

# Dampak Perubahan Parameter *Closed Feedwater Heater* terhadap *Heat Rate Losses* pada PLTU Kapasitas 110 MW

Hendra Budiono Putra Parapa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PT PLN (Persero) UPDL Makassar

Jl. Malino No.377, Somba Opu, Gowa, Sulawesi Selatan 92119, Indonesia

e-mail: hendra.budiono@pln.co.id

**Abstrak**— *Closed Feedwater heater* merupakan salah satu komponen penting dalam siklus di PLTU, yang dapat mempengaruhi efisiensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh parameter *closed feedwater heater* terhadap *net plant heat rate*. Data aktual yang digunakan berasal dari performance test pada kondisi base load. Data hasil performance test ini kemudian dibandingkan dengan data referensi dari hasil *performance test* komisioning. Perbedaan dari data data tersebut kemudian dikorelasikan dengan faktor dampak perubahan parameter terhadap *heat rate losses*. Studi ini menyimpulkan bahwa parameter pada *cycle component* yang memberikan dampak signifikan terhadap kenaikan *net plant heat rate* adalah *Terminal Temperature Difference* pada *High Pressure Heater 1*, yakni 1,37 % atau 37,06 kCal/kWh terhadap total *heat rate loss*. Dan total kerugian biaya produksi akibat komponen *closed feedwater heater* yakni sebesar Rp. 20,09 juta/hari. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan parameter pada *closed feedwater heater* sangat mempengaruhi kinerja dari sistem PLTU dari sisi teknis maupun biaya.

**Kata kunci:** *Feedwater Heater, Net Plant Heat Rate, Terminal Temperature Difference*

**Abstract**— *Closed Feedwater heater* is one of the important components in steam power plant process, which can affect efficiency. Objective of this study is to analyze the effect of *closed feedwater heater* parameter on *net plant heat rate*. The actual data is acquired from the performance test at base load conditions. The performance test data is then compared with the reference data from the results of commissioning performance test. The differences in the data are then correlated with the impact factor of parameter changes on *heat losses rate*. This study concludes that the parameter in the *cycle component* has a significant impact on the increase of *net plant heat rate* was *Terminal*.

**Keywords:** *Feedwater Heater, Net Plant Heat Rate, Terminal Temperature Difference*

## I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu pembangkit yang memiliki peran yang sangat penting dalam sistem kelistrikan di Indonesia. Oleh karena itu performance dari sistem PLTU perlu untuk dijaga agar tetap handal dan efisien dalam proses pembangkitan energi listrik. Salah satu langkah penting dalam menjaga menjaga kehandalan dan efisiensi adalah pelaksanaan evaluasi secara berkala terhadap kondisi setiap bagian pada sistem PLTU. Salah satu komponen penting pada sistem PLTU yang memerlukan evaluasi berkala yakni *closed feedwater heater*.

*Closed feedwater heater* berfungsi sebagai komponen yang memanaskan fluida kerja sebelum masuk ke dalam boiler. Dengan bertambahnya suhu fluida kerja yang masuk ke dalam boiler, maka kalor yang masuk ke dalam pembangkit menjadi lebih rendah. Turunnya kalor tersebut berdampak kepada meningkatnya efisiensi pembangkit, dan menurunnya bahan bakar yang digunakan di dalam pembangkit [1]. Jenis *closed feedwater heater* yang umum digunakan pada sistem PLTU adalah High Pressure Heater (HPH) dan Low Pressure Heater (LPH) [2]. Sistem *closed feedwater heater* bekerja berdasarkan prinsip *Regenerative Rankine Cycle* [3]. *Regenerative Rankine Cycle* adalah siklus

rankine yang memanfaatkan uap ekstraksi dari turbin untuk memanaskan fluida kerja yakni air agar temperaturnya naik sehingga kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan fluida kerja pada boiler berkurang. Dengan melakukan evaluasi terhadap kinerja sistem *closed feedwater heater*, maka akan menjaga menjaga efisiensi pembangkitan PLTU.

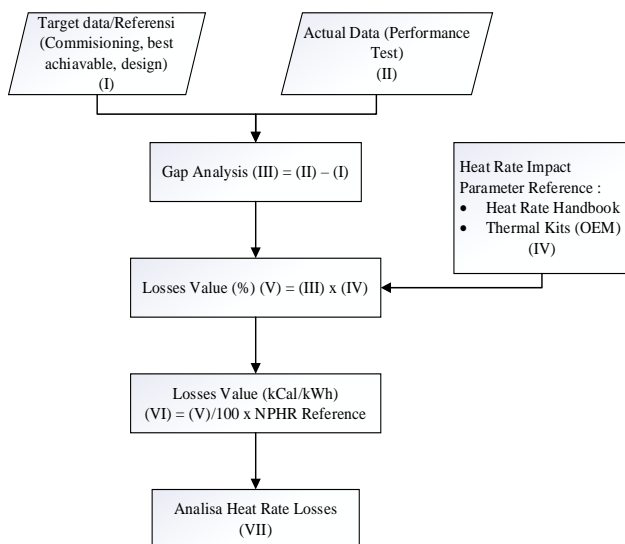
Parameter yang umum digunakan untuk mengevaluasi kinerja dari feedwater heater adalah *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach* (DCA), dan *Temperature Rise* (TR) [4]. Pada penelitian terdahulu telah dilakukan analisa kinerja dari *closed feedwater heater* berdasarkan parameter *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach* (DCA), dan *Temperature Rise* (TR) menggunakan simulasi MATLAB R2013A [5] dan menganalisis dari sisi operasi menggunakan software pemodelan *Heat and Mass Balance* [6, 7] serta keunggulan dan kelemahan dari penggunaan sistem *regenerative feedwater heater* [8]. Namun kajian terkait dampak perubahan parameter *closed feedwater heater* terhadap *heat rate loss* pada *net plant heat rate* belum banyak dilakukan. Oleh karena itu dilakukan kajian terhadap penelitian tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter *closed feedwater heater* terhadap *heat rate losses*

dan efisiensi. Parameter yang digunakan dalam melakukan evaluasi adalah *Terminal Temperature Difference* (TTD) dan *Drain Cooler Approach* (DCA). Studi kasus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada PLTU kapasitas 110 MW dengan bahan bakar batubara. Dengan melakukan penelitian ini maka dapat diketahui dampak yang diakibatkan dari perubahan parameter *closed feedwater heater* terhadap performance dari pembangkit PLTU dengan melihat besarnya *heat rate losses* yang ditimbulkan.

## II. METODE

Berikut ini merupakan uraian metode yang digunakan untuk menganalisis pengaruh parameter *closed feedwater heater* terhadap *plant heat rate losses* dan efisiensi. Sebagai penelitian berbentuk studi kasus, penelitian ini menggunakan data parameter pada beban *base load* pada PLTU dengan kapasitas 110 MW, baik untuk kondisi referensi maupun aktual. Data yang digunakan pada penelitian ini yakni data hasil perhitungan dan parameter operasi berdasarkan hasil *performance test* pada saat komisioning dan aktual pada PLTU Punagaya unit 1. Metode yang digunakan yakni dengan menghitung deviasi dari 26 parameter yang kemudian dihubungkan dengan dampak heat rate untuk mendapatkan *heat rate loss*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menghitung *heat rate losses* pada *plant* digambarkan dengan flowchart sebagai mana pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Flowchart Analisa Heat Rate Losses

Langkah-langkah pada flowchart yang terdapat pada Gambar 1 di atas dijelaskan dengan sebagaimana berikut:

- Mengumpulkan nilai parameter target (*reference data*) berupa data komisioning. Jika data komisioning tidak dapat ditemukan, maka dapat menggunakan data *best achievable*. Bila terdapat parameter yang tidak ada dalam data *best achievable*, maka dapat menggunakan data desain.
- Menentukan kondisi parameter saat ini (existing data) dengan mengambil nilai rata-rata berdasarkan hasil *performance test* pada beban *base load*. Selanjutnya membagi parameter-parameter tersebut menjadi 6 area penyebab degradasi heat rate [9, 10] antara lain:
  - Operator Controllable Area*
  - Unit Controllable Area*
  - Turbine Component Area*
  - Cycle Component Area*
  - Boiler Component Area*
  - Other Losses Area*

- Turbine Component Area*
  - Cycle Component Area*
  - Boiler Component Area*
  - Other Losses Area*
- Menentukan gap yang terjadi dengan mengurangi nilai existing data dengan data referensi.
  - Menggunakan referensi dampak perubahan parameter terhadap heat rate berdasarkan faktor koreksi dari *thermal kits* atau *Handbook Heat Rate* [11].
  - Menghitung besarnya nilai *heat rate losses* dalam satuan persen dengan cara mengalikan gap yang terjadi dengan faktor koreksi dari *thermal kits* atau *Handbook Heat Rate*
  - Menghitung besarnya nilai *heat rate losses* dalam satuan kCal/kWh dengan cara mengalikan nilai losses dalam persen dengan *Net Plant Heat Rate* referensi.
  - Melakukan analisa *heat rate losses* berdasarkan parameter yang berpengaruh besar terhadap kenaikan *heat rate losses*.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Dampak Perubahan Parameter Terhadap *Heat Rate Losses*

Hasil perhitungan gap heat rate dapat dilihat pada tabel 1 yang menunjukkan dampak perubahan parameter terhadap nilai net plant heat rate dalam bentuk heat rate losses.

Tabel 1. Dampak parameter terhadap *heat rate losses*

No	Parameter	<i>Heat Rate Losses</i>	
		%	kCal/kWh
1	<i>Operator Controllable</i>	2,15	58,09
2	<i>Unit Controllable</i>	0,77	20,81
3	<i>Turbine Component</i>	1,01	27,38
4	<i>Cycle Component</i>	2,35	63,52
5	<i>Boiler Component</i>	-0,38	-10,15
6	<i>Other Losses Area</i>	0,45	12,09
<i>Total Losses</i>		6,35	171,73

Berdasarkan Tabel 1, dampak *heat rate losses* terbesar terjadi pada parameter *cycle component* yakni sebesar 2,35% (63,52 kCal/kwh) terhadap kenaikan *net plant heat rate* sedangkan pada *boiler component area* menurunkan *net plant heat rate* sebesar 0,38% (10,15 kCal/kWh). Untuk dampak perubahan parameter pada tiap-tiap area dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Dampak perubahan parameter pada tiap area terhadap *heat rate loss*

No	Parameter	<i>Heat Rate Losses</i>	
		%	kCal/kWh
1	<i>Net Plant Heat Rate (kCal/kWh)</i>	6,35	171,73
<b>A</b> <i>Operator Controllable Area</i>			
1	<i>Flue Gas outlet AH, °C</i>	-0,23	-6,24
2	<i>Orsat O2 Gas in AH, %</i>	0,05	1,47
3	<i>Main Steam Temperature, °C</i>	0,29	7,76

4	Main Steam Pressure, Mpa	2,00	54,11
5	Water spray to DeSH, % of MS Flow	0,04	0,98
<b>B Unit Controllable Area</b>			
1	Auxiliary Power, %	0,31	8,46
2	Final Temperature FW Heater, °C	0,25	6,69
3	Main Steam Flow, %	0,92	24,87
4	Condenser Vacuum, mmHgA	-0,71	-19,21
<b>C Turbine Component Area</b>			
1	HP Turbine Efficiency, %	0,43	11,59
2	LP Turbine Efficiency, %	0,58	15,79
<b>D Cycle Component Area</b>			
1	TTD HPH 1, °C	1,37	37,06
2	TTD HPH 2, °C	0,35	9,56
3	TTD LPH 4, °C	-0,05	-1,26
4	TTD LPH 5, °C	-0,05	-1,38
5	TTD LPH 6, °C	0,10	2,59
6	TTD LPH 7, °C	0,03	0,78
7	DCA HPH 1, °C	0,30	8,19
8	DCA HPH 2, °C	0,29	7,97
<b>E Boiler Component Area</b>			
1	Moisture in Fuel (%)	0,42	11,36
2	H in Fuel (%)	-0,37	-10,06
3	Air Heater Leakage, (%)	0,00	0,00
4	Air Heater Effectiveness, (%)	-0,40	-10,89
5	FDI Inlet temperature, °C	0,01	0,15
6	Unburn Carbon, %	-0,03	-0,71
<b>F Other Losses Area</b>			
1	Make Up Water, t/h	0,29	7,86
2	Other Factor	0,16	4,22

Pada Tabel 2, terlihat bahwa parameter *main steam pressure* memberikan kontribusi besar terhadap kenaikan *net plant heat rate* yakni sebesar 2 % (54,11 kCal/kWh) dari total *heat rate losses*. Sedangkan parameter *condenser vacuum* menurunkan *net plant heat rate* sebesar 0,71% (19,21 kCal/kWh).

#### B. Dampak Perubahan Parameter Closed Feedwater Heater Terhadap Heat Rate Losses di Cycle Component

Parameter *cycle component* yang digunakan untuk mengetahui besarnya *heat rate losses* adalah *Terminal Temperature Difference* (TTD) dan *Drain Cooling Approach* (DCA). Untuk mengetahui besarnya parameter penyumbang *heat rate losses* pada *cycle component* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Dampak parameter cycle component terhadap heat rate loss

No	Cycle Component Parameter	Heat Rate Losses	
		%	kCal/kWh
1	TTD HPH 1, °C	1,37	37,06
2	TTD HPH 2, °C	0,35	9,56
3	TTD LPH 4, °C	-0,05	-1,26
4	TTD LPH 5, °C	-0,05	-1,38
5	TTD LPH 6, °C	0,10	2,59
6	TTD LPH 7, °C	0,03	0,78
7	DCA HPH 1, °C	0,30	8,19
8	DCA HPH 2, °C	0,29	7,97
Total Losses		2,35	63,52

Dampak *heat rate losses* di *cycle component area*, disebabkan oleh kenaikan *Temperature Terminal Difference* dan *Drain Cooler Approach* dari *feedwater heater* yang diwakili HPH (*High Pressure Heater*) dan LPH (*Low Pressure Heater*). *Temperature Terminal Difference* mengalami kenaikan pada HPH 1, HPH 2, LPH 6, LPH 7 dan *Drain Cooler Approach* mengalami kenaikan pada HPH 1 dan HPH 2. Sedangkan pada LPH 4 dan LPH 5, *Temperature Terminal Difference* mengalami penurunan nilai parameter walaupun tidak memberikan dampak yang cukup besar terhadap *heat rate losses* di *cycle component*. Dampak *cycle component* utamanya disebabkan oleh kenaikan parameter *Temperature Terminal Difference* pada HPH 1. Kenaikan *Temperature Terminal Difference* pada HPH 1 memberikan kontribusi sebesar 1,37 % terhadap kenaikan *net plant heat rate* dari sisi *cycle component* dibandingkan dengan HPH dan LPH lainnya.

Hal – hal yang memungkinkan terjadinya kenaikan *Temperature Terminal Difference* pada *High Pressure Heater* yakni :

- Level heater yang tidak sesuai.
- Pressure drop pada pipa ekstraksi.
- Berkurangnya aliran kondensat yang melewati heater.
- Kebocoran pada partisi heater.
- Fouling pada sisi tube heater.

#### C. Dampak Perubahan Parameter Closed Feedwater Heater Terhadap Kerugian Biaya Produksi

Selain dampak parameter *cycle component* terhadap *net plant heat rate*, dapat juga diketahui dampak kerugian biaya produksi akibat perubahan parameter tersebut yang dapat dilihat pada tabel 4. Dengan asumsi harga batubara dengan nilai kalor 4001 kCal/kg pada saat *performance test base load* yakni 741 Rp/kg atau setara dengan 0,19 Rp/kCal (Berdasarkan nilai kurs Rp. 14.951,75/USD).

Tabel 4. Dampak perubahan parameter cycle component terhadap kerugian biaya produksi

No	Parameter	Heat Rate Loss	Kerugian Biaya Produksi
----	-----------	----------------	-------------------------

		kCal/kWh	Rp (Juta)/hari
1	TTD HPH 1, °C	37,06	16,45
2	TTD HPH 2, °C	9,56	4,24
3	DCA HPH 1, °C	8,19	3,64
4	DCA HPH 2, °C	7,97	3,54
5	TTD LPH 6, °C	2,59	1,15
6	TTD LPH 7, °C	0,78	0,35

Berdasarkan Tabel 4, kerugian biaya produksi akibat komponen HPH 1 cukup besar. Jika kerugian akibat perubahan parameter TTD dan DCA ditotal, diperoleh kerugian sebesar Rp. 20,09 Juta/hari. Dengan demikian, dari beberapa data yang telah disajikan di atas, terlihat bahwa semakin besar deviasi parameter *closed feedwater heater* maka akan semakin besar dampak kerugian baik dari sisi performance maupun biaya produksi.

#### IV. KESIMPULAN

Analisis pengaruh indikator kinerja *feedwater heater* terhadap *plant heat rate losses* dan efisiensi pada sistem PLTU telah berhasil dilaksanakan. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa *cycle component* memberikan dampak kenaikan *plant heat rate* kondisi aktual sebesar 2,35 %. Parameter pada *cycle component* yang memberikan dampak signifikan terhadap kenaikan *plant heat rate* adalah *Terminal Temperature Difference* pada HPH 1, yakni 1,37 % atau

37,06 kCal/kWh terhadap total *heat rate loss* dari *cycle component*. Dan total kerugian biaya produksi akibat komponen *closed feedwater heater* yakni sebesar Rp. 20,09 juta/hari. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan parameter pada *closed feedwater heater* sangat mempengaruhi kinerja dari sistem PLTU dari sisi teknis maupun biaya.

#### REFERENSI

- [1] M. E. H. ASSAD, "Effect of Feedwater Temperature Rise in Heaters on Regenerative Rankine Cycle Performance," *International Journal of Mechanical Engineering Education* Vol. 25 No. 2, pp. 103-110, 1996.
- [2] M. I. B. Setyawan and Prabowo, "JURNAL TEKNIK ITS," *Analisis Pengaruh Tekanan Fluida Pemanas pada LPH terhadap Efisiensi dan Daya PLTU x660 MW dengan Simulasi Cycle Tempo*, vol. 7, no. 1, 2018.
- [3] P. K. Nag, *POWER PLANT ENGINEERING* Fourth Edition, New Delhi: McGraw Hill Education, 2014.
- [4] T. A. S. o. M. Engineers, *ASME PTC 12.1-2000 (Closed Feedwater Heaters)*, New York: The American Society of Mechanical Engineers, 2000.
- [5] J. R. Almedilla, L. L. Pabilona and E. P. Villanueva, "Journal of Applied Mechanical Engineering," *Performance Evaluation and Off Design Analysis of the HP and LP Feed Water Heaters on a 3 × 135 MW Coal Fired Power Plant*, 2018.
- [6] A. A. Wijaya and B. U. K. Widodo, "IPTEK, Journal of Engineering," *The Effect of Feedwater Heaters Operation Schemes to a 200 MW Steam Power Plant Heat Rate Using Cycle-Tempo Software*, vol. 4, p. 33, 2018.
- [7] E. Devandiran, V. S. Shaisundaram, P. S. Ganesh and S. Vivek, "IJLTEMAS," *Influence of Feed Water Heaters on the Performance of Coal Fired Power Plants*, vol. V, no. III, p. 115, 2016.
- [8] V. V. Bode and P. V. G. Gore, "International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)," *Performance Analysis of Regenerative Feed Water Heating system in 270 MW Thermal Power Plant*, vol. 3, no. 4, p. 1180, 2016
- [9] E. P. R. I. (EPRI), "Heat Rate Improvement Reference Manual," Electric Power, Palo Alto, 1998.
- [10] E. P. R. I. (EPRI), "Heat Rate Improvement Reference Manual," Electric Power Research Institute (EPRI), Palo Alto, 2006.
- [11] *Heat Rate Handbook*, Southern Company Generating Plants Performance.