

# KAJIAN EFISIENSI TERMAL DARI BOILER DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP AMURANG UNIT 1

Hanzen Yauri Kurniawan<sup>1)</sup>, Hardi Gunawan<sup>2)</sup>, Benny Maluegha<sup>3)</sup>

Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi

## ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi tenaga yang cukup besar yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik melalui pembangkit-pembangkit listrik khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pada PLTU Amurang, bahan bakar yang digunakan adalah batubara dan peralatan untuk membakarnya adalah *boiler*. Ketel uap (*boiler*) merupakan salah satu peralatan dalam siklus energi termal yang bertujuan merubah air menjadi uap.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan efisiensi termal dari *boiler* di PLTU Amurang Unit 1 berdasarkan data operasional. Data yang dikumpulkan diperoleh dari PLTU Amurang. Data kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi termal dari *boiler*.

Perhitungan menggunakan metode langsung dan metode tidak langsung. Hasil perhitungan menunjukkan besar efisiensi termal boiler adalah 91,73 %, dan 92,33 % berturutan. Bila dibandingkan dengan efisiensi termal menurut spesifikasi *boiler* maka perbedaannya adalah 0.41 % dan 0.19 %.

Kata Kunci: *Boiler* dan Efisiensi Termal

## ABSTRACT

*Indonesia has a considerably high potential resources that can be harnessed to generate electricity through power plants. At Amurang Steam Power Plant (PLTU Amurang), coal is used for the fuel and boiler is the equipment to burn the coal producing heat. Boiler is one of the equipments in the thermodynamics cycle which aims to turn the water into steam.*

*This study was conducted to determine the thermal efficiency of the boiler in PLTU Amurang Unit 1 based on operational data. The data collected from the PLTU Amurang . The data is then used to calculate the thermal efficiency of the boiler.*

*Calculations using the direct method and the indirect method. The calculations shows boiler thermal efficiency is 91.73% and 92.33% respectively. When compared with the thermal efficiency of the boiler according to specifications then the difference is 0,41% and 0,19%.*

*Key Word: Boiler and Thermal Efficiency*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Merupakan suatu kenyataan bahwa kebutuhan akan energi, khususnya energi listrik di Indonesia, makin berkembang menjadi bagian tak terpisahkan dari kebutuhan hidup masyarakat sehari-hari seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Namun pelaksanaan penyediaan energi listrik yang dilakukan oleh PT.PLN (Persero), selaku lembaga resmi yang ditunjuk oleh pemerintah untuk mengelola masalah kelistrikan di Indonesia, sampai saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik secara keseluruhan. Kondisi geografis negara Indonesia yang terdiri atas

ribuan pulau dan kepulauan, tersebar dan tidak meratanya pusat-pusat beban listrik, rendahnya tingkat permintaan listrik di beberapa wilayah, tingginya biaya marginal pembangunan sistem suplai energi listrik, serta terbatasnya kemampuan finansial, merupakan faktor-faktor penghambat penyediaan energi listrik dalam skala nasional.

Ketel uap (boiler) adalah sebuah alat untuk menghasilkan uap, dimana terdiri dari dua bagian yang penting yaitu: dapur pemanasan, menghasilkan panas yang didapat dari pembakaran bahan bakar dan boiler proper, sebuah alat yang mengubah air menjadi uap. Uap atau fluida panas kemudian disirkulasikan dari ketel ke turbin uap atau perangkat lainnya untuk berbagai

proses dalam aplikasi pemanasan. Ketel atau pembangkit uap adalah salah satu dari sekian banyak peralatan dalam siklus energi thermal yang bertujuan untuk merubah air menjadi uap yang berguna.

Siklus Rankine setelah diciptakan langsung diterima sebagai standar untuk pembangkit daya yang menggunakan uap (steam). Siklus Rankine nyata yang digunakan dalam instalasi pembangkit daya jauh lebih rumit dari pada siklus Rankine ideal asli yang sederhana. Siklus ini merupakan siklus yang paling banyak digunakan untuk pembangkit daya listrik sekarang ini. Oleh sebab itu peneliti tertarik untuk mengkaji penelitian ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bagaimana menentukan efisiensi termal pada PLTU Amurang unit 1.

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian harus dibatasi agar tidak meluas dalam proses analisis dan perhitungan, pembatasan penelitian ini adalah:

1. Boiler yang digunakan sebagai objek penelitian adalah *boiler* PLTU Amurang unit 1 di Desa

Moinit, Kecamatan Tenga, Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara.

2. Proses yang dianalisis adalah proses siklus produksi uap berdasarkan data operasional di PLTU Amurang unit 1.
3. Metode perhitungan efisiensi termal boiler menggunakan metode sederhana, yaitu membandingkan antara efisiensi termal keluar dan efisiensi termal masuk.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk menentukan efisiensi termal dari boiler di PLTU Amurang unit 1 berdasarkan data operasional.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini sangat bermanfaat antara lain:

1. Hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dan masukan kepada pihak PLTU Amurang untuk melihat efisiensi dari termal PLTU.

2. Sebagai acuan atau pengetahuan praktis mengenai pembangkit listrik dengan tenaga uap.

## II. LANDASAN TEORI

- 2.1 Pembakaran Batu Bara di PLTU
- 2.2 *Boiler*
- 2.3 Siklus Rankine
- 2.4 Efisiensi *Boiler*
- 2.5 Turbin Uap
- 2.6 Kondenser

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 15 Juni – 16 Juli 2014 di PLTU Amurang unit 1.

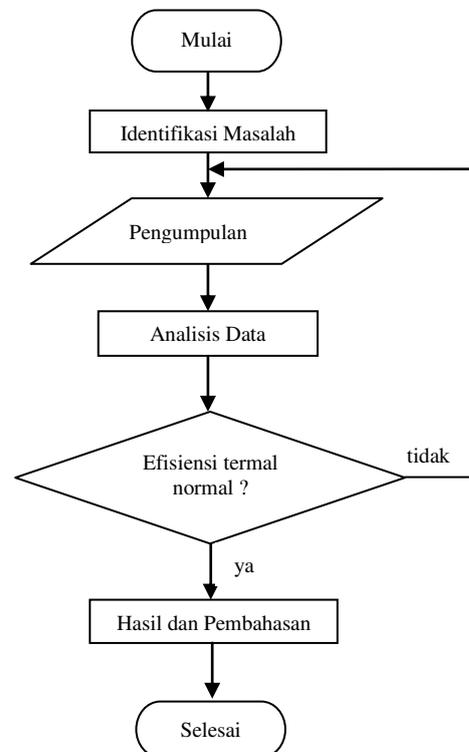
Data yang diambil meliputi spesifikasi boiler dan turbin uap di PLTU Amurang. Data operasional boiler tidak dapat diambil karena pada saat itu boiler masih dalam tahap uji coba.

### 3.2 Prosedur Penelitian

Proses penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai boiler (ketel uap), teori termodinamika tentang siklus Rankine, dan cara kerja PLTU Amurang unit 1. Proses selanjutnya adalah pengumpulan data. Data yang

dikumpulkan diperoleh langsung dari petugas PLTU Amurang. Setelah data dikumpulkan, data selanjutnya diolah untuk menentukan efisiensi termal dari boiler unit 1. Tahap selanjutnya adalah pembahasan dan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan.

### 3.3 Diagram alir penelitian



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

Dari hasil penelitian di PLTU Amurang Unit 1 didapatkan data eksperimen. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 15 Juni – 16 Juli 2014

di PLTU Amurang unit 1. Data yang digunakan dalam pengambilan data penelitian ini ialah Spesifikasi *Boiler* PLTU Amurang Unit 1.

Pengambilan data eksperimen ini dilakukan dengan cara data dikumpulkan dan diperoleh dari penelitian di PLTU Amurang. Data yang diambil meliputi spesifikasi boiler dan turbin uap di PLTU Amurang. Data operasional *boiler* tidak dapat diambil tanpa izin khusus dari pihak operator dan petugas yang mendampingi peneliti, karena pada saat itu boiler masih dalam tahap uji coba.

#### 4.2 Hasil Pengamatan

Menurut penelitian yang dilaksanakan di PLTU Amurang unit 1 maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data *Boiler* yang Digunakan Dalam Penelitian

Boiler Parameter			
<i>SH Steam Flow</i>	<i>D</i>	t/h	120
<i>SH Steam Temperature</i>	<i>T</i>	°C	540
<i>SH Steam Outlet Pressure</i>	<i>P<sub>gr</sub></i>	MPa	9.8
<i>Feedwater Temp.</i>	<i>T<sub>w</sub></i>	°C	215

<i>Cool Air Temperature</i>	<i>T<sub>a</sub></i>	°C	30
Performance Parameter			
<i>Flue Gas Loss</i>	<i>q<sub>2</sub></i>	%	6.07
<i>Chemical Fractional Combution Loss</i>	<i>q<sub>3</sub></i>	%	0
<i>Physics Fractional Combution Loss</i>	<i>q<sub>4</sub></i>	%	1.08
<i>External Heat Loss</i>	<i>q<sub>5</sub></i>	%	0.7
<i>Bed Ash Heat Loss</i>	<i>q<sub>6</sub></i>	%	0.01
<i>Thermal Efficiency (LHV)</i>	<i>H</i>	%	92.14
<i>Fuel Quantity</i>	<i>B</i>	t/h	21.96
<i>Ca/S Molar Ratio</i>	<i>Ca/s</i>	/	2.4
<i>Limestone Quantity</i>		t/h	2.72
Condenser			
<i>Steam pressure</i>	<i>P</i>	Mpa	0.0085

Tabel 4.2 Data Bahan Bakar yang Digunakan Dalam Penelitian

Fuel characteristic			
Carbon	<i>C<sub>daf</sub></i>	%	44.33
Hydrogen	<i>H<sub>daf</sub></i>	%	2.405
Oxygen	<i>O<sub>daf</sub></i>	%	16.36
Nitrogen	<i>N<sub>daf</sub></i>	%	0.735
Sulfur	<i>S<sub>daf</sub></i>	%	1.17
Moisture	<i>M<sub>ar</sub></i>	%	30
Ash	<i>A<sub>ar</sub></i>	%	5
Volatie matter	<i>V<sub>ar</sub></i>	%	35
Low heat value	GCV	kCal/kg	4000
Grindability index	HGI	/	60

### 4.3 Pembahasan

Proses pengambilan data dilakukan dengan melihat spesifikasi boiler yang diberikan oleh pihak PLTU Amurang dan proses perhitungan data dilakukan dengan 3 metode: Siklus Rankine, Metode Langsung, Metode Tidak langsung. Setelah itu dilakukan perbandingan antara lain:

#### 4.3.1. Perbandingan nilai bakar

Hasil pengamatan dan perhitungan dengan menggunakan rumus Dulong & Petit didapatkan nilai bakar dari bahan bakar batubara adalah 3421,79 kkal/kg. sedangkan pada spesifikasi boiler nilai bakar bahan bakar adalah 4000 kkal/kg.

Tabel 4.3 Hasil pengamatan perbandingan nilai bakar bawah

Perbandingan Nilai Bakar	
Rumus Dulong & Petit (kkal/kg)	Spesifikasi Boiler (kkal/kg)
3421,79	4000

#### 4.3.2. Perbandingan efisiensi termal siklus Rankine dengan efisiensi termal spesifikasi pabrik

Hasil pengamatan dan perhitungan menunjukkan efisiensi termal siklus Rankine pada siklus

Rankine dengan menggunakan persamaan 2.6 adalah 41,168 %. Sedangkan pada spesifikasi boiler efisiensi termal adalah 92,14 %.

#### 4.3.3. Perbandingan efisiensi termal metode langsung dengan efisiensi termal spesifikasi pabrik

Hasil pengamatan dan perhitungan dengan menggunakan metode langsung yaitu melalui persamaan 2.8 menunjukkan besar efisiensi boiler adalah 91,73%. Sedangkan pada spesifikasi boiler efisiensi termal adalah 92,14 %.

#### 4.3.4. Perbandingan efisiensi termal metode tidak langsung dengan efisiensi termal spesifikasi pabrik

Hasil pengamatan dan perhitungan dengan menggunakan metode tidak langsung yaitu melalui persamaan 2.9 menunjukkan besar efisiensi boiler adalah 92,33%. Sedangkan pada spesifikasi boiler efisiensi termal adalah 92,14 %.

Tabel 4.4 Hasil pengamatan perbandingan efisiensi termal

Perbandingan Efisiensi Termal <i>Boiler</i>	
Efisiensi <i>Boiler</i> Metode Langsung (%)	91,73
Efisiensi <i>Boiler</i> Metode Tidak Langsung (%)	92,33
Efisiensi Termal Spesifikasi Pabrik (%)	92,14

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, berdasarkan data operasional maka didapatkan efisiensi *boiler* PLTU Amurang unit 1 dengan menggunakan metode langsung diperoleh sebesar 91,73 %. Hasil analisis efisiensi *boiler* PLTU Amurang unit 1 dengan menggunakan metode tidak langsung diperoleh sebesar 92,33 %. Jika diolah dengan siklus Rankine maka efisiensi termal siklus sebesar 41,17 % pada  $T = 540 \text{ C}^\circ$ ,  $P = 9,8 \text{ MPa}$  dan  $P_c = 0,0085 \text{ MPa}$ . Hasil efisiensi termal siklus lebih rendah dari efisiensi termal spesifikasi dikarenakan efisiensi termal siklus adalah gabungan efisiensi termal *boiler*, turbin, kondenser dan *feedwater pump*.

### 5.2. Saran

1. Kepada peneliti selanjutnya diharapkan dapat menghitung

kehilangan panas karena abu bahan bakar dari boiler.

2. Disarankan pada pihak PLTU Amurang untuk mempelajari hasil perhitungan yang didapat sebagai bahan pertimbangan untuk efisiensi boiler.

## DAFTAR PUSTAKA

Anonimous. *Turbin Uap*.

[https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin\\_uap](https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_uap)

11 Agustus 2014

Anonimous. *Pengembangan Energi Terbarukan Sebagai Energi Aditif di Indonesia*.

<http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1101089425&9>

15 Juni 2015

Asmudi. *Analisa Unjuk Kerja Boiler Terhadap Penurunan Daya Pada PLTU PT. INDONESIA POWER UBP PERAK*.

<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-9765-Paper.pdf>

10 Agustus 2014

Budiraharjo, Imam. *Teknologi Pembakaran Pada PLTU Batubara*.

<https://imambudiraharjo.wordpress.com/>

[ress.com/2009/03/06/teknologi-pembakaran-pada-pltu-batubara/](http://ress.com/2009/03/06/teknologi-pembakaran-pada-pltu-batubara/)

22 Juli 2014

Djokosetyardjo, M.J. *Ketel Uap*.  
2003. Cetakan kelima. PT  
Pradnya Paramita. Jakarta.

Djojodihardjo, Harijono. *Dasar –  
Dasar Termodinamika  
Teknik*. 1994. PT  
GRAMEDIA. Jakarta

El-Wakil, M. M. 1992. *Instalasi  
Pembangkit Daya*. Jakarta: Erlangga  
Fadilah Ridho. *Ketel Uap*.

[http://www.academia.edu/8596574/Makalah\\_Ketel\\_Uap?login=&email\\_was\\_taken=true&login=&email\\_was\\_taken=true&login=&email\\_was\\_taken=true](http://www.academia.edu/8596574/Makalah_Ketel_Uap?login=&email_was_taken=true&login=&email_was_taken=true&login=&email_was_taken=true)

20 Juli 2014

Rakhman. *Jenis Kondensor*.  
<http://rakhman.net/2013/07/jenis-kondensor.html>

16 Juni 2015

Rakhman. *Prinsip Kerja Kondensor*.

<http://rakhman.net/2013/04/prinsip-kerja-kondensor.html>

16 Juni 2015

Surbakty, B.M. *Ketel Uap*. 1987.

MUTIARASOLO. Surakarta

William D. Steventson, Jr, *Analisis  
sistem Tenaga Listrik*,

Penerbit Erlangga, 1996.

<http://www.pdfactory.com>