mikro-konveksi ke permukaan air yang berbatasan dengan lapisan film. Pada fase ini proses evaporasi berlanjut dengan ditandai terbentuknya gelembung-gelembung uap air. Fase ini dikenal dengan sebutan *stable film boiling*.



Titik (1), air masuk ke pipa dan secara konveksi menjadi media pendingin pipa. Tepat pada titik (1) mulai terbentuk gelembung-gelembung uap air, menjadi tanda bahwa proses awal pendidihan dimulai. Pada titik (2), gelembung-gelembung uap air semakin banyak terbentuk dan membuat aliran gelembung (*bubbly flow*). Diantara titik (2) dan (3), gelembung-gelembung uap semakin banyak dan berkumpul membentuk gelembung-gelembung berukuran lebih besar. Sampai di titik (3), temperatur air semakin tinggi dan mencapai temperatur saturasinya dan mencapai fase *nucleate boiling region*. Pada fase ini campuran air dengan uap air mulai membentuk sebuah aliran yang bergelembung, dan membentuk lingkaran seperti gelang (*annular flow*). melewati titik (3) *annular flow* membesar dan terbentuk lapisan film air pada dinding pipa. Perpindahan panas selanjutnya terjadi secara konduksi dan konveksi dengan melewati lapisan film tersebut, sehingga proses evaporasi terjadi pada pertemuan lapisan air dengan uap air. Pada titik (4) proses perpindahan panas mencapai CHF (*Critical Heat Flux*), dimana lapisan film air pada dinding pipa digantikan dengan lapisan film berupa uap air.



### Hasil Perhitungan

#### ❖ Formula yang Digunakan Untuk Menghitung Panas yang Diserap Sistem HP

$$QHP = (((Hp \text{ steam flow} \times Hp \text{ steam enthalpy}) + (Hp \text{ drum blow down flow} \times Hp \text{ drum water enthalpy})) - ((SH \text{ DSH spray water flow} + Hp \text{ feed water flow}) \times Hp \text{ feed water enthalpy})) \times 1000$$

$$QHP \text{ HRSG } 1 = (((247 \times 3473,94) + (0 \times 1426,72)) - ((2,94 + 259,72) \times 561,95)) \times 1000$$

$$= 710461241 \text{ kJ/h}$$

$$QHP \text{ HRSG } 2 = (((220,90 \times 3447,94) + (0 \times 1382,03)) - ((0 + 228,37) \times 558,21)) \times 1000$$

$$= 634170378,2 \text{ kJ/h}$$

#### ❖ Formula yang Digunakan Untuk Menghitung Panas yang Diserap Sistem IP

$$QIP = (((IP \text{ steam flow} \times IP \text{ steam enthalpy}) + (IP \text{ drum blow down flow} \times IP \text{ drum water enthalpy})) - (IP \text{ feed water flow} \times IP \text{ feed water enthalpy})) \times 1000$$

$$QIP \text{ HRSG } 1 = (((60,531 \times 2894,02) + (29,63 \times 1023,77)) - (42,676 \times 545,64)) \times 1000$$

$$= 152196910,951 \text{ kJ/h}$$

$$QIP \text{ HRSG } 2 = (((63,32 \times 2897,96) + (0 \times 999,54)) - (43,95 \times 537,35)) \times 1000$$

$$= 159879705,019 \text{ kJ/h}$$

#### ❖ Formula yang Digunakan Untuk Menghitung Panas yang Diserap Sistem LP

$$QLP = ((LP \text{ steam flow} \times LP \text{ steam enthalpy}) + (LP \text{ drum blow down flow} \times LP \text{ drum water enthalpy})) - (LP \text{ feed water flow} \times LP \text{ feed water enthalpy})) \times 1000$$

$$Q_{LP} \text{ HRSG } 1 = (((36,914 \times 2974,31) + (0 \times 666,216) - (40,370 \times 538,049)) \times 1000) \\ = 88071500,058 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{LP} \text{ HRSG } 2 = (((33,59 \times 2.967,62) + (0 \times 656,782)) - (36,627 \times 525,289)) \times 1000 \\ = 80453794,184 \text{ kJ/h}$$

❖ **Formula yang digunakan untuk menghitung panas yang diserap sistem RH**

$$Q_{RH} = (((\text{Cold reheat steam flow} + \text{IP steam flow}) \times (\text{RH2 outlet steam enthalpy} - \text{RH1 inlet steam enthalpy})) + (\text{RH-DeSH spray water flow} \times (\text{RH2 outlet steam enthalpy} - \text{IP feed water enthalpy}))) \times 1000$$

$$Q_{RH} \text{ HRSG } 1 = (((235,122 + 60,531) \times (3597,604 - 3132,538)) + (1,100 \times (3597,604 \times 545,636))) \\ \times 1000 = 140855563,887 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{RH} \text{ HRSG } 2 = (((209,099 + 63,320) \times (3543,836 - 3127,170)) + (0,000 \times (3543,836 - 537,347))) \\ \times 1000 = 113507933,394 \text{ kJ/h}$$

❖ **Formula yang digunakan untuk menghitung panas yang diserap sistem Preeheat**

$$Q_{PRH} = (\text{Preheater outlet water enthalpy} - \text{Preheater inlet water enthalpy}) \times \text{Preheater water flow} \times 1000$$

$$Q_{PRH} \text{ HRSG } 1 = (525,591 - 229,614) \times 361,718 \times 1000 = 107060406,137 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{PRH} \text{ HRSG } 2 = (542,634 - 225,432) \times 514,413 \times 1000 = 163172434,124 \text{ kJ/h}$$

❖ **Formula Panas Yang diserap HRSG**

$$Q_{\text{serap HRSG}} = Q_{HP} + Q_{IP} + Q_{LP} + Q_{RH} + Q_{PRH}$$

$$Q_{\text{serap HRSG } 1} = 710461241 \text{ kJ/h} + 152196910,951 \text{ kJ/h} + 88071500,058 \text{ kJ/h} + \\ 140855563,887 \text{ kJ/h} + 107060406,137 \text{ kJ/h} = 1198645622,019 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{\text{serap HRSG } 2} = 634170378,2 \text{ kJ/h} + 159879705,019 \text{ kJ/h} + 80453794,184 \text{ kJ/h} + \\ 140855563,887 \text{ kJ/h} + 163172434,124 \text{ kJ/h} = 1178531875 \text{ kJ/h}$$

❖ **Formula Panas Masuk HRSG**

$$Q_{in} \text{ HRSG} = \text{HRSG inlet flue gas flow} \times ((\text{inlet flue gas specific heat} \times \text{HRSG inlet flue gas temperature}) - (\text{Flue gas specific heat at ambient temperature} \times \text{Ambient temperature}))$$

$$Q_{in} \text{ HRSG } 1 = 2183,450 \times ((1,12 \times 591) - (1,06 \times 30,36)) = 1370221763 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{in} \text{ HRSG } 2 = 2283,773548 \times ((1,11 \times 568,8) - (1,06 \times 31,56)) = 1370226151 \text{ kJ/h}$$

❖ **Efisiensi HRSG**

$$\text{Efisiensi HRSG} = \frac{\text{Panas yang diserap HRSG}}{\text{Panas yang masuk HRSG}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi HRSG 1} = \frac{1198645622.019 \text{ kJ/h}}{1370221763 \text{ kJ/h}} \times 100\% = 87.478 \%$$

$$\text{Efisiensi HRSG 2} = \frac{1198645622.019 \text{ kJ/h}}{1370221763 \text{ kJ/h}} \times 100\% = 84.014 \%$$

Data diatas diambil dengan menggunakan perbandingan nilai panas masuk yang hampir sama antara HRSG 1 dan HRSG 2. Dari hasil perhitungan didapat penyerapan panas pada HRSG 2 tidak maksimal, hal tersebut dapat terlihat dimana hasil penyerapan panas pada sistem *high pressure* di HRSG 2 berbeda jauh nilainya dengan sistem *high pressure* di HRSG 1. Dimana penyerapan panas dalam persentase di sistem *high pressure* HRSG 1 sebesar 59,272 % dan di sistem HRSG 2 sebesar 55,085%.

#### IV. Kesimpulan

1. Perbedaan efisiensi HRSG 1 dan HRSG2 terjadi karena penyerapan panas pada sistem High Pressure HRSG 2 tidak maksimal, hal ini ditunjukkan pada data perhitungan, dimana penyerapan pada sistem HP HRSG 1 sebesar 59,272% sedangkan penyerapan panas pada sistem HP HRSG2 sebesar 55,085%.
2. Penyerapan panas pada setiap sistem HP, LP, IP, RH, Preheat mempunyai nilai yang berbeda-beda, penyerapan panas yang memiliki selisih paling jauh pada sitem penyerapan panas sistem HP
3. Apabila pada sistem high pressure di HRSG 2 dapat dimaksimalkan maka efisiensi HRSG 2 lebih baik dari HRSG 1. Perbaikan dari penyerapan panas dari HRSG 2 dapat dilakukan dengan melakukan treatment *dry ice*.

#### V. Daftar Pustaka

- [1] Heat recovery steam generator technology (2017 woodhead publishing)
- [2] Mitsubishi *manual book*,2006
- [3] Holman J P. 1998. Perpindahan Kalor. Jakarta : Erlangga
- [4] 2004. *PT. PLN (Persero) Cilegon Combined Cycle Power Plant (740 MW) Design Manual*. Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.
- [5] Efisiensi Pengoperasian Unit PLTU Modul 3, Indonesia Power