

## Analisis Pengaruh Perubahan Beban Boiler Terhadap Konservasi Energi di PLTU SU5

Dadang Suhendra Permana dan Agung Wahyudi Bintoro  
Dosen Peneliti Teknik Mesin (Universitas Mercu Buana Jakarta)

Email: [dadangsp2012@gmail.com](mailto:dadangsp2012@gmail.com)

*Abstrak-- Kinerja PLTU yang memadai sangat diperlukan saat ini, mengingat konsumsi energinya sangat besar, demikian pula nilai konversi energinya. Agar nilai konservasinya baik, dibutuhkan kehandalan yang terkendali, baik secara operasional maupun perawatan, karena pemantauan nilai efisiensi yang kontinu, penting dalam penilaian Performance Base Regulatory suatu PLTU. Perubahan beban pada PLTU S5 sering kali terjadi akibat harus melayani interkoneksi penyaluran beban dari Pusat Pengatur Beban Jawa Bali (P3B JB). Kemampuan PLTU yang lambat dalam menghadapi perubahan beban, menyebabkan turunnya kinerja PLTU. Catatan commissioning test menunjukkan PLTU S5 mampu menghasilkan daya net rata-rata sebesar 418,04 MW dengan efisiensi unit sebesar 34,84 %. PLTU S5 hampir setiap hari mengalami perubahan beban, ini berpotensi besar menurunkan performa boiler. Perhitungan meliputi; keseimbangan energi boiler, keseimbangan energi siklus uap dan efisiensi sistem pembangkit PLTU S5. Analisis perhitungan membuktikan kerugian energi terbesar terjadi pada 14 Desember sebesar 1060,38 MW. Hal ini meliputi siklus uap sebesar 758.49 MW dan kehilangan panas pada boiler sebesar 288,96 MW. Performa rata-rata perhari PLTU S5 tidak mencapai target kinerja yang diinginkan, karena persentase rata-rata efisiensi PLTU S5 hanya sebesar 33 %. Tercatat selama bulan Desember, PLTU S5 hanya dapat memenuhi target kinerja efisiensi selama 8 hari.*

**Kata kunci:** Keseimbangan energi, PLTU, Efisiensi, NPHR

*Abstract-- Adequate PLTU performance is urgently needed at this time, considering the very large energy consumption, as well as the energy conversion value. In order for the conservation value to be good, controlled reliability is needed, both operationally and maintenance, because continuous monitoring of efficiency values is important in assessing the Performance Base Regulatory of a PLTU. Changes in load at PLTU S5 often occur due to having to serve load distribution interconnections from the Java Bali Load Management Center (P3B JB). The slow capacity of the power plant in dealing with changes in load, causes a decrease in the performance of the power plant. The commissioning test records show that PLTU S5 is able to produce an average net power of 418.04 MW with a unit efficiency of 34.84%. PLTU S5 experiences changes in load almost every day, this has great potential to reduce boiler performance. Calculations include; boiler energy balance, steam cycle energy balance and PLTU S5 power plant system efficiency. Calculation analysis proves that the largest energy loss occurred on December 14, amounting to 1060.38 MW. This includes a steam cycle of 758.49 MW and heat loss in the boiler of 288.96 MW. The average daily performance of PLTU S5 does not reach the desired performance target, because the average percentage of PLTU S5's efficiency is only 33%. It was recorded that during December, PLTU S5 could only meet the efficiency performance target for 8 days.*

### 1. PENDAHULUAN

PLTU merupakan jenis pembangkit yang memanfaatkan uap dari boiler sebagai sumber energi penggerak turbin, yang akan memutar generator untuk menghasilkan tenaga listrik [11]. PLTU SU5 menjadi salah satu pembangkit listrik tenaga uap tipe Fluidized Bed milik PT PLN (Persero) yang beroperasi secara komersial guna melayani Penyalur dan Pusat Pengatur Beban Jawa Bali (P3B JB). PLTU SU5 didesain menggunakan bahan bakar batubara LRC yang jumlah cadangannya cukup besar di Indonesia.

Peningkatan efisiensi dan keandalan kerja PLTU sangat diperlukan untuk menghadapi pertumbuhan kebutuhan listrik Nasional. Banyak penelitian yang dilakukan untuk dapat mengevaluasi kinerja suatu pembangkit agar keandalannya dapat ditingkatkan. Hasil dari analisa energi Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Montazeri Iran kapasitas unit 200 MW, menunjukkan kehilangan energi terbesar terdapat pada boiler 315,39 MW mencakup 85,66% dari total energi memasuki sistem pembangkit [5].

Faktor efisiensi merupakan hal yang sangat penting dan selalu menjadi pembahasan utama di dalam setiap menganalisis pembangkit listrik. Dari uji regresi linier yang telah dilakukan, nilai efisiensi memiliki pengaruh yang besar atau sangat signifikan terhadap kinerja suatu PLTU [1].

Untuk mendapatkan nilai efisiensi terbaik, dibutuhkan keandalan yang terkendali baik secara pengoperasian maupun perawatan antara turbin, boiler dan transformator pada beban yang sesuai, sehingga didapatkan efisiensi terbaik sebagai acuan agar unit dapat bekerja secara optimal. Dengan efisiensi terbaik, tentunya mampu memberdayakan bahan bakar sampai tingkat nilai kalori yang tinggi dan konsumsi panas bahan bakar minimum [2].

Dalam pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) perlu mendapat perhatian khusus. Hal ini disebabkan karena proses konversi energinya cukup panjang. Perubahan beban PLTU harus diikuti dengan pengaturan yang merubah aliran entalphy, aliran kalori, dan aliran bahan bakar, serta aliran udara, melalui sistem kontrol. Proses konversi energi yang panjang menyebabkan kemampuan PLTU untuk menghadapi perubahan beban sangat tergantung kepada besarnya tempat penyimpanan energi, misalnya ruang bakarnya dan drum ketelnya. Lambatnya kemampuan PLTU untuk menghadapi perubahan beban akan menyebabkan pemborosan bahan bakar yang berpengaruh terhadap efisiensi kerja PLTU [2].

Nilai efisiensi saat ini memegang peranan penting, selain sebagai salah satu parameter penilaian yang sering disebut dengan Performance Base Regulatori, juga sangat penting untuk menghitung biaya operasi dan laba sebuah pembangkit [7].

## 2. METODOLOGI

Kondisi aktual performa kerja (kinerja) unit Boiler di area PLTU SU5 yang terindikasi sangat kurang dari spesifikasi terpasang. Identifikasi masalah didapat dengan mencari titik permasalahan yang menjadi penyebab dari turunnya kinerja Boiler. Apakah akibat kondisi beban kerja yang berubah-ubah atau kemungkinan akibat pengaruh teknis maintenance yang tidak sesuai SOP atau bisa jadi akibat kondisi komponen yang sudah tidak sesuai lagi dengan desain awal akibat berbagai modifikasi perbaikan.

Data perhitungan pokok yang juga menjadi dasar utama dalam penelitian ini diantaranya laju energi batubara, energi panas pada boiler, energi pada siklus uap, dan energi yang dihasilkan generator. Perhitungan tersebut merupakan

proses konversi energi pada PLTU, dimana dengan energi input adalah energi yang terkandung dalam batubara menjadi energi keluaran yang dihasilkan PLTU yaitu energi listrik pada generator. Dari data-data tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan *Heat rate Turbine* (laju kalor), *Nett Plant Heat rate* (NPHR), dan *Energi Balance*, untuk mengetahui kinerja dari PLTU SU5.

Tahap pengumpulan data sistem Boiler dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung dengan mencatat langsung data dari pembacaan alat ukur pada sistem pembangkitan dan telah terkoneksi pada DCS (*Digital Control System*) yang terletak di ruang pusat kontrol atau yang lebih disebut CCR (*Central Control Room*). Proses PLTU SU5 diatur oleh DCS untuk mengendalikan semua sistem dan subsistem beserta dengan komponen yang terkait di dalamnya. Sehingga operator cukup mengatur melalui *panel* yang terdapat di CCR untuk menyediakan kebutuhan sistem atau beban.

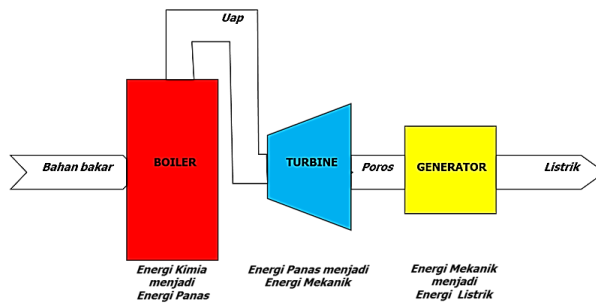
Karena sudah menggunakan sistem otomatis, maka semua komponen yang dikontrol akan bekerja secara bersamaan sesuai dengan output yang diinginkan. Data-data tersebut terkumpul dalam data *Logger* yang diatur oleh pihak *Maintenance* sub bidang *Instrument* dan *Control Unit* 5-7 PLTU SU5. Data *Logger* mencatat data parameter pada PLTU SU5 tiap 15 menit sekali. Pengambilan data secara tidak langsung diambil dari tabel sifat uap dan aplikasi *Steam table*. Data yang diambil adalah *enthalpy specific* (h), *enthropy specific* (s). Aplikasi yang digunakan adalah *Water97\_v13.xla – Excel Add-In for Properties of Water and Steam in SI-Units Version 1.3 – 10 February 2002, Copyright 2000-2002 by Bernhard Spang, Hamburg, Germany*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Neraca Energi *Balance*

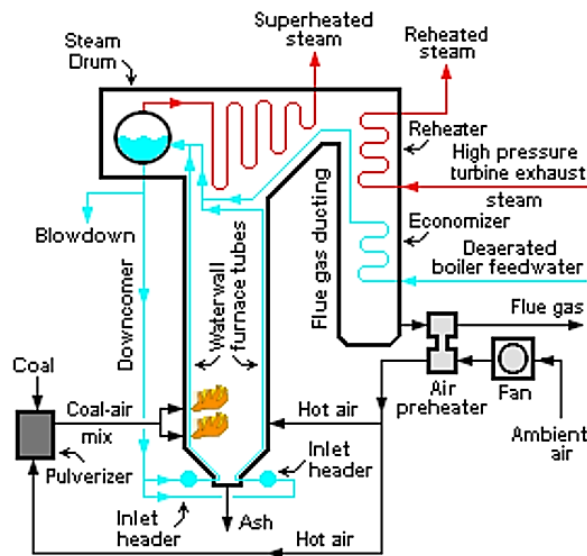
Neraca energi adalah cabang keilmuan yang mempelajari kesetimbangan energi dalam sebuah sistem. Neraca energi dibuat berdasarkan pada hukum pertama termodinamika menyatakan kekekalan energi, yaitu energi tidak dapat dimusnahkan atau dibuat, hanya dapat diubah bentuknya. Perumusan dari neraca energi suatu sistem mirip dengan perumusan neraca massa. Namun demikian, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu suatu sistem dapat berupa sistem tertutup namun tidak terisolasi (tidak dapat terjadi perpindahan massa namun dapat terjadi perpindahan panas) dan hanya terdapat satu neraca energi untuk suatu sistem.

Perpindahan kalor yang tidak dapat dihindari antara komponen pembangkit dan sekelilingnya diabaikan untuk memudahkan analisis. Perubahan energi kinetik dan potensial juga diabaikan. Setiap komponen dianggap beroperasi pada kondisi tunak (*steady*). Dengan menggunakan prinsip konservasi massa dan konservasi energi bersama-sama dengan idealisasi tersebut maka akan dikembangkan persamaan untuk perpindahan energi pada masing-masing komponen pembangkit..



Gambar 1. Skema Energi Balance

Pada superheater terdapat *primary superheater spray water* (psw) dan *secondary superheater spray water* (ssw) untuk menjaga agar superheater tidak overheat. Sedangkan untuk Reheater terdapat *Reheater spray water* (rsw).



**Kehilangan (Losses) Energi Boiler**

Pada proses konversi energi batubara menjadi panas yang digunakan untuk pemanas air pengisi boiler, terdapat *Losses* (kehilangan) energi. Dimana energi panas pada boiler tidak sepenuhnya dapat dikonversi menjadi energi panas pada uap yang akan digunakan untuk memutar turbin. Energi losses boiler adalah

energi sisa dari panas pembakaran pada boiler, yang terdapat pada flue gas (gas buang) untuk dibuang ke lingkungan melalui stack (cerobong)

Secara teori keseimbangan energi, kehilangan energi pada boiler adalah hasil pengurangan energi masuk boiler (energi batubara) dengan energi yang dihasilkan boiler (energi panas boiler). Perhitungan kerugian panas pada boiler dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\dot{Q}_{lb} = \dot{Q}_f - \dot{Q}_b$$

dimana :

$Q_{lb}$  : laju energi Losses boiler [MW]

$Q_f$  : laju energi Fuel (bahan bakar) [MW]

$Q_b$  : laju energi boiler [MW]

**Efisiensi Boiler**

Efisiensi pada boiler adalah prestasi kerja atau tingkat unjuk kerja boiler yang didapatkan dari perbandingan antara energi yang dipindahkan ke atau diserap oleh fluida kerja didalam boiler dengan masukan energi bahan bakar.

$$\eta_b = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{Q}_f} \times 100 \%$$

dimana :

$\eta_b$  : efisiensi boiler [MW]

$Q_f$  : laju energi Fuel (bahan bakar) [MW]

$Q_b$  : laju energi boiler [MW]

**Efisiensi Siklus Uap**

Efisiensi siklus uap adalah prestasi kerja atau tingkat unjuk kerja sistem siklus uap (*Steam Cycle*) pada PLTU, yang didapatkan dari prosentase perbandingan antara energi uap yang digunakan untuk memutar turbin dengan energi listrik yang dihasilkan oleh generator. Besarnya nilai efisiensi siklus uap dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\eta_{unit} = \frac{P_g}{\dot{Q}_s} \times 100 \%$$

dimana :

$\eta_{unit}$  : efisiensi sistem uap

$\dot{Q}_s$  : laju energi siklus uap [MW]

$P_g$  : energi listrik output generator [MW]

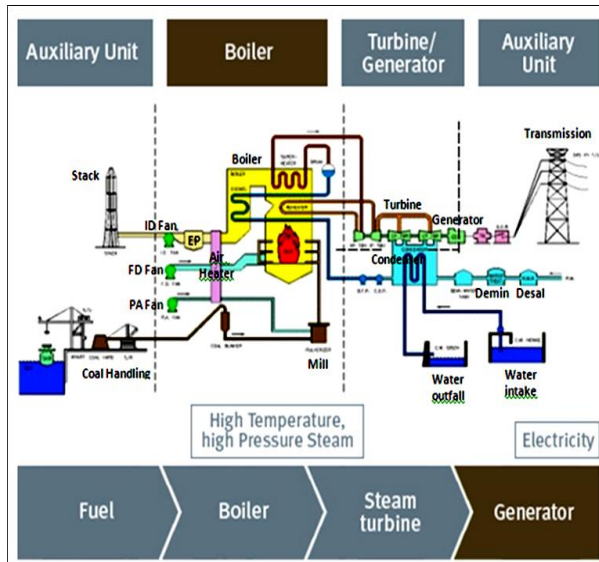
**Efisiensi Sistem PLTU**

Efisiensi Plant Sistem PLTU adalah prestasi kerja atau tingkat unjuk kerja pembangkit listrik yang didapatkan dari prosentase perbandingan antara energi input yaitu batubara dengan energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTU, dinyatakan dengan derajat keberhasilan.

$$\eta_{PLTU} = \frac{P_{g\ net}}{\dot{Q}_f} \times 100 \%$$

dimana:

- $\eta$  PLTU : efisiensi PLTU
- $Q_f$  : laju energi Fuel (bahan bakar) [MW]
- $P$  (g net) : energi listrik yang dihasilkan PLTU [MW]



Gambar 3. Energi listrik nett yang dihasilkan PLTU

**Data Parameter**

**A. Data Batubara**

Tabel 4.1 Data Kandungan Batubara

TM	ASH	VM	FC	GCV	TS
%	%	%	%	kcal/kg	%
26,32	5,30	35,89	32,49	4838	0,65

**B. Data Pressure (Tekanan)**

Tabel 4.2 Data Tekanan

Data Pengukuran	Simbol	Satuan	Nilai Terukur
Main Steam	$P_{ms}$	bar (abslt)	145,82
Feed Water	$P_{fw}$	bar (abslt)	159,67
Cold reheat Steam (inlet)	$P_{crh}$	bar (abslt)	32,76
Hot reheat Steam (outlet)	$P_{hrh}$	bar (abslt)	31,53
Primary superheat Spray Water	$P_{psw}$	bar (abslt)	159,67
Secondary superheat Spray	$P_{ssw}$	bar (abslt)	159,67

**Perhitungan Energi Balance**

- Energi Losses Steam Cycle

Perhitungan kehilangan energi pada proses konversi energi siklus uap menjadi energi Efisiensi Steam Cycle listrik dengan

Water			
Reheat Spray Water	$P_{rsw}$	bar (abslt)	159,67

**C. Data Temperatur**

Tabel 4. Data Temperatur

Data Pengukuran	Simbol	Satuan	Nilai Terukur
Main Steam	$T_{ms}$	$^{\circ}C$	536,16
Feed Water	$T_w$	$^{\circ}C$	268,40
Cold reheat Steam (inlet)	$T_{crh}$	$^{\circ}C$	335,58
Hot reheat Steam (outlet)	$T_{hrh}$	$^{\circ}C$	540,44
Primary superheat Spray Water	$T_{psw}$	$^{\circ}C$	175,89
Secondary superheat Spray Water	$T_{ssw}$	$^{\circ}C$	175,89
Reheat Spray Water	$T_{rsw}$	$^{\circ}C$	175,89

**D. Data Flow (Laju Aliran Massa)**

Tabel 4.4 Data Laju aliran massa

Data Pengukuran	Simbol	Satuan	Nilai Terukur
Batubara	$\dot{m}_{bb}$	T/h	219,56
Main Steam	$\dot{m}_{ms}$	T/h	1325,72
Feed Water	$\dot{m}_{fw}$	T/h	1249,27
Cold reheat Steam (inlet)	$\dot{m}_{crh}$	T/h	1246,11
Hot reheat Steam (outlet)	$\dot{m}_{hrh}$	T/h	1259,66
Primary superheat Spray Water	$\dot{m}_{psw}$	T/h	119,91
Secondary superheat Spray Water	$\dot{m}_{ssw}$	T/h	58,99
Reheat Spray Water	$\dot{m}_{rsw}$	T/h	13,56
Make up water	$\dot{m}_{mu}$	T/h	3,11

**E. Data Power (Energi Listrik)**

Tabel 4.5 Data Power

Data Pengukuran	Simbol	Satuan	Nilai Terukur
Generator measured output power	$P_g$	MW	432,65
Exitation Power	$P_{exe}$	MW	0,70
Aux. Power	$P_{aux}$	MW	14,61

menggunakan persamaan 2.13 adalah sebagai berikut:

$$\dot{Q}_s = 1019,91 \text{ (MW)}$$

$$P_g = 432,65 \text{ (MW)}$$

$$\dot{Q}_{ls} = \dot{Q}_s - P_g$$

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{ls} &= 1019,91 - 432,65 \\ \dot{Q}_{ls} &= 587,27 \text{ MW} \end{aligned}$$

(1 kcal/kWh = 4,8 kJ/kWh)  
 $HRT = 2030,28 \text{ kcal/kWh}$

Perhitungan efisiensi siklus uap dengan menggunakan persamaan 2.14 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_s &= 1019,91 \text{ (MW)} \\ P_g &= 432,65 \text{ (MW)} \\ \eta_{unit} &= \frac{P_g}{\dot{Q}_s} \times 100 \% \\ \eta_{unit} &= \frac{432,65}{1019,91} \times 100 \% \\ \eta_{unit} &= 42,42 \% \end{aligned}$$

• Efisiensi Sistem PLTU

Perhitungan efisiensi sistem PLTU adalah dengan menggunakan persamaan 2.15 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_f &= 1235,31 \text{ (MW)} \\ P_{g \text{ net}} &= 418,04 \text{ (MW)} \\ \eta_{unit} &= \frac{P_{g \text{ net}}}{\dot{Q}_f} \times 100 \% \\ \eta_{unit} &= \frac{418,04}{1235,31} \times 100 \% \\ \eta_{unit} &= 33,84 \% \end{aligned}$$

• Turbin Heat rate

Perhitungan heat rate turbin dengan menggunakan persamaan 2.16 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_s &= 1019,91 \text{ (MW)} \\ &= 1019913,30 \text{ (kJ/s)} \\ P_g &= 432,65 \text{ (MW)} \\ P_g &= 432647,79 \text{ kW} \\ HRT &= \frac{\dot{Q}_s \times 3600}{P_g} \\ HRT &= \frac{1019913,30 \times 3600}{432647,79} \\ HRT &= 8486,55 \text{ kJ/kWh atau} \end{aligned}$$

• *Nett Plant Heat rate*

Perhitungan *nett heat rate* pada sistem PLTU dengan menggunakan persamaan 2.17 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_f &= 1235,31 \text{ (MW)} \\ &= 1235306,24 \text{ (kJ/s)} \\ P_{g \text{ net}} &= 418,04 \text{ MW} \\ P_{g \text{ net}} &= 418041,29 \text{ kW} \end{aligned}$$

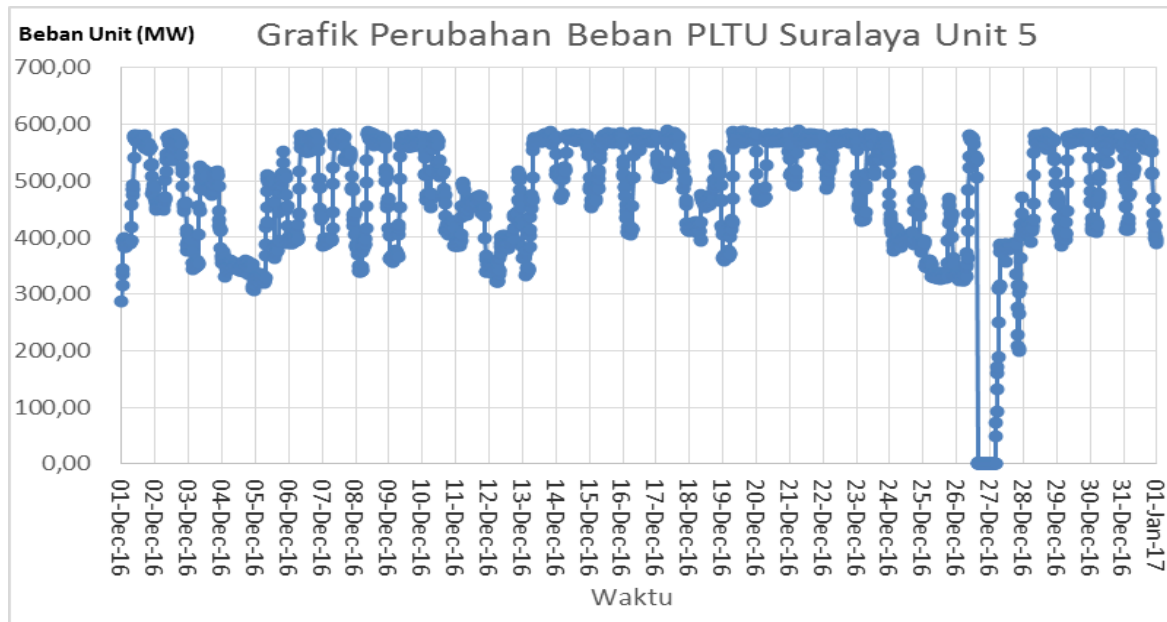
$$\begin{aligned} NPHR &= \frac{\dot{Q}_f}{P_{g \text{ net}} \times 3600} \\ NPHR &= \frac{1235306,24}{418041,29 \times 3600} \\ NPHR &= 10638 \text{ kJ/kWh atau} \\ &\text{(1 kcal/kWh = 4,8 kJ/kWh)} \\ NPHR &= 2545 \text{ kcal/kWh} \end{aligned}$$

**HASIL PERHITUNGAN DAN ANALISIS DATA**

Perhitungan menggunakan rumus persamaan yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka, berdasarkan data parameter yang diambil dari data logger PLTU SU5 tiap 15 menitnya selama bulan Desember. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan aplikasi MS. Excel.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan kemudian dikelompokkan, sehingga dapat dianalisa untuk membandingkan data – data yang telah dihitung berdasarkan parameter energi *balance* PLTU SU5 per 15 menit pada bulan Desember.

Berdasarkan gambar 4, terdapat penurunan dan kenaikan beban listrik pada PLTU SU5 selama periode Desember. Beban listrik PLTU diatur oleh P3B. Namun terdapat penurunan beban yang sangat signifikan pada tanggal 26 Desember pukul 15.00, dari beban 506 MW turun hingga 2.85 MW. PLTU SU5 mengalami trip unit pada waktu tersebut. Butuh 14 jam PLTU SU5 untuk dapat beroperasi mensuplai listrik kembali.



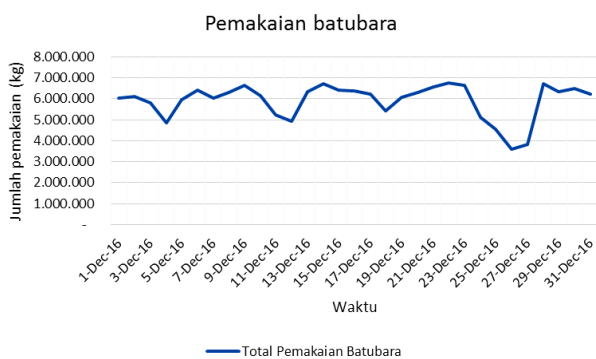
Gambar 4. Grafik perubahan beban listrik PLTU SU5

**Keseimbangan Energi Pada Boiler**

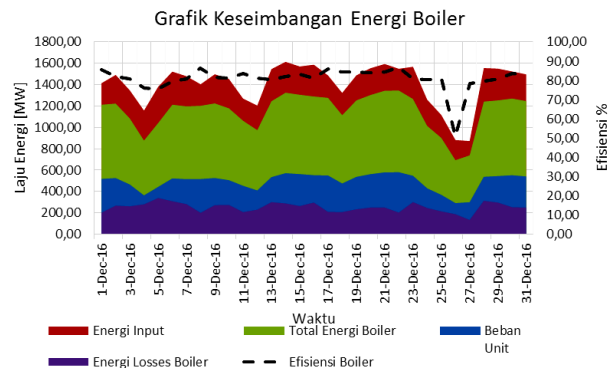
Perhitungan keseimbangan energi pada boiler dengan menggunakan rumus persamaan yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Energi input pada persamaan 2.1
2. Energi panas *superheat* pada persamaan 2.2
3. Energi panas *reheat* pada persamaan 2.3
4. Energi pada *spray water superheat* pada persamaan 2.4 dan 2.5
5. Energi pada *spray water reheat* pada persamaan 2.6
6. Energi pada boiler pada persamaan 2.7
7. Kehilangan energi pada boiler pada persamaan 2.8
8. Efisiensi boiler pada persamaan 2.9

Hasil perhitungan keseimbangan energi pada boiler yang didapatkan, dianalisis dengan menggunakan grafik. Dengan menghubungkan data satu dengan yang lainnya.



Berdasarkan gambar 4.2 dapat dilihat pemakaian batubara PLTU SU5 selama bulan Desember. Penggunaan batubara terbanyak pada tanggal 22 Desember dengan beban unit PLTU sebesar 580 MW. Jumlah total konsumsi batubara PLTU Suralaya Unit 5 pada bulan Desember adalah 183,045,134 kg.

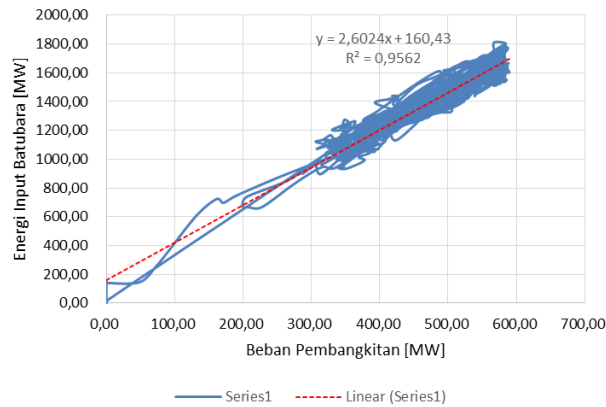


Gambar 6. grafik keseimbangan energi pada boiler

Berdasarkan gambar 6, nilai efisiensi boiler PLTU SU5 terbaik pada Desember adalah 95.61 %, yang terjadi pada jam 02.30 tanggal 8 Desember pada beban 339 MW. Dengan konsumsi batubara sebesar 43.7 Ton yang menghasilkan energi input sebesar 939.22 MW, dan energi boiler sebesar 898 MW. Dari proses konversi energi tersebut terdapat kehilangan energi sebesar 41.2 MW.:

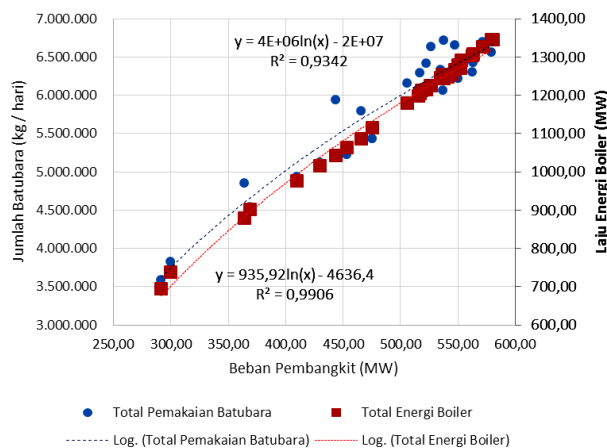
Dari gambar 7 grafik hubungan energi input dan beban pembangkitan, dapat dilihat kebutuhan energi input terhadap beban yang dibangkitkan. Menggunakan persamaan linier  $y =$

2,6024x + 160,43 dengan R<sup>2</sup> = 0,9562, semakin besar nilai beban pembangkitan PLTU, maka semakin besar pula energi input yang dibutuhkan.



Gambar 7. grafik hubungan energi input terhadap beban pembangkitan

Hubungan Pemakaian Batubara dan Energi Boiler terhadap perubahan beban



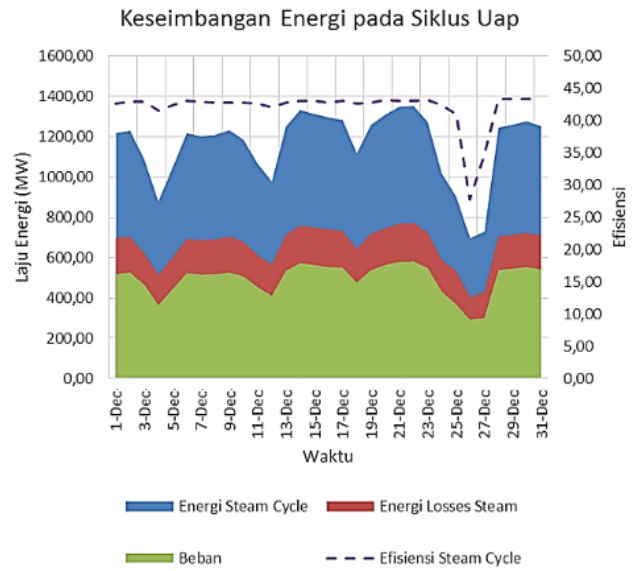
Gambar 8. Grafik hubungan pemakaian batubara dan energi boiler terhadap beban

Dari gambar 8. grafik pemakaian batubara dan beban PLTU SU5, menggunakan persamaan logaritma  $y = 4 \times 10^6 \ln(x) - 2 \times 10^7$  dengan R<sup>2</sup> = 0,9342, jumlah konsumsi batubara berbanding lurus dengan beban yang dibangkitkan. Berdasarkan data perhitungan dengan persamaan log,  $y = 935,92 \ln(x) - 4636,4$  dan R<sup>2</sup> = 0,9906. Nilai energi boiler yang dihasilkan pun juga berbanding lurus dengan beban yang dibangkitkan.

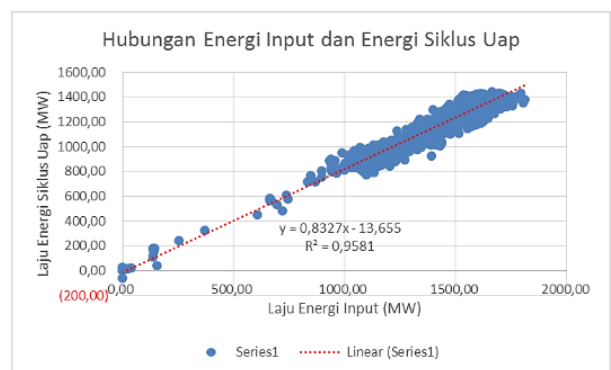
**Keseimbangan Energi Pada Siklus Uap**

Perhitungan keseimbangan energi pada siklus uap dengan menggunakan rumus persamaan yang telah dijelaskan pada tinjauan pustaka. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Energi siklus uap pada persamaan 2.10
2. Kehilangan energi pada siklus uap pada persamaan 2.1
3. Efisiensi siklus uap pada persamaan 2.14
4. Turbine heat rate pada persamaan 2.16



Pada gambar 9 menunjukkan grafik keseimbangan energi PLTU SU5, dari proses konversi energi pada siklus uap menjadi energi listrik yang dihasilkan generator. Efisiensi terbaik siklus uap PLTU SU5 pada Desember adalah 45,13 %, yang terjadi pada jam 22.45 tanggal 6 Desember. Energi siklus uap yang dihasilkan adalah 1050 MW, dengan beban pembangkitan sebesar 450,71 MW dan nilai heat rate turbinnya sebesar 1908,39 kcal/kWh. Dari proses konversi energi tersebut, terdapat kerugian energi sebesar 576.17 MW.



Gambar 10 grafik hubungan energi input dengan energi pada siklus uap

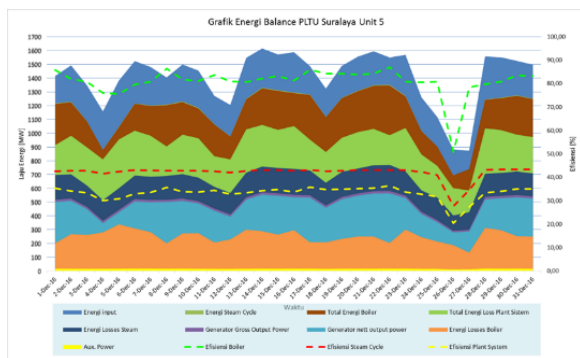
Dari kecenderungan data berdasarkan gambar 10 grafik hubungan energi input dan energi siklus uap, menghasilkan persamaan linier  $y = 0.8327x - 13.655$  dengan R<sup>2</sup> = 0.9581. Energi

siklus uap berbanding lurus dengan energi inputnya. Dimana semakin besar energi siklus uap yang dihasilkan dibutuhkan energi input yang semakin besar pula

**Keseimbangan Energi PLTU**

Keseimbangan energi pada PLTU adalah proses konversi energi dari energi input batubara hingga menjadi energi listrik. Dari seluruh tahapan perhitungan konversi energi dapat dihitung efisiensi sistem PLTU, dengan menggunakan rumus persamaan efisiensi sistem PLTU dengan persamaan 2.15 pada tinjauan pustaka

Berdasarkan tabel 4.9 hasil perhitungan keseimbangan energi pada siklus uap yang didapatkan, dianalisis dengan menggunakan grafik. Dengan menghubungkan data satu dengan yang lainnya.



Gambar 11. grafik energi *balance*

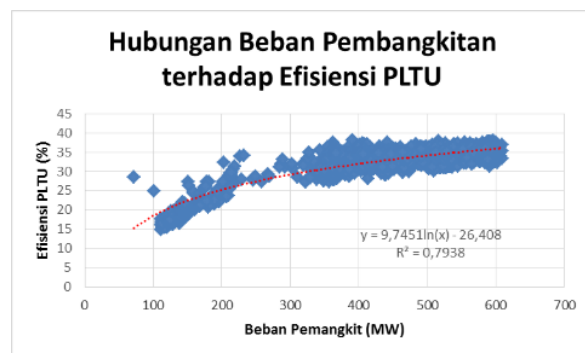
Berdasarkan gambar 11 menunjukkan grafik keseimbangan energi pada PLTU SU5 berdasarkan perubahan beban pembangkit selama Desember. Dari grafik energi *balance* terdapat perubahan nilai laju energi dan nilai kehilangan energi, pada proses konversi energi input batubara menjadi energi listrik yang dibangkitkan PLTU. Nilai beban tertinggi yang di bangkitkan, pada tanggal 22 Desember yaitu sebesar 563,55 MW dengan efisiensi sistem PLTU sebesar 36.40 %.

**Analisis Kinerja PLTU Suralaya Unit 5**

Nilai NPHR PLTU digunakan pada salah satu target kinerja yang tercantum dalam kontrak manajemen PT Indonesia Power. Parameter target kinerja PLTU S5 adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Target Kinerja Pembangkit

TARGET KINERJA	Satuan	Unit 5
Produksi <i>Netto</i>	MWh	340,165
<i>Net Plant Heat rate</i>	kCal/kWh	2561,81
<i>Net Eff. Thermal</i>	%	35.09
Pemakaian Sendiri	MWh	16,809
Pemakaian Batubara	kg	167,479,302



Gambar 12. Grafik efisiensi PLTU terhadap perubahan beban

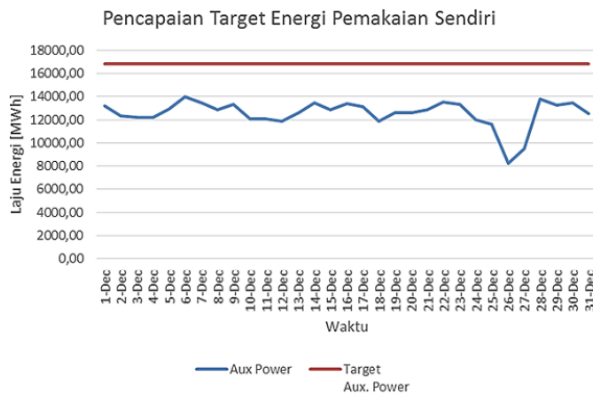
Pada periode Desember, Performa PLTU SU5 dapat dilihat melalui gambar 12, PLTU Suralaya Unit 5 dapat mensuplai beban listrik dengan efisiensi rata-rata 33.3 % per harinya selama bulan Desember. Performa terbaik PLTU SU5 pada tanggal 22 Desember dengan nilai rata-rata efisiensi per harinya sebesar 36.4 %. Sedangkan untuk performa terburuk pada periode Desember adalah pada tanggal 26 Desember dengan nilai efisiensi sebesar 20.4 %.



Gambar 13. Grafik pencapaian target kinerja beban pembangkitan PLTU SU5

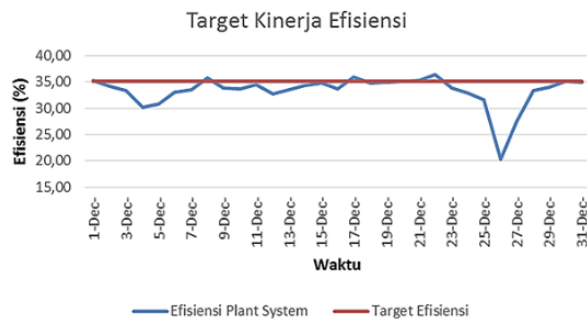


Berdasarkan gambar 13, pada bulan Desember PLTU SU5 mampu memenuhi target kinerja pembebanan sebesar 340,165 MWh, dengan nilai rata-rata beban pembangkitan sebesar 357,423 MWh. Persentase kemampuan PLTU dalam memenuhi target pembebanan adalah 71 %.



Gambar 14. Grafik pencapaian target kinerja listrik pemakaian sendiri PLTU SU5

Pada Periode bulan Desember berdasarkan gambar 14, PLTU SU5 dapat memenuhi target kinerja energi listrik pemakaian sendiri. Nilai rata-rata perhari listrik pemakaian sendiri PLTU SU5 sebesar 12,549 MWh dengan nilai target kinerja sebesar 16,809 MWh.



Gambar 15. Grafik pencapaian efisiensi kinerja PLTU SU5

Gambar 15. merupakan grafik pada periode Desember, nilai rata-rata perhari efisiensi PLTU SU5 tidak dapat mencapai target kinerja dengan sempurna. Persentase rata-rata efisiensi PLTU SU5 hanya sebesar 33 % pada target kinerja sebesar 35 %. Sehingga selama bulan Desember, PLTU SU5 dapat memenuhi target kinerja efisiensi selama 8 hari.

**KESIMPULAN**

1. Efisiensi sistem Boiler PLTU SU5 terbaik melalui perhitungan energi balance pada saat dianalisis tanggal 22 Desember adalah

36,40 % pada pembebanan listik sebesar 563,55 MW.

2. Kerugian energi terbesar pada Boiler PLTU SU5 saat dianalisis, terjadi pada 14 Desember sebesar 1060,38 MW, dengan rincian kehilangan energi pada siklus uap sebesar 758.49MW dan kehilangan panas pada boiler sebesar 288,96 MW.
3. Performa rata-rata perhari PLTU SU5 tidak dapat mencapai target kinerja dengan sempurna, karena persentase rata-rata efisiensi PLTU SU5 hanya sebesar 33 %, jika dibandingkan dengan target kinerja (*Commissioning Test*) 35 %. Tercatat selama bulan Desember, PLTU SU5 hanya dapat memenuhi target kinerja efisiensi selama 8 hari.

**DAFTAR RUJUKAN**

- [1] Abdul, Qodir A. (2015). Heat Rate Pembangkit Listrik. Retrieved from aabdulqodir wordpress website: <https://aabdulqodir.wordpress.com/2015/01/10/heat-rate-power-plant/>
- [2] Adhi N., Agus. (2014). *Analisa Pengaruh Kualitas Batubara Terhadap Biaya Pembangkitan (Studi Kasus Di PLTU Rembang)*. Media Elekrika, Vol. 7 No. 1. Universitas Islam Sultan Agung, 48-59.
- [3] Asmudi. 2014. *Analisa Unjuk Kerja Boiler Terhadap Penurunan Daya Pada PLTU PT. Indonesia Power UBP Perak*. Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan, ITS Surabaya.
- [4] Aziz, Amiral, & Andi R.H. (2014). *Evaluasi Heat Rate Dan Efisiensi Suatu PLTU Dengan Menggunakan Batubara Yang Berbeda Dari Spesifikasi Design*. Jakarta: Teknik Mesin Universitas Trisakti Jakarta.
- [5] Gholam Reza Ahmadi dan Davood Toghraie (2016), *Energy and exergy analysis of Montazeri Steam Power Plant in Iran.* Montazeri University, Iran.
- [6] Inpres No. 10 tahun 2005
- [7] PLN Corporate University. 2013. *Pembidangan Prajabatan S1-Enjiner Pembangkitan Termal [A.q.4.2.78.2]. Pengoperasian PLTU*. Edisi I.
- [8] PLN Corporate University, 2014

- [9] Syafrudin. (2015). Pengaruh Pembebanan Generator terhadap Heat Rate pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas. Cilegon. Untirta. PP 17-18.
- [10] William D. Steventson, Jr, (1996). Analisis Sistem Tenaga Listrik, Penerbit Erlangga.
- [11] Yauri Kurniawan, Hanzen. (2015). Kajian Efisiensi Termal Boiler di Pembangkit Listrik Tenaga Uap Amurang Unit 1. Jurnal Online Poros Teknik Mesin Volume 4 Nomor 2, 56-68.