

POWERPLANT

Arief Suardi Nur Chairat
Vendy Antono

Rancang Bangun Metode Pembelajaran Praktikum
CAD/CAM Dengan Menggunakan Perangkat Lunak
Gratis

Hendri
Suhengki
Panji Ramadhan

Analisa Efisiensi Boiler Dengan Metode Heat Loss
Sebelum dan Sesudah Overhaul PT. Indonesia Power
UBP PLTU Lontar Unit 3

Eko Sulistyo
Fadel Muhammad

Analisis Kekuatan Pipa Glass-Fiber Reinforced Epoxy
Terhadap Beban Impak, Beban Tekuk, dan Beban
Tekan di JOB Pertamina-PetroChina East Java

Roswati Nurhasanah

Pengaruh Penggunaan LSHX terhadap Performance
Mesin Pendingin Dengan Laju Aliran Massa yang
Sama Pada Kondisi Transient

Utami Wahyuningsih
Kartiko Eko Putranto
Edy Supriyadi

Strategi Pengembangan dan Pelayanan Industri Optik
Untuk Meningkatkan Minat Pelanggan Agar Kembali
(Studi Optik XYZ Bekasi)

Suhengki
Prayudi

Pengaruh Beban Pendingin terhadap Kinerja Mesin
Pendingin Dengan refrigerant R134a dan MC134

Prayudi
Hendri
Dimas Indra Wijaya

Analisis Performa Kondensor Sebelum dan Sesudah
Overhaul di PT. Indonesia Power UJP PLTU Lontar
Banten Unit 3



9 772356 151002

SEKOLAH TINGGI TEKNIK-PLN

JURNAL POWERPLANT

Vol. 4

No. 4

Halaman
211-287

Mei
2017

ISSN
2356-1513

ANALISIS PERFORMA KONDENSOR DI PT. INDONESIA POWER UJP PLTU LONTAR BANTEN UNIT 2

Prayudi^{1,a}, Hendri^{2,b}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin STT- PLN (STT-PLN) Menara PLN Jl Lingkar Luar Barat Duri Kosambi
Cengkareng Jakarta Barat Indonesia, 11750

^aprayudi@sttpln.ac.id ; ^bhendri.dumas@yahoo.co.id

ABSTRACT

Steam Power Plant Lontar Bantam is built on an area of 94 hectares with a capacity of three generating units where each unit is 315 MW, bringing the total power capacity of 945 MW of electricity generated. The electric power generated Lontar Steam Power will be channeled through the 150 kV transmission lines along the 22 kilometers to the substation Teluk Naga and along the 22 kilometers to the new substation Tangerang. Working from the condenser has an influence on the performance rankine cycle. Condenser otherwise good performance when the heat transfer process that occurs in the condenser is progressing well. Heat transfer process is influenced by several things such as cleanliness tube, the amount of refrigerant flowing water, cooling water inlet temperature. The performance of the condenser is calculated at the time before overhaul and after overhaul. Condition after overhaul should be better than before the overhaul, if there is a decrease in performance then you can add what steps can be done to overcome it. In this study to calculate the performance of the condenser using a standard ASME PTC 12.2 – 2010 (Revision Of PTC 12.2–1998 (R2007) Steam Surface Condensers and in research condenser performance results after the overhaul is better than the performance of the condenser before overhaul.

Keywords: *Steam Power Plant, Condensers, Heat Transfer*

I. PENDAHULUAN

Efisiensi pembangkit listrik tenaga uap banyak dipengaruhi berbagai macam hal, diantaranya dipengaruhi oleh tekanan kondensor yang naik akibat adanya fouling maupun kebocoran yang menyebabkan penurunan kemampuan pendinginan dari kondensor. UJP PLTU Lontar berada di Desa Lotar, Kecamatan Kemiri Kabupaten Tangerang. UJP PLTU Lontar Banten memiliki kapasitas 3 unit x 315 MW. Kondensor merupakan salah satu peralatan penting pada PLTU. Kondensor adalah salah satu jenis mesin penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida kerja dengan media air pendingin yang diambil dari air laut. Prinsip kerja kondensor hampir sama seperti alat penukar kalor pada umumnya. Pada UJP PLTU Lontar Banten jenis kondensor yang dipakai adalah *surface condenser*, dimana uap dan air pendingin terpisah / tidak bercampur. Proses perpindahan panas terjadi pada *tube* (pipa kecil) di dalam kondensor. Tube-tube tersebut rentan terhadap gangguan dikarenakan *tube-tube* tersebut bekerja sebagai lintasan air pendingin yang diambil dari air laut

yang memiliki sifat korosi. Tidak hanya itu saja, ada juga beberapa hal yang dapat mengganggu proses perpindahan panas yang terjadi di kondensor, seperti dikarenakan menggunakan air laut, maka sangat rentan sekali terhadap gangguan.

Sampah yang menumpuk di salah satu alat saring dapat menyebabkan kecepatan aliran air pendingin berkurang sehingga proses perpindahan panas di kondensor terganggu, kemudian dapat juga mengakibatkan kotoran-kotoran dari air laut menempel di permukaan dalam tube sehingga dapat mengganggu proses kondensasi juga, dan lain-lain. Maka dari itu tube-tube tersebut harus dijaga kebersihannya. Performa kondensor ini dapat diketahui dari besarnya nilai *Cleanliness Factor* (Faktor Kebersihan) yang terjadi pada kondensor. Pembersihan pipa kondensor pada unit PLTU sangat penting dilakukan agar efisiensi dan efektivitas alat penukar kalor kondensor tetap terjaga dengan baik. Hasil kajian memperlihatkan adanya penurunan tekanan vacuum pada kondensor yang berakibat pada penurunan efisiensi thermal. Efisiensi thermal yang tinggi terjadi pada beban tinggi yaitu 450

MW dan 600 MW yakni diatas 36% sehingga pola *backwashing* sangat dianjurkan untuk diterapkan pada saat beban tinggi. Penurunan tekanan vacuum akibat *backwashing* berakibat pada peningkatan heat rate pada pembangkit yang menyebabkan peningkatan biaya operasi. (Imama Rosyadi, 2016).

Slamet Hariyadi dan Atok Setiyawan (2014), melaporkan bahwa diketahui pengaruh penurunan tekanan vakum pada kondensor terhadap nilai parameter operasional pada komponen utama power plant. Hasil yang didapatkan penelitian ini yaitu turunnya 0.1 % efisiensi pembangkit diakibatkan oleh penurunan tekanan vakum pada kondensor sebesar 6 mmHg dan menyebabkan hilangnya daya sebesar 663.36 kW. Sehingga pada saat operasional saat ini, dimana range tekanan vakum sebesar 670-691 mmHg, maka efisiensi total turun sebesar 0.378 % dan daya total yang hilang sebesar 2.32 MW dari keadaan sesuai desain. Dari hasil simulasi, didapatkan penurunan tekanan vakum mengakibatkan kenaikan nilai parameter operasional yakni berupa kenaikan laju alir massa, suhu, tekanan dan entalpi pada *Low Pressure Turbine*, Kondensor, *Condensate Pump* dan *Feed Water Heater 1* (2014).

Anggun Sukarno dkk (2014) menyatakan bahwa untuk mengetahui kinerja kondensor digunakan metode perhitungan efektivitas-NTU. Kinerja kondensor dapat dilihat dari nilai efektivitas, laju perpindahan panas, dan tekanan vakum di dalam kondensor. Pada hasil penelitian perhitungan kinerja kondensor terbaik adalah pada bulan Januari dengan efektivitas sebesar 52,128 % kemudian laju perpindahan panas sebesar 10,365MW dan bekerja pada tekanan vakum 74,35 mbar absolut. terjadi ketika beban antara 90 % sampai 100 %.” Sedangkan Premana dkk (2015) menyatakan bahwa hasil analisa menunjukkan bahwa bilangan koefisien perpindahan panas mengalami penurunan yang cukup besar antara kondisi komisioning dengan kondisi aktual. Hal ini mengindikasikan terjadinya pengotoran pada jalur air pendingin kondensor, maka dari itu dilakukan analisa unjuk kerja untuk mengetahui kondisi masih baik atau tidak.

Beberapa penelitian diatas bahwa untuk mengetahui efisiensi kondensor dapat disebabkan oleh penurunan tekanan vakum, akibat *fouling* maupun efektivitas penukar kalornya. Pada paper ini akan dilakukan analisis untuk mengetahui *performance*

kondensor sebelum dan sesudah *overhaul*. Dimana Data sebelum *overhaul* diambil pada tanggal 3 Juni 2015 sedangkan data setelah *overhaul* diambil pada tanggal 15 oktober. Dari data hasil perhitungan akan terlihat apakah kegiatan *overhaul* yang dilaksanakan dapat memberikan pengaruh terhadap performa kondensor tersebut. Apabila terjadi penurunan performa kinerja, maka perlu dilakukan pemeliharaan secara rutin atau *overhaul* kembali untuk mempertahankan kinerja kondensor. Hal tersebutlah yang melatar belakangi penulis untuk menganalisa unjuk kerja dari kondensor UJP PLTU Lontar Banten Unit 3 pada kondisi sebelum dan sesudah *overhaul*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

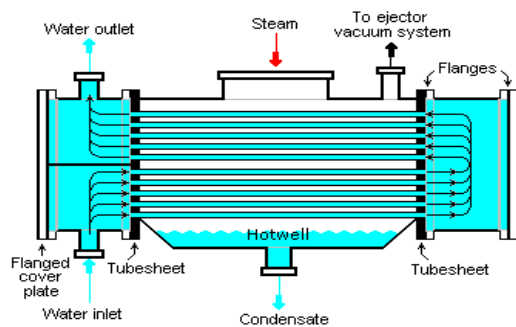
2.1. Pengertian PLTU

PLTU adalah merupakan salah satu jenis pembangkit listrik tenaga thermal yang banyak digunakan, ini dikarenakan biaya bahan bakarnya yang lebih murah dan dapat menghasilkan daya yang besar. PLTU merupakan mesin konversi energi yang merubah energi kimia yang terdapat di dalam bahan bakar menjadi energi listrik. PLTU mengikuti sebuah proses siklus (proses keliling) yang disebut siklus *Rankine*. Siklus *Rankine* adalah siklus cair – uap, yang merupakan dasar dari sistem pembangkit tenaga uap.

- *Boiler* untuk merubah energi panas dari bahan bakar menjadi energi panas pada uap, terdiri dari tiga bagian yaitu *economizer* untuk memanaskan air menuju titik perpindahan fasa, *evaporator* untuk merubah fasa air menjadi uap dan *superheater* untuk memanaskan lanjut uap tersebut sampai suhu tertentu.
- Turbin uap berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi putar (energi mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar.
- Generator berfungsi merubah energi mekanik pada rotor generator menjadi energi listrik pada stator untuk disalurkan kekonsumen.
- Kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin menjadi air kondensate melalui pipa-pipa pendingin agar dapat disirkulasikan kembali. Akibat kondensasi ini sisi uap kondensor termasuk *hotwell* berada pada kondisi *vacuum*.

2.2. Kondensor

Salah satu penggunaan prinsip *heat exchanger* yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap adalah kondensor. Dengan menggunakan tipe *shell and tube*, kondensor pada PLTU berfungsi untuk mengondensasi uap air yang berasal dari turbin uap sehingga berubah fase menjadi cair kembali. Kondensor menjadi salah satu komponen yang paling penting pada *water steam cycle* karena pada alat ini terjadi perpindahan panas (panas laten) yang masih terkandung di dalam uap air menuju media pendingin. Bentuk disain kondensor digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Surface Kondensor.

Energi panas pada *furnace* ditransfer ke air sehingga ia berubah fase menjadi uap air. Pada proses tersebut ada satu fase dimana tidak terjadi perubahan temperatur pada air, namun terjadi perubahan fase dari cair menjadi gas, hal ini dinamakan panas laten. Sedangkan pada kondensor juga mengalami hal yang serupa namun berkebalikan, energi panas yang diserap oleh air sehingga ia berubah fase menjadi uap air tadi sekarang diserap oleh media pendingin sehingga uap air berubah fase kembali menjadi cair. Air inilah yang nantinya akan dipompa kembali untuk mengalami siklus *rankine* yang berulang.

Komponen-komponen utama kondensor adalah :

- Selongsong (*Shell*) Pipanya di roll padapemegang pipa pada ujung-ujungnya Untuk memungkinkan pemuaian antara pipa air masuk dan selongsong, maka fleksibel diafragma dipasang pada sisi masuk dan keluar dari selongsong. Diafragma ini berfungsi sebagai *flange* yang menghubungkan selongsong, plat pemegang pipa dan *water box*. *Expansion joint* terbuat dari *stainless steel* yang terletak pada leher kondensor untuk memungkinkan diferensial *expansion*.

- Ruang Air (*Water Box*) Ruang-ruang air pada sisi masuk dan keluar terbuat dari baja karbon dan masing-masing mempunyai lobang lalu orang. Dengan menggunakan air yang terpisah, maka pencucian setengah kondensor dapat dilakukan pada beban rendah.
- Pipa dan Pemegang Pipa (*Tube Plats and Tubes*) Pemegang pipa terbuat dari *naval brass* dan pipa nya dari aluminium *brass* pipanya di *roll* ke pemegang pipa dan ditunjang dengan 6 buah penunjang pipa. Diafragma baja yang fleksibel memungkinkan diferensial *expansion* (pemuaian antara pipa aluminium *brass* dengan selongsong baja karbon). Pemasangan pemegang pipa pada selongsong

2.3. Pompa Vakum

Pompa vakum pada kondensor berfungsi untuk menghisap gas-gas yang tidak dapat terkondensasi yang mungkin ada di dalam kondensor. Gas-gas tersebut bercampur dengan uap air, dan karena sifatnya yang *uncondensable* atau tidak dapat terkondensasi dan dapat mengurangi kinerja kondensor maka harus dikeluarkan dari kondensor. yang tidak diinginkan dari gas-gas tersebut adalah mengurangi bidang kontak perpindahan panas pada kondensor. Selain dari itu yang lebih penting lagi nilai kevakuman pada kondensor sangatlah penting, dikarenakan apabila nilai kevakuman menurun, hal itu dapat menyebabkan *back pressure steam* terhadap turbin dan dapat berakibat fatal.



Gambar 2. Pompa Vakum PLTU Lontar Banten.

2.4. Evaluasi Kinerja Kondensor

Evaluasi kinerja kondensor dilakukan dengan mengevaluasi parameter-parameter sebagai berikut :

- Laju perpindahan kalor (Qh).
- perbedaan temperatur logaritmik ($LMTD$)
- Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (U)

- d. Nilai heat rate
- e. Efisiensi kondensor

Heat Rate Turbin adalah penggunaan jumlah kalor didalam turbin dibanding dengan besarnya output yang dihasilkan. Besarnya *heat rate* turbin dihitung berdasarkan jumlah kalor bersih yang digunakan didalam turbin dibagi dengan jumlah kWh yang dibangkitkan dari generator listriknya (bukan dari *output* pada poros turbin). Rumus dari *Heat Rate Turbin* adalah:

$$HR = \frac{\text{Heat input}}{\text{Output Generator}} \dots\dots\dots (1)$$

Heat balance adalah perbandingan panas yang diterima dan dikeluarkan (baik berguna dikeluarkan dan kehilangan) dalam berbagai proses termal.

$$Q_{hb} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

Q_{hb} = Panas Dengan Metode Heat Balance.

Q_1 = Panas Keluar Turbin.

Q_2 = Panas LP Heater 8.

Q_3 = Panas LP Heater 7.

Q_4 = Panas LP Heater 6.

Q_5 = Panas LP Heater 5.

Pada proses kondensor uap menjadi air kondensat didalam kondensor terjadi proses perpindahan panas dari uap keluar turbin ke air pendingin. Nilai dari uap keluarnya turbin didapat dari *heat rate* turbin. Besarnya beban kalor tersebut dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{hr} = (HR - 860) \times kW_g - (kW_{el} + kW_{ml}) \times 860 \dots\dots\dots (3)$$

Q_{hr} = Panas dengan metode *Heat Rejection*

kW_{el} = *Generator Losses* (1,11%) (kW)

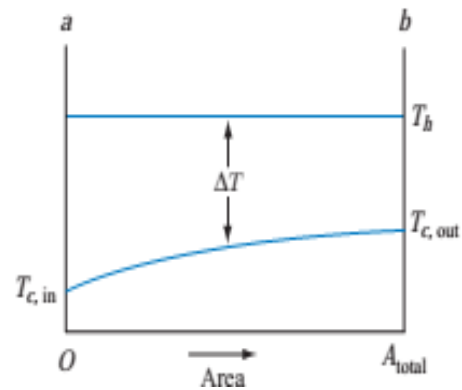
= *Generator Output* x 1,11%

kW_{ml} = *Turbine Mechanical Losses* (kW)

kW_g = *Generator Output* (kW)

HR = *Heat Rate* (Kcal/kWh)

LMTD (*Logaritmic Mean Temperature Difference*) adalah beda suhu rata-rata logaritmik merupakan persamaan yang menggambarkan perbedaan temperature rata-rata kondensor.



Gambar 3. Diagram Temperatur T-A

Dengan $(t_h - t_o)$ untuk kondensor merupakan perbedaan antara temperatur uap jenuh dan temperatur air pendingin masuk kondensor, diberi notasi ΔT_b dan $(t_h - t_i)$ merupakan perbedaan antara temperatur uap jenuh dengan temperatur air pendingin keluar kondensor, diberi notasi ΔT_a .

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_i - \Delta T_o}{\ln \left(\frac{\Delta T_i}{\Delta T_o} \right)} \dots\dots\dots (4)$$

Koefisien perpindahan menyeluruh pada kondensor dievaluasi dengan rumus,

$$U = \frac{Q}{A \Delta T_{LMTD}} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

U_a = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh, (Kcal/m² h°C)

Q = Beban panas kondensor, (Kcal/h)

A = Luas permukaan luar pipa total, (m²)

ΔT_{LMTD} = Beda suhu rata-rata logaritmik, (°C)

Cleanliness Factor adalah istilah digunakan untuk menyatakan tingkat kebersihan *tube* yang diperoleh dari perhitungan. Tingkat kebersihan ini berpengaruh terhadap proses perpindahan panas yang terjadi pada *tube*. Semakin tinggi dari nilai *cleanliness factor* maka proses perpindahan panas yang terjadi semakin baik. Adapun rumusnya :

$$(Cf) = (U_a/U_d) \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Cf = *Cleanliness Factor* (%)

U_a = Koefisien perpindahan panas menyeluruh aktual (Kcal/m².h.°C)

U_d = Koefisien perpindahan panas menyeluruh desain (Kcal/m².h.°C)

Efisiensi kondensor adalah rasio antara kenaikan suhu air pendingin dengan selisih suhu masuk air pendingin dan temperatur uap jenuh. Efisiensi kondensor dihitung dengan rumus:

$$\eta_C = \frac{T_o - T_i}{T_s - T_i} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

t_s = *Temperature Saturated* (°C)

t_i = *Temperatur Masuk Kondensor* (°C)

t_o = *Temperatur Keluar Kondensor* (°C)

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan metode deskriptif yang digunakan untuk melakukan pengecekan dan analisa terhadap performa kondensor sebelum *Overhaul* dan setelah *Overhaul*. Objek penelitiannya adalah kondensor di PT. Indonesia Power UJP PLTU Lontar Banten Unit 3. Metode penelitian deskriptif dapat menggambarkan performa kondensor apa yang terjadi pada saat sebelum *overhaul* dan setelah *overhaul*. Data yang dibutuhkan dalam analisis adalah spesifikasi kondensor, data teknik kondensor dan data operasi kondensor.

Adapun pengolahan data yang dibutuhkan adalah

- 1) Menghitung *heat rate*
- 2) Menghitung *heat balance*
- 3) Penghitungan *heat rejection* pada turbin
- 4) Menghitung LMTD
- 5) Menghitung koefisien perpindahan panas menyeluruh
- 6) Menghitung *condensor cleanness* faktor
- 7) Menghitung efisiensi kondensor

Sedangkan analisis yang dilakukan adalah analisis terhadap komponen evaluasi kinerja kondensor sebelum dan sesudah *overhaul* yang meliputi analisis *heat rate*, *heat balance*, *heat rejection turbin*, pengaruh LMTD terhadap koefisien perpindahan panas menyeluruh, *cleanness* faktor dan efisiensi kondensor.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Operasi Kondensor

Sesuai dengan metodologi penelitian spesifikasi kondensor dan data operasi yang digunakan dalam penelitian disajikan pada tabel 1 dan Tabel 2 berikut ini

Tabel 1. Spesifikasi Kondensor

Manufacture	Dongfeng Steam Turbine Water
Type	Single Shell Double Pass Steam Surface Condensor
Design Heat Duty	333,9 x 106 Kcal/h
Design Absolute Press	65,26 mmHg abs
Water Velocity In Tube	2,5 m/s
Efective Tube Lenght	9.630 mm
Overall Tube Lenght	9.740 mm
Size And Thickness	Φ 32 x 0,5/0,6
Number Of Tube (Main Condenser Tube)	12.796
Number Of Tube (Air Colling Zone and Exhaust)	1.420
Area Permukaan Pendingin	13.670 m ²
Temperature Masuk Air Pendingin	30 °C
Tekanan Air Pendingin	0,4 MPa
Kuantitas Air Pendingin	48.250 t/h
Tekanan Uap	8,7 Kpa (Absolute)

Sumber : PLTU Lontar Unit 1

Tabel 2. Data operasi kondensor

Main Steam	Satuan	Sebelum Overhoul	Setelah Overhaul
Pressure	Bar	161,1	151,9
Temperature	°C	539,48	539,15
Entalphy	kJ/kg	3.409,37	3.418,73
Aliran	kg/h	965.751,90	965.802,45
Cold Reheat Steam	Satuan	Sebelum Overhoul	Setelah Overhaul
Pressure	Bar	34,2	34,5
Temperature	°C	344,55	344,14
Entalphy	kJ/kg	3.093,46	3.159,02
Aliran	kg/h	813.421,10	796.871,00
Hot Reheat Steam	Satuan	Sebelum Overhoul	Setelah Overhaul
Pressure	Bar	35,16	34,50
Temperature	°C	537,49	540,22
Entalphy	kJ/kg	3.536,48	3.534,20
Aliran	kg/h	821.421,10	804.871,15
Final Feed Water	Satuan	Sebelum Overhoul	Setelah Overhaul
Pressure	Bar	178,3	177,7
Temperature	°C	273,78	273,56
Entalphy	kJ/kg	1.201,06	1.199,98
Aliran	kg/h	897.999,31	938.326
Auxiliary Steam	Satuan	Sebelum Overhoul	Setelah Overhaul

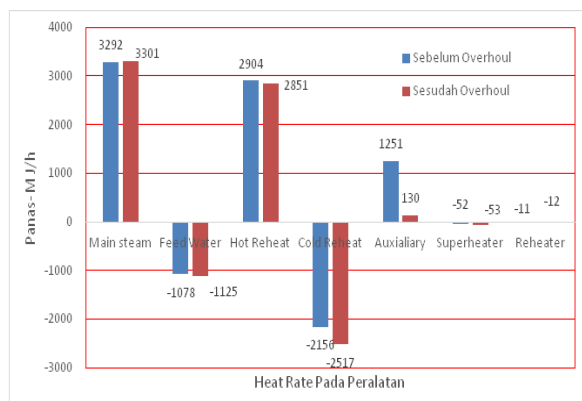
Pressure	Bar	57,7	57,6
Temperature	°C	334,58	333,40
Entalphy	kJ/kg	3.005,60	3.002,41
Aliran	kg/h	41.625,00	43.555,00
Reheater Spray	Satuan	Sebelum Overhaul	Setelah Overhaul
Pressure	Bar	91,7	94,3
Temperature	°C	170,15	171,21
Entalphy	kJ/kg	724,369	729,112
Aliran	kg/h	16.000,00	16.000,00
Superheater Spray	Satuan	Sebelum Overhaul	Setelah Overhaul
Pressure	Bar	182,1	182,2
Temperature	°C	171,15	172,4
Entalphy	kJ/kg	733,81	739,203
Aliran	kg/h	72.100,00	72.040,00
Geneator Output	MW	299,63	306

4.2. Analisis Hasil

Sesuai dengan langkah-langkah pengolahan data dan metode analisis data, berikut ini disajikan hasil analisis terhadap ringkasan hasil pengolahan data sesuai dengan metode penelitian.

4.2.1. Analisis Heat Rate

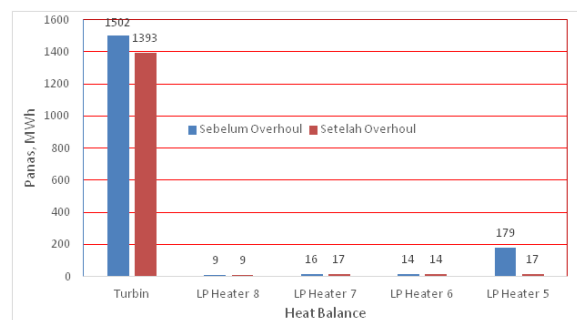
Heat rate sebelum dan sesudah *overhaul* dihitung dengan rumus (1) dipengaruhi oleh panas pada *main steam*, *final feed water*, *hot reheat*, *cold reheat*, *axualinary steam*, *superheater spray*, *reheater spray*. Sebelum *overhaul* besarnya *heat rate* adalah 2.663 MWh, dan sesudah *overhaul* 2.576 MWh. Dari gambar 4, terlihat bahwa *heat rate* pada turbin dipengaruhi oleh *main steam* dan *hot reheat*, sedangkan mengurangi panas keluar turbin adalah *feed water heater* dan *cold reheat*.



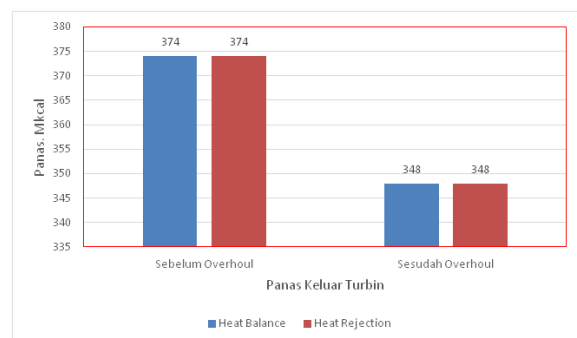
Gambar 4. Heat Rate Sebelum dan Sesudah Overhaul

4.2. Analisis Panas Keluar Turbin

Panas keluar turbin dapat dihitung dengan pendekatan *heat balance* dan *heat rejection*. *Heat balance* dihitung dengan rumus (2) digunakan untuk mengetahui panas yang masuk dan keluar turbin (Q1), panas keluar LP Heater 5, 6, 7 dan 8. Hasil perhitungan diberikan pada gambar berikut ini. Dari perhitungan diperoleh besarnya panas dengan metode *heat balance* sebelum overhaul adalah 1.560 MWh, dan sesudah overhaul 1.451 MWh. Dari Gambar 5 terlihat bahwa yang paling berpengaruh pada panas keluar turbin adalah panas turbin itu sendiri, sedangkan panas dari LP heater tidak banyak pengaruhnya terhadap panas keluar turbin.



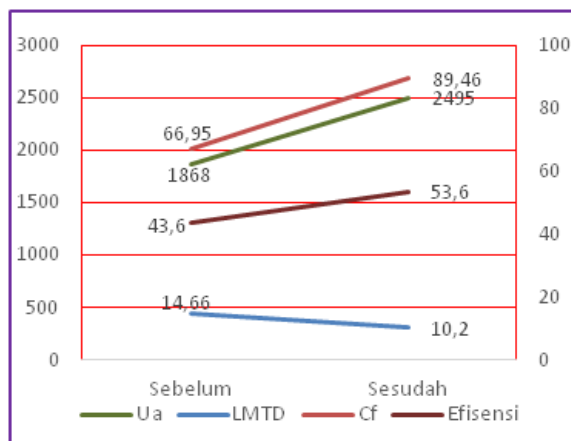
Gambar 5. Panas Keluar Turbin Metode Heat Balance



Gambar 6. Panas Keluar Turbin

Gambar 6, memperlihatkan perbandingan panas keluar turbin dengan pendekatan *heat balance* dan *heat rejection*. Sedangkan dari Gambar 6, diatas, terlihat bahwa baik menggunakan metode *heat balance* maupun metode *heat rejection*, besarnya panas keluar turbin nilai sama, yaitu panas sebelum overhaul adalah 374 Mkal dan panas sesudah overhaul menurun menjadi 348 Mkal, artinya bahwa kegiatan *overhaul* menurunkan panas keluar turbin.

4.3. Analisis Pengaruh Temperatur LMTD



Gambar 7. Pengaruh Temperatur LMTD

Secara umum bahwa dampak dari kegiatan *overhaul* adalah untuk membersihkan kotor dalam *tube-tube* kondensor, sehingga akan menurun temperatur LMTD dan meningkatkan koefisien perpindahan panas. Dampak pengaruh temperatur LMTD diberikan oleh Gambar 7.

Dari Gambar 7 terlihat bahwa pada saat temperatur LMTD menurun dari 14,66°C menjadi 10,20°C, dari analisa perbandingan besarnya nilai LMTD ($^{\circ}\text{C}$). Penurunan Nilai LMTD diikuti dengan meningkatnya efisiensi kondensor ini dikarenakan menurunnya *temperature* saturasi. Dari hasil perhitungan dapat kita ketahui bahwa semakin kecil nilai LMTD maka efisiensi kondensor semakin baik.

Dampak penurunan temperatur LMTD, *cleaness* faktor meningkat dari 66,95% menjadi 8,6%. Dari analisa perhitungan antara nilai (*Cf hb*) *cleanliness factor* (*Heat Balance*) dan (*Cf hr*) *cleanliness factor* (*Condensor Heat Rejection*). Dapat dilihat dari hasil perhitungan tabel diatas nilai nilai (*Cf hb*) *cleanliness factor* (*Heat Balance*) sama dengan nilai *cleanliness factor* (*Condensor Heat Rejection*).

Dampak penurunan temperatur LMTD, efisiensi kondensor juga meningkat dari 43,6% menjadi 53,6% dengan kata lain kegiatan *overhaul* dapat meningkatkan *cleaness* faktor dan meningkatkan efisiensi kondensor. Dari analisa perbandingan antara efisiensi kondensor (%) dengan besarnya nilai dari panas yang dibuang di kondensor (*Condensor Heat Rejection*). Dapat kita lihat bahwa menurunnya nilai dari panas yang dibuang diikuti dengan meningkatnya efisiensi kondensor. Menurunnya nilai kalor yang dibuang didapatkan karena penurunan dari nilai *heat rate*. Analisa

perbandingan antara efisiensi kondensor η_c (%) dengan besarnya nilai *Heat Rate*.

Meningkatnya efisiensi kondensor setelah *overhaul* diikuti dengan menurunnya nilai dari *heat rate* setelah *overhaul*. Ini membuktikan bahwa semakin kecil dari nilai *heat rate* maka semakin baik efisiensi kondensor. Analisa perbandingan antara persentase dari efisiensi kondensor dan persentase *cleanliness factor*. Dari hasil perhitungan terlihat bahwa meningkatnya nilai *cleanliness factor* di ikuti dengan meningkatnya efisiensi kondensor. Hal ini disebabkan karena setelah *overhaul tube – tube* kondensor lebih bersih dibandingkan sebelum *overhaul* sehingga proses perpindahan panas yang terjadi di kondensor berlangsung dengan lebih baik.

Dampak kegiatan *overhaul* permukaan kondensor menjadi bersih, sehingga dapat penurunan temperatur LMTD berdampak meningkatkan koefisien perpindahan panas menyeluruh meningkat dari 1868 Kcal/m²hC menjadi 2495 Mkal/m²h.C. Analisa perhitungan antara nilai (*Ua hb*) *actual heat transfer* (*Heat Balance*) kondensor dengan (*Ua hr*) *actual heat transfer* (*Condensor Heat Rejection*). Dapat dilihat dari hasil perhitungan tabel diatas nilai (*Ua hb*) *actual heat transfer* (*Heat Balance*) kondensor sama dengan nilai perpindahan panas menyeluruh meningkat. Secara umum jika temperatur LMTD menurun 30,42 % maka *cleaness* faktor meningkat 33,62%, koefisien perpindahan panas menyeluruh meningkat 33,56% dan efisiensi kondensor meningkat 22,96%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan pembahasan dan melakukan analisa terhadap data hasil perhitungan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dapat disimpulkan bahwa *overhaul* pada UJP PLTU Lontar Banten unit 3 berlangsung dengan baik sehingga menghasilkan kenaikan 10% pada efisiensi kondensor setelah *overhaul* (sebelum *overhaul* 43,6% dan setelah *overhaul* 53,6%).
2. Jika temperatur LMTD menurun 30,42 % maka *cleaness* faktor meningkat 33,62%, koefisien perpindahan panas menyeluruh meningkat 33,56% dan efisiensi kondensor meningkat 22,96%.

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi kondensor adalah nilai *Heat Rate*, *Condenser Heat Rejection*, *Logarithmic Mean Temperature Difference (LMTD)*, *Actual Heat Transfer*, dan *Cleanliness Factor*.

5.2. Saran

Dari hasil analisis dapat dibuat beberapa saran agar unjuk kerja kondensor tersebut dapat dipertahankan dan ditingkatkan, yaitu ;

1. Mengingat faktor kebersihan *tube* tersebut berpengaruh terhadap proses perpindahan panas, maka hendaknya dilakukan secara rutin pemeriksaan terhadap *temperature* air yang masuk, keluar dan didalam kondensor dikarenakan cepat atau lambatnya pengotoran didalam *tube* dipengaruhi dari kondisi air laut tersebut.
2. Selain dari pada faktor kebersihan *tube*, faktor-faktor lain yang mendukung unjuk kerja kondensor tersebut juga perlu diperhatikan, seperti peralatan-peralatan penyaring kotoran.

Turbin di PLTU, Jurnal Teknik Mesin Untirta, Volume II Nomor 1, April 2016

- (9) Kreith F., Raj M. Manglik R.M., Bohn M.S., and Mark S. Bohn, Principles of Heat Transfer, Seventh Edition, Cengage Learning, USA, 2011
- (10) Slamet Hariyadi dan Atok Setiyawan, Analisa Termodinamika Pengaruh Penurunan Tekanan Vakum pada Kondensor Terhadap Performa Siklus PLTU Menggunakan Software Gate Cycle, Jurnal TEKNIK POMITS
- (11) Weha, Diskusi Masalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Indonesia, 2014. <http://diskusipltu.blogspot.co.id/2014/09/kondensor.html> diakses 23 November, 2015 Pukul 14:20 WIB.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Alvin, Laporan Bulanan Performance UJP PLTU Lontar Unit 3 Banten, PT. Indonesia Power UJP PLTU Lontar Banten, 2015.
- (2) ASME PTC 12.2 (Revision Of PTC 12.2 – 1998 (R2007) Steam Surface Condensers, 2010
- (3) Anggun Sukarno, Bono, Budhi Prasetyo, Analisis Perubahan Tekanan Vakum terhadap Kondesnor di PLTU Tanjung Taji B Unit 1, Jurnal Teknik Energi Vol 10 No. 2 Mei 2014; 65 – 71
- (4) Cengel, Y.A and Turner, Fundamental of Thermal Fluid Sciences, Mc.Graw Hill International Edition, 2001
- (5) Dani, Sistem Air Pengisi Dan Air Penambah, Indonesia, 2009.
- (6) Holman J.P, Heat Transfers, Tenth Edition, McGraw Hill Higher Education, USA, 2010.
- (7) Hadi Wibowo, Prawoto, Analisis Kinerja Kondesnor Sistem Pendingin Pusat Perbelanjaan, Jurnal Ilmiah TEKNOBIZ Vol. 1 No. 2
- (8) Imron Rosyadi, Dhimas Satria, Cecep, Pengaruh Penurunan Vacuum pada Saat Backwash Condenser terhadap Heat Rate