

**ANALISIS EFISIENSI EFEKTIF *HIGH PRESSURE HEATER* (HPH) TIPE  
VERTIKAL *U SHAPE* DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP  
AMURANG UNIT 1**

**Reind Junsupratyo<sup>1)</sup>, Frans P. Sappu<sup>2)</sup>, Arwanto M.A. Lakat<sup>3)</sup>**  
Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi  
Jl. Kampus UNSRAT, Manado

**ABSTRAK**

Alat penukar kalor adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan satu fluida ke fluida lainnya. Pada umumnya fluida yang digunakan sebagai pendingin memakai air biasa (*Cooling Water*), dan media panas memakai uap panas sebagai pemanas (*Superheated Steam*). Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai dalam industri pembangkit listrik adalah *Shell and Tube Heat Exchanger*. *High Pressure Heater* (HPH) adalah salah satu contoh alat penukar kalor yang banyak digunakan di industri pembangkit listrik yang berfungsi sebagai pemanas air umpan sebelum masuk ke *boiler*.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan efisiensi efektif pada *High Pressure Heater* (HPH) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Amurang unit 1. Penentuan ini berdasarkan data operasional pada bulan Juni tahun 2017. Data kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi efektif *High Pressure Heater* (HPH).

Perhitungan menggunakan metode analisis perpindahan panas *Shell and Tube Heat Exchanger*. Hasil perhitungan diperoleh efisiensi efektif tertinggi yang dicapai yaitu sebesar 69.392 % dan efisiensi efektif terendah yaitu sebesar 64.023% dengan rata-rata efisiensi efektif sebesar 66.531 % selama bulan Juni tahun 2017. Kata kunci: Alat Penukar Kalor, *High Pressure Heater*, Efisiensi Efektif

**ABSTRACT**

*Heat exchanger is a device that serves to move one fluid to another fluid. In general, fluids are used as cooling using ordinary water (Cooling Water), and hot media use steam heat as heaters (Superheated Steam). One type of heat exchanger that is widely used in power generation industries is the Shell and Tube Heat Exchangers. High Pressure Heater (HPH) is one example of a heat exchanger that is widely used in the power generation industry that serves as a feed water heater before entering the boiler.*

*This research was conducted to determine the effective efficiency of High Pressure Heater (HPH) at Amurang Power Plant (PLTU) unit 1. This determination is based on operational data on June of 2017. Data used to calculate the effective efficiency of High Pressure Heater (HPH).*

*The calculations use the Shell and Tube Heat Exchanger heat transfer method. The calculation results obtained the highest effective efficiency achieved is equal to 69.392% and the lowest effective efficiency of 64.023% with an average effective efficiency of 66.531% during the month of June 2017.*

*Keywords : Heat Exchanger, High Pressure Heaters, Effective Efficiency*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Alat penukar kalor atau *Heat Exchanger* (HE) adalah suatu alat yang berfungsi untuk memindahkan satu fluida ke fluida lainnya. Pada umumnya fluida yang digunakan sebagai pendingin memakai air biasa (*Cooling Water*), dan media panas memakai uap panas sebagai pemanas (*Superheated Steam*). Alat penukar kalor sangat luas diaplikasikan dalam dunia industri seperti industri gas alam, refrigerasi, kilang minyak, pupuk, alat berat, pabrik kimia maupun petrokimia, pembangkit listrik dan lain-lain. Salah satu tipe dari alat penukar kalor yang banyak dipakai dalam industri pembangkit listrik adalah *Shell and Tube Heat Exchanger*.

*High Pressure Heater* (HPH) adalah salah satu contoh alat penukar kalor yang banyak digunakan di industri pembangkit listrik yang berfungsi sebagai pemanas air umpan sebelum masuk ke *boiler*. Media pemanas yang digunakan adalah uap panas hasil ekstraksi dari turbin. Alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sejumlah *tube* (*tube bundle*) di bagian dalam, dimana

temperatur fluida di dalam *tube bundle* berbeda dengan di luar *tube* (di dalam *shell*) sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida di dalam *tube* dan di luar *tube*. Adapun daerah yang berhubungan dengan bagian dalam *tube* disebut dengan *tube side* dan yang di luar dari *tube* disebut *shell side*. Oleh sebab itu sebagai salah satu komponen di PLTU, perawatan (*maintenance*) yang baik dari *High Pressure Heater* (HPH) akan menghemat biaya operasional harian.

Analisis efisiensi efektif pada alat penukar kalor atau *Heat Exchanger* (HE) telah banyak dilakukan di dunia industri perminyakan, pabrik kimia, industri pupuk, pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dan juga di Pusdiklat Migas. Beberapa tipe penukar panas yang sering digunakan pada dunia industri yaitu *Shell and Tube Heat Exchanger*. Salah satu contoh dari alat penukar panas yang terdapat pada industri pembangkit listrik adalah *High Pressure Heater* (HPH). Tiga penelitian yang telah melakukan analisis tentang perhitungan efisiensi efektif pada alat penukar kalor atau *Heat Exchanger* (HE) di masing-

masing daerahnya adalah Ahmad Budiman pada tahun 2013 di PLTU Asam-asam Kalimantan Selatan dan Sugiyanto pada tahun 2006 di Pusdiklat Migas Cepu Jawa Tengah.

Penelitian yang dilakukan Ahmad Budiman pada bulan Juli 2013 untuk menghitung serta menganalisis perpindahan panas dan efisiensi efektif *High Pressure Heater* tipe horizontal sebagai alat penukar kalor di PLTU Asam-asam. Dari hasil perhitungan diperoleh efisiensi efektif tertinggi yang dicapai *Heat Exchanger* yaitu sebesar 53,92 %, dan efisiensi efektif terendah yaitu sebesar 42,59 % dengan rata-rata efisiensi 47,77 % dalam sebulannya.

Sugiyanto (2006) menggunakan metode analisis perpindahan panas *Shell and Tube Heat Exchanger* dan menciptakan aplikasi perhitungan alat penukar kalor dengan *Microsoft Visual basic 6.0*. Dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan pada *Heat Exchanger* tipe horizontal *Shell and Tube* di Pusdiklat Migas Cepu Jawa Tengah diperoleh efisiensi efektif maksimal sebesar 63,48 %..

Selain penelitian di atas, penelitian tentang analisis efisiensi

efektif alat penukar kalor juga dilakukan pada industri pupuk. Satu diantaranya adalah I. Bizzy dan R. Setiadi (2013) di PT Pupuk Sriwijaya Palembang. Peneliti ini meneliti tentang studi perhitungan alat penukar kalor tipe *shell and tube* dengan program *Heat Transfer Research Inc.*( HTRI ). Dari hasil perhitungan diperoleh efisiensi efektif *Heat Exchanger* tipe horizontal *Shell and Tube* di PT Pupuk Sriwijaya Palembang sebesar 79%.

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas, analisis efisiensi efektif pada *Shell and Tube Heat Exchanger* telah dilakukan diberbagai macam industri setiap wilayah masing-masing. Namun, analisis efisiensi efektif *Shell and Tube Heat Exchanger* pada *High Pressure Heater* (HPH) di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Amurang belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Selain itu, alat penukar kalor yang diteliti oleh peneliti-peneliti diatas adalah tipe horizontal *Shell and Tube*. Sedangkan alat penukar kalor yang ada di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Amurang adalah *High*

*Pressure Heater* (HPH) tipe Vertikal *U Shape*. Jadi, penelitian ini mencoba untuk menganalisis efisiensi efektif *High Pressure Heater* (HPH) tipe Vertikal *U Shape* di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Amurang unit 1.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini didasarkan pada latar belakang diatas. Berdasarkan itu, rumusan masalahnya adalah bagaimana menentukan efisiensi efektif dari *High Pressure Heater* (HPH) tipe Vertikal *U Shape* di PLTU Amurang unit 1.

### **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini ada tiga. Batasan masalah pertama adalah *High Pressure Heater* (HPH) sebagai alat penukar kalor pada PLTU Amurang unit 1 di Desa Moinit, Kecamatan Tenga, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara yang digunakan menjadi objek penelitian. Selanjutnya, batasan masalah kedua adalah proses yang dianalisis yaitu proses perpindahan panas yang berlangsung pada *High Pressure*

*Heater* (HPH) berdasarkan data operasional di PLTU Amurang unit 1. Batasan ketiga adalah Metode perhitungan efisiensi efektif dari *High Pressure Heater* (HPH) menggunakan metode analisis perpindahan panas *Shell and Tube Heat Exchanger*.

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini dilaksanakan untuk menentukan efisiensi efektif pada *High Pressure Heater* (HPH) di PLTU Amurang unit 1. Penentuan ini berdasarkan data operasional pada bulan Juni tahun 2017.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ada dua. Pertama adalah hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dan memberi masukan kepada pihak PLTU Amurang. Selain itu, Sebagai acuan atau pengetahuan praktis mengenai alat penukar kalor dan pembangkit listrik tenaga uap.

## **2. LANDASAR TEORI**

### **2.1. Pengolahan Air di PLTU**

### **2.2. Sistem Air Umpan**

- 2.3. *Heat Exchanger*
- 2.4. **Prinsip Kerja Heat Exchanger**
- 2.5. *High Pressure Heater (HPH)*
- 2.6. **Efisiensi Efektif**
- 2.7. **Vertikal U Shape High Pressure Heater**
- 2.8. **Komponen-komponen High Pressure Heater (HPH)**
- 2.9. **Analisis Kinerja Heat Exchanger**

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 1 Mei – 30 Juli 2017 di PLTU Amurang unit 1. Pengambilan data dilakukan pada bulan Juni 2017. Data yang diambil meliputi data operasional dan spesifikasi *High Pressure Heater* (HPH) di PLTU Amurang unit 1.

#### 3.2. Prosedur Penelitian

Proses penelitian dilakukan dalam empat langkah seperti pada Gambar 3.1. Langkah pertama adalah observasi. Pada langkah ini kondisi fluida penghantar panas ditinjau. Peninjauan ini dilakukan pada beberapa peralatan pembangkit listrik

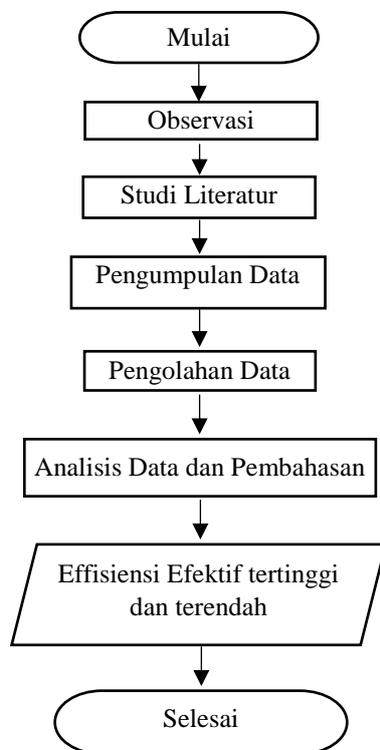
tenaga uap di PLTU Amurang. Tiga peralatan utama yang diobservasi adalah *Boiler*, Turbin, dan *High Pressure Heater* (HPH). Langkah kedua adalah studi literatur. Pada langkah ini, cara kerja alat penukar panas, teori perpindahan panas, dan cara kerja peralatan di PLTU Amurang unit 1 dipelajari. Pengumpulan data merupakan langkah selanjutnya. Data yang dikumpulkan, diperoleh dari perekaman pada CCR (*Central Control Room*) PLTU Amurang selama bulan Juni 2017. Setelah dikumpulkan, data selanjutnya diolah agar efisiensi efektif dari *High Pressure Heater* tiap bulan di tahun 2017 dapat diketahui. Selain itu, data tersebut juga dianalisis. Hasil analisis berupa efisiensi efektif tertinggi dan terendah.

#### 3.3. Pengumpulan Data

##### 3.3.1. Data Temperatur High Pressure Heater (HPH)

Dari hasil pengumpulan data di PLTU Amurang Unit 1 selama 30 hari pada bulan Juni 2017 didapatkan data temperatur dan data spesifikasi *High Pressure Heater* (HPH). Data yang diperoleh merupakan data temperatur

uap panas yang masuk dari turbin atau uap ekstraksi turbin ( $T_1$ ) dan uap keluar ( $T_2$ ) serta temperatur air masuk dari *Boiler Feed Water Pump* (BFP) ( $t_1$ ) dan temperatur air keluar ( $t_2$ ). Data tersebut merupakan data yang diperoleh dari perekaman di CCR (*Central Control Room*) PLTU Amurang.



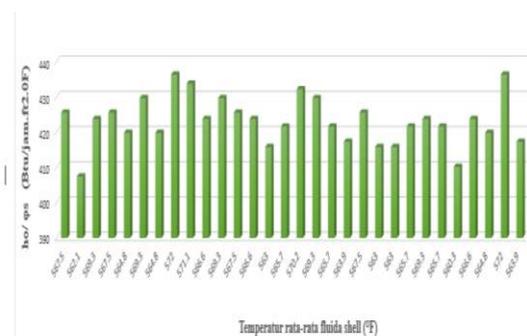
3.1 Diagram alir penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan yang telah dilakukan serta sesuai dengan tujuan penelitian, maka diperoleh hasil yang akan dibahas dan diuraikan dalam bagian pembahasan ini.

##### 4.1.1 Analisis perhitungan koefisien perpindahan panas pada bagaian *shell* dan *tube High Pressure Heater* (HPH).

Dari hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan variabel yang sangat berpengaruh pada koefisien perindahan panas pada bagian *shell* adalah temperatur fluida uap (*steam*) yang melewati *shell*. Berdasarkan grafik hasil analisis koefisien perpindahan panas pada bagian *shell* terhadap temperatur rata-rata fluida pada *shell*, seperti pada grafik dibawah didapatkan bahwa semakin rendah suhu rata-rata fluida didalam *shell*, maka semakin rendah pula koefisien perpindahan panasnya. Jadi dapat disimpulkan jika temperatur uap ekstraksi turbin pada *High Pressure Heater* rendah, maka panas yang akan diserap oleh fluida air pada bagian *tube* juga rendah atau sedikit.



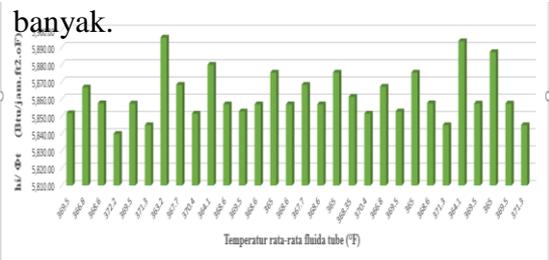
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Temperatur Rata-rata Fluida *Shell* terhadap Koefisien Perpindahan Panas

*Shell* ( $h_o/\Phi_s$ ) dari *High Pressure Heater* (HPH)

Hasil koefisien perpindahan panas pada bagian *shell* yang tertinggi yaitu sebesar 436.385 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F pada suhu rata-rata 572 °F di hari yang ke-8 dan hari yang ke-29 koefisien perpindahan panas pada bagian *shell* yang terendah yaitu sebesar 407.458 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F pada suhu rata-rata 562.1 °F di hari yang ke-2.

Berbeda pada bagian sisi *tube*, variabel yang sangat berpengaruh pada koefisien perpindahan panas pada bagian *tube* adalah temperatur fluida pada *tube* itu sendiri. Berdasarkan grafik hasil analisis koefisien perpindahan panas pada bagian *tube* terhadap temperatur rata-rata fluida pada *tube*, dari grafik dibawah didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur rata-rata fluida air, maka koefisien perpindahan panasnya akan sedikit atau rendah. Jadi dapat disimpulkan jika temperatur air pada bagian *tube* tinggi, maka panas yang akan diserap oleh fluida air pada bagian *tube* akan sedikit, hal ini karena koefisien perpindahan panas fluida *tube* yang rendah akibat temperatur fluida air

yang sudah tinggi/panas. Sedangkan jika temperatur fluida air rendah maka panas yang dapat diserap lebih



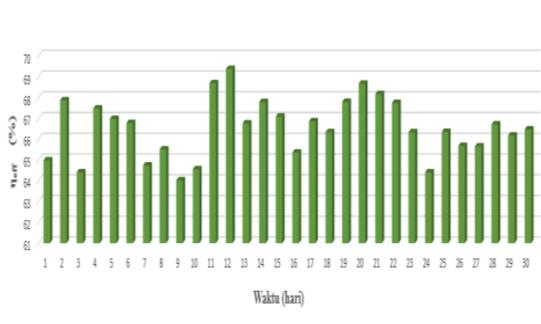
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Temperatur Rata-rata Fluida *Tube* terhadap Koefisien Perpindahan Panas *Tube* ( $h_i/\Phi_t$ ) dari *High Pressure Heater* (HPH)

Hasil koefisien perpindahan panas pada bagian *tube* yang tertinggi yaitu sebesar 5,895.703 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F pada suhu rata-rata 363.2 °F di hari yang ke-7. Dan koefisien perpindahan panas pada bagian *tube* yang terendah yaitu sebesar 5,839.881 Btu/jam.ft<sup>2</sup>.°F pada suhu rata-rata 372.2 °F di hari yang ke-4.

#### 4.1.2 Analisis perhitungan nilai efisiensi efektif *High Pressure Heater* (HPH)

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi efektif *High Pressure Heater* (HPH) selama 30 hari peneliti di PLTU Amurang. Didapatkan bahwa pada bulan Juni 2017 efisiensi efektif tertinggi yang dicapai yaitu sebesar 69.392 % pada

hari yang ke-12 dan efisiensi efektif terendah yaitu sebesar 64.023 % pada hari yang ke-9 dengan rata-rata efisiensi efektif sebesar 66.531 % dalam bulan Juni tahun 2017.



Gambar 4.3 Grafik Efisiensi Efektif ( $\eta_{\text{eff}}$ ) *High Pressure Heater* (HPH) selama 30 hari pada bulan Juni Tahun 2017 di PLTU Amurang unit 1

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis perhitungan yang telah dilakukan, berdasarkan data operasional yang diperoleh dari pihak PLTU Amurang maka diperoleh hasil efisiensi efektif *High Pressure Heater* (HPH) tertinggi sebesar 69.392 % dan yang terendah sebesar 64.023 % dengan efisiensi efektif rata-rata selama bulan Juni tahun 2017 sebesar 66.531 %. Jadi dari hasil perhitungan efisiensi efektif rata-rata *High Pressure Heater* yang ada di PLTU Amurang unit 1 di bulan Juni Tahun

2017 diperoleh hasil sebesar 66.531 %.

### 5.2 Saran

1. Kepada peneliti selanjutnya diharapkan dapat menghitung alat-alat peningkatan efisiensi lainnya yang ada di PLTU Amurang. Contoh salah satunya *Boiler Feed Pump* (BFP) ataupun Kondensor.
2. Disarankan pada pihak PLTU Amurang untuk menjadikan hasil perhitungan tugas akhir mahasiswa yang telah dilakukan ini sebagai bahan referensi untuk menjaga performa dan efisiensi efektif dari *High Pressure Heater* (HPH).

### DAFTAR PUSTAKA

- <http://www.chemicallogic.com>  
Sulawesi Utara 2x25 MW Coal Fired Power Plant. *Steam Turbine Maintenance Manual*. PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk.
- Sulawesi Utara 2x25 MW Coal Fired Power Plant. *Boiler Operation Manual*. PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk.
- Holman. J.P. 1997. *Perpindahan Kalor*. Erlangga: Jakarta.

- Kreith, F dan Prijono, A. 1994. *Prinsip Perpindahan Panas*. Erlangga: Jakarta.
- Kern, D. Q. 21st printing 1983. *Procces Heat Transfer* McGraw-Hill Book Company.
- Ahmad Budiman. 2014. *Analisis Perpindahan Panas dan Efisiensi Efektif High Pressure Heater (HPH) di PLTU Asam-Asam*. Teknik Mesin Fakultas Teknik: Universitas Lambung Mangkurat.
- Sitompul, T.M. 1993. *Alat Penukar Kalor*. PT Raja Grafindo Persada: Jakarta Utara.
- Sugiyanto. 2006. *Analisis Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube dan Aplikasi Perhitungan Dengan Microsoft Visual Basic 6.0*. Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri: Universitas Gunadarma.
- Hanzen Y. Kurniawan. 2015. *Kajian Efisiensi Termal dari Boiler di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Amurang Unit 1*. Teknik Mesin Fakultas Teknik: Universitas Sam Ratulangi Manado.
- I. Bizzy<sup>(1)</sup>, R. Setiadi <sup>(2)</sup>. 2013. *Studi Perhitungan Alat Penukar Kalor Tipe Shell and Tube Dengan Program Heat Transfer Research Inc.(HTRI)*. Teknik Mesin Fakultas Teknik: Universitas Sriwijaya.