

Analisis Pengaruh Penurunan Temperatur LMTD Terhadap Unjuk Kerja HRSG pada PLTGU

Hendri¹; Prayudi²; Roswati Nurhasanah³; Bagus Amiadi⁴

^{1, 2, 3, 4}Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik PLN

¹hendri@sttpln.ac.id

²prayudi@sttpln.ac.id

³roswatinurhasanah@sttpln.ac.id

ABSTRACT

The Semarang Gas Generation and Steam Power Plant (PLTGU) is one type of combine cycle which is expected to support electricity needs. Heat Recovery Steam Generator (HRSG) is a device that has a working principle such as a boiler, without the need for additional fuel, an energy source from exhaust gases that have high temperature gas turbines. The problem that in HRSG is the occurrence of pipe leakage which results in the efficiency of HRSG. With overhaul, namely replacing the pipe, cleaning the tube wall, and isolating the HRSG, and plugging the tube, the overhaul has an impact on decreasing the logarithmic mean temperature difference (LMTD) and increase heat Q the impact of efficiency HRSG. This study was conducted to analyze the effect of decreasing LMTD temperature on HRSG performance before and after overhaul. The research method used is descriptive method by conducting a case study in the PLTGU Tambak Lorok Unit 2 Semarang. The data needed in the study was taken directly from the CCR of PLTGU Tambak Lorok Unit 2 Semarang. The results of the analysis showed that after overhaul activities resulted in a decrease in the difference in LMTD temperature and increased the amount of heat in the HRSG. The decrease in the difference in LMTD HRSG due to overhaul activity will result in increased HRSG efficiency, while the increase in heat Q HRSG after overhaul will increase the efficiency of HRSG.

Keywords: HRSG, Efficiency, LMTD Temperature, PLTGU

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Unit Pembangkitan Semarang salah satu jenis pembangkit yang diharapkan menopang kebutuhan energi listrik. Heat Recovery Steam Generator (HRSG) peralatan yang memiliki prinsip kerja seperti boiler, sumber energi dari gas buang turbin gas yang memiliki temperatur tinggi. Permasalahan yang timbul pada HRSG adalah terjadinya kebocoran pipa yang beakibat pada efisiensi HRSG. Dengan Overhaul yaitu mengganti pipa, pembersihan dinding tube, dan isolasi HRSG, dan plugging tube, maka overhoul berdampak pada penurunan temperatur rata-rata logaritmik (LMTD) dan kenaikan panas Q HRSG. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dampak penurunan temperatur LMTD terhadap unjuk kerja HRSG sebelum dan sesudah overhaul. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptip dengan melakukan studi kasus di PLTGU Tambaok Lorok Unit 2 Semarang. Data-data yang diperlukan dalam penelitian diambil langsung dari CCR PLTGU Tambak Lorok Unit 2 Semarang. Dari hasil analisis diperoleh hasil bahwa setelah kegiatan overhoul mengakibatkan terjadinya penurunan perbedaan temperature LMTD, dan menaikkan jumlah panas pada HRSG. Terjadinya penurunan perbedaan temperature LMTD HRSG akibat kegiatan overhoul akan mengakibatkan efisiensi HRSG meningkat, sedangkan kenaikan panas Q HRSG setelah overhoul akan meningkatkan efisiesni HRSG.

Kata Kunci: HRSG, Efisiensi, Temperatur LMTD, PLTGU

1. PENDAHULUAN

Heat Recovery Steam Generators (HRSG) merupakan komponen yang penting dalam sistem PLTGU. PLTGU adalah gabungan antara PLTG dengan PLTU, dimana panas dari gas buang yang berasal dari turbin gas pada PLTG dimanfaatkan untuk memanaskan air hingga menjadi uap yang digunakan sebagai fluida kerja turbin uap pada PLTU. Komponen utama yang digunakan untuk menghasilkan uap adalah HRSG[1]. Keuntungan penggunaan HRSG adalah peningkatan efisiensi yang disebabkan HRSG memanfaatkan gas buang dari gas turbine sebagai sumber kalor sehingga tidak memerlukan bahan bakar dan udara sebagai pemanas [2]. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja HRSG yaitu laju masa uap dan gas buang, temperatur dari gasbuang dan uap keluar turbin, tekanan dan komposisi gas buang dan air yang digunakan dalam HRSG, bentuk geometri dari HRSG dan kondisi turbin gas. Kinerja HRSG dapat diukur dengan pendekatan efisiensi energy dan efisiensi exergy [3].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui efisiensi HRSG berdasarkan efisiensi energi. Penurunan efisiensi energi terjadi pada LP-HRSG sebesar 1,27 % dari 7,82 % menjadi 6,55% dibandingkan pada kondisi komisioning[4]. Sedangkan untuk sisi HP-HRSG juga terjadi penurunan sebesar 1,12 % dari 68,12% menjadi 66,92% dibandingkan pada saat komisioning. Faktor yang mempengaruhi efisiensi HRSG adalah isolasi dinding, korosi pada pipa, penyumbatan dalam pipa, serta diverter damper [4].

Efisiensi HRSG yang optimal terjadi pada *load set* 100 %, pada saat turbin gas beroperasi menggunakan bahan bakar *natural gas*, efisiensi energi yang dicapai sebesar 71.13 % dan efisiensi *thermal* sebesar 83.15 %. Hasil yang lain menunjukkan bahwa pada saat beroperasi menggunakan bahan bakar *highspeed diesel*, efisiensi energi yang dicapai sebesar 70.26 % dan efisiensi *thermal* yang dicapai sebesar 73.35%[2].

Perubahan nilai laju energi gas buang yang ada dalam HRSG sebagai pengganti energi bahan bakar yang digunakan dalam proses pembentukan uap panas lanjut (superheated). Perubahan laju aliran massa bahan bakar berbeda-beda setiap saat dan juga akibat adanya tingkat keadaan gas buang yang ada dalam HRSG berpengaruh pada efisiensi HRSG. Efisiensi HRSG yang optimal adalah sebesar 54,04 % dengan laju aliran energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut sebesar 132,910 MW dengan laju aliran energi gas buang yang ada pada HRSG sebesar 245,953 MW [5].

Pemanfaatan dual pressure dan gas buang turbin gas juga berpengaruh pada efisiensi HRSG. HRSG dengan tekanan uap dua tingkat yaitu tekanan tinggi dan tekanan rendah. Sumber panas berasal dari gas buang satu unit turbin gas berdaya 160 MW. Temperatur gas masuk HRSG sebesar 538,673°C dan laju aliran gas buang sebesar 528,4 kg/s, efisiensi HRSG yang dihasilkan adalah sebesar 72,14 %. Nilai daya dan efisiensi pada turbin uap disesuaikan dengan perhitungan daya dan efisiensi pada HRSG, dimana nilai daya pada perhitungan diperoleh sebesar 72 MW. Perubahan suhu pada gas buang berbanding terbalik dengan perubahan temperatur pada air [6]. Disamping itu faktor *cleaning* dan variasi beban juga berdampak pada efisiensi HRSG, dimana efisiensi HRSG sesudah *cleaning* mengalami kenaikan daripada efisiensi sebelum HRSG dilakukan proses *cleaning*. Kenaikan efisiensi HRSG sekitar 1,27 %. temperatur keluaran dari HRSG mengalami kenaikan sebesar 3,83 %, *steam* produksi dari HRSG mengalami penurunan 3,35 % dan total *feedwater flow* sesudah *cleaning* mengalami penurunan 4,46 % [7].

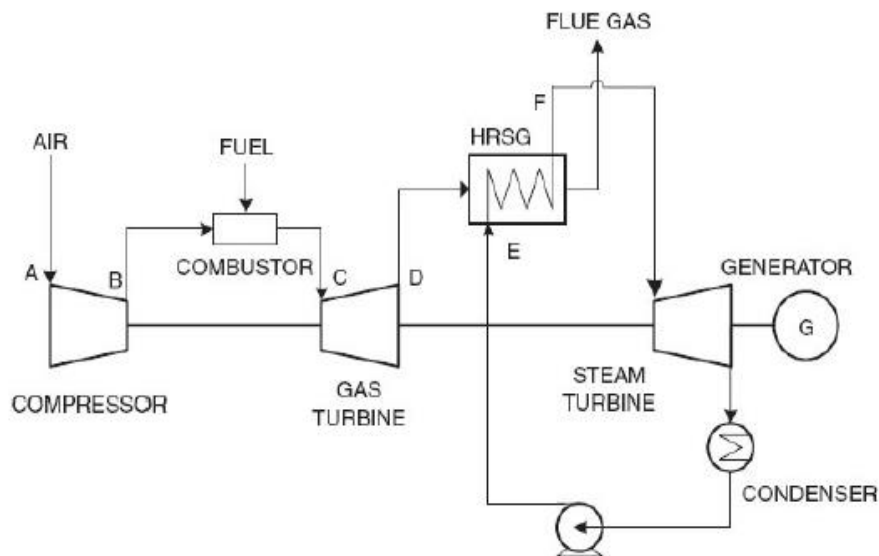
Disamping itu, bahwa retubing secara signifikan meningkatkan perpindahan panas pada komponen HRSG. Efisiensi HRSG sebelum retubing adalah 55%, dan setelah retubing 67% atau mengalami kenaikan 12,46 %. Efisiensi HRSG mengalami penurunan sebesar 30 % sebelum rebuting dari 85% menjadi 55%. Kondisi setelah retubing, efisiensi HRSG mengalami penurunan sebesar 18

% dibandingkan dengan kondisi komisioning. Dengan demikian bahwa retubing meningkatkan efisiensi HRSG [8].

Permasalahan yang terjadi adalah adanya kegagalan pada HRSG mempengaruhi kinerja sistem pembangkitan pada PLTGU. Permasalahan yang sering terjadinya kebocoran pada salah satu pipa disebabkan oleh banyak faktor seperti perbedaan tekanan yang cukup tinggi dan juga disebabkan oleh *overheating*. Akibat dari kebocoran pipa tersebut maka terjadi adanya perubahan pada efisiensi HRSG. Dengan adanya peristiwa ini maka perlu adanya pemeliharaan besar yaitu seperti overhaul. Overhaul yang dilakukan diantaranya mengganti pipa, dinding, dan isolasi HRSG yang sudah tidak layak lagi. Kegiatan overhaul akan berdampak pada penurunan temperatur rata-rata logaritmik (LMTD).

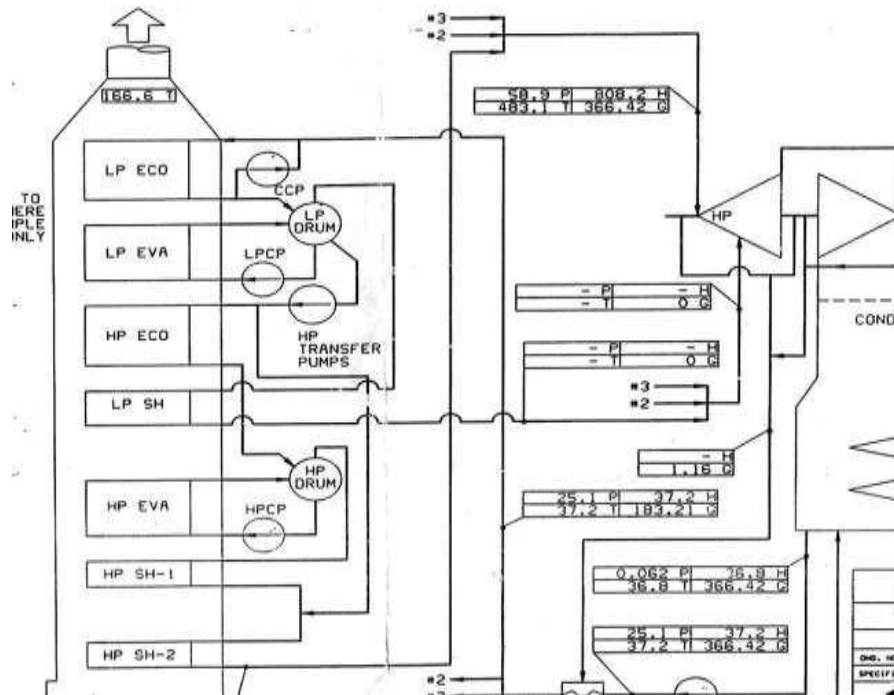
Berdasarkan latar belakang dan permasalahan diatas maka penelitian akan difokuskan pada pengaruh faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja HRSG, bagaimana cara untuk meningkatkan efisiensi HRSG, dan bagaimana pengaruh penurunan temperatur rata-rata logaritmik (LMTD) terhadap perbandingan antara nilai Q dan Apakah efisiensi HRSG sebelum dan sesudah *overhaul*. Penelitian ini akan dilakukan melalui pendekatan metode deskriptif dengan melakukan studi kasus di HRSG PLTGU Tambak Lorok Semarang.

PLTGU (Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap) merupakan suatu Pembangkit Listrik yang menggunakan siklus kombinasi (*combine cycl*) merupakan Penggabungan antara siklus Brayton pada PLTG dan Siklus Rankine pada PLTU yang dapat digambarkan pada sketsa berikut [9].



Gambar 1. Siklus Combine Cycle PLTGU

HRSG atau Heat Recovery Steam Generator, adalah peralatan utama dari Pusat Listrik Tenaga Gas-Uap yang berfungsi untuk memanfaatkan gas bekas/buang turbin gas untuk memproduksi uap air bertekanan. Panas/kalor yang dipindahkan dari gas buang tersebut seluruhnya berpindah dengan cara konveksi ke air yang berada dalam pipa. Gas buang turbin mengalir memanasi peralatan HRSG mulai dari superheater, ekonomiser dan selanjutnya keluar melalui cerobong. Secara garis besar HRSG dapat digambarkan sebagai berikut [5].



Gambar 2. Diagram Komponen HRSG

Unjuk kerja dari suatu HRSG diindikasikan dengan istilah efisiensi HRSG. Efisiensi HRSG adalah banyaknya panas yang diserap oleh komponen-komponen utama HRSG (Q_{output}) dibagi dengan panas yang masuk kedalam HRSG (Q_{input}). Besarnya efisiensi thermal HRSG didefinisikan sebagai perbandingan antara laju energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut (superheated) dengan laju aliran energi gas buang didalam HRSG tersebut adalah [10].

$$\eta = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}} \times 100\%$$

dimana : η = Efisiensi HRSG (%), Q_{out} = Laju aliran energi panas yang dibutuhkan air menjadi uap (kJ/s) dan Q_{in} = Laju aliran energi panas gas buang yang diberikan ke HRSG (kJ/s). Distribusi temperatur yang terjadi selama perpindahan panas pada penukar kalor termasuk HRSG, laju pindahan panas dapat dinyatakan dengan beda temperatur rata-rata logaritmik (LMTD) [8]:

$$\Delta T_{\text{LMTD}} = \frac{(t_{1i} - t_{2,o}) - (t_{1,o} - t_{2,i})}{\ln(t_{1i} - t_{2,o}) / (t_{1,o} - t_{2,i})}$$

2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptip dengan studi kasus di PLTGU Unit 2 Semarang. yang memiliki 3 jenis pembangkit sekaligus, yaitu seperti PLTU, PLTG dan PLTGU. Pada pembangkit PLTGU terdiri dari 2 blok, masing-masing blok memiliki format 3-3-1 yaitu 3 GTG (Gas Turbine Generator), 3 HRSG (Heat Recovery Steam Generator), dan 1 STG (Steam Turbine Generator). Dengan kapasitas masing-masing GTG sebesar 109,65 MW dan STG sebesar 188 MW. PLTGU terjadi 2 siklus yaitu siklus *Bryton* dan siklus *Rankine*. HRSG di PLTGU UP Semarang memiliki model horizontal dengan aliran siklus paksa. HRSG disini sudah digunakan hingga 20 tahunan, dimana kondisi pipa-pipa didalam HRSG sering bocor yang mengakibatkan perubahan efisiensi tinggi. Overhaul yang dilakukan yaitu seperti pergantian pipa dan perbaikan isolasi.

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah melakukan secara tidak langsung yaitu mengambil data tekanan, suhu, massa laju alir, dan lain-lain pada *Harian operasional* dan data *manual book* HRSG, melakukan pengamatan langsung HRSG unit 2.2 PT. IP UP Semarang, pengamatan dilakukan secara lokal dengan pihak terkait di PT. IP UP Semarang, serta melakukan *studi literature/kepuustakaan (Library Methode)* sumber-sumber referensi di perpustakaan kampus dan jurnal ilmiah yang berkaitan dengan permasalahan HRSG.

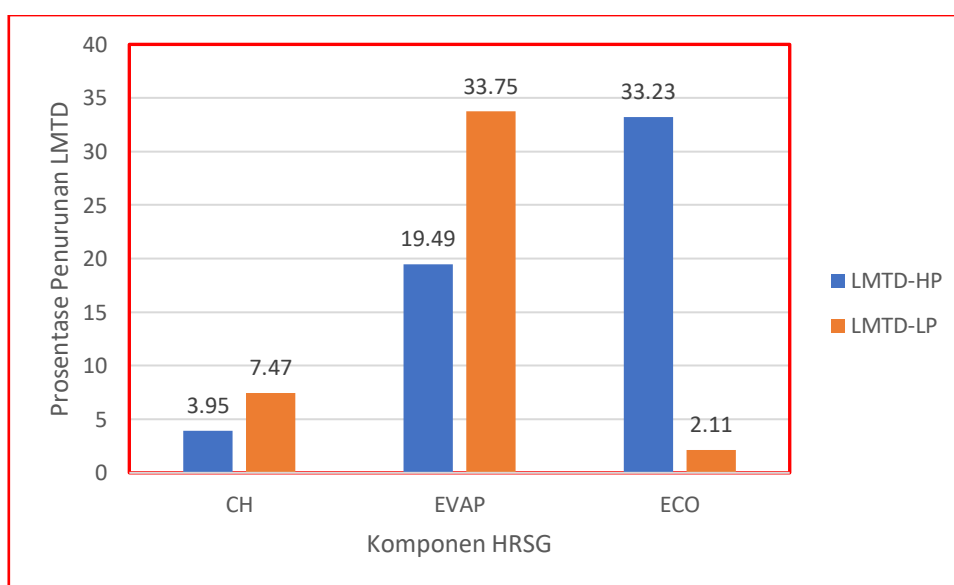
Teknik pengolahan data dilakukan untuk mengetahui perubahan dari pengerjaan pergantian pipa HRSG PLTGU Semarang. Tahapan pengolahan datanya adalah menghitung data harian operasional HRSG, seperti temperatur, tekanan, massa, pada data HRSG sebelum dan Sesudah overhaul untuk mencari nilai entalpi uap dan entalpi gas buang pada kesetimbangan energi. Menghitung ΔT LMTD sebelum dan sesudah overhaul, menghitung nilai Q sebelum dan sesudah overhaul, menghitung efisiensi sebelum dan sesudah overhaul untuk menghitung efisiensi HRSG Blok 2 PLTGU Semarang.

Sedangkan analisis yang dilakukan adalah analisis perbedaan temperatur LMTD sebelum dan sesudah *overhaul*. Kondisi sebelum dan sesudah *retubing* membuat pipa dalam kondisi baru, hal ini dilakukan analisis terhadap temperatur gas buang turbin gas yang dimanfaatkan pada komponen-komponen HRSG. Serta analisis efisiensi HRSG sebelum dan sesudah *overhaul*. Dalam pergantian pipa-pipa HRSG khususnya pada *stage* atas dianalisis bagaimana pergantian pipa yang mengalami kebocoran dapat berpengaruh terhadap kenaikan produksi uap *steam turbine* dan pengaruh terhadap efisiensi HRSG. Analisis hasil ini dapat disajikan dalam bentuk grafik perbedaan efisiensi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis perbedaan temperatur LMTD sebelum dan sesudah overhaul

Salah satu factor parameter yang dapat mengetahui penyebab turun dan naiknya efisiensi adalah metode LMTD (Logaritmik Mean Temperature Diferential). Didalam HRSG, LMTD menggunakan aliran gas buang exhaust gas turbine sebagai aliran panas dan aliran air dan uap sebagai aliran dingin sebagai parameter nya. Pada data perhitungan yang telah dilakukan di dapat hasil bahwa nilai LMTD sebelum dan setelah overhaul terjadi penurunan temperature LMTD di setiap stage. Hasil prosentase penurunan LMTD dapat disajikan dalam grafik di bawah ini :



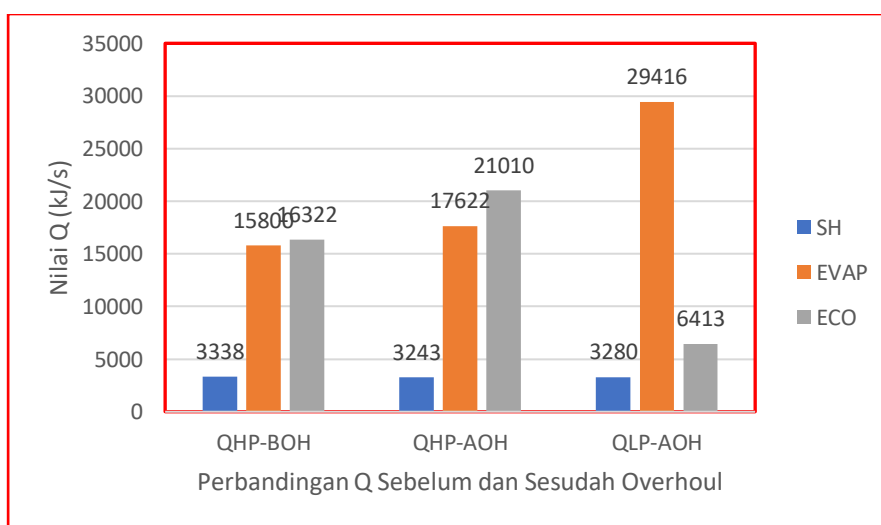
Gambar 3. Prosentase Penurunan Temperatur LMTD Komponen HRSG

Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa penurunan LMTD terbesar terjadi pada sisi LP Evaporator dengan penurunan LMTD sebesar 33.789% dan dibawahnya dari sisi HP Economizer dengan penurunan LMTD sebesar 33.207% . Ini menandakan bahwa terjadi perpindahan panas terbesar di sisi HP Economizer dan LP Evaporator. Ini menunjukkan bahwa terjadi kenaikan penukar kalor karena semakin LMTD menurun maka penukar kalor akan semakin besar.

3.2. Perbandingan Nilai Q HRSG Sebelum dan Sesudah Overhaul

Besarnya efisiensi thermal HRSG didefinisikan sebagai perbandingan antara laju energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut (superheated) dengan laju aliran energi gas buang didalam HRSG. Dalam menghitung efisiensi HRSG tersebut terlebih dahulu menghitung kalor uap yang dimanfaatkan pada HRSG (Q_h) dan menghitung kalor gas masuk pada HRSG (Q_{eg}) Dalam mencari nilai kalor uap yang dimanfaatkan HRSG adalah mengitung jumlah total setiap komponen – komponen HRSG yaitu Ekonomizer, Evaporator dan Superheater pada sisi LP dan HP pada HRSG, dimana HRSG yang digunakan pada Blok 2 PLTGU Semarang yaitu jenis Horizontal yang alirannya menggunakan aliran paksa dengan bantuan pompa – pompa seperti pompa kondensat, pompa LP sirkulasi, HP transfer, dan HP sirkulasi. Untuk itu hasil nilai Q uap total di kurangi kerja pompa-pompa HRSG tersebut dan di kurangi kalor *feed water* atau air pengisi sebelum menjadi uap.

Hasil perhitungan nilai Quap pada setiap komponen HRSG sebelum dan sesudah *Overhaul* mengalami kenaikan, kenaikan tersebut tergambarkan dalam prosentase berikut :

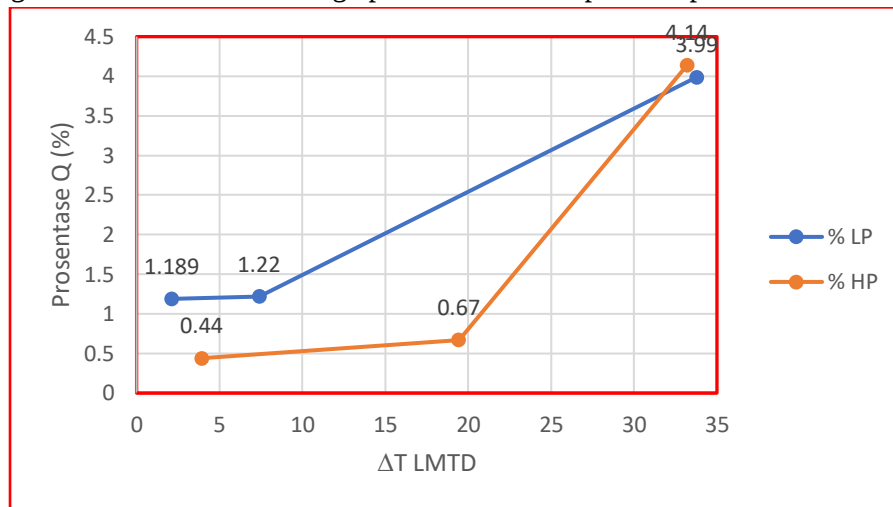


Gambar 4. Panas Q Sebelum dan Sesudah Overhaul

Dari grafik Q diatas dapat dianalisa bahwa terjadi kenaikan dan penurunan Q pada setiap stage. Stage yang mengalami kenaikan diantaranya yaitu disisi HP Evaporator dan HP Economizer. Dan stage yang justru mengalami penurunan Q adalah disisi HP Superheater, LP Superheater, LP Economizer, LP Evaporator. Adanya terjadi kenaikan Q karena jika dihubungkan karena adanya perbedaan nilai Q tidak mempengaruhi jumlah panas ,karena perbedaan sebelum dan sesudah di setiap stage pada sisi HP Superheater, LP Superheater, LP Economizer, LP Evaporator hanya terjadi penurunan nilai Q secara kecil. Berbeda dengan apa yang terjadi pada stage sisi HP Evaporator dan HP Economizer. Dapat dilihat pada grafik Q, kenaikan dari sisi HP Evaporator dan HP Economizer lebih tinggi. Karena itulah yang menyebabkan mengapa jumlah Q sesudah lebih besar dibandingkan dengan sebelum overhaul.

3.3. Hubungan LMTD dan Prosentase Nilai Q

Dan untuk hubungan nya dengan LMTD bisa digambarkan dengan grafik prosentase dengan menghubungkan antara dua tekanan High pressure dan Low pressure pada Gambar 5.

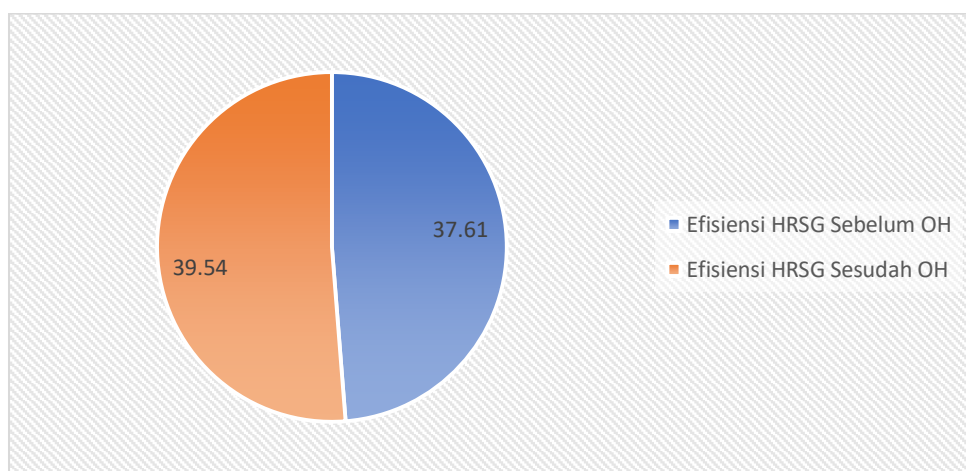


Gambar 5. Pengaruh ΔT LMTD terhadap Prosentase Q

Berdasarkan data pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5, diperoleh hubungan antara prosentase di atas bahwa dari segi tekanan high pressure dan low pressure terjadi kenaikan. Ini menandakan bahwa penurunan LMTD sangat berpengaruh terhadap nilai panas Q. Dapat dilihat pertama kali bahwa kenaikan yang paling signifikan terjadi dari sisi LP Superheater ke LP Evaporator untuk LMTD sebesar 7,4% ke 33,79% dan untuk nilai Q yang paling signifikan yaitu dari sisi HP Evaporator ke HP Economizer sebesar 0,67% ke 4,12%.

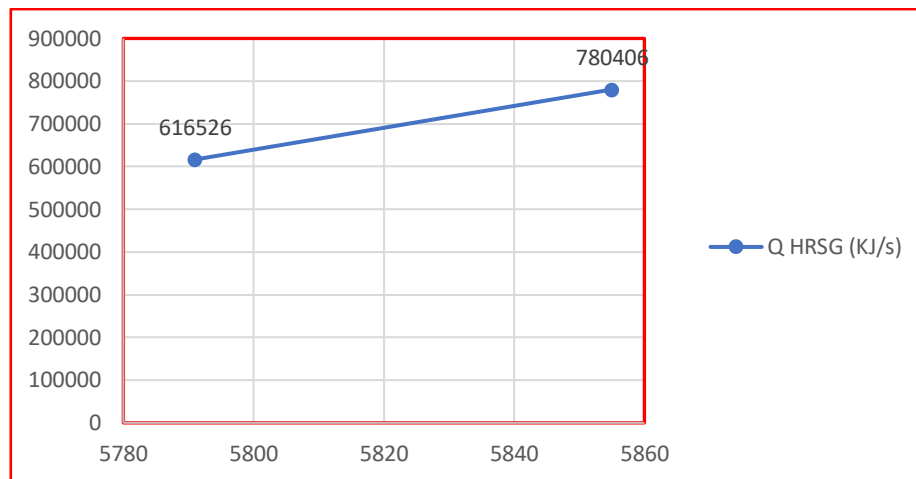
3.4. Analisis Efisiensi Sebelum dan Sesudah Overhaul

Besarnya efisiensi bergantung dari massa uap yang dimanfaatkan, besarnya temperatur gas buang yang dikonduksikan dan dikonveksikan pipa terhadap fluidanya, serta besarnya nilai entalpi yang didapat pada tekanan dan temperatur yang terdapat pada komponen HRSG tersebut. berikut adalah nilai efisiensi HRSG sebelum dan sesudah *overhaul* pada HRSG.



Gambar 6. Efisiensi HRSG Sebelum dan Sesudah Overhoul

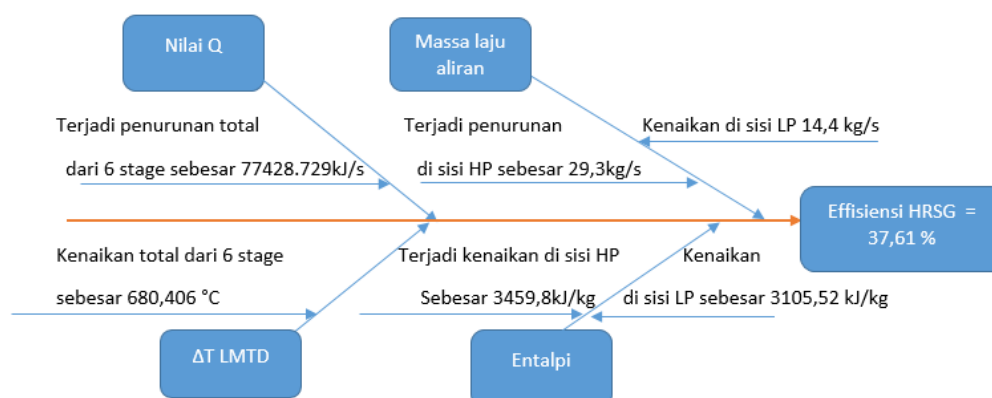
Efisiensi HRSG dapat didefinisikan sebagai seberapa gas buang yang dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan pipa-pipa HRSG untuk menghasilkan uap bertekanan untuk memutar turbin uap. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan efisiensi HRSG sebesar 1,93%. Berdasarkan hukum kedua termodinamika, bahwa efisiensi tidak mungkin 100%, sehingga $0 < \eta < 1$. Pada saat di PLTGU terjadi combine cycle untuk menambah efisiensi turbin gas, maka dari itu dibutuhkanlah HRSG agar panas gas buang tidak terbuang secara sia-sia. Maka dari itu cara terbaik adalah memelihara HRSG, khususnya di daerah vital seperti pipa-pipa yang berada di enam stage.



Gambar 7. Hubungan Jumlah Tube Terhadap Nilai Q

Untuk menangani kebocoran yang tidak bisa dilakukan penggantian pipa yaitu dengan adanya plugging. Plugging adalah proses memampatkan suatu aliran air atau uap pada HRSG. Dan plug yang dipakai adalah plug besi dan untuk lebih jelasnya dapat ditampilkan pada gambar dibawah ini. Pada penelitian ini, sebelum overhaul ada 64 plug yang tersebar di tiga bagian HRSG, yaitu yang pertama di HP Superheater terdapat 2 plug, lalu yang kedua di LP Superheater terdapat 56 plug, dan yang terakhir ada di HP Economizer terdapat 6 plug. Akibat dari plug-plug ini maka tiap aliran air dan uap yang akan melewati stage tersebut akan berhenti. Dan hubungan nya dengan penyerapan laju aliran panas dapat ditampilkan dalam grafik pada Gambar 5. Jumlah tube pada Gambar 5 sebelum OH adalah 5791, dan sesudah overhaul adalah 5855.

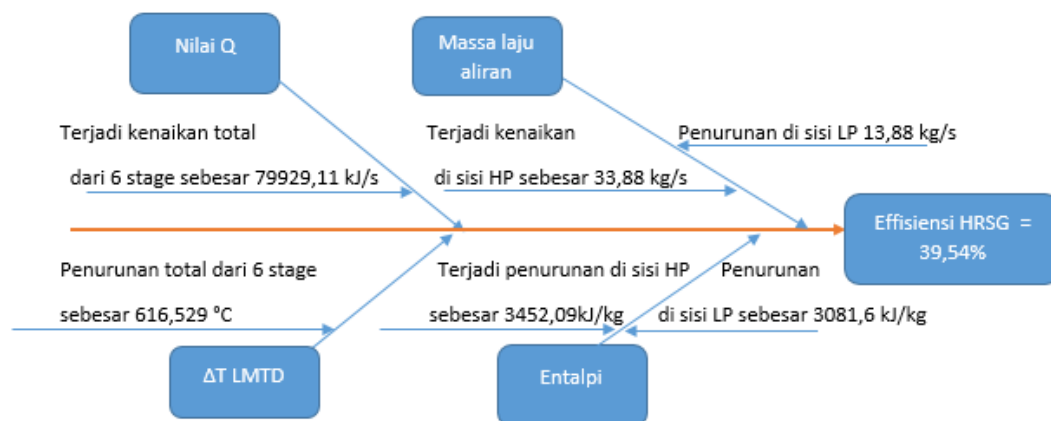
Selanjutnya untuk mengetahui efisien HRSG hanya 37,61% dapat dijelaskan dengan menggunakan diagram fishbone berikut ini.



Gambar 8. Diagram Fishbone Efisiensi HRSG Sebelum Overhaul

Dari diagram fish bone diatas dikatakan bahwa yang menjadi penyebab turunnya efisiensi dibandingkan sesudah yaitu dibagi menjadi 4 (empat) factor utama yaitu pertama penurunan temperature LMTD, Dari data LMTD didapat hasil total dari 6 stage HRSG sebesar 680,406 °C. Data tersebut jika dibandingkan dengan sesudah overhaul maka lebih tinggi dan ini yang menyebabkan efisiensi turun. Kedua, nilai Q dimana panas laju alir(Q) total 6 stage HRSG sebesar 77428.729 kJ/s. Dan jika dibandingkan dengan sesudah overhaul maka nilai Q nya menurun. Dan menyebabkan efisiensi menurun. Ketiga massa laju aliran uap, dimana massa laju aliran uap yang keluar dari HRSG didapat dua tingkatan yaitu LP steam dan HP steam. Untuk LP steam massa laju alir sebesar 14,2 kg/s, lebih tinggi dibanding sesudah OH. dan di sisi HP steam massa laju alir sebesar 29,3 kg/s lebih kecil dibanding sesudah OH. Keempat nilai entalpi pada sisi HP 3458,8 kJ/kg lebih besar dari pada sisi LP sebesar 3105,52 kJ/kg.

Sedangkan analisis penyebab naiknya efisiensi setelah overhoul dapat pula dijelaskan dengan menggunakan diagram fishbone berikut ini.



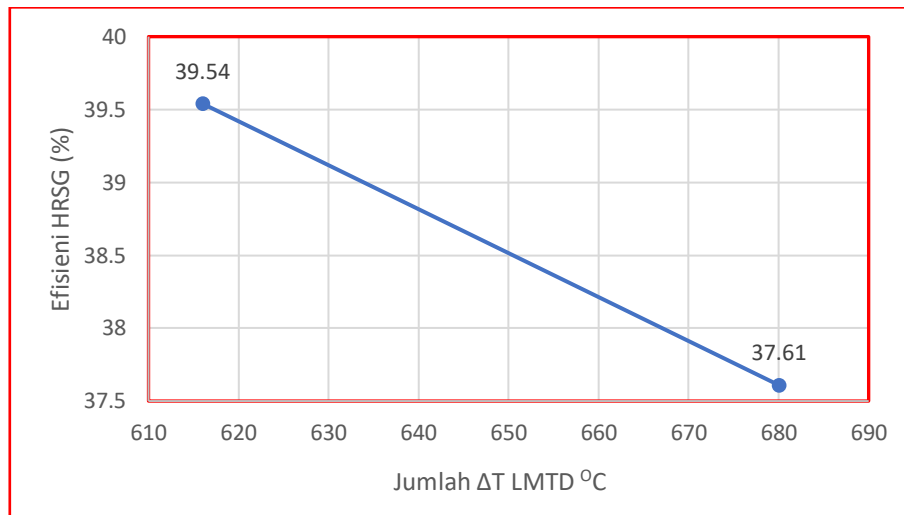
Gambar 9. Diagram Fishbone Efisiensi HRSG Setelah Overhaul

Berdasarkan diagram fishbone pada Gambar 9, terdapat 4 (empat) factor utama yang mempengaruhi yaitu ΔT LMTD, dimana hasil total dari 6 stage HRSG sebesar 616,529°C. Data tersebut jika dibandingkan dengan sesudah overhaul maka lebih kecil dan ini yang menyebabkan efisiensi naik. Kedua, nilai panas HRSG Q, yakni nilai panas laju alir (Q) total 6 stage HRSG sebesar 79929,11 kJ/s. Dan jika dibandingkan dengan sesudah overhaul maka nilai Q nya naik. Dan menyebabkan efisiensi mengalami kenaikan. Ketiga, massa laju aliran uap yang keluar dari HRSG didapat dua tingkatan yaitu LP steam dan HP steam. Untuk LP steam massa laju alir sebesar 13,88 kg/s, lebih tinggi dibanding sebelum OH. dan di sisi HP steam, massa laju alir sebesar 33,88 kg/s lebih besar dibanding sebelum OH. Terakhir adalah nilai entalpi yang disebabkan oleh temperature dan tekanan. Entalpi dilihat dari uap keluaran HRSG pada dua tingkat yaitu di HP dan LP. Untuk disisi HP terjadi penurunan dibanding sesudah OH sebesar 3452,09 Kj/kg. Dan disisi LP terjadi penurunan dibanding sesudah OH sebesar 3081,6 Kj/kg.

3.5. Analisis Hubungan LMTD, dan Nilai Qu dan Efisiensi HRSG

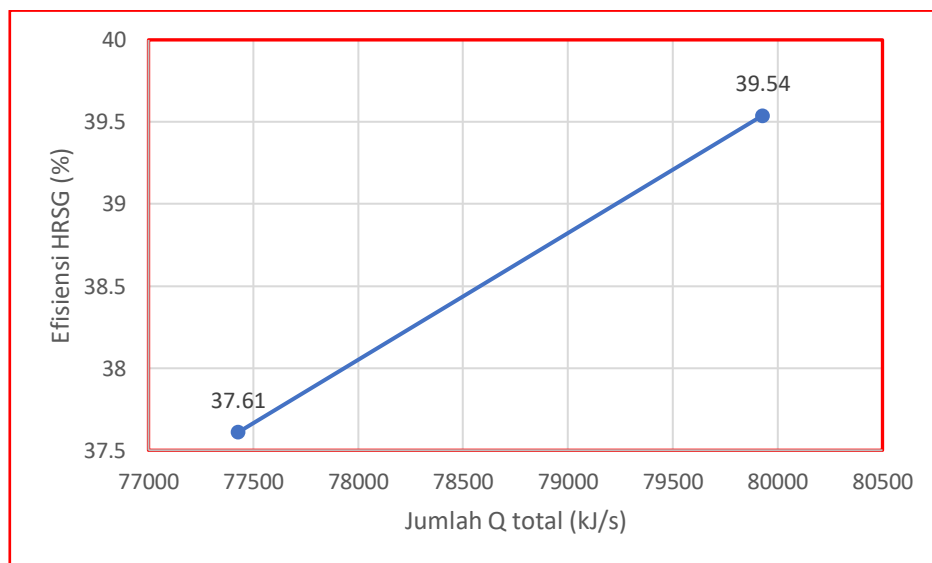
Dari hasil analisis perhitungan efisiensi dan LMTD dapat dihubungkan hubungan antara jumlah ΔT LMTD dengan efisiensi HRSG dengan grafik pada Gambar 10. Dari grafik pada Gambar 10 terlihat bahwa bahwa semakin turun jumlah temperature LMTD sesudah kegiatan overhaul maka efisiensi HRSG semakin meningkat setelah kegiatan overhaul. Oleh karena itu untuk meningkatkan

efisiensi HRSG kegiatan overhaul baik penggantian tube, tube plunging maupun pembersihan tube wajib dilakukan secara periodik.



Gambar 10. Pengaruh ΔT LMTD dan Efisiensi

Sedangkan analisa hubungan antara jumlah nilai Q dan efisiensi pada HRSG disajikan pada grafik gambar 11 berikut ini.



Gambar 11. Hubungan Nilai Q dengan Efisiensi HRSG

Dari grafik diatas dapat dianalisa bahwa semakin naik jumlah nilai panas laju alir (Q) pada 6 stage maka akan naik pula efisiensi HRSG. Dari grafik pada Gambar 11 terlihat bahwa bahwa semakin naik jumlah panas Q setelah overhaul maka efisiensi HRSG semakin meningkat. Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensi HRSG kegiatan overhaul baik penggantian tube, tube plunging maupun pembersihan tube wajib dilakukan secara periodic untuk meningkatkan jumlah panas Q pada HRSG.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis diatas, dapat disimpulkan bahwa Dari perhitungan – perhitungan yang dilakukan didapat kesimpulan bahwa:

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja HRSG yaitu panas laju aliran di HRSG, perbedaan temperature LMTD di HRSG, dan efisiensi HRSG itu sendiri.
2. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi HRSG yaitu dengan melakukan pemeliharaan secara periodic.
3. Setelah kegiatan overhoul mengakibatkan terjadinya penurunan perbedaan temperature LMTD, dan menaikkan jumlah panas pada HRSG
4. Penurunan perbedaan temperature LMTD HRSG akibat kegiatan overhoul akan mengakibatkan efisiensi HRSG meningkat, sedangkan kenaikan panas Q HRSG setelah overhoul akan meningkatkan efisiensni HRSG.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil analysis dan pengamatan langsung, untuk meningkatkan efisiensi HRSG makan diperlukan hal-hal sebagai berikut.

1. Perlu adanya alat ukur aliran yang berkaitan dengan hasil perhitungan, serta penambahan alat ukur suhu (thermocouple) pada setiap sisi komponen HRSG (Economizer, Evaporator, Superheater) sebagai penunjang proses perhitungan nilai perbedaan LMTD, serta efisiensi total HRSG.
2. Karena pada overhaul pada HRSG ada pergantian isolasi maka dibutuhkan metode heat loss untuk penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini mendapatkan dana hibah internal STT-PLN untuk tahun anggaran Semester Gasal 2018/2019, oleh karena itu Tim Peneliti mengucapkan kepada Ketua LPPM STT-PLN Indrianto, ST, M.Kom, Kasie Penelitian STT PLN Rizqia Cahyaningtyas, ST.,M.Kom atas kepercayaan dan pendanaanya sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik, dan tidak lupa mengucapkan kepada jajaran Management PT. Indonesia Power UBP Pembangkitan PLTGU Tambak Lorok Semarang atas diberikan kesempatan kepada mahasiswa kami untuk pengambilan data untuk keperluan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. P. Elfita Yohana, “Analisa Efisiensi Low Pressure HRSG (Heat Recovery Steam Generation) Pada PLTGU PT. Indonesia Power UBP Semarang,” *Rotasi*, vol. 14, no. 1, pp. 6–13, 2012.
- [2] A. Ilmar and A. Sandra, “Analisis Unjuk Kerja Heat Recovery Steam Generator (HRSG) Pada PLTGU Muara Tawar,” *SINTEK*, vol. 7, no. 1, pp. 23–31, 2015.
- [3] A. Nordin and M. A. A. Majid, “Performance Assessment of Heat Recovery Steam Generator at District Cooling Plant,” *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, vol. 10, no. 21, pp. 10196–10199, 2015.
- [4] K. and G. Yohana, Eflita; Setiawan, “Analisa Efisiensi High Pressure Heat Recovery Steam Generator Unit 2 . 1 Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Semarang,” *Rotasi*, vol. 12, no. 1, pp. 19–22, 2010.
- [5] B. Setyoko, “Analisa Efisiensi Performa HRSG (Heat Recovery Steam Generation) Pada PLTGU,” *Traksi*, vol. 4, no. 2, pp. 49–56, 2006.

- [6] F. Burlian and A. Ghafara, "Perancangan Ulang Heat Recovery Steam Generator Dengan Sistem Dual Pressure Melalui Pemanfaatan Gas Buang Sebuah Turbin Gas," *Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 21–32, 2013.
- [7] S. Priyoatmojo and Margana, "Analisa Efisiensi Hrsg Unit 1 Di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan PLTGU Cilegon," *J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 2, pp. 43–49, 2016.
- [8] Prayudi, Sudirmanto, and B. D. Tomo, "Analisis Kinerja HRSG PLTGU Muara Karang Sebelum dan Sesudah Retubing," *Power Plant*, vol. 4, no. 3, 2016.
- [9] K. P. Tyagi and M. N. Khan, "Effect of Gas Turbine Exhaust Temperature, Sstack Temperature and Ambient Temperature on Overall Efficiency of Combine Cycle Power Plant," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 6, pp. 427–429, 2010.
- [10] S. Adumene and B. T. Lebele-Alawa, "Performance Optimization of Dual Pressure Heat Recovery Steam Generator (HRSG) in the Tropical Rainforest," *Engineering*, vol. 07, no. 06, pp. 347–364, 2015.