

ANALISIS TOTAL EFISIENSI HRSG (*HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR*) PADA *COMBINE CYCLE POWER PLANT* (CCPP) 120 MW PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK

*Eflita Yohana, Rahmat Julyansyah

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059
*Email: efnan2003@gmail.com

ABSTRAK

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) adalah suatu komponen kesatuan antara turbin gas dan turbin uap pada sistem *combine cycle power plant*. HRSG berfungsi sebagai alat yang memanfaatkan energi panas gas buang dari gas turbin untuk memanaskan air pada tube - tube yang berada di dalam HRSG, sehingga air berubah menjadi uap panas lanjut untuk memutar turbin uap [1]. Analisa dilakukan pada HRSG Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap melalui perhitungan total efisiensi berdasarkan temperatur, tekanan, dan laju massa yang masuk dan keluar HRSG. Selain itu analisa ini untuk membandingkan total efisiensi HRSG pada saat *commissioning process* dengan bulan Januari 2016. Data temperatur, tekanan, dan laju massa yang diperoleh telah tercatat melalui layanan *system operasi interface*. Dari hasil perhitungan nantinya akan diketahui nilai total efisiensi HRSG *commissioning* sebesar 93,31% dengan nilai efisiensi *high pressure* sebesar 69,62% dan nilai efisiensi *low pressure* sebesar 23,69%, dibandingkan dengan nilai total efisiensi HRSG pada bulan Januari 2016 sebesar 79,88% dengan nilai efisiensi *high pressure* sebesar 66,47% dan nilai efisiensi *low pressure* sebesar 13,41%. Terjadi penurunan nilai efisiensi saat *commissioning* dengan bulan Januari 2016 yaitu sebesar 13,43%.

Kata kunci: *combine cycle power plant*, efisiensi, HRSG

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pada bidang industri, properti, teknologi serta semakin meningkatnya jumlah penduduk menyebabkan kebutuhan energi listrik di Indonesia semakin bertambah sehingga diperlukan pengembangan pada sistem pembangkit dan juga pemanfaatan listrik secara efisien baik dari segi penggunaan maupun proses pembangkitan energi listrik itu sendiri [2]. Menganalisa jumlah energi yang dihasilkan dari sebuah pembangkit serta perawatan pada komponen – komponen pembangkit merupakan faktor penting dalam menjaga agar nilai efisiensi sekitar 70% - 90%. Dalam instalasi *Combine Cycle Power Plant* terdapat peralatan yang dinamakan HRSG (*Heat recovery Steam Generator*). Keuntungan penggunaan HRSG yang paling prinsip dibanding dengan boiler adalah pemanfaatan siklus yang terjadi antara siklus *Rankine* dan siklus *Brayton*. Hal ini disebabkan HRSG memanfaatkan gas buang dari gas turbin sebagai sumber kalor sehingga tidak memerlukan bahan bakar dan udara sebagai pemanas [3].

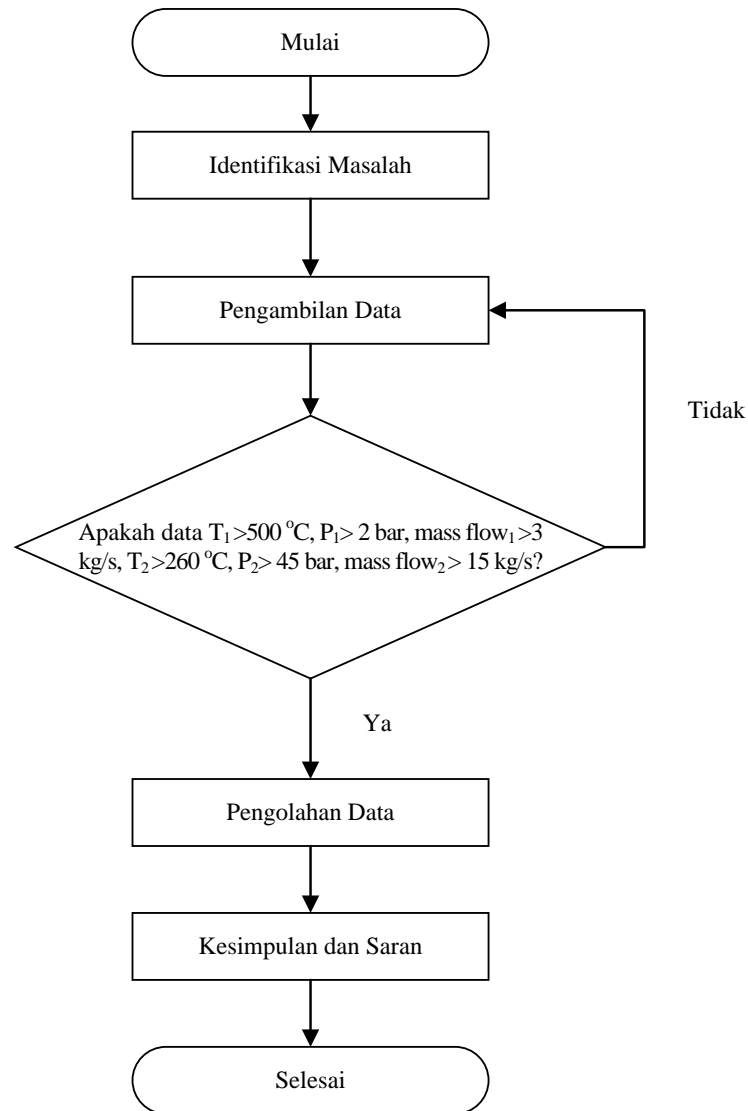
Salah satu penelitian mengenai efisiensi HRSG yang pernah dilakukan oleh Bambang Setyoko dari Universitas Diponegoro [4]. Pada penelitian tersebut, didapatkan nilai efisiensi HRSG yang optimal adalah sebesar 54,04 % dengan laju aliran energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut sebesar 132,910 MW dengan laju aliran energi gas buang yang ada pada HRSG sebesar 245,953 MW. Efisiensi terendah walaupun tidak berselisih terlalu jauh sebesar 50,39 % dengan laju aliran energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut sebesar 124,788MW dengan laju aliran energi gas buang yang ada pada HRSG sebesar 247,64 MW.

Oleh karena itu analisa dilakukan untuk membandingkan total efisiensi HRSG pada saat *commissioning process* dan bulan Januari 2016. Dari hasil analisa dapat diketahui nilai total efisiensi pada saat *commissioning process* dan bulan Januari 2016.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Gambar 1 dibawah menjelaskan tentang metode penelitian. Penelitian dilakukan pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap. Sebelum melakukan analisa, identifikasi permasalahan yang ada pada sistem pembangkit. Untuk mendukung analisa, metode pengambilan data laju massa, temperature serta tekanan keluar dan masuk HRSG yang diperoleh telah tercatat melalui layanan *system operasi interface*. Dalam perhitungan dan pengolahan data dilakukan secara analitik. Setelah dilakukan analisa akan diketahui besarnya nilai efisiensi HRSG pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap.

Persamaan 1 merupakan persamaan interpolasi untuk mencari nilai entalpi, T_{atas} merupakan temperatur atas dari data yang dicatat, T_{bawah} merupakan temperatur bawah dari data yang dicatat, h_{atas} merupakan entalpi atas yang didapat dari data, h_{bawah} merupakan nilai entalpi bawah yang didapat dari data, T merupakan nilai temperatur data, dan h merupakan nilai entalpi yang dicari.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

Persamaan 2, 3, dan 4 merupakan persamaan efisiensi *low pressure*, efisiensi *high pressure*, dan efisiensi total HRSG yang digunakan untuk pengolahan data, \dot{m}_{hp} merupakan laju uap tekanan tinggi (kg/s), \dot{m}_{lp} merupakan laju uap tekanan rendah (kg/s), h_{hp} merupakan Enthalpy uap tekanan tinggi (kJ/kg), h_{lp} merupakan Enthalpy uap tekanan rendah (kJ/kg), h_w merupakan enthalpy air umpan HRSG (kJ/kg), \dot{m}_{fg} merupakan laju bahan bakar turbin gas (kg/s), LHV merupakan nilai pemanasan bahan bakar rendah (kJ/kg), KWG merupakan keluaran turbin gas (kW), LGN merupakan rugi-rugi generator yaitu 1,69% x KWG1 (kW), 0,9835 merupakan Nilai rugi-rugi konsumsi panas, 967,13 merupakan nilai rugi-rugi Turbin Gas (rugi-rugi mechanical bearing, lube, dan pompa oli hidrolik)

$$\frac{T_{atas} - T_{bawah}}{h_{atas} - h_{bawah}} = \frac{T - T_{bawah}}{h - h_{bawah}} \quad (1)$$

$$\eta_{LP HRSG} = \frac{\dot{m}_{lp} \times h_{lp} - \dot{m}_{lp} \times h_w}{0,9835 \dot{m}_{fg} \times LHV - KWG - 967,13 - LGN} \times 100\% \quad (2)$$

$$\eta_{HP HRSG} = \frac{\dot{m}_{hp} \times h_{hp} - \dot{m}_{hp} \times h_w}{0,9835 \dot{m}_{fg} \times LHV - KWG - 967,13 - LGN} \times 100\% \quad (3)$$

$$\eta_{HRSG} = \frac{[(\dot{m}_{hp} \times h_{hp} + \dot{m}_{lp} \times h_{lp}) - (\dot{m}_{hp} + \dot{m}_{lp}) \times h_w]}{0,9835 \dot{m}_{fg} \times LHV - KWG1 - 967,13 - LGN} \times 100\% \quad (4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan untuk membandingkan efisiensi pada *commisioning* dengan bulan Januari 2016. Tabel 1 dan 2 menjelaskan data penelitian yang dibutuhkan untuk melakukan analisa. Data penelitian yang diperlukan adalah *Ambient Temperatur, Exhaust Temperatur, MW Output, FQLm, dan LHV, Superheated mass flow, superheated press outlet, dan superheated temperature outlet, economizer mass flow, economizer press inlet, dan economizer temperatur inlet* [5].

Tabel 1. Data GTG unit 1

No	Item	Satuan	Operasional	
			Commisioning GTG unit 1	Bulan Januari 2016 GTG unit 1
1	<i>Ambient Temperatur</i>	°C	31	30
2	<i>Exhaust Temperatur</i>	°C	599	595,6
3	<i>MW Output</i>	MW	40	29
4	<i>FQLm</i>	Kg/s	2,51	2,13
5	<i>LHV</i>	kJ/kg	50372,75	50372,75

Tabel 2. Data HRSG unit 1

No	Item	Satuan	HRSG unit 1	HRSG unit 1
1	<i>Tgas In</i>	°C	599	592,4
2	<i>Tgas Out</i>	°C	90	91,8
<i>High Pressure HRSG</i>				
3	<i>SH Mass Flow</i>	Kg/s	17,48	15,1
4	<i>SH Press Outlet</i>	Bar	73	71,5
5	<i>SH Temp. Outlet</i>	°C	539	536,9
<i>Low Pressure HRSG</i>				
6	<i>SH Mass Flow</i>	Kg/s	7,02	3,6
7	<i>SH Press Outlet</i>	Bar	3	2,7
8	<i>SH Temp. Outlet</i>	°C	265	260,6
9	<i>Eco Mass Flow</i>	Kg/s	21,3	18,6
10	<i>Eco. Press Inlet</i>	Bar	19,2	15,3
11	<i>Eco. Temp Inlet</i>	°C	49,5	46,2

Untuk mencari nilai perhitungan total efisiensi yang dihasilkan HRSG, pada Tabel 2 menunjukkan nilai entalpi pada kondisi *saturated water*. Pada Tabel 3 menunjukkan nilai entalpi pada kondisi *superheated water vapor*.

Tabel 3. Properties of Saturated Water (Liquid-vapor) Temperatre Table [6].

Temp. °C	Press bar	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg		Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg . K		Temp. °C
		Sat. Liquid v _f x 10 ³	Sat. Vapor v _g	Sat. Liquid u _f	Sat. Vapor u _g	Sat. Liquid h _f	Evap. h _{fg}	Sat. Vapor h _g	Sat. Liquid s _f	Sat. Vapor s _g	
45	0,09593	1,0099	15,258	188,44	2436,8	188,45	2394,8	2583,2	0,6387	8,1648	45
50	0,1235	1,0121	12,032	209,32	2443,5	209,33	2382,7	2592,1	0,7038	8,0763	50

Tabel 4. Properties of Superheated Water Vapor [6].

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg . K	v m ³ /kg	u kJ/kg	H kJ/kg	s kJ/kg . K
p = 1,5 bar = 0,15 MPa (T _{sat} = 111,37 °C)				p = 3,0 bar = 0,30 Mpa (T _{sat} = 133,55 °C)				
200	1,444	2656,2	2872,9	7,6433	0,716	2650,7	2865,5	7,3115
240	1,570	2717,2	2952,7	7,8052	0,781	2713,1	2947,3	7,4774
280	1,695	2778,6	3032,8	7,9555	0,844	2775,4	3028,6	7,6299
p = 60 bar = 6,0 MPa (T _{sat} = 275,64 °C)				p = 80 bar = 8,0 Mpa (T _{sat} = 295,06 °C)				
500	0,05665	3082,2	3422,2	6,8803	0,04313	3102,7	3447,7	6,7871
540	0,06015	3156,1	3517,0	6,9999	0,04582	3178,7	3545,3	6,9072
600	0,06525	3266,9	3658,4	7,1677	0,04845	3254,4	3642,0	7,0206

Berdasarkan Tabel dan 4 diketahui nilai entalpi air umpan, entalpi low pressure, dan entalpi high pressure pada saat commisioning dan bulan Januari 2016. Nilai entalpi dicari dengan menggunakan persamaan 1, nilai entalpi pada saat commisioning masing masing adalah 207.24 kJ/kg, 2989,17 kJ/kg, 3501,26 kJ/kg. Nilai entalpi pada bulan Januari 2016 masing masing adalah 193.46 kJ/kg, 2990,12 kJ/kg, 3497,741 kJ/kg.

Nilai entalpi yang telah didapatkan pada saat commisioning maka akan diketahui nilai efisiensi *low pressure* dengan menggunakan persamaan 2 adalah sebesar 23,69 %, nilai efisiensi *high pressure* dengan menggunakan persamaan 3 adalah sebesar 69,62 %, dan nilai total efisiensi menggunakan persamaan 4 adalah sebesar 93,31 % [7].

Nilai entalpi yang dihasilkan pada saat commisioning maka diketahui nilai efisiensi *low pressure* dengan menggunakan persamaan 2 adalah sebesar 13,41 %, nilai efisiensi *high pressure* dengan menggunakan persamaan 3 adalah sebesar 66,47 %, dan nilai total efisiensi dengan menggunakan persamaan 4 adalah sebesar 79,88 % [7].

Dari perhitungan efisiensi *low pressure*, *high pressure*, dan total efisiensi diatas, berdasarkan Tabel 5 menunjukkan sebuah nilai efisiensi yang dihasilkan oleh HRSG pada saat commisioning dan bulan Januari 2016.

Tabel 5. Ringkasan Efisiensi Total HRSG

No	Item	Satuan	HRSG unit 1	
			Commisioning HRSG unit 1	Bulan Januari 2016 HRSG unit 1
1	Efisiensi Total HRSG	%	93,31	79,88
2	Efisiensi <i>Low Pressure</i>	%	23,69	13,41
3	Efisiensi <i>High Pressure</i>	%	69,62	66,47

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan akan diketahui nilai total efisiensi HRSG *commisioning* sebesar 93,31% dengan nilai efisiensi *high pressure* sebesar 69,62% dan nilai efisiensi *low pressure* sebesar 23,69%, dibandingkan dengan nilai total efisiensi HRSG pada bulan Januari 2016 sebesar 79,88% dengan nilai efisiensi *high pressure* sebesar 66,47% dan nilai efisiensi *low pressure* sebesar 13,41%. Terjadi penurunan nilai efisiensi saat *commisioning* dengan bulan Januari 2016 yaitu sebesar 13,43%. Penurunan efisiensi berdasarkan Tabel 1 terjadi karena perbedaan nilai yang signifikan pada *superheated mass flow* dibagian *low pressure* dan daya output ketika *commisioning* dan bulan Januari 2016 masing masing yaitu 7,02 bar dan 3,6 bar, dan 40 MW dan 29 MW.

5. REFERENSI

- [1] Ramadhan, A. 2015. Analisis Pengaruh Pemakaian Bahan Bakar Terhadap Efisiensi HRSG KA13E2 Di Muara Tawar *Combine Cycle Power Plant*, Jakarta.
- [2] Ristyanto, A., Windarto, J, and Handoko, S. 2012. "Simulasi Perhitungan Efisiensi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Rembang".
- [3] Amirul, H. 2011. *Heat Recovery Steam Generator Fundamental Training Module*. Switzerland: Alstom.
- [4] Setyoko, B, 2013. *Analisa Efisiensi Performa HRSG (Heat Recovery Steam Generator)*. Semarang UNDIP.
- [5] Data temperature, tekanan, dan laju massa didapat dari PT Krakatau Daya Listrik Cilegon, Banten Februari 2016.
- [6] Moran, Michael J ,dan Shapiro, Howard N. 2004. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics 5th Edition*.
- [7] Yohana, E, Priambodo, A. 2012. "Analisa Efisiensi Low Pressure HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) Pada PLTGU PT. Indonesia Power Ubp Semarang". ROTASI – Vol. 14, No. 1, Januari 2012: 7–9.