

ANALISIS UNJUK KERJA *HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR* (HRSG) PADA PLTGU MUARA TAWAR BLOK 5

Anwar Ilmar,ST,MT¹,.Ali Sandra²

Lecture¹,College student²,Departement of machine, Faculty of Engineering,
University Muhammadiyah Jakarta, Jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat
10510, Tlp 021-4244016,4256024, email :

ABSTRAK

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) merupakan ketel uap yang memanfaatkan gas buang dari turbin gas untuk memanaskan air menjadi uap panas lanjut. Dalam penelitian ini kita dapat menghitung efisiensi HRSG dengan cara membandingkan total aliran energi panas untuk menghasilkan uap dengan total aliran energi panas yang berasal dari keluaran turbin gas.

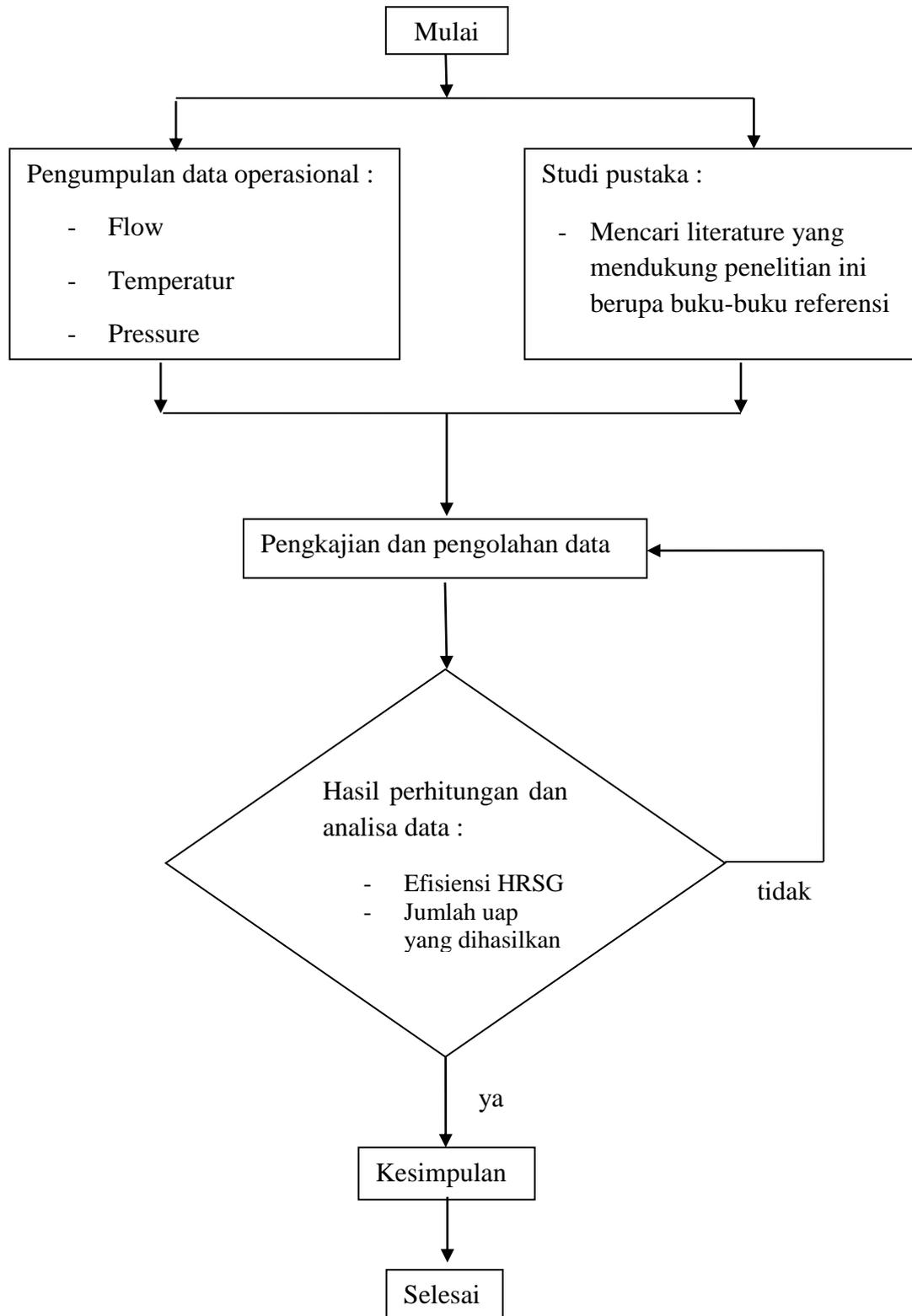
Dari hasil penelitian ini didapat bahwa efisiensi tertinggi yaitu sebesar 85.71 % , dengan laju aliran energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut sebesar 222868.53 kJ/s, laju aliran gas buang pada HRSG sebesar 260017.1 kJ/s dan efisiensi terendah sebesar 82.31% dengan laju aliran energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut sebesar 213550.62 kJ/s, laju aliran gas buang pada HRSG sebesar 259432.8 kJ/s. rata-rata efisiensi yang terjadi pada tahun 2012 adalah 84.19%

Kata Kunci: gas buang, uap, aliran panas

1. PENDAHULUAN

PLTGU merupakan pembangkit jenis *combine cycle*, gabungan antara pembangkit gas dan pembangkit uap. Dalam instalasi PLTGU terdapat peralatan yang dinamakan HRSG (*Heat recovery Steam Generator*). Keuntungan penggunaan HRSG yang paling prinsip dibanding boiler umum (yang menggunakan burner) adalah peningkatan efisiensi karena HRSG memanfaatkan gas buang dari Turbin Gas sebagai sumber kalor sehingga tidak memerlukan bahan bakar dan udara sebagai pemanas. HRSG (*Heat recovery Steam Generator*) merupakan peralatan yang memanfaatkan sisa energi gas buang yang ada pada turbin gas untuk memproduksi uap agar bisa menggerakkan turbin uap. Maka dari itu untuk dapat menghasilkan uap dengan kualitas dan kuantitas yang baik perlu dilakukan studi mengenai unjuk kerja dari HRSG tersebut.

2. DIAGRAM ALIR



3. METODE PENELITIAN

Dalam teknik pengolahan data ini penulis ingin menjabarkan atau memaparkan tentang pengolahan data yang didapat oleh penulis sebagai bahan untuk mengerjakan tugas akhir ini. Dimana penulis ingin menjelaskan langkah – langkah melakukan perhitungan sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan efisiensi HRSG
2. Melakukan analisa dari data unjuk kerja dari bulan januari sampai desember tahun 2012

4. DATA HASIL PENELITIAN

Dari data, maka bisa dihitung efisiensi HRSG dari PLTGU blok 5 pada bulan Januari – Desember 2012. Nilai efisiensi bisa dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\eta_{HRSG} = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{\text{energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut}}{\text{energi gas buang yang ada pada HRSG}}$$

$$= \frac{\{(h_{HP\ Steam} \times \dot{m}_{HP\ Steam}) + (h_{LP\ Steam} \times \dot{m}_{LP\ Steam})\} - \{(h_{HP\ FW} \times \dot{m}_{HP\ FW}) + (h_{LP\ FW} \times \dot{m}_{LP\ FW})\}}{\{(h_{TAT} - h_{atm}) \times \dot{m}_{TAT}\}}$$

dimana :

$$\text{Output} = \{(h_{HP\ Steam} \times \dot{m}_{HP\ Steam}) + (h_{LP\ Steam} \times \dot{m}_{LP\ Steam})\} - \{(h_{HP\ FW} \times \dot{m}_{HP\ FW}) + (h_{LP\ FW} \times \dot{m}_{LP\ FW})\}$$

$$\text{Input} = \{(h_{TAT} - h_{atm}) \times \dot{m}_{TAT}\}$$

4.1. Analisa Perhitungan Data pada Bulan Januari Tahun 2012

Jika pada data performance tes pada bulan januari untuk HRSG blok 5 didapat data pada tabel 4.1, maka dari data tersebut dapat dicari nilai Entalpi (h) sebagai berikut :

- Entalpi HP Steam ($h_{HP\ Steam}$)

Pada Temperatur 511 °C dan Tekanan 55.6 bar (data pada table 4.1) Entalpi dari HP Steam dapat dicari dengan menggunakan tabel uap.

Table 4.1 Tabel uap untuk P=54 bar, 56 bar dan T = 510°C, 520°C

T (°C)	P = 54 bar	P = 56 bar
510	$h_{54;510} = 3452.3$ kJ/kg	$h_{56;510} = 3450.1$ kJ/kg
520	$h_{54;520} = 3475.6$ kJ/kg	$h_{56;520} = 3473.4$ kJ/kg

Perhitungan dengan menggunakan interpolasi sebagai berikut :

$$h_{54;511} = \frac{(T_{511} - T_{510})}{(T_{520} - T_{510})} \times (h_{54;520} - h_{54;510}) + h_{54;510}$$

$$= \frac{(511 - 510)}{(520 - 510)} \times (3475.6 - 3452.3) + 3452.3$$

$$= 3454.63 \text{ kJ/kg}$$

$$\begin{aligned}
h_{56;511} &= \frac{(T_{511}-T_{510})}{(T_{520}-T_{511})} \times (h_{56;520} - h_{56;510}) + h_{56;510} \\
&= \frac{(511-510)}{(520-510)} \times (3473.4 - 3450.1) + 3450.1 \\
&= 3452.43 \text{ kJ/kg} \\
h_{\text{HP Steam}} &= \frac{(P_{55.6}-P_{54})}{(P_{56}-P_{54})} \times (h_{54;511} - h_{56;511}) + h_{56;511} \\
&= \frac{(55.6-54)}{(56-54)} \times (3454.63 - 3452.43) + 3452.43 \\
&= \mathbf{3452.8 \text{ kJ/kg}}
\end{aligned}$$

Jadi Entalpi HP Steam pada tekanan 55.6 bar dan Temperatur 511⁰C adalah **3452.8 kJ/kg**

Nilai dari tiap-tiap entalpi dapat dicari dengan menggunakan perhitungan seperti diatas, sehingga nilai dari keseluruhan entalpi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
h_{\text{HP Steam}} &= 3452.8 \text{ kJ/kg} \\
h_{\text{LP Steam}} &= 2992.4 \text{ kJ/kg} \\
h_{\text{HP FW}} &= 255.36 \text{ kJ/kg} \\
h_{\text{LP FW}} &= 244.26 \text{ kJ/kg} \\
h_{\text{atm}} &= 302.4 \text{ kJ/kg} \\
h_{\text{TAT}} &= 793.46 \text{ kJ/kg}
\end{aligned}$$

Dari data nilai-nilai Entalpi tersebut maka dapat dihitung efisiensi HRSG tersebut yaitu sebagai berikut :

$$\eta_{\text{HRSG}} = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{\text{energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut}}{\text{energi gas buang yang ada pada HRSG}}$$

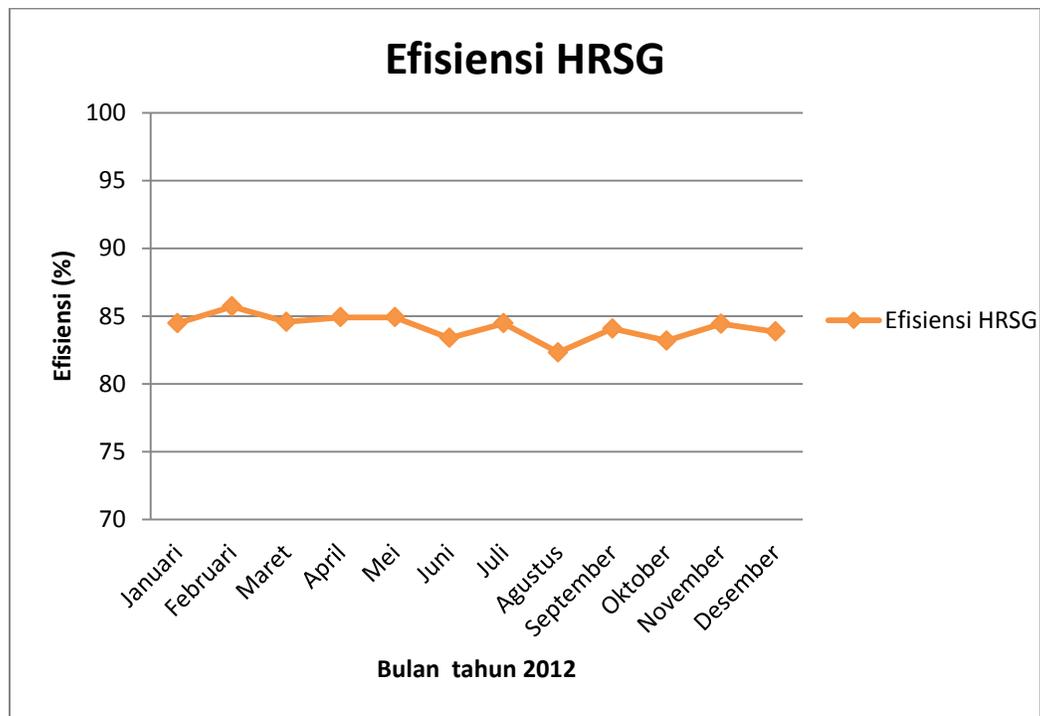
$$\begin{aligned}
&= \frac{\{(h_{\text{HP Steam}} \times \dot{m}_{\text{HP Steam}}) + (h_{\text{LP Steam}} \times \dot{m}_{\text{LP Steam}})\} - \{(h_{\text{HP FW}} \times \dot{m}_{\text{HP FW}}) + (h_{\text{LP FW}} \times \dot{m}_{\text{LP FW}})\}}{\{(h_{\text{TAT}} - h_{\text{atm}}) \times \dot{m}_{\text{TAT}}\}} \\
\text{Output} &= \{(h_{\text{HP Steam}} \times \dot{m}_{\text{HP Steam}}) + (h_{\text{LP Steam}} \times \dot{m}_{\text{LP Steam}})\} - \\
&\quad \{(h_{\text{HP FW}} \times \dot{m}_{\text{HP FW}} + h_{\text{LP FW}} \times \dot{m}_{\text{LP FW}})\} \\
&= \{(3452.8 \text{ kJ/kg} \times 56.4 \text{ Kg/s}) + (2992.4 \text{ kJ/kg} \times 14.6 \text{ Kg/s})\} - \\
&\quad \{(255.36 \text{ kJ/kg} \times 51.2 \text{ Kg/s}) + (244.26 \text{ kJ/kg} \times 25.5 \text{ Kg/s})\} \\
&= 238426.96 \text{ kJ/s} - 19303.06 \text{ kJ/s} \\
&= 219123.89 \text{ kJ/s} \\
\text{Input} &= \{(h_{\text{TAT}} - h_{\text{atm}}) \times \dot{m}_{\text{TAT}}\} \\
&= (793.46 \text{ kJ/kg} - 302.4 \text{ kJ/kg}) \times 528.2 \text{ Kg/s} \\
&= 259377.89 \text{ kJ/s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\eta_{\text{HRSG}} &= \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{\text{energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut}}{\text{energi gas buang yang ada pada HRSG}} \\
&= \frac{219123.89 \text{ kJ/s}}{259377.89 \text{ kJ/s}} \\
&= 0.8448 \\
&= 84.48 \%
\end{aligned}$$

Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai efisiensi tiap bulan tahun 2012

Bulan	Output (kJ/s)	Input (kJ/s)	Efisiensi (%)
Januari	219123.89	259377.9	84.48
Februari	222868.53	260017.1	85.71
Maret	219069.08	259047.6	84.56
April	220368.45	259517.7	84.91
Mei	220263.74	259385.3	84.91
Juni	215840.39	258855.8	83.38
Juli	220057.93	260534.5	84.46
Agustus	213550.62	259432.8	82.31
September	219621.97	261210.7	84.07
Oktober	214911.93	258327.9	83.19
November	219881.73	260439.5	84.42
Desember	218594.01	260682.5	83.85

Dari data table 4.2 diperoleh grafik nilai efisiensi tiap bulan selama tahun 2012



Grafik 4.1 Efisiensi HRSG tiap bulan selama tahun 2012

Dari grafik 4.1 dapat diketahui bahwa :

- Efisiensi tertinggi terjadi pada bulan Februari yaitu sebesar 85.71 % dengan laju aliran energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut sebesar 222868.53 kJ/s dengan laju aliran gas buang pada HRSG sebesar 260017.1 kJ/s.
- Efisiensi terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 82.31% dengan laju aliran energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut sebesar 213550.62 kJ/s dengan laju aliran gas buang pada HRSG sebesar 259432.8 kJ/s.
- Efisiensi rata-rata HRSG tahun 2012 sebesar 84.19%

4.2. Analisa Perhitungan Data Komisioning Bulan Juni Tahun 2011

Jika pada data komisioning bulan juni tahun 2011 (lampiran 1) didapat hasil pengukuran sebagai berikut :

Tabel 4.3 Data komisioning bulan juni tahun 2011

Paramater	Satuan	Data
HP Steam		
Flow	kg/s	63.36
Temperatur	°C	511.8
Tekanan	bar	67.43
Entalpi	kJ/kg	3442.6
LP Steam		
Flow	kg/s	14.63
Temperatur	°C	268.2
Tekanan	bar	6.191
Entalpi	kJ/kg	2995.3
HP Feed Water		
Flow	kg/s	63.36
Temperatur	°C	60.9
Tekanan	bar	101
Entalpi	kJ/kg	255.86
LP Feed Water		
Flow	kg/s	35.30
Temperatur	°C	60.1
Tekanan	bar	18.6
Entalpi	kJ/kg	244.25
Temp Stack	°C	104.7
TAT	°C	530.4
Flow TAT	kg/s	528.40
T _{atm}	°C	30
Press atm	mbar	1013

Maka besarnya nilai efisiensi HRSG saat komisioning pada bulan juli tahun 2011 dapat dihitung sebagai berikut :

$$\eta_{HRSG} = \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{\text{energi yang dibutuhkan air menjadi uap panas lanjut}}{\text{energi gas buang yang ada pada HRSG}}$$

$$= \frac{\{(h_{HP\ Steam} \times \dot{m}_{HP\ Steam}) + (h_{LP\ Steam} \times \dot{m}_{LP\ Steam})\} - \{(h_{HP\ FW} \times \dot{m}_{HP\ FW}) + (h_{LP\ FW} \times \dot{m}_{LP\ FW})\}}{\{(h_{TAT} - h_{atm}) \times \dot{m}_{TAT}\}}$$

$$\begin{aligned} \text{Output} &= \{(h_{HP\ Steam} \times \dot{m}_{HP\ Steam}) + (h_{LP\ Steam} \times \dot{m}_{LP\ Steam})\} - \\ &\quad \{(h_{HP\ FW} \times \dot{m}_{HP\ FW} + h_{LP\ FW} \times \dot{m}_{LP\ FW})\} \\ &= \{(3442.6 \text{ kJ/kg} \times 63.36 \text{ Kg/s}) + (2995.3 \text{ kJ/kg} \times 14.63 \text{ Kg/s})\} - \quad \{(255.86 \\ &\quad \text{kJ/kg} \times 63.36 \text{ Kg/s}) + (244.25 \text{ kJ/kg} \times 35.3 \text{ Kg/s})\} \\ &= 261944.38 \text{ kJ/s} - 24833.31 \text{ kJ/s} \\ &= 237111.07 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Input} &= \{(h_{TAT} - h_{atm}) \times \dot{m}_{TAT}\} \\ &= (803.4 \text{ kJ/kg} - 303.2 \text{ kJ/kg}) \times 528.4 \text{ Kg/s} \\ &= 264305.68 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{HRSG} &= \frac{\text{output}}{\text{input}} = \frac{237111.07 \text{ kJ/s}}{264305.68 \text{ kJ/s}} \\ &= 0.8971 \\ &= \mathbf{89.71\%} \end{aligned}$$

Jadi efisiensi HRSG saat komisioning bulan juli tahun 2011 sebesar **89.71 %**

Dari hasil perhitungan komisioning diatas dapat diketahui bahwa :

- Terjadi penurunan efisiensi HRSG pada saat komisioning HRSG tahun 2011 dengan efisiensi HRSG yang berjalan pada tahun 2012.
- Efisiensi HRSG rata-rata pada tahun 2012 adalah sebesar 84.19% sedangkan efisiensi HRSG saat komisioning tahun 2011 adalah 89.71%
- Terjadi penurunan efisiensi HRSG sebesar 6.15%

Penurunan efisiensi HRSG ini disebabkan karena :

- Adanya perubahan laju aliran flow gas keluaran turbin yang menuju HRSG. Akibatnya laju energi gas buang yang diserap oleh air untuk proses pembentukan uap juga mengalami perubahan. Akibat yang ditimbulkan dari peristiwa ini adalah efisiensi HRSG juga mengalami penurunan sesuai dengan kondisi yang terjadi pada saat itu.

5. KESIMPULAN

Dari analisa diatas ada beberapa hal yang patut diperhitungkan untuk dijadikan kesimpulan yaitu :

1. Dari grafik 4.1 dapat diketahui bahwa efisiensi tertinggi terjadi pada bulan Februari yaitu sebesar 85.71 % sedangkan efisiensi terendah terjadi pada bulan Agustus yaitu sebesar 82.31%.
2. Efisiensi HRSG rata – rata pada tahun 2012 adalah sebesar 84.19% sedangkan efisiensi HRSG saat komisioning tahun 2011 adalah 89.71% sehingga terjadi penurunan efisiensi HRSG sebesar 6.15%
3. Penurunan efisiensi ini disebabkan karena Adanya perubahan laju aliran flow gas keluaran turbin yang menuju HRSG. Akibatnya laju energi gas buang yang diserap oleh air untuk proses pembentukan uap juga mengalami perubahan sehingga efisiensi HRSG mengalami penurunan

5.2 SARAN

1. Perlu dilakukannya cleaning/penggantian filter air intake, dikarenakan terjadinya penurunan laju aliran flow gas keluaran turbin yang menuju HRSG sehingga efisiensi berkurang.
2. Dari penelitian ini dapat di jadikan dasar untuk penelitian lebih lanjut mengenai efisiensi HRSG unit lain, agar dapat dilakukan komparasi dengan efisiensi unit pembangkit lainnya

DAFTAR REFERENSI

1. Alstom, *Heat Recovery Steam Boiler Fundamental Training Module*, Switzerland, 2004.
2. Helmi, Amirul, *Combined Cycle Power Plant Overview*, Switzerland: Alstom.
3. Helmi, Amirul, *Heat Recoveri Steam Generator Overview*, Switzerland: Alstom.
4. PT.PLN, *Inspeksi Komisioning Pusat Listrik Tenaga Gas Uap Muara Tawar Blok 5*, Jakarta: Muara Tawar, 2011
5. Rochani, Habib, *Bahan Termodinamika & Heat Balance*, Jakarta : STT-PLN, 2007.
6. Setyoko, Bambang, *Analisa Efisiensi Performa HRSG*, Semarang: UNDIP, 2006.
7. Sukatnak, Rian, *Analisis Unjuk Kerja HRSG Blok 1 Pada PLTGU Muara Tawar*, Jakarta: STT-PLN, 2012.

