

ANALISIS EFISIENSI TURBIN UAP UNIT 1 DI PT. PJB UBJOM PLTU PULANG PISAU KALIMANTAN TENGAH

Edy Saputro¹⁾, Aqli Mursadin²⁾

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

JL. Akhmad Yani Km.36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

Telp. 0511-4772646, Fax. 0511-4772646

Email: edysaputra2996@gmail.com

Abstract

This study aims to determine the performance of steam turbine PT. PJB UBJOM PLTU Pulang Pisau Kalimantan Tengah the results of data obtained during each performance test in commissioning 2016 and 2018. This research data is taken from the control room of PT. PJB UBJOM PLTU Pulang Pisau, variable data obtained in the form of load, main inlet steam temperature, main inlet steam pressure, HP heater feed outlet temperature, HP heater feed outlet pressure, main steam flow, and turbine by pass flow. The data is processed to get the turbine heat rate and the efficiency per time of each performance test and then averaging the data results over time, then comparing the turbine heat rate and the average efficiency of each performance test. The calculation of turbine heat rate using heat & mass balance method, turbine efficiency is obtained by comparing the energy of 1 kW with turbine heat rate and multiplying 100%. The result of the average heat turbine calculation per performance test highest ie September 2016 is 3,51 and Juli 2018 is 3,27. The average value of turbine efficiency in September 2016 was 29,03% and Juli 2018 was 33,84. Turbine power plant performance of PT. PJB UBJOM PLTU Pulang Pisau increase from 2016 to 2018 by 4,81 %.

Keywords: *Turbin Heat Rate, Efisiensi Turbin*

PENDAHULUAN

Energi yang dibutuhkan oleh manusia untuk menunjang kehidupan, salah satunya adalah energi listrik. Manusia sangat membutuhkan energi listrik untuk kepentingan rumah tangga, industri serta untuk menunjang sarana prasarana yang lainnya. Kebutuhan hidup manusia semakin lama semakin meningkat, peningkatan kebutuhan manusia juga diikuti dengan kebutuhan energi yang juga semakin meningkat. Energi listrik yang cukup besar serta penggunaannya yang terus menerus tidak dapat tersedia secara alami.

PT. PJB UBJOM PLTU Pulang Pisau memiliki pembangkit 2 x 60 MW, unit 1 dan 2 berasal dari perusahaan China. Turbin yang digunakan pada PLTU PT Pembangkit Jawa-Bali Unit Bisnis O&M Pulang Pisau adalah type N66-8.83 / 535 dengan uap yang disuplai dari boiler *type pulverised coal*. Listrik yang dihasilkan digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik bagi masyarakat khususnya di daerah Kalimantan Tengah.

Performance test dilakukan untuk mengetahui *heat rate* pada unit turbin uap di PLTU. Turbin *heat rate* dapat dihitung dari perbedaan parameter fluida yang masuk ke boiler dan *steam* yang keluar boiler berbanding dengan beban yang

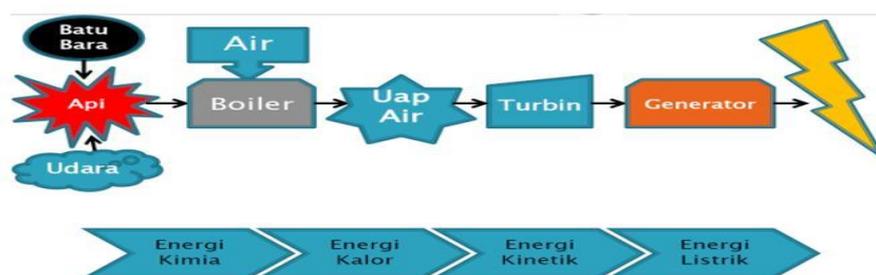
dihasilkan. Efisiensi diperoleh dengan membandingkan energi kalor 1 kWh dengan nilai turbin *heat rate*.

Energi uap pada PLTU tidak sepenuhnya diubah menjadi 100 % output energi mekanis pada turbin, karena ada sebagian energi yang hilang disebabkan kebocoran dan suplai uap yang tidak maksimal pada kondensor, sehingga menyebabkan kinerja pada turbin menurun. *Performance test* dilakukan untuk menghitung jumlah energi panas yang dihasilkan untuk memproduksi listrik 1 kWh yang digunakan untuk memutar turbin.

Dari latar belakang tersebut perlu dilakukan analisis yang berhubungan dengan kinerja turbin uap, sehingga penulis mengambil judul “*Analisis Efisiensi Turbin Uap Unit 1 Di PT. PJB UBJOM PLTU Pulang Pisau Kalimantan Tengah*” untuk mengetahui *heat rate* turbin dan efisiensi pada turbin lalu membandingkan hasil data yang didapat.

Proses Konversi Energi

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT PJB UBJOM Pulang Pisau adalah pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar batubara dimana sistem ini memanfaatkan fluida kerja berupa uap (steam) penggerak mula yang kemudian turbin akan memutar rotor generator untuk menghasilkan listrik. Dalam proses produksilistrik, banyak terjadi proses *konversi* energi. Proses *konversi* energi sendiri merupakan proses perubahan energi berdasarkan perubahan bentuk dan sifatnya. Berawal dari energi kimia yang terkandung dalam batubara yang *dikonversi* menjadi energi kalor dalam proses pembakaran. Kemudian *dikonversi* lagi menjadi energi kinetik berupa aliran uap (*steam*), selanjutnya *dikonversi* menjadi energi mekanik melalui putaran turbin dan pada proses akhirnya energi mekanik tersebut dikonversikan menjadi energi listrik melalui generator, proses konversi energi pada pembangkit listrik tenaga uap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses *Konversi Energi* PLTU

Turbin Uap

Turbin uap adalah salah satu jenis mesin konversi energi yang dapat mengubah dari energi aliran fluida menjadi energi gerak kinetik, yang dapat dimanfaatkan. Ada 2 bagian utama dari pltu, bagian utama yang pertama adalah rotor, rotor merupakan bagian turbin uap yang aktif bergerak dan terdiri dari rotor untuk *high pressure*, *middle pressure* dan *low pressure*, setiap rotor ditopang oleh 2 bantalan jenis journal / bantalan luncur, bagian kedua adalah sudu-sudu turbin, sudu-sudu yang dipasang disekeliling rotor membentuk suatu piringan. Tumbukan aliran fluida pada sudu-sudu menyebabkan rotor berputar.

1. *Bearing*
Bearing (bantalan) digunakan untuk menyangga rotor sehingga dapat membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya, sehingga dalam casing dan rotor dapat berputar dengan bebas dan pastinya aman.
2. *Main Stop valve*
MSV merupakan katup yang menutup dengan cepat, *MSV* digunakan untuk menutup aliran uap dari boiler ke turbin. Katup ini difungsikan hanya untuk membuka secara penuh dan menutup secara penuh.
3. *Governor valve*
Governor valve merupakan sebuah Katup yang digunakan untuk mengontrol kecepatan aliran uap ke turbin yang bertujuan untuk mengendalikan putaran turbin uap.
4. *Reheat Stop Valve*
RSV berfungsi untuk menutup / memblokir dengan cepat aliran *steam* dari *reheater* ke *intermediate pressure* turbin apabila sistem dalam keadaan bahaya.
5. *Intercept Valve*
Interceptor valve berfungsi untuk mengatur putaran pada *intermediate pressure* turbin dan membatasi putarannya pada batas tertentu.
6. Katup Ekstraksi Satu Arah
Katup Ekstraksi Satu Arah merupakan salah satu katup yang berfungsi untuk mencegah *over speed* yang kemungkinan dialami turbin yang diakibatkan oleh aliran balik uap ekstraksi dari pemanas awal ke turbin atau *water induction* diturbin uap.
7. Katup Ventilasi
Katup ventilasi berfungsi sebagai penyambung saluran *MSV* dengan HP turbin, *RSV* dengan IP turbin dan IP turbin dengan kondensor.
8. Katup Drain
Fungsi utama katup drain adalah untuk membersihkan saluran pipa-pipa uap dari air, adanya air dalam saluran uap dapat mengakibatkan *water damage*, korosi, dan *water hammer*.
9. *Turning Gear*
Turning gear berfungsi untuk memutar poros turbin pada saat turbin *start* awal dan pada saat *shutdown*.
10. *High Pressure Bypass*
Valve HP bypass merupakan salah satu katup yang berfungsi untuk mengalirkan *steam* dari *superheater* ketika turbin *trip* atau belum mulai bekerja. *Steam* langsung dialirkan ke *reheater* dan kemudian mengalami pemanasan ulang.
11. *Low Pressure Bypass Valve*
LP bypass valve merupakan salah satu katup yang berfungsi untuk

mengalirkan *steam* dari *reheater* ketika turbin trip dan *steam* langsung dialirkan ke kondensor.

12. *High Pressure Spray Valve*

HP *spray valve* merupakan salah satu katup yang akan menyemprotkan air pendingin ke *steam* melalui HP *bypass* dan menurunkan temperatur *steam* yang akan masuk ke *reheater*.

13. *Low Pressure Spray Valve*

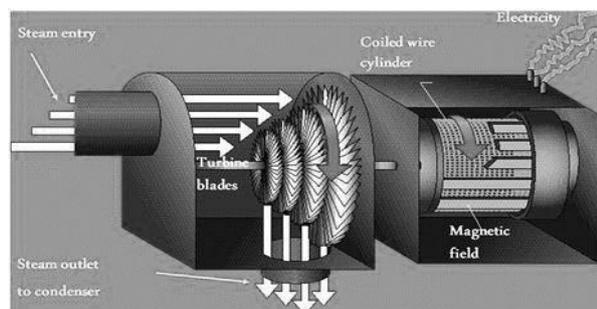
LP *spray valve* merupakan salah satu katup yang akan menyemprotkan air ke *steam* yang melalui LP *bypass* dan menurunkan temperatur *steam* sebelum masuk ke kondensor.

Selain komponen pendukung pengoperasian turbin, juga terdapat peralatan bantu turbin, sebagai berikut:

1. Kondensor, adalah suatu alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang digunakan untuk merubah uap bekas yang telah digunakan untuk memutar turbin menjadi air.
2. *Circulating Water Pump* (CWP), CWP berfungsi untuk memompa air laut masuk ke kondenser sebagai air pendingin untuk proses kondensasi.
3. *Condensate Extraction Pump* (CEP), *Condensate extraction pump* berfungsi untuk memompa air kondensat untuk diproses di *low pressure heater* menuju *deaerator*.
4. *Boiler Feed Pump* (BFP), BFP berfungsi untuk memompa air umpan dari *deaerator* menuju ke boiler, namun sebelum masuk ke boiler air umpan dipanaskan terlebih dahulu melalui *high pressure heater* (5, 6 dan 7) dan *economizer*.

Prinsip Kerja Turbin

Prinsip kerja turbin uap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip Kerja Turbin Uap

Secara singkat prinsip kerja turbin uap pada Gambar 2, adalah sebagai berikut:

1. Energi panas harus dikonversikan dahulu menjadi energi kinetik, proses ini terjadi pada nozzle. Nozzle terpasang di sisi casing sudu-sudu stator turbin dan pada sisi sudu-sudu rotor, yang selanjutnya dikenal dengan *reaction stage*/sisi reaksi. Pada bagian nozzle, *steam* mengalami penambahan kecepatan/akselerasi, dan akselerasi ini menyebabkan diferensial tekanan antara sisi sebelum nozzle dengan sesudah nozzle.

2. Energi kinetik ditransformasikan menjadi energi putar dari rotor turbin yang hanya terjadi pada sisi sudu-sudu yang berputar/rotor. Karena adanya perbedaan tekanan akibat *nozzle* dan kecepatan pun meningkat dan menabrak sudu-sudu rotor yang terdapat pada turbin sehingga turbin berputar, turbin tersebut telah dihubungkan ke generator. Putaran turbin tersebut memutar poros ke generator dan menghasilkan energi listrik. Dengan perbedaan tekanan, uap bertekanan tinggi tersebut yang dapat memutar poros turbin karena adanya perbedaan tekanan.

Heat Rate Turbin

Heat rate merupakan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memproduksi listrik sebesar 1 kWh. *Heat rate* merupakan tolak ukur untuk membandingkan nilai energi input dengan energi yang dihasilkan dalam 1 kWh. Nilai *heat rate* sangat penting untuk mengukur biaya operasi suatu PLTU, *heat rate* juga digunakan sebagai tolak ukur performa kerja dari suatu PLTU.

Turbine heat rate menunjukkan perbandingan dari energi total yang digunakan untuk memutar turbin, dengan energi listrik 61et yang dihasilkan oleh generator. *Turbine Heat Rate* dapat dikalkulasi dengan persamaan :

$$THR = \frac{\dot{m}_1(h_1-h_2)}{Gross\ Output} \quad (1)$$

dimana:

THR	: Turbin <i>Heat Rate</i>
\dot{m}_1	: Laju Aliran Massa Fluida (kg/s)
h_1	: <i>Enthalpy Steam Out Boiler</i> (kJ/kg)
h_2	: <i>Enthalpy Water In Boiler</i> (kJ/kg)
<i>Gross Output</i>	: <i>Power Output Generator</i> (kW)

Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin adalah sebuah parameter yang menyatakan derajat keberhasilan atau sistem kerja turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan persen (%). Efisiensi turbin dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$\eta_{turbin} = \frac{Energi\ Kalor\ Dalam\ 1\ kWh}{Heat\ Rate\ Turbin} \times 100\ \% \quad (2)$$

dimana:

η_{turbin}	: Efisiensi turbin%
Energi kalor 1kWh	: 3600kJ

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan penelitian di PT. PJB UBJOM Pulang pisau adalah sebagai berikut:

Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membacabuku-buku sebagai referensi yang berupamanual book di Perpustakaan PLTU dan buku *Heat rate handbook* dari bagian perencanaan dan pengendalian operasi ataubuku yang berkaitan dengan

sistem pembangkit listrik tenaga uap, serta mencari sumber informasi lainnya sebagai dasar teori.

Pengambilan Data

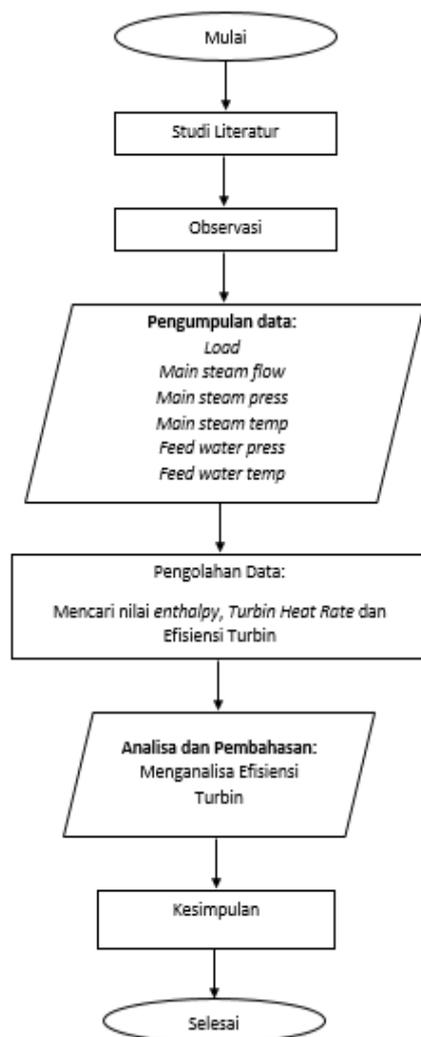
Pengumpulan data *performance test* didapat pada ruang komputer kontrol di CCR. Data yang di dapat berupa *logsheet main inlet steam temperature* (T_o), *hp heater feed outlet temperature* (T_{fw}), *main inlet steam pressure* (P_o), *hp heater feed outlet pressure* (P_{fw}), *main steam flow* (\dot{m}).

Pengolahan Data

Metode ini dilakukan pengolahan data yang telah didapatkan untuk menentukan turbin *heat rate* yang nantinya dapat digunakan untuk mengetahui efisiensi turbin. Dengan hasil tersebut dilakukan analisa diskriptif berdasarkan grafik dari hasil

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian tentang analisis efisiensi turbin unit 1 PT. PJB UBJOM PLTU Pulang Pisau ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini data yang digunakan untuk *performance test* PT. PJB UBJOM PLTU Pulang Pisau adalah data *commisioning* pada tanggal 20 September 2016 dan 02-14 Juli 2018.

Turbin *Heat Rate* dan Efisiensi Turbin

Data yang didapat pada setiap *performance test* diolah/dihitung turbin *heat rate* dan efisiensi turbin disetiap titik/ waktu pengambilan data, merata- ratakan hasil data keseluruhan dan membandingkan dengan data *commisioning*.

1. Perhitungan turbin *heat rate* (THR) dari data *performance test* 20 September 2016 pukul 00:00

$$\begin{aligned} Load &= 51,863 \text{ MW} && = 51863 \text{ kW} \\ \dot{m} &= 225,432 \text{ T/h} && = 63,12 \text{ kg/s} \\ P_o &= 8,83 \text{ MPa} \\ T_o &= 522,59 \text{ }^\circ\text{C} \\ P_{fw} &= 11,93 \text{ MPa} \\ T_{fw} &= 151,80 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Dari perhitungan *enthalpy* didapat data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} h_1 &= 3445,574 \text{ kJ/kg} \\ h_2 &= 639,423 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} THR &= \frac{\dot{m} (h_1 - h_2)}{\text{Gross Output}} \\ &= \frac{63,12 \text{ kg/s} (3445,574 \text{ kJ/kg} - 639,423 \text{ kJ/kg})}{51863 \text{ kW}} \\ &= 3,44 \end{aligned}$$

2. Perhitungan efisiensi turbin dari data *performance test* 02 Juli 2018 pukul 00:00

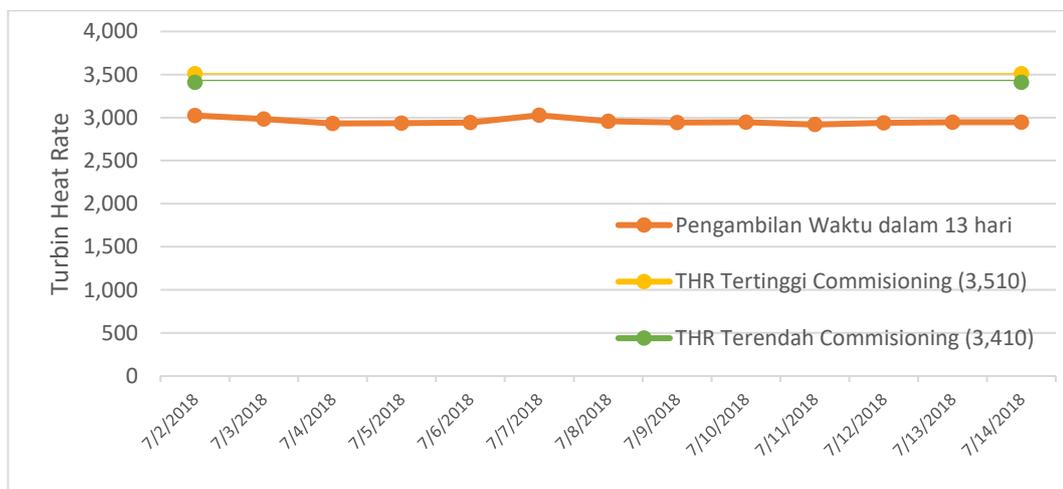
$$\begin{aligned} \eta_{\text{turbin}} &= \frac{\text{Energi Kalor Dalam 1 kWh}}{\text{Heat Rate Turbin}} \times 100 \% \\ &= \frac{3600 \text{ kJ}}{\text{THR}} \times 100 \% \\ &= \frac{1 \text{ kW}}{3,44} \times 100 \% \\ &= 29,05 \% \end{aligned}$$

Tabel 1. Hasil perhitungan *heat rate* turbin tertinggi dan terendah *commisioning*

Tanggal	Tertinggi	Terendah
20/09/2016	3,510	3,410

Tabel 2. Hasil perhitungan rata-rata *heat rate* turbin

Tanggal	THR Rata-rata
02/07/2018	3.023
03/07/2018	2.982
04/07/2018	2.931
05/07/2018	2.935
06/07/2018	2.943
07/07/2018	3.027
08/07/2018	2.956
09/07/2018	2.942
10/07/2018	2.947
11/07/2018	2.919
12/07/2018	2.938
13/07/2018	2.945
14/07/2018	2.948

Gambar4. Grafik rata-rata turbin *heat rate*

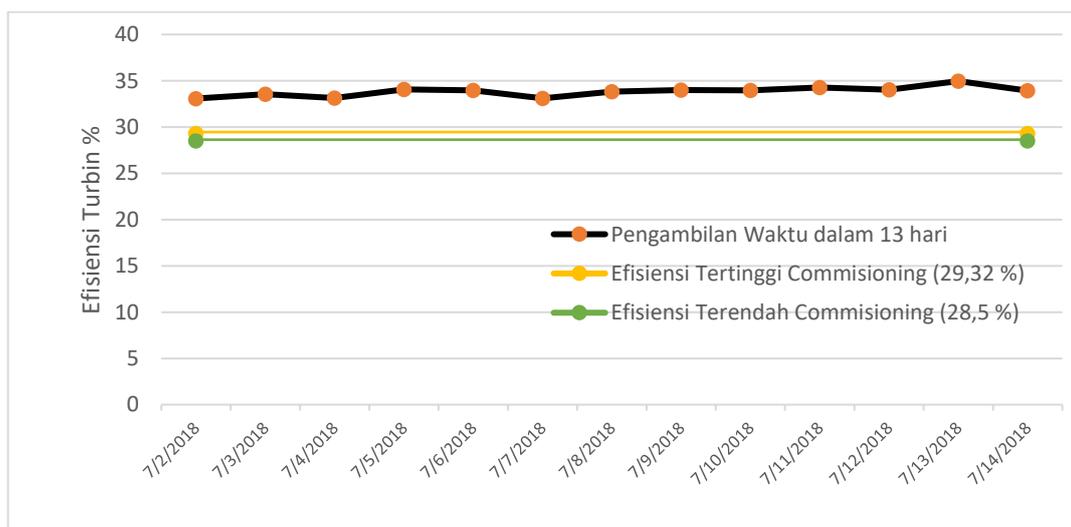
Dari Gambar4, Turbin *Heat Rate* Rata-rata unit 1 dari tanggal 02 Juli sampai tanggal 14 Juli 2018, mengalami penurunan yang cukup signifikan, nilai THR rata-rata tertinggi yaitu pada tanggal 07 Juli 2018 3,027 dan terendah pada tanggal 11 Juli 2018 2,919. Kedua nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan nilai THR pada saat *Commisioning*, sehingga semakin rendah nilai THR maka kinerja turbin semakin layak untuk dioperasikan.

Tabel 3. Hasil perhitungan efisiensi turbin tertinggi dan terendah *commisioning*

Tanggal	Tertinggi	Terendah
20/09/2016	29,32 %	28,50 %

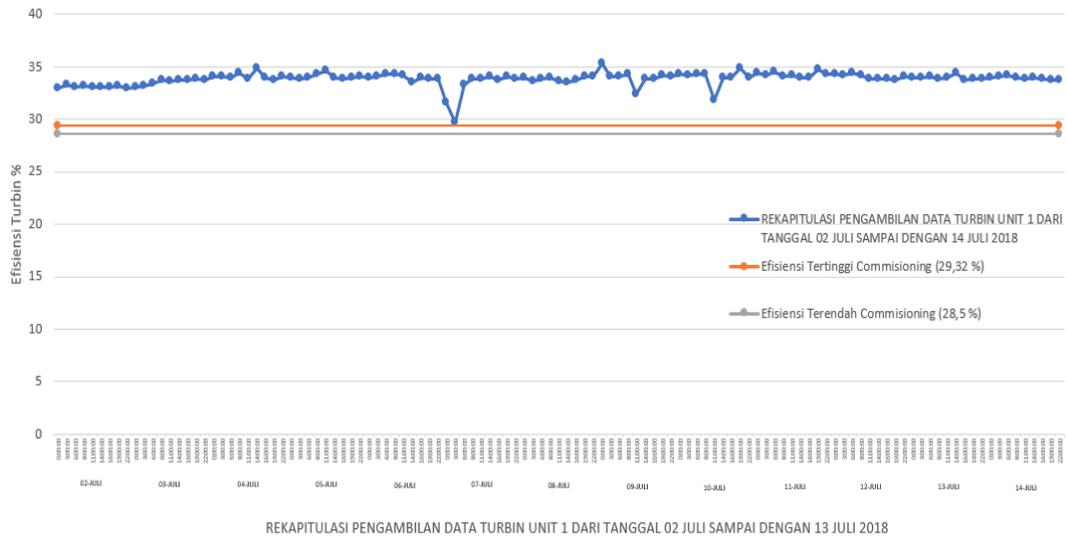
Tabel 4. Hasil perhitungan rata-rata efisiensi turbin

Tanggal	Efisiensi Rata-rata
	%
02/07/2018	33,08
03/07/2018	33,54
04/07/2018	33,12
05/07/2018	34,07
06/07/2018	33,98
07/07/2018	33,1
08/07/2018	33,84
09/07/2018	34,01
10/07/2018	33,95
11/07/2018	34,26
12/07/2018	34,03
13/07/2018	34,96
14/07/2018	33,92



Gambar 5. Grafik Efisiensi Turbin Rata-rata

Dari Gambar5, efisiensi turbin unit 1 dari tanggal 02 Juli sampai tanggal 14 Juli 2018,dengan nilai efisiensi tertinggi yaitu pada tanggal 13 Juli 2018 34,96 % dan terendah pada tanggal 07 Juli 2018 33,10 %. Kedua nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan nilai efisiensi turbin pada saat *Commisioning*, sehingga semakin tinggi nilai efisiensi turbin maka kinerja turbin semakin layak untuk dioperasikan.



Gambar6. Grafik Rekapitulasi Efisiensi Turbin

Dari Gambar6, efisiensi turbin unit 1 dari tanggal 02 Juli sampai tanggal 14 Juli 2018 memiliki efisiensi tertinggi sebesar 35,29 % lebih tinggi dari efisiensi pada saat *commisioning* yang nilai tertingginya hanya 29,32 %, kenaikan efisiensi diikuti penurunannya kinerja turbin *heat rate* dari turbin uap. Hal ini dapat dilihat dari perbandingan efisiensi pada setiap titik data, salah satu faktor meningkatnya efisiensi pada turbin uap PLTU Pulang Pisau adalah dilakukannya perbaikan pada *condensor tube* yang bocor dikarenakan *line diffuser steam* langsung menabrak *tube* sehingga dilakukan modifikasi tambahan *deflektor* untuk *line diffuser* juga penggantian bahan pipa *elbow* dari ketebalan 4 mm menjadi 6 mm, sehingga meningkatkan kinerja turbin.



Gambar7. Penggantian Pipa Elbow

Maintenance yang dilakukan sekali dalam setahun yaitu FYI (*first year inspection*), pada tahun 2018 dilakukan pada awal bulan, *maintenance* yang dilakukan saat FYI adalah *overhoule* pada turbin.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengamatan pengambilan data dari tanggal 02 Juli 2018 sampai dengan 14 Juli 2018 unit 1 di PT. PJB UBJOM PLTU Pulang Pisau Kalimantan Tengah dapat diambil kesimpulan :

1. Nilai Turbin *heat rate* rata-rata PLTU Pulang pisau berdasarkan data logsheet pada *commisioning* tanggal 20 September 2016 tertinggi adalah 3,51, lebih rendah 0,24 dibandingkan dengan nilai turbin *heat rate* tertinggi pada tahun 2018 yaitu 3,27. Hal ini dipengaruhi oleh modifikasi, yaitu tambahan *deflektor* pada *line difuser* karena *tube condensor* sering mengalami kebocoran pada tahun 2017, faktor lain adalah dilakukannya FYI (*first year inspection*) yang dilakukan pada tahun 2017.
2. Dari hasil analisa efisiensi turbin unit 1 dari tanggal 02 Juli 2018 sampai dengan 14 Juli 2018 dengan *commisioning*, unjuk kerja turbin terjadi peningkatan yang signifikan yaitu sebesar 4,81 % dimana didalam pengoprasian unit PLTU sendiri menandakan kinerja yang sangat layak dioperasikan.

DAFTAR PUSATAKA

- Apriandi Ryki. 2017. “Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pltu PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. P-12 Tarjun – Kalimantan Selatan”.
- Cengel, A Yunus &Boles A. Michael. “*Thermodynamics: An Engineering Approach*”, *Fifth Edition*, McGraw-Hill Companies, Inc.
- Onny. 2017. “Macam-macam Turbin, dalam <http://artikel-teknologi.com/macam-macam-turbin/>, diakses pada 10 September 2018.
- Sunarwo, Supriyo. 2015. “Analisa Heat Rate Pada Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU Tanjung Jati B Unit 3”. *Jurnal Teknik Energi* Vol 11 No. 3.
- Supriyanto Eko, dkk. 2014. “Kajian Heat Rate dan Simulasi Menggunakan Software Thermoflow (Studi Kasus PLTU Ombilin Unit 1 dan PLTU Tanjung Jati B Unit 4)”.