

ANALISIS PENGARUH *OUT SERVICE CLOSED FEEDWATER HEATER* TERHADAP PERFORMA PLTU MENGGUNAKAN *SOFTWARE CYCLE TEMPO 5.0*

Khadaf Bastomi Fajry¹, Joke Pratilastiarso², Rif'ah Amalia³

^{1,2,3}Program Studi D4 Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email: ¹Khadaf04@gmail.com; ²joke@pens.ac.id; ³rifahamalia@pens.ac.id

Abstract

Feedwater heater is a component to increase the temperature of boiler feedwater, by utilizing steam extraction from turbine. At this Power Plant often occurs decrease performance in closed feedwater heater components, this is caused by leakage on the tube side. So, with this condition occurs out service closed feedwater heater on Power Plant when producing electricity. In this research, the modeling cycle of Power Plant was done using software cycle Tempo 5.0, with 20 variations out service on the closed feedwater heater components. In this research, there is a mass flow arrangement of steam extraction in a constant condition on each component feedwater heater. Based on the results of the simulation shows that the variation of service can cause decrease in efficiency and temperature of boiler feedwater input, while the output power and heat rate increased. The best results occurred in variations of LPH 8 out service, with an efficiency of 42.875% and heat rate of 8396.403 Kj/Kw-H, while the lowest result occurred in the variation of HPH 2 and LPH 5 out service, with an efficiency of 41.787% and heat rate of 8615.103 Kj/Kw-H. So from this research, can be known that variations out service on closed feedwater heater components can affect the performance of Power Plant.

Keywords: *closed feedwater heater, out service, efficiency, heat rate, and software cycle Tempo 5.0.*

Abstrak

Feedwater heater merupakan komponen untuk meningkatkan temperatur air umpan boiler, dengan memanfaatkan uap ekstraksi dari turbin. Pada PLTU ini sering terjadi penurunan performa pada komponen closed feedwater heater, hal ini diakibatkan oleh adanya kebocoran pada sisi tube. Sehingga dengan kondisi ini terjadi out service closed feedwater heater pada PLTU ketika berproduksi listrik. Pada penelitian ini pemodelan siklus PLTU dilakukan menggunakan software cycle tempo 5.0, dengan melakukan 20 variasi out service pada komponen closed feedwater heater. Pada penelitian ini, dilakukan pengaturan mass flow dari uap ekstraksi dalam kondisi konstan pada setiap komponen feedwater heater. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi out service dapat menyebabkan penurunan efisiensi dan temperatur input air umpan boiler, sedangkan pada nilai daya output dan heat rate mengalami peningkatan. Hasil terbaik terjadi pada variasi LPH 8 mengalami out service, dengan nilai efisiensi siklus sebesar 42,875% dan heat rate sebesar 8396,403 Kj/Kw-h, sedangkan hasil terendah terjadi pada variasi HPH 2 dan LPH 5 mengalami out service, dengan efisiensi sebesar 41,787 % dan heat rate sebesar 8615,103 Kj/Kw-h. Sehingga dari penelitian ini dapat diketahui bahwa dengan adanya variasi out service pada komponen closed feedwater heater dapat mempengaruhi performa sebuah PLTU.

Kata kunci: *closed feedwater heater, out service, efisiensi, heat rate, and software cycle tempo 5.0.*

PENDAHULUAN

Setiap tahunnya kebutuhan akan energi listrik semakin meningkat. Hal ini didorong oleh perkembangan teknologi yang semakin pesat dan maju, yang mana hampir secara keseluruhan memanfaatkan energi listrik dalam pengoperasiannya. Namun tidak hanya itu, manusia juga berperan sebagai faktor pendukung akan kebutuhan listrik ini, karena jumlahnya yang terus bertambah dan berperan sebagai konsumen utama dalam penggunaan teknologi tersebut. Dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan listrik ini, pemerintah ditargetkan membutuhkan penambahan sedikitnya 7000 MW setiap tahunnya. Oleh karena itu, pemerintah telah berkomitmen untuk merealisasikan penyediaan listrik dengan kapasitas 35.000 MW. Hal ini, juga sangat diharapkan oleh Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) yang menargetkan rasio elektrifikasi (RE) sebesar 99,9 % pada akhir 2019. Dengan adanya target ini, menunjukkan negara indonesia akan berkembang menjadi negara maju.

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) merupakan salah satu pembangkit listrik yang banyak didirikan di Indonesia akhir-akhir ini. Hal ini dikarenakan PLTU mampu menghasilkan kapasitas beban yang tinggi dengan biaya invetasi yang cukup rendah, sehingga program pemerintah 35.000 MW dapat terealisasi tepat waktu.

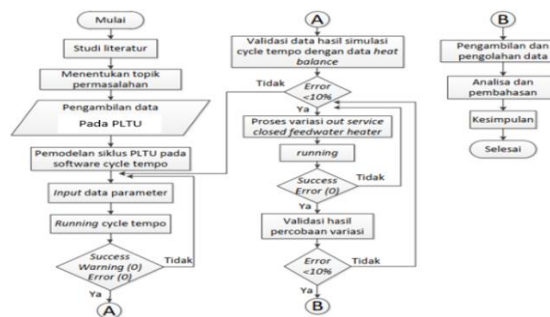
Feedwater heater merupakan alat pemanas awal air umpan *boiler* dengan memanfaatkan uap hasil ekstraksi dari turbin untuk meningkatkan temperatur air umpan *boiler*. Peningkatan temperatur ini, bertujuan untuk mengurangi beban *thermal boiler* dan sekaligus meningkatkan efisiensi PLTU. Komponen *feedwater heater* dibagi menjadi 2 yaitu *open feedwater heater* dan *closed feedwater heater*. *Closed feedwater heater* merupakan alat penukar kalor yang berupa *shell and tube*, hal ini bertujuan agar tidak terjadi kontak langsung antara fluida kerja baik pada sisi uap hasil ekstraksi maupun air umpan *boiler*. Pada umumnya uap hasil ekstraksi dialirkan pada sisi *shell* sedangkan air umpan *boiler* pada sisi *tube*. Pada PLTU dipenelitian ini, terdapat 1 komponen *open feedwater heater* atau *dearator* dan 7 komponen *closed feedwater heater* dengan rincian 3 *high pressure heater* (HPH) dan 4 *low pressure heater* (LPH).

Pada komponen *closed feedwater heater* sering terjadi masalah kebocoran *tube*. Hal ini dikarenakan mendapatkan uap ekstraksi turbin yang memiliki tekanan tinggi dan terdapat perbedaan temperatur yang cukup tinggi antar fluida kerja yang dapat mempengaruhi *lifetime*. Permasalahan ini mengakibatkan penurunan performa pada

komponen *closed feedwater heater*. Umumnya ketika terjadi kerusakan pada salah satu komponen *closed feedwater heater* sebuah PLTU tetap beroperasi untuk memenuhi kebutuhan listrik sesuai beban yang ditanggihkan. Akan tetapi, hal ini akan berpengaruh terhadap performa dari PLTU tersebut.

Berdasarkan permasalahan di atas, dilakukan penelitian analisis pengaruh variasi *out service* pada *closed feedwater heater* terhadap performa sebuah PLTU. Adapun hasil yang diharapkan untuk mengetahui nilai efisiensi siklus, *heat rate*, daya *output* dan temperatur *input* air umpan pada *boiler*. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan *software cycle tempo 5.0* dalam pemodelan siklus *rankine* PLTU.

METODE PENELITIAN



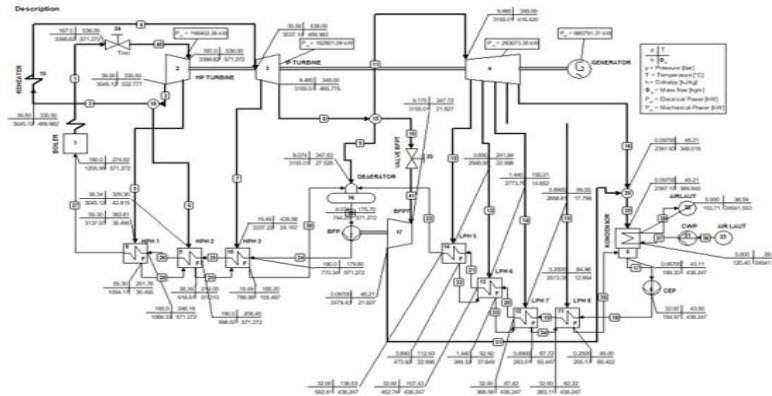
Gambar 1. Flowchart tahapan penelitian

Proses penelitian analisis pengaruh *out service closed feedwater heater* pada PLTU dilakukan berdasarkan *flowchart* tahapan penelitian yang telah disajikan pada Gambar 1. sebagai berikut.

Pemodelan desain siklus PLTU pada *software cycle tempo* dilakukan berdasarkan pengambilan data pada PLTU dalam kondisi beban penuh. Pengambilan data yang dilakukan berupa data *properties* dari setiap komponen, meliputi: data temperatur, tekanan, *enthalpy* dan *massflow*. Dimana selanjutnya data tersebut digunakan sebagai data acuan *input* parameter dan proses validasi dari hasil simulasi *software cycle tempo 5.0*. Berikut hasil pemodelan desain siklus PLTU pada *software cycle tempo 5.0* yang telah disajikan pada Gambar 2.

Pada hasil simulasi Gambar 2. didapatkan nilai efisiensi siklus sebesar 43,58%, daya *output* 660930,31 MW, dan *heat rate* sebesar 8260,627559 kJ/kw-h. Pada proses pemodelan dilakukan hanya pada komponen inti dari siklus PLTU, seperti komponen turbin, kondensor, *condensate extraction pump*, *low pressrue heater*, dearator, *Boiler*

Feedwater Pump, high pressure heater, boiler dan reheater. Akan tetapi, pada pemodelan dalam siklus ini juga dilakukan penyederhanaan pada komponen *low pressure turbine*, dimana yang seharusnya terdapat dua komponen dimodelkan menjadi satu komponen turbin besar dan dilakukan penambahan sistem pendingin pada komponen kondensor.



Gambar 2. Hasil pemodelan siklus PLTU pada *software cycle tempo 5.0*

Pada siklus PLTU ini, terdapat tujuh buah komponen *closed feedwater heater*, dengan rician terdapat tiga buah komponen *high pressure heater* dan empat buah komponen *low pressure heater*. Pada umumnya PLTU dengan kapasitas diatas 200 MW menggunakan 6-8 buah komponen *closed feedwater heater* (Black and Veatch, 2006). Berdasarkan hal ini, maka dilakukan penelitian variasi *out service* terhadap komponen *closed feedwater heater*, dengan variasi *out service* sesuai dengan Tabel 1.1.

Tabel 1. Variasi *out service closed feedwater heater* pada PLTU

No	Variasi	HPH 1	HPH 2	HPH 3	LPH 3	LPH 4	LPH 5	LPH 6	LPH 7	LPH 8
1	Eksisting (nyala semua)	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
2	Variasi 1	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
3	Variasi 2	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
4	Variasi 3	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	ON
5	Variasi 4	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
6	Variasi 5	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
7	Variasi 6	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
8	Variasi 7	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON
9	Variasi 8	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
10	Variasi 9	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
11	Variasi 10	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
12	Variasi 11	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON
13	Variasi 12	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
14	Variasi 13	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
15	Variasi 14	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
16	Variasi 15	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON
17	Variasi 16	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	ON
18	Variasi 17	ON	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON
19	Variasi 18	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
20	Variasi 19	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	ON

Adapun pada penelitian ini dilakukan perhitungan manual menggunakan metode termodinamika untuk mengetahui nilai efisiensi dan *heat rate* dari hasil pemodelan siklus PLTU. Dalam menentukan nilai efisiensi menggunakan Persamaan 1.1 sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\dot{W}_t / \dot{m} - \dot{W}_p / \dot{m}}{Q_{in} / \dot{m}} \quad (1.1)$$

keterangan :

- η : Efisiensi (%)
- \dot{m} : Laju alir massa (Kg/s)
- Q_{in} : Kalor yang dibutuhkan pada komponen boiler (J/s)
- \dot{W}_t : Kerja turbin (J/s)
- \dot{W}_p : Kerja pompa (J/s)

Sedangkan untuk menentukan nilai *heat rate* dapat menggunakan Persamaan 1.2. sebagai berikut:

$$Heat\ rate\ \left(\frac{Kj}{Kw.h}\right) = \frac{Total\ fuel\ heat\ input\ (KJ)}{Electrical\ generation\ \left(\frac{kW}{h}\right)} \quad (1.2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

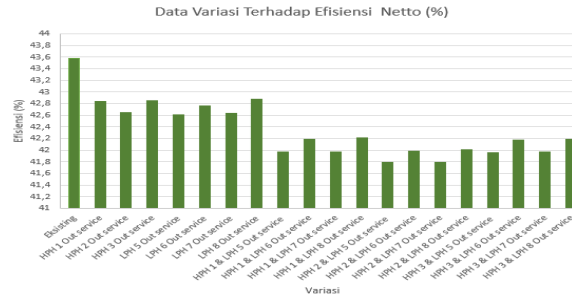
Dari hasil simulasi yang telah dilakukan didapatkan hasil *output* berupa efisiensi siklus, daya *output*, temperatur inpu boiler dan Q in pada boiler serta perhitungan nilai *heat rate* dari siklus PLTU. Berikut tabel data *output* hasil simulasi variasi *out service* yang telah disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2. Data hasil simulasi variasi *out service closed feedwater heater* pada PLTU.

Variasi	$T_{in, Boiler}$ (°C)	$Q_{in, Boiler}$ (Kw)	Power (Kw)	Efisiensi (%)	Heat Rate Kj/Kwh
Eksisting	274,82	1493635,62	660930,31	43,58	8260,62756
HPH 1 <i>Out Service</i>	232,56	1627108,5	707953,44	42,844	8402,51635
HPH 2 <i>Out Service</i>	229,22	1638071,75	709405,38	42,64	8442,77956
HPH 3 <i>Out Service</i>	246,82	1570517,62	683439,31	42,847	8401,89863
LPH 5 <i>Out Service</i>	251,41	1558235,5	673890,5	42,603	8450,08611
LPH 6 <i>Out Service</i>	260,42	1533744,38	667012,81	42,764	8404,32747
LPH 7 <i>Out Service</i>	258,84	1538032,1	665743,25	42,632	8444,40745
LPH 8 <i>Out Service</i>	264,62	1522136,12	662670,5	42,875	8396,40395
HPH 1 & LPH 5 <i>Out Service</i>	207,86	1690677,38	720567,06	41,974	8576,73778
HPH 1 & LPH 6 <i>Out Service</i>	217,66	1665697,88	713553,19	42,184	8534,09592
HPH 1 & LPH 7 <i>Out Service</i>	215,26	1671789,38	712660,69	41,975	8576,54627
HPH 1 & LPH 8 <i>Out Service</i>	221,86	1654844,12	709367,06	42,207	8529,34125
HPH 2 & LPH 5 <i>Out Service</i>	204,82	1700505,25	721609,75	41,787	8615,10364
HPH 2 & LPH 6 <i>Out Service</i>	214,22	1676612,1	714928,75	41,985	8574,42583
HPH 2 & LPH 7 <i>Out Service</i>	212,12	1681983	713930,5	41,79	8614,46438
HPH 2 & LPH 8 <i>Out Service</i>	218,52	1665616,5	710747,12	42,011	8569,14321
HPH 3 & LPH 5 <i>Out Service</i>	222,62	1634018,5	696067,38	41,951	8581,45015
HPH 3 & LPH 6 <i>Out Service</i>	232,62	1634018,25	688823	42,18	8534,87314
HPH 3 & LPH 7 <i>Out Service</i>	230,12	1614575,62	688162,12	41,966	8578,42747
HPH 3 & LPH 8 <i>Out Service</i>	236,42	1598110,12	684939,25	42,198	8531,28526

Dari Tabel 2. diketahui bahwa nilai temperatur *input* air umpan boiler dan efisiensi siklus mengalami penurunan akibat terjadi *out service* pada *closed feedwater heater*. Sedangkan pada nilai daya *ouput* dan *heat rate* cenderung mengalami peningkatan. Pada hasil simulasi juga diketahui Q in boiler mengalami peningkatan akibat temperatur air umpan boiler yang mengalami penurunan.

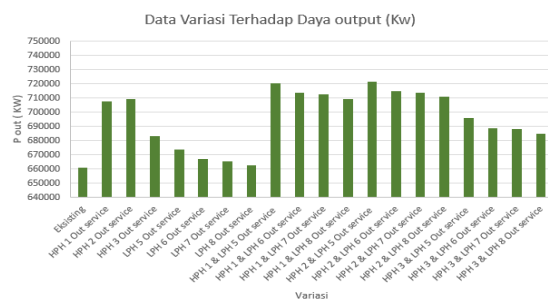
Analisis Pengaruh Variasi Out Service terhadap Efisiensi



Gambar 3. Grafik pengaruh variasi out service terhadap efisiensi PLTU

Pada Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara variasi terhadap nilai efisiensi siklus dalam kondisi *netto*. Dari grafik diketahui menunjukkan tren nilai efisiensi yang mengalami penurunan. Semakin banyak komponen *closed feedwater heater* yang mengalami *out service*, maka nilai efisiensi mengalami penurunan. Hal ini dibuktikan ketika HPH 1 mengalami *out service*, dimana didapatkan nilai efisiensi siklus sebesar 42,884%, sedangkan ketika HPH 1 dan LPH 5 mengalami *out service* didapatkan efisiensi siklus sebesar 41,974%. Sehingga hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa semakin banyak komponen *feedwater heater* yang beroperasi maka efisiensi siklus yang dihasilkan semakin meningkat. (Dendi Junaidi, dkk., 2010).

Analisis Pengaruh Variasi Out Service terhadap Daya Output (Kw)

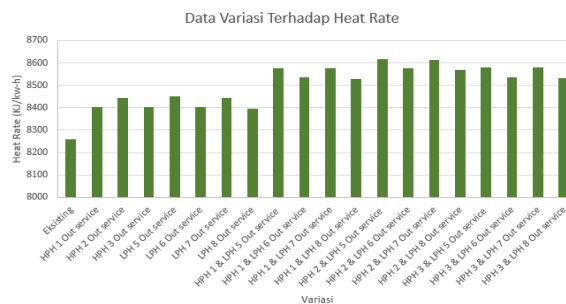


Gambar 4. Grafik pengaruh variasi out service terhadap daya output PLTU

Pada Gambar 4. menunjukkan pengaruh variasi *out service* pada *closed feedwater heater* terhadap daya output dalam satuan Kilowatt (Kw). Pada grafik

didapatkan tren yang semakin meningkat dari daya *output* yang dihasilkan. Hal ini dibuktikan ketika variasi *out service* pada LPH 8 terjadi kenaikan daya menjadi 662670,5 Kw. Sedangkan ketika terdapat dua komponen *closed feedwater heater* yang mengalami *out service*, maka mengakibatkan kenaikan daya yang terjadi semakin besar juga. Hasil ini dapat diketahui dari variasi *out service* pada HPH 2 dan LPH 8 yang mengalami kenaikan daya menjadi 710747,12 Kw. Kenaikan ini dipengaruhi oleh *properties* dari uap ekstraksi yang meliputi tekanan, temperatur, dan *mass flow* pada setiap komponen.

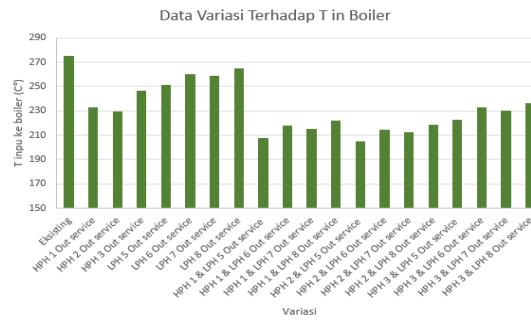
Analisis Pengaruh Variasi *Out Service* terhadap *Heat Rate*



Gambar 5. Grafik pengaruh variasi *out service* terhadap *heat rate* PLTU

Dari Gambar 5. diketahui pada kondisi eksisting nilai *heat rate* dari siklus PLTU sebesar 8260,62 KJ/Kw.h, sedangkan setelah dilakukan variasi *out service* nilainya cenderung mengalami peningkatan. Berdasarkan hasil simulasi diketahui komponen LPH 5 memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap nilai *heat rate* yang dihasilkan yaitu dengan nilai *heat rate* sebesar 8450,086 KJ/kwh. Hal ini diakibatkan dengan nilai Q_{in} yang dibutuhkan cukup besar, akan tetapi kenaikan daya *output* yang dihasilkan relatif kecil. Nilai *heat rate* terbesar terjadi pada variasi HPH 2 dan HPH 5 mengalami *out service* dengan mengalami kenaikan menjadi 8615,10363 KJ/Kw-h.

Analisis Pengaruh Variasi *Out Service* terhadap Temperatur *Input* Air Umpan *Boiler*



Gambar 6. Grafik pengaruh variasi *out service* terhadap temperatur *input boiler* feedwater

Pada Gambar 6. menunjukkan hubungan antara hasil variasi dengan temperatur *input* air umpan *boiler*. Dari grafik diketahui pada kondisi eksisting nilai temperatur dari air umpan *boiler* mampu mencapai 274,82°C. Sedangkan setelah dilakukan variasi *out service* nilai temperatur yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena tidak adanya proses *heat transfer* pada air umpan *boiler* ketika dilakukan variasi *out service* komponen *closed feedwater heater*. Pada penelitian ini, variasi *out service* dilakukan dengan cara melakukan sistem *bypass* pada aliran air umpan *boiler*. Pada grafik diketahui bahwa HPH 2 memiliki pengaruh yang paling besar ketika terjadi variasi *out service* pada salah satu komponen *closed feedwater heater*. Hal ini dibuktikan dengan hasil penurunan temperatur air umpan *boiler* yang mencapai 229,22 °C. Penurunan ini mengakibatkan peningkatan kebutuhan akan bahan bakar pada *boiler*.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada hasil simulasi diperoleh nilai efisiensi siklus, daya *output*, *heat rate* dan T *input* air umpan *boiler*, dengan masing- masing nilai sebesar 43,58%, 660930,31 MW, 8260,627559 kJ/kw-h dan 274,82 °C.
2. Berdasarkan hasil simulasi diketahui variasi *out service closed feedwater heater* mampu berpengaruh terhadap performa PLTU. Pada efisiensi siklus diketahui semakin mengalami penurunan akibat adanya variasi *out service*, dimana terjadi penurunan dari kondisi eksisting sebesar 43,58% menjadi 41,787% ketika variasi *out service* pada HPH 2 dan LPH 5. Sedangkan pada nilai daya *output* dan *heat rate* semakin mengalami kenaikan dengan didapatkan nilai sebesar 721609,75 Kw dan

8615,1036 KJ/Kw-h. Selanjutnya pada nilai temperatur *input* air umpan *boiler* diketahui mengalami penurunan temperatur hingga mencapai 229,22 °C.

3. Variasi terbaik terjadi ketika variasi *out service* pada LPH 8, dengan didapatkan nilai efisiensi siklus sebesar 42,875 dan *heat rate* sebesar 8396,403 KJ/Kw-h.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, E. F. (2017). Analisis Termodinamika Pengaruh Operasi Feedwater Heater pada Performa PLTU 3 Bangka Belitung Menggunakan Software Cycle Tempo. *Program Magister Bidang keahlian Rekayasa konversi energy, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.*
- Delft University of Technology (TU Delft). (n.d.). *Cycle Tempo Reference Guide.*
- Dendi Junaidi, I. M. (2010). Kesenjangan Massa dan Kalor serta Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Uap pada Berbagai Perubahan Beban dengan Menvariasikan Jumlah Feedwater Heater. *Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 18 November 2010 ISSN 1978-0176.*
- Harbin Power Engineering. (2009). *Operation and Maintenance Manual for Power Plant, Vol 1.*
- Michael J. Moran, H. N. (2007). *Fundamental of Engineering Thermodynamics, Seventh Edition.*
- S, D. A. (2017). Pengaruh Off Service High Pressure Heater terhadap Perubahan Mass Flow Rate dan Performa PLTU Paiton Unit 9 dengan Simulasi Tempo Cycle dan Gambit-Fluent. *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.*
- T. Srinivas, A. G. (2007). Generalized Thermodynamic Analysis of Steam Power Cycles with 'n' Number of Feedwater Heaters. *Int. J. of Thermodynamics Vol. 10 (No.4), pp.177-185, December 2007.*
- Veatch, B. &. (2005). *Power Plant Engineering.* CBS Publishers & Distributors PVT.LTD.