



ANALISA UNJUK KERJA KONDENSOR N-16000-2 UNIT I PLTU I KALIMANTAN TENGAH (2X60) MW

Rachmat Subagyo

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Lambung Mangkurat
Prodi Teknik Mesin
Email: rachmatsubagyo@ulm.ac.id

Faishal Arifin

Mahasiswa S1
Universitas Lambung Mangkurat
Prodi Teknik Mesin
Email: arifinfaishal@gmail.com

Mastiadi Tamjidillah

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Lambung Mangkurat
Prodi Teknik Mesin
Email: mastiadit@ulm.ac.id

Abdul Ghofur

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Lambung Mangkurat
Prodi Teknik Mesin
Email: ghofur70@ulm.ac.id

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kinerja kondensor di PLTU I Kalimantan Tengah pada saat 5 bulan operasi dengan kondisi saat komisioning pada pembebanan yang sama. Metode penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data selama lima bulan (Agustus-Desember 2018) meliputi: LMTD, efisiensi suhu, rasio kapasitas, koefisien perpindahan panas kondensor efektif. Hasil perbandingan ini menunjukkan adanya penurunan koefisien perpindahan panas kondensor efektif. Hasil kinerja kondensor pada saat komisioning adalah 1980 W / m²K. Kemudian kinerja operasi kondenser semakin menurun hingga mencapai nilai terendah Ueff 1319.400 W / m²K pada bulan Desember 2018. Adapun penyebab utama penurunan kinerja kondensor adalah terjadinya pengotoran (fouling). Penyebab terjadinya pengotoran adalah endapan yang disebabkan oleh air pendingin pada kondensor yang berasal dari sungai yang masih banyak mengandung unsur-unsur mineral yang ikut masuk ke dalam kondensor. Endapan-endapan tersebut secara langsung mempengaruhi nilai perpindahan panas pada kondensor dan menyebabkan penurunan unjuk kerja kondensor.

Keywords: Kondensor, Ueff, Fouling

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, Indonesia melaksanakan program percepatan pembangkitan listrik dengan mendirikan beberapa pembangkit listrik, Potensi terbesar pembangkit listrik di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) karena didukung oleh persediaan Batubara yang melimpah. PLTU diprioritaskan untuk memenuhi kebutuhan listrik dikarenakan PLTU mempunyai efisiensi yang tinggi, dimana bahan bakar batubara di Indonesia melimpah dan relatif murah dibandingkan dengan jenis pembangkit lainnya. Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang dibangun salah satunya di Kalimantan adalah PLTU I Kalimantan Tengah (2x60 MW) dimana, PLTU I Kalimantan Tengah dengan daya yang terpasang 2 unit x 60 MW merupakan suatu pembangkit baru yang dibangun untuk memenuhi kebutuhan listrik Kalimantan Selatan dan Tengah. Penyaluran daya listrik dari PLTU I Kalimantan Tengah 2x60 MW menggunakan jaringan transmisi 150 kV/SUTT Double Phi Connection yang memotong Jalur Transmisi Gardu Induk Kapuas ke Palangkaraya. Dengan daya yang besar tersebut PLTU I Kalimantan diharapkan selalu dalam kondisi yang handal. Dalam pengoperasiannya ada beberapa peralatan utama yang sangat berpengaruh terhadap kondisi operasi PLTU I Kalimantan seperti salah satunya adalah kondensor.

Kondensor merupakan komponen yang penting untuk mencapai nilai efisiensi yang bagus [1]. Adapun fungsi kondenser adalah untuk mengembunkan uap buang dari turbin menjadi fase cair melalui perpindahan panas dari uap ke air pendingin sehingga dihasilkan air umpan berkualitas tinggi untuk digunakan kembali dalam siklus.

Penurunan efisiensi pembangkit merupakan hal yang harus di hindari karena akan mengganggu produksi listrik. Peranan kondensor tersebut sangat vital, apabila performa kondensor mengalami gangguan/penurunan mengakibatkan daya turbin dan generator berkurang. Kondensor yang terpasang pada PLTU I Kalimantan Tengah, yaitu model shell and tube.

Penurunan unjuk kerja kondensor tersebut pada umumnya disebabkan oleh penurunan efektifitas perpindahan panas yang disebabkan oleh menumpuknya kotoran yang diakibatkan adanya

biota laut antara lain teritip, kerang, ganggang, tiram dan jenis tumbuhan lainnya yang menempel pada permukaan pipa dalam kondensor [2]. Pengotoran permukaan dalam pipa terjadi akibat pengotoran oleh kandungan-kandungan senyawa garam yang terdapat pada air pendingin yang diperoleh dari air sungai. Untuk mengetahui unjuk kerja Kondensor dapat dilakukan dengan cara menghitung Effective Condenser Heat Transfer Coefficient (U_{eff}) [3].

Pada penelitian terdahulu pada tahun 2011, [4] yang berjudul "Analisis Kinerja Kondensor pada Instalasi PLTU Kilang Minyak Kaitannya dengan Kebocoran Tube" menjelaskan tentang analisa penyebab penurunan kinerja kondensor. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [5] menyatakan bahwa kerusakan yang sering terjadi pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Mengacu pada penelitian tersebut dan mengingat pentingnya fungsi kondensor pada PLTU I Kalimantan tengah unit I, maka diperlukan kajian tentang kinerja kondensor pada beban yang sama yaitu 60 MW dimana perhitungannya membandingkan kinerja kondensor pada saat komisioning dan pada saat bulan Agustus-Desember 2018 dimana jenis kondensor pada PLTU I Kalimantan tengah merupakan tipe shell and tube.

1.1 Rumus unjuk kerja kondensor

Untuk menghitung unjuk kerja kondensor di dapat dengan cara sebagai berikut [6,7]:

1. Mencari kalor air pendingin dengan rumus:

$$Q_{airpendingin} = m_1 \times c_p (T_2 - T_1) \quad (1)$$

2. Menghitung perbedaan suhu rata-rata pada Kondensor atau LMTD (*Log Mean Temperature Differential*) dengan rumus sebagai berikut:

$$LMTD = \frac{(T_3 - T_2) - (T_4 - T_1)}{\ln \left(\frac{T_3 - T_2}{T_4 - T_1} \right)} \quad (2)$$

3. Menentukan faktor koreksi pada LMTD (F) dengan cara :

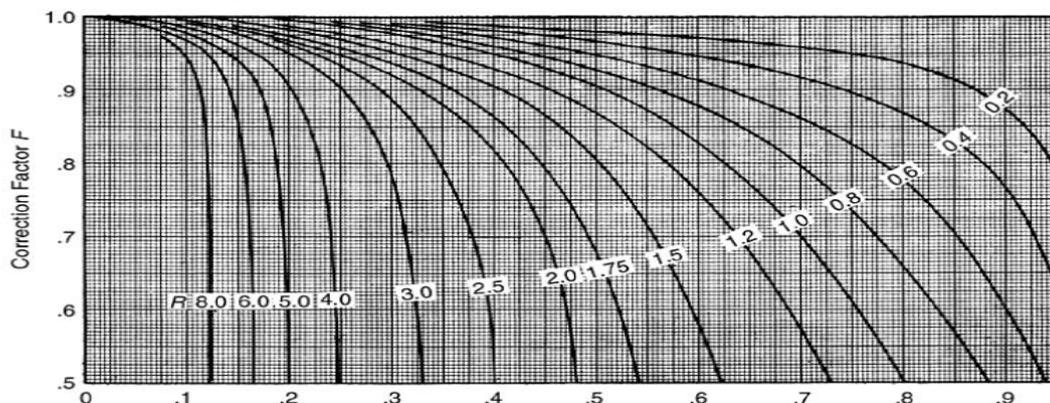
- a. Menentukan *Temperature Efficiency* (P) :

$$P = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1} \quad (3)$$

- b. Menentukan *Capacity Ratio* (R) :

$$R = \frac{T_3 - T_4}{T_2 - T_1} \quad (3)$$

Setelah P dan R diketahui, lihat grafik LMTD Correction Factor untuk single pass shell & cross flow STHE seperti ditunjukkan pada Gambar 2, [8,9].



Gambar 1: Grafik LMTD Correction Factor

5. Menghitung corrected LMTD dengan rumus :

$$\text{Corrected LMTD} = F \times \text{LMTD} \quad (3)$$

6. Menghitung *Effective Condenser Heat Transfer Coefficient* (U_{eff})

$$U_{eff} = \frac{Q_{air\ pendingin}}{A \times (F) \times \text{LMTD}} \quad (3)$$

Dimana :

m_1	: massflow air pendingin (kg/s)
c_p	: panas spesifik (kj/kg °C)
$Q_{air\ pendingin}$: Kalor air pendingin (Kj/s)
F	: Faktor koreksi LMTD
$LMTD$: Log Mean Temperature Differential (°C)
A	: Luasan perpindahan panas (m ²)
T_1	: Temperatur air Masuk (°C)
T_2	: Temperatur air keluar (°C)
T_3	: Temperatur uap masuk (°C)
T_4	: Tempertaur uap keluar (°C)

2. METODE DAN BAHAN

Pengambilan data penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) PLTU I Kalimantan Tengah (2x60) MW Unit 1. Studi Pustaka dilakukan di PLTU 1 Kalimantan Tengah, manual book terkait, data yang ada pada bagian Engineering dan Central Control Room (CCR), serta silabus yang berkaitan dengan Kondensor.

Data yang digunakan sebagai bahan penelitian merupakan parameter yang digunakan untuk menghitung kinerja kondensor. Data tersebut digunakan untuk menganalisa penyebab turunnya kinerja kondensor. Data - data yang dibutuhkan dalam perhitungan unjuk kerja Kondensor akan dicatat dengan bantuan software microsoft exel dalam format tabel yang sudah disediakan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1: Tabel spesifikasi kondensor Tipe N - 16000 – 2

NAMA	SATUAN	SPESIFIKASI
<i>Model</i>		N-16000-2
<i>Condensor Type</i>		Surface Type
<i>Performance parameters</i>		
<i>Design Pressure of The Water Room</i>	MPa	0.3
<i>Cooling Water Temperature</i>	°C	30
<i>Outlet Cooling Water Temperature</i>	°C	37
<i>Total heat exchanging area</i>	m ²	16000
<i>Cooling Water amount</i>	T/h	58169
<i>Back Pressure of The Condensor</i>	MPa	0.0085
<i>Tube Bundle</i>		
<i>Total Number of The Cooling Water Pipes</i>	Piece	14924
<i>Material of Cooling Water Pipes</i>		Ti
<i>Specification of Cooling Water Pipe</i>	mm	Φ 25×0.7/0.5
<i>Boundary Dimension of The Equipment</i>	mm	17750×7980×11110 (lenght×width×height)
<i>Net Weight of The Condenser</i>	T	339.6

Pengambilan data parameter awal adalah dengan menggunakan data ketika komisioning awal yaitu ketika first years inspection meliputi data seperti pada Tabel 2.

Tabel 2: Data kondensor pada beban 60 MW saat komisioning

DATA	SIMBOL	KOMISIONING	SATUAN
Beban	W	60	MW
Temperatur Uap Masuk	T ₃	48.54	°C
Tekanan Uap Masuk	P ₃	0.00692	MPa
Entalpi Uap Masuk	h ₃	2590.04	kJ/kg
Temperatur Uap Keluar	T ₄	43.14	°C
Tekanan Uap Keluar	P ₄	0.00692	MPa
Entalpi Uap Keluar	h ₄	2579.71	kJ/kg
Temperatur Air Masuk	T ₁	29.5	°C
Entalpi Air Masuk	h ₁	123.644	kJ/kg
Temperatur Air Keluar	T ₂	38.2	°C
Entalpi Air Keluar	h ₂	160.009	kJ/kg
Flow Air Pendingin	m ₁	9440.4	kg/s
Kalor Air Pendingin	Q	344130.9	kJ/s

Tabel 3: Data kondensor beban 60 MW bulan Agustus – Desember 2018

DATA	SIMBOL	SATUAN	BULAN				
			AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DESEMBER
Beban	W	MW	60	60	60	60	60
Temperatur Uap Masuk	T ₃	°C	48.56	48.74	48.2	47.94	48.56
Tekanan Uap Masuk	P ₃	MPa	0.00789	0.00799	0.00743	0.00704	0.00789
Entalpi Uap Masuk	h ₃	kJ/kg	2589.8	2592.1	2589.24	2588.86	2589.8
Temperatur Uap Keluar	T ₄	°C	45.88	46.14	44.3	43.52	45.88
Tekanan Uap Keluar	P ₄	MPa	0.00789	0.00799	0.00743	0.00704	0.00789
Entalpi Uap Keluar	h ₄	kJ/kg	2583.99	2584.45	2581.77	2580.4	2584.66
Temperatur Air Masuk	T ₁	°C	28.61	30.87	29.85	29.23	30.61
Entalpi Air Masuk	h ₁	kJ/kg	128.284	129.371	125.107	122.515	128.284
Temperatur Air Keluar	T ₂	°C	37.12	38.5	36.97	36.24	37.52
Entalpi Air Keluar	h ₂	kJ/kg	157.164	161.263	154.868	151.817	157.164
Flow Air Pendingin	m ₁	kg/s	9413.39	9409.331	9410.573	9408.026	9413.39
Kalor Air Pendingin	Q	kJ/s	335652.30 6	300813.5	280743.742	276331.6	272544.939 3

Setelah pengolahan data selesai dilakukan, maka hasil pengolahan data tersebut akan disusun dalam bentuk tabel dan grafik agar mudah dilakukan analisa. Penyajian dalam bentuk tabel bertujuan untuk

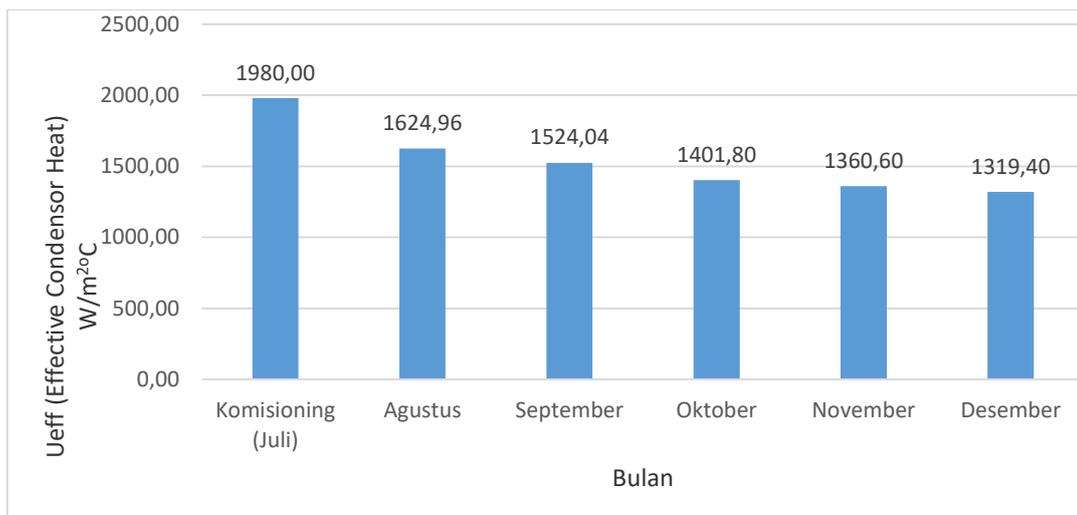
menunjukkan hasil analisa dari seluruh data yang diambil. Melalui analisa grafik tersebut akan dapat ditarik kesimpulan pengaruh kinerja kondensor unit 1 PLTU I Kalimantan Tengah.

3. HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan hasil perhitungan unjuk kerja kondensor unit 1 dapat diketahui nilai U_{eff} pada saat komisioning bulan Juli, dibandingkan dengan hasil perhitungan pada bulan Agustus-Desember 2018. Hasil ditampilkan pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4: Hasil perhitungan

DATA	SATUAN	KOMISIO NING	BULAN				
			AGUSTUS	SEPTEMBER	OKTOBER	NOVEMBER	DESEMBER
Beban	MW	60	60	60	60	60	60
Kalor Air Pendingin	kJ/s	344130.9	272544.9	300813.49	280744	276331.6	272544.9
LMTD	°C	11.314	13.0408	12.58795	12.772	12.9518	13.0408
Temperature Efficiency	-	0.482	0.3849	0.4269726	0.388	0.374	0.3849
Capacity Ratio	-	0.516	0.3878	0.3407602	0.547	0.63	0.3878
Corrected LMTD	°C	10.862	12.91	12.336191	12.516	12.6928	12.91
Heating Transfer Area	m ²	16000	16000	16000	16000	16000	16000
Effective Condenser Heat Transfer Coefficient	kJ/s/m ² °C	1.98	1.624963	1.5240396	1.4018	1.3606	1.3194
Effective Condenser Heat Transfer Coefficient	W/m ² °C	1980	1624.963	1524.0396	1401.8	1360.6	1319.4

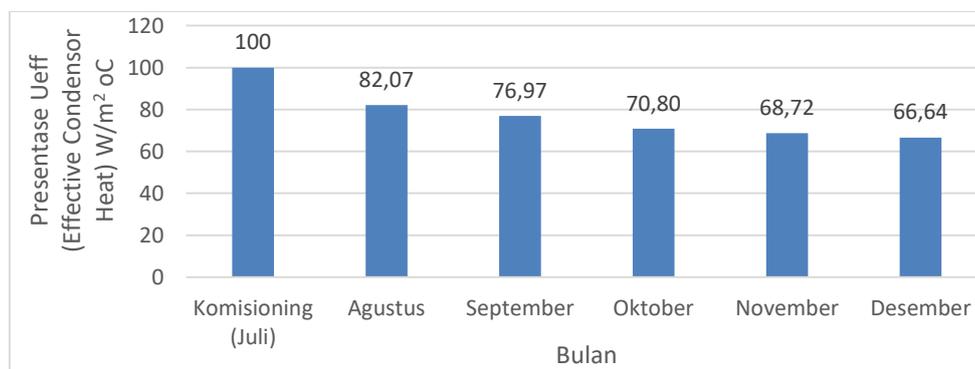


Gambar 3: Diagram Hubungan Waktu Terhadap U_{eff}

Dari Gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai U_{eff} dari kondensor unit 1 saat komisioning (juli) adalah 1980 W/m² oC sedangkan pada saat bulan Agustus bernilai 1624.96 W/m² oC sehingga selisihnya 355.037

W/m² oC. Selisih tersebut menandakan adanya penurunan unjuk kerja yang cukup besar padahal unit baru beroperasi sekitar 1 bulan. Kemudian kondisi komisioning dibandingkan dengan bulan Maret. Pada bulan September Ueff kondensor bernilai 1524.04 W/m² oC, berarti terjadi penurunan unjuk kerja dengan selisih 455. W/m² oC. Kemudian kondisi komisioning dibandingkan dengan bulan Oktober. Pada bulan Oktober Ueff kondensor bernilai 1401.80 W/m² oC, berarti terjadi penurunan unjuk kerja dengan selisih 578.2 W/m² oC. Kemudian kondisi komisioning dibandingkan dengan bulan November. Pada bulan November Ueff kondensor bernilai 1360.60 W/m² oC, berarti terjadi penurunan unjuk kerja dengan selisih 619.4 W/m² oC. Kemudian kondisi komisioning dibandingkan dengan bulan Desember. Pada bulan Desember Ueff kondensor bernilai 1319.40 W/m² oC, berarti terjadi penurunan unjuk kerja dengan selisih 660.6 W/m²oC. Pada tiap bulannya selalu mengalami penurunan dan selisihnya semakin besar jika dibandingkan dengan Ueff saat kondisi komisioning. Hasil perhitungan menunjukkan besarnya koefisien perpindahan panas di dalam fouling sea water adalah antara 1319.4–1980 W/m² oC. Hal ini masih memenuhi standar yang ditetapkan 1000-3000 W/m² °C di mana besar nilai koefisien perpindahan panas masih didalam batas kewajaran [2].

Dengan data yang didapat pada Tabel 4, maka didapat pula nilai presentasi penurunan Ueff hasil komisioning dibanding dengan bulan Agustus-Desember. Hasil ditampilkan pada Gambar 4.

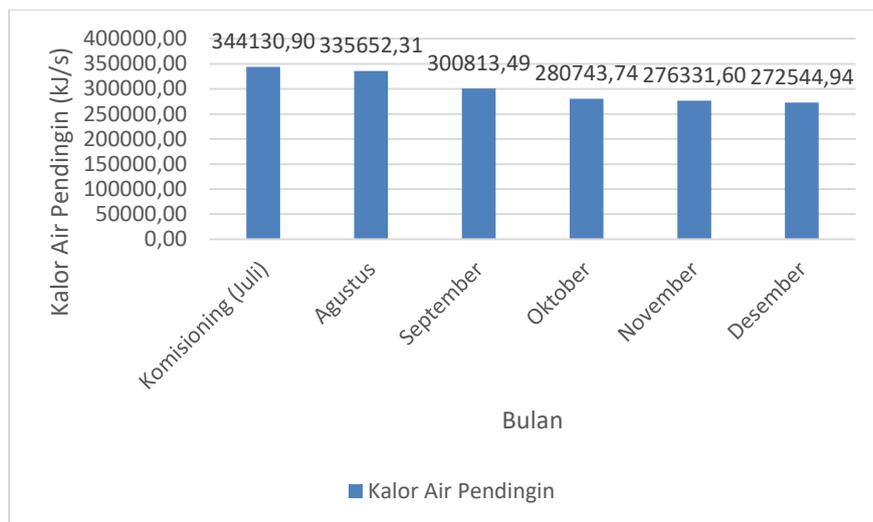


Gambar 4: Diagram Batang Hubungan Waktu Terhadap Presentase Nilai Penurunan U_{eff}

Dapat dilihat pada Gambar 4 dimana pada bulan Agustus nilai Kalor Air Pendingin kondensor unit I PLTU 1 Kalimantan mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 17.93 % dibandingkan pada saat Kommsioning. Pada bulan September mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 5.1 % dibandingkan bulan Agustus. Pada bulan Oktober mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 6.17 % dibandingkan pada bulan September. Pada bulan November mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 2.08 % dibandingkan pada bulan Oktober. Pada bulan Desember mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 2.08 % dibandingkan pada bulan November. Pada grafik di atas dapat dianalisa juga bahwa kemungkinan pada bulan Januari 2019 berada pada kondisi yang buruk. Dimana dapat dibuat juga SOP preventive maintenance kondensor. Adapun SOP untuk Prevententive Maintenance berupa ball cleaning atau taproge ball cleaning.

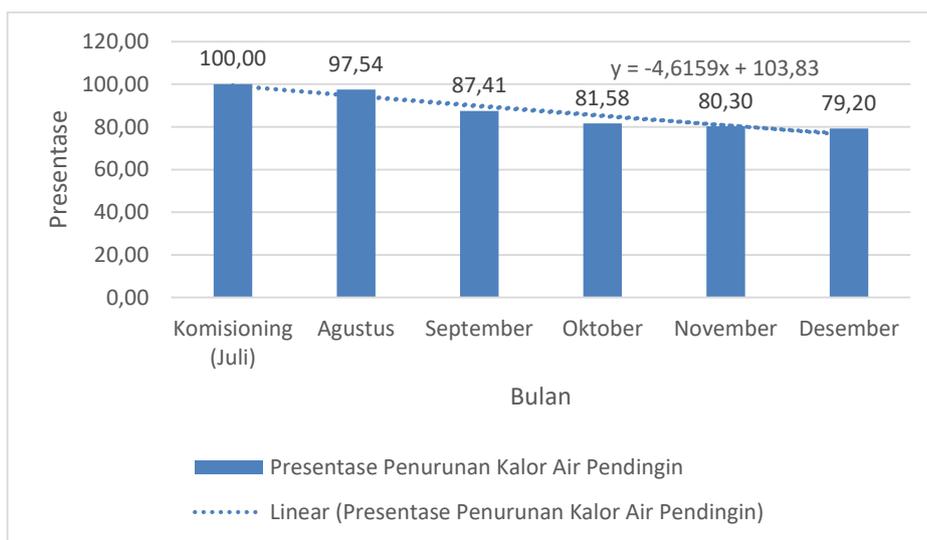
Ball cleaning ini disemprotkan oleh pompa. Bola yang digunakan adalah bola-bola karet spon yang diameternya 10 % lebih besar dari diameter dalam pipa. Pembersihan dilakukan pada saat tidak berbeban.

Penyebab utama dari penurunan nilai Ueff yaitu semakin kecilnya nilai kalor air pendingin. dari kondisi komisioning hingga pendataan secara aktual pada bulan Agustus – Desember 2018 terus mengalami penurunan. Penyebab utama dari penurunan kalor air pendingin adalah terus menurunnya enthalpy differential antara entalpi air pendingin keluar dengan entalpi air pendingin masuk. Penurunan nilai kalor pendingin dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Diagram Hubungan Waktu Terhadap Kalor Air Pendingin

Dengan data yang didapat pada Tabel 4, maka didapat nilai penurunan presentasi kalor pendingin hasil komisioning dibanding dengan bulan Agustus-Desember. Hasil ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6: Diagram Hubungan Waktu Terhadap Presentase Penurunan Kalor Air Pendingin

Dapat dilihat pada Gambar 6 dimana pada bulan Agustus nilai Kalor Air Pendingin kondensor unit I PLTU 1 Kalimantan mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 2,46 % dibandingkan pada saat Kommsioning. Pada bulan September mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 10.13 % dibandingkan bulan Agustus. Pada bulan Oktober mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 5,83 % dibandingkan pada bulan September. Pada bulan November mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 1.28 % dibandingkan pada bulan Oktober. Pada bulan Desember mengalami penurunan nilai kalor air pendingin sebanyak 1.1 % dibandingkan pada bulan November. Pada grafik diatas apabila rumus trindline dimasukkan dimana y menjadi 50 % maka didapat $x = 11.6$ dimana pada bulan Juni 2019. Kondensor unit I PLTU I Kalimantan membutuhkan overhaul secara total.

Penurunan pada kondensor unit I PLTU I Kalimantan Tengah sebenarnya sudah dilakukan pemeliharaan.pada kondensor antara lain:

- PM (*Preventive Maintenance*),yaitu dengan cara mengecek sisi kontrol ataupun sisi mekaniknya
- Mengecek kondisi semua *flange* yang berkaitan dengan *vacuum* maupun sisi *waternya*
- Mengecek kualitas air pada *hot wall*.

- d. *Corrective* dilakukan apabila terdapat *tube* yang bocor. Dilakukan dengan cara mematikan salah satu *tube* pada kondensor.
- e. *Backwash* kondensor, yaitu dengan cara membalikkan arah aliran air pendingin untuk membuang kotoran-kotoran yang masuk ke dalam *waterbox inlet*.
- f. *Ball Cleaning*, proses pembersihan ini dilakukan dengan cara memasukkan bola dimana dikenal dengan nama *Ball Taproge* pada inlet kondensor lalu bola tersebut mengikuti arah aliran fluida pada kondensor dan keluar pada *waterbox outlet*.

Penurunan unjuk kerja dan nilai kalor air pendingin disebabkan oleh beberapa hal yaitu disebabkan oleh *fouling*. *Fouling* atau endapan sangat mungkin terjadi, dikarenakan air pendingin pada kondensor berasal dari air sungai dan air tersebut mengandung endapan-endapan atau kotoran yang ikut masuk ke dalam kondensor. Endapan endapan tersebut secara langsung mempengaruhi nilai perpindahan panas pada kondensor dan dapat menyebabkan penurunan unjuk kerja kondensor.



Gambar 7: Foto *fouling* Pada Saat Komisioning (Overhaul) Sebelumnya

Untuk menghindari penurunan kinerja kondensor unit I PLTU I Kalimantan Tengah yang terlalu tinggi maka perlu dibuatkan IK (Instruksi Kerja) berdasarkan nilai nilai unjuk kerja kondensor sendiri. Data ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5: Tabel standar U_{eff} dan kalor pendinginan

STANDAR U_{eff} (dari komsioning)	STANDAR KALOR PENDINGINAN (standar komisioning)	PERLAKUAN
Buruk (<50%)	Buruk (<50%)	<i>Overhaul</i> secara keseluruhan
Sedang (50-75%)	[6]Sedang (50-75%)	<i>Corective Maintenance</i>
Baik (>75%)	Baik (>75%)	Dilakukan <i>Preventive Maintenance</i> (Dilakukan <i>Ball cleaning</i> , Cek kualitas air, <i>back wash</i> kondensor, cek kondisi <i>flange</i>)

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan yaitu:

1. Perbandingan unjuk kerja kondensor unit 1 PLTU 1 Kalimantan Tengah pada saat *first years inspection* dan pada saat bulan Agustus-Desember 2018 (5 bulan) dapat diketahui dengan cara menghitung Effective Condensor Heat transfer Coefficient. Dimana nilai pada saat *first years inspection* adalah $1980 \text{ W/m}^2\text{K}$, pada bulan Agustus adalah sebesar $1624,953 \text{ W/m}^2\text{K}$, pada bulan September adalah sebesar $1524,0396 \text{ W/m}^2\text{K}$, pada bulan Oktober sebesar $1401.8 \text{ W/m}^2\text{K}$, pada bulan November sebesar 1360.6 W/m^2 , pada

bulan Desember sebesar 1319.4 W/m²K.

2. Penurunan unjuk kerja dan nilai kalor air pendingin disebabkan oleh beberapa hal yaitu karena terjadi *fouling*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ROHATA, R., *Analisis Kinerja Kondenser Sebelum dan Sesudah Overhaul di PLTU Unit 3 UP Gresik*, Program Studi Sarjana, Teknik Mesin Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi Institut Teknologi PLN, Jakarta, 2020.
- [2] RAMADHAN, A., "Analisa Keandalan Kondensor dengan Menggunakan *Debris Filter* di PLTU Belawan", *Surya Teknika*, v. 5, n. 2, pp. 18 – 24, Desember 2017.
- [3] CENGEL, Y. A., *Heat Transfer*, 2 ed., New York, Mc.Graw-Hill, 2004.
- [4] PRIHASTUTI, E., SOEKARDI, C., "Analisis Kinerja Kondensor pada Instalasi PLTU Kilang Minyak Kaitannya dengan Kebocoran Tube", *Jurnal Ilmiah Teknobiz*, v. 1, n.1, pp. 6-9, Jul 2011.
- [5] ZAKARIA, T., SURYAMAN, T., "Analisa Kerusakan Kondensor Unit 1- 4 PLTU - XYZ Banten (*An Engineering Report Case Stidy*)", *Jurnal InTent*, v. 3, n. 2, Juli –Desember 2020, P - ISSN : 2654 – 9557 E – ISSN : 2654 – 914X.
- [6] KAKAC, S. & HONGTAN, L., *Heat Exchanger, Selection, Rating and Thermal Design*, 3 ed., Boca Raton, CRC PRESS, 2002.
- [7] KREITH, F. & BLACK, W.Z., *Basic Heat Transfer*, 7 ed., New York, Harper and Row Publishers, 1980.
- [8] CENGEL, Y.A. & BOLES, M.A., *Thermodynamics An Engineering Approach*, 4 ed., New York, McGraw-Hill, 2007.
- [9] BERGMEN, T. & LAVINE, A, 2007, *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, 6 ed., New Jersey, Wiley Press.