

ANALISA PENGARUH LAJU ALIR MASSA DAN TEMPERATUR UDARA MASUK TERHADAP PERFORMA AIR PREHEATER

Rif'ah Amalia¹, Joke Pratilastiarso², Rois Ahmad³, Ervan Ari P⁴

Program Studi D4 Sistem Pembangkit Energi

Departemen Teknik Mekanika dan Energi

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Tel: (031) 594 7280; Fax: (031) 594 6114

Email: rifahamalia@pens.ac.id¹, roisahmad24@gmail.com², joke@pens.ac.id³

Abstract

Air preheater is one of the operating units in the Steam Power Plant (PLTU). Air preheater functions to heat the environment air before entering the combustion chamber. Air preheater is a heat exchanger with a type based on construction with different fluids, namely air and exhaust gases. In the process, the water preheater needs to be evaluated. Evaluation that can be done on water preheater one of them is heat transfer and effectiveness, where the better the effectiveness and heat transfer, the better the water preheater work. In this study, the aim is to analyze the performance of the preheater water, namely heat transfer and effectiveness by modeling the PLTU cycle that contains water preheater using Cycle-Tempo software. From the modeling carried out variations in temperature and mass air flow rate. From the overall variations, it is found that with the inlet temperature and mass air flow rate of 47°C and 465 kg / s, the results of the actual heat transfer and the effectiveness of the water preheater are better. The actual heat transfer value of the preheater water obtained was 115252.53 kJ / s and the effectiveness of the preheater water obtained was 67.33%. And the variation of the inlet temperature and air mass flow rate of 38°C and 330Kg / s get the results of the actual heat transfer and the effectiveness of the lowest preheater water. The actual heat transfer value of the preheater water obtained is 85057 kJ / s and the effectiveness of the preheater water obtained is 67.24%.

Keyword: *PLTU, Air preheater, Heat transfer, Effectiveness, Software Cycle-tempo*

Abstrak

Air preheater merupakan salah-satu unit operasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap(PLTU). Air preheater berfungsi memanaskan udara lingkungan sebelum masuk ke ruang bakar. Air preheater merupakan heat exchanger dengan tipe berdasar konstruksinya dengan fluida yang berbeda yaitu udara dan gas buang. Pada prosesnya air preheater perlu untuk dievaluasi. Evaluasi yang dapat dilakukan pada air preheater salah-satunya yaitu perpindahan panas dan efektivitas, dimana semakin baik efektivitas dan perpindahan panas maka menyatakan baiknya kerja air preheater. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisa performa air preheater yaitu perpindahan panas dan efektivitas dengan memodelkan siklus PLTU yang terdapat air preheater menggunakan software Cycle-Tempo. Dari pemodelan dilakukan variasi temperatur dan laju alir massa udara masuk. Dari keseluruhan variasi yang dilakukan didapatkan bahwa dengan temperatur masuk dan laju alir massa udara 47°C dan 465 kg/s mendapat hasil perpindahan panas aktual dan efektivitas air preheater lebih baik. Nilai perpindahan panas aktual air preheater yang didapatkan yaitu 115252,53 kJ/s dan efektivitas air preheater yang didapatkan sebesar 67.33%. Dan variasi temperatur masuk dan laju alir massa udara 38°C dan 330Kg/s mendapat hasil perpindahan panas aktual dan efektivitas air preheater yang terendah. Nilai perpindahan panas aktual air preheater yang didapatkan yaitu 85057 kJ/s dan efektivitas air preheater yang didapatkan sebesar 67,244%.

Kata Kunci: *PLTU, air preheater, Perpindahan panas, Efektivitas, Software Cycle-Tempo*

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan pembangkit listrik menggunakan bahan bakar berupa batu bara. Di dalam proses pembakaran di ruang bakar, membutuhkan batu bara sebagai bahan bakar dan udara sebagai oksidiser, sehingga menghasilkan uap yang digunakan sebagai pemanas boiler. Udara pembakaran yang dibutuhkan *boiler* harus melalui sistem udara pembakaran terlebih dahulu untuk meningkatkan proses pembakaran yang terjadi pada *boiler*. Salah satu cara untuk meningkatkan proses pembakaran yaitu dengan penambahan alat penukar kalor (*heat exchanger*) agar temperatur udara pembakaran meningkat sehingga efisiensi *boiler* akan meningkat juga.

Heat Exchanger merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan energi panas antara dua atau lebih fluida dan terjadi pada temperatur yang berbeda antara fluida, dimana fluida yang digunakan yaitu fluida panas dan fluida dingin. Jenis *heat exchanger* bervariasi dan dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa tinjauan yaitu proses perpindahan panas, jumlah fluida kerja, desain konstruksi, bidang kontak perpindahan panas, arah aliran fluida. Salah satu alat yang memanfaatkan proses kerja *heat exchanger* adalah *air preheater*.

Air preheater berfungsi untuk memanaskan udara luar sebelum masuk ke ruang bakar yang mengakibatkan proses pembakaran menjadi lebih cepat. Pemanasan udara luar dapat terjadi dengan memanfaatkan gas buang dari sisa hasil pembakaran sebelum dibuang ke atmosfer. *Air preheater* digunakan untuk memberi penghematan pemakaian jumlah bahan bakar, serta membantu beban termal *boiler* untuk menghasilkan uap.

Performa yang di evaluasi pada *air preheater* adalah perpindahan panas dan efektivitas, dimana semakin baik efektivitas dan perpindahan panas maka menyatakan baiknya kerja pada *air preheater*. Dalam pengoperasian *air preheater* diharapkan memiliki perpindahan panas dan efektivitas yang selalu baik. Efektivitas *air preheater* dapat diketahui menggunakan perbandingan nilai perpindahan panas(aktual) dengan perpindahan panas maksimal. Evaluasi *air preheater* dapat dilakukan menggunakan *software Cycle-Tempo*.

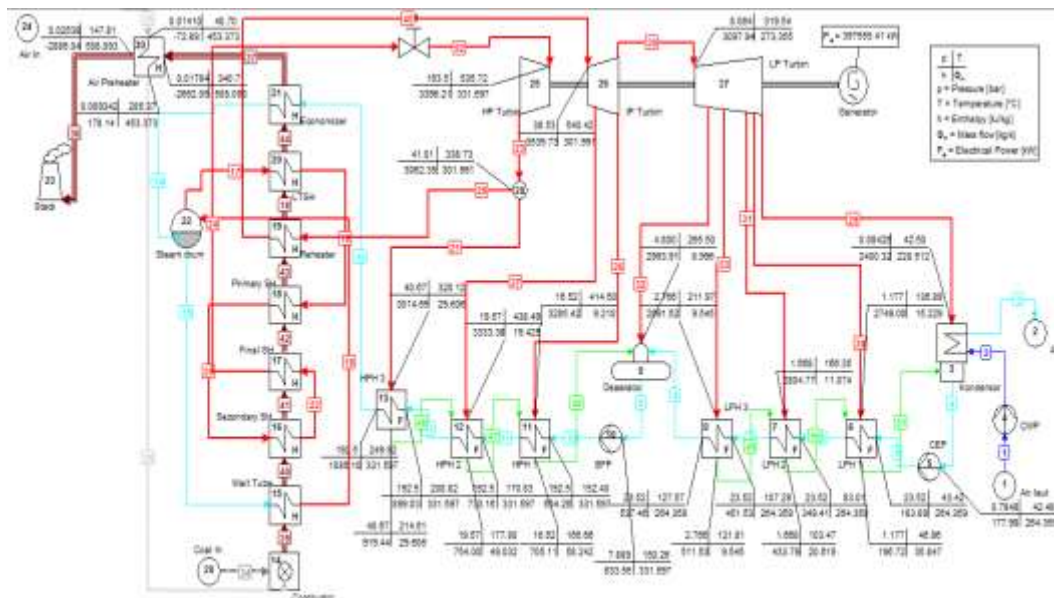
Beranjak dari hal diatas maka penelitian ini melakukan analisa pengaruh variasi temperatur dan laju alir massa udara masuk terhadap performa *air preheater* yang ada di PLTU menggunakan *software Cycle-Tempo*. Diharapkan dari hasil simulasi akan

didapatkan hasil yang dapat memberikan masukan terhadap PLTU untuk meningkatkan performa *air preheater*, yakni nilai perpindahan panas dan efektivitas *air preheater*.

METODE PENELITIAN

Konfigurasi komponen dan *heat balance* yang ada pada PLTU menjadi dasar dalam memodelkan sistem pada *software cycle tempo*. Pada pemodelan PLTU *subcritical* dilakukan dengan kondisi operasi.

Pemodelan penelitian ini menambahkan apparatus *air preheater*. Untuk Pemodelan PLTU dengan ditambahkan apparatus *air preheater* harus menggunakan apparatus boiler dengan sistem terbuka, hal tersebut dilakukan agar mendapatkan parameter *fluegas* serta udara pembakaran secara detail. Komponen boiler dengan sistem terbuka dengan ini terbagi menjadi *furnace*(combustor), *secondary super heater*, *final super heater*, *primary super heater*, *reheater*, *LTSH (low temperature super heater)*, dan *economizer* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pemodelan PLTU 1x400MW dengan Boiler Sistem Terbuka pada *Software Cycle-Tempo*

Tahap berikutnya yaitu melakukan simulasi dengan data variasi yang dilakukan. Variasi akan dilakukan dengan merubah tiap masukan temperatur masuk dan Laju Alir Massa udara pada *apparatus air input* yang keluarannya menuju *apparatus air preheater* dengan detail sebagai berikut :

Tabel 1. Data Variasi

Variasi ke-	Temperatur Udara Masuk °C	Massflow Udara kg/s
1	38	330
2	39	345
3	40	360
4	41	375
5	42	390
6	43	405
7	44	420
8	45	435
9	46	450
10	47	465

Hasil simulasi yang dilakukan didapatkan bahwa proses berjalan sukses karena mendapatkan *warning* dan *error* 0 pada *software cycle-tempo* dari setiap data variasi. Setelah mendapatkan data dari simulasi dilakukan perhitungan perpindahan panas aktual dan efektivitas *air preheater* menggunakan Persamaan 1.1 dan 1.2. Perpindahan panas aktual yang terjadi pada *air preheater* adalah kalor yang dilepaskan dari gas buang dan diserap oleh udara yang masuk ke *air preheater*. Nilai perpindahan panas *air preheater* sendiri dapat dihitung menggunakan persamaan berdasarkan [8] :

$$q = \dot{m}_u \cdot C_{pu} \cdot (T_{u, out} - T_{u, in}) \quad (1.1)$$

keterangan :

q = Perpindahan panas aktual (J/detik); \dot{m}_u = Laju alir massa fluida udara(kg/detik);
 C_{pu} = Panas spesifik fluida udara (J/kg. °C); $T_{u, out}$ = Temperatur fluida udara keluar (°C) ; $T_{u, in}$ = Temperatur fluida udara masuk (°C)

Kemudian Efektivitas *air preheater* berdasarkan [8] didapat dengan cara menghitung rasio dari perpindahan panas terhadap perpindahan panas maksimum :

$$\varepsilon = \frac{\dot{m}_{u, in} \times C_{p, u} \times (T_{u, out} - T_{u, in})}{\dot{m}_{flue, in} \times C_{p, flue} \times (T_{flue, in} - T_{u, in})} \quad (2.4)$$

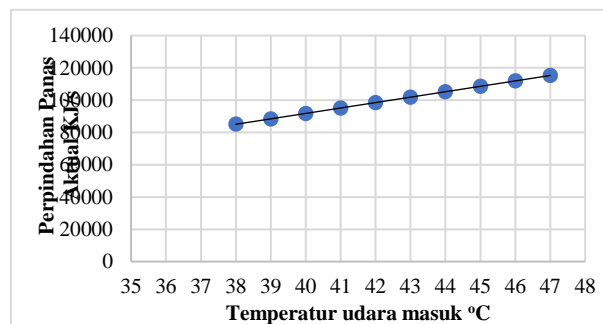
keterangan :

ε = efektivitas *air preheater*; $\dot{m}_{flue, in}$ = Laju alir massa gas buang (kg/detik);
 C_{pu} = Panas spesifik gas buang (J/kg. °C); $T_{flue, in}$ = Temperatur gas buang masuk (°C);
 \dot{m}_u = Laju alir massa fluida udara (kg/detik) ; C_{pu} = Panas spesifik fluida udara (J/kg. °C); $T_{u, out}$ = Temperatur fluida udara keluar (°C); $T_{u, in}$ = Temperatur fluida udara masuk (°C)

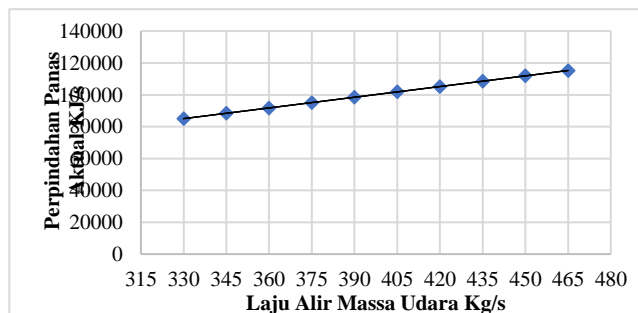
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Temperatur Masuk dan Laju Alir Massa Udara Terhadap Perpindahan Panas yang Terjadi pada *Air preheater*

Pada tahap ini dilakukan variasi temperatur dan laju alir massa udara pada **Tabel 1** untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perpindahan panas *air preheater*. Hasil yang didapatkan dari 10 variasi memiliki pengaruh terhadap perpindahan panas *air preheater*. Didapatkan perhitungan besar perpindahan panas aktual *air preheater* berdasarkan **Persamaan 1.1** setiap variasi, variasi pertama dengan temperatur udara 38°C dan laju alir massa udara 330 Kg/s didapatkan perpindahan panas aktual *air preheater* yang terkecil yaitu 85057 kJ/s. Kemudian variasi ke sepuluh dengan temperatur udara 47°C dan laju alir massa udara 465 kg/s didapatkan perpindahan panas aktual *air preheater* terbesar yaitu 115252,53 kJ/s. Kemudian berikut ini plot grafik dari Temperatur masuk-perpindahan panas yaitu Gambar 2 dan laju alir massa-perpindahan panas yaitu Gambar 3.



Gambar 2 Grafik Temperatur Udara Masuk-Perpindahan Panas
Aktual *Air preheater*



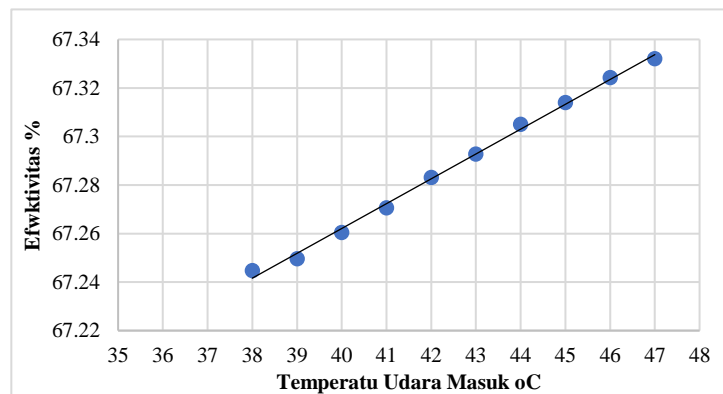
Gambar 3 Grafik Laju Alir Massa Udara Masuk-Perpindahan Panas
Aktual *Air preheater*

Dari Grafik pada Gambar 2 dan Gambar 3 didapatkan bahwa dengan meningkatnya temperatur masuk udara dan laju alir massa udara dapat memaksimalkan perpindahan

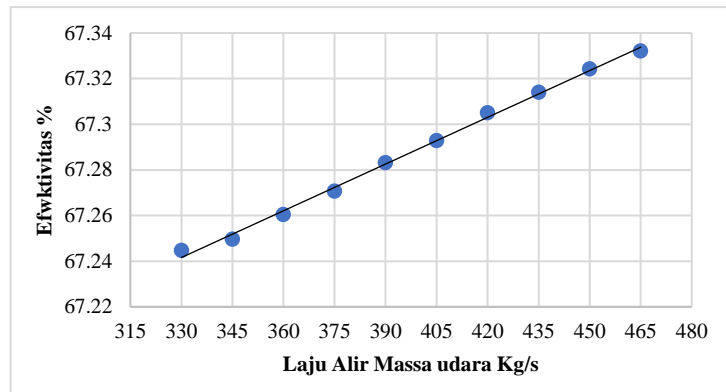
panas aktual *air preheater*. Hasil perpindahan panas aktual yang terjadi terbesar pada variasi temperatur udara 47°C dan laju alir massa udara 465 kg/s. Dapat dilihat hasil grafik memiliki *trendline* yang meningkat dari variasi pertama hingga ke sepuluh.. Hal ini dikarenakan apabila temperatur udara masuk dan laju alir massa udara meningkat maka menyebabkan temperatur dan laju alir massa *fluegas* juga meningkat. Semakin meningkatnya temperatur dan laju alir massa *fluegas* menyebabkan elemen pemanas *air preheater* menyerap kalor optimal, sehingga ketika elemen pemanas memasuki sisi udara perpindahan panas yang terjadi semakin meningkat dan merata. Semakin meningkat dan meratanya perpindahan panas yang terjadi dapat ditandai dari perubahan temperatur udara semakin menurun dari variasi yang dilakukan.

Pengaruh Temperatur Masuk dan Laju Alir Massa Udara Terhadap Efektivitas *Air preheater*

Pada tahap ini sama dilakukan variasi temperatur dan laju alir massa udara untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai efektivitas *air preheater*. Hasil yang didapatkan dari 10 variasi memiliki pengaruh terhadap efektivitas *air preheater*. Detail lengkap hasil efektivitas *air preheater* dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 4 Grafik Temperatur Udara Masuk-Efektivitas *Air preheater*



Gambar 5 Grafik Laju Alir Massa Udara-Efektivitas
Air preheater

Didapatkan efektivitas *air preheater* berdasarkan Persamaan 2.4 dari setiap variasi yang dilakukan. Dari Grafik pada Gambar 4 dan Gambar 5 didapatkan bahwa dengan meningkatnya temperatur masuk udara dan laju alir massa udara semakin baik efektivitas *air preheater*. Dapat dilihat hasil grafik memiliki *trendline* yang meningkat dari variasi pertama hingga ke sepuluh. Nilai efektivitas *air preheater* yang dihasilkan terkecil pada variasi temperatur udara 38°C dan laju alir massa 330 kg/s yaitu 67.24 %. Sedangkan efektivitas *air preheater* yang terbesar pada variasi temperatur udara 47°C dan laju alir massa udara 465 kg/s yaitu 67.33%. Hal ini sesuai dengan fungsi dari *air preheater* yaitu meningkatkan temperatur udara. Sehingga semakin optimalnya perpindahan panas aktual yang terjadi pada *air preheater* maka semakin baik efektivitasnya. Jadi dari variasi yang dilakukan didapatkan variasi temperatur udara 47°C dan laju alir massa udara 465 kg/s yang menghasilkan performa *air preheater* yang paling baik, sehingga menjadi variasi yang tepat digunakan untuk menjaga performa *air preheater*.

SIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa tentang pengaruh variasi temperatur masuk dan laju alir massa udara terhadap performa *air preheater* dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada variasi temperatur masuk dan laju alir massa udara memiliki pengaruh terhadap perpindahan panas aktual *air preheater* yaitu berbanding lurus. Didapatkan bahwa variasi temperatur udara 38°C dan laju alir massa udara 330 kg/s didapatkan perpindahan panas aktual *air preheaer* yang terkecil yaitu 85057 kJ/s. Kemudian

variasi dengan temperatur udara 47°C dan laju alir massa udara 465 kg/s didapatkan perpindahan aktual *air preheater* terbesar yaitu 115252,53 kJ/s.

2. Pada variasi temperatur masuk dan laju alir massa udara memiliki pengaruh terhadap efektivitas *air preheater* yaitu berbanding lurus. Didapatkan bahwa efektivitas *air preheater* terkecil pada variasi temperatur udara 38°C dan laju alir massa 330kg/s yaitu 67.24%. Sedangkan efektivitas *air preheater* yang terbesar pada variasi temperatur udara 47°C dan laju alir massa udara 465kg/s yaitu 67.33%.

DAFTAR PUSTAKA

- PT.PJB UP Paiton. Document PowerPoint : Air Heater.
- PT.PJB UP Paiton. Document Word and PowerPoint : Pengantar Pengenalan PLTU.
- PT.PJB UP Paiton. Document Word : Feedwater System.
- Romi Djafar,2017. Pengaruh x-ratio air preheater terhadap performa PLTU kapasitas 2x12,5 MW pada variasi beban turbin 50%, 75%, 100% dengan menggunakan software cycle tempo.
- Asme PTC 4.3 : Air Heater
- Kaydan, Amin, Heidari, Hajidavallo, Ebrahim. 2014. Three Dimensional simulation of of rotary air preheater in steam power plant. Applied Thermal engineering. Cycle-tempo, Reference Guide.
- Robert W. Serth. 2007. Process Heat Transfer Principles and Applications.
- V Ganapathy, 2015. Steam Generator and Waste Heat Boilers: For Process and Plant Engineers, New York, USA.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungan.
- Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera & David P. Dewitt. Fundamental Of Heat and Mass Transfer 7TH.
- Dian Mustikaning Kusuma, 2015. Studi Numerik Karakteristik Aliran Dan Perpindahan Panas Fluegas – Primary Air Pada Rotary Regenerative Air Preheater.