

Optimasi *Lube Oil Cooler Fan* Saat Unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap Priok Reverse Shutdown

Raihan Muhammad

PT. PLN Indonesia Power, Jl. Gatot Subroto, RT.5/RW.4, Kuningan Tim, Kecamatan Setiabudi,
Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12950, Indonesia

Email: raihan.muhammad@plnindonesiapower.co.id

Received: 3 Februari 2023 | Accepted: 7 Juni 2023 | Published: 8 Juli 2023

Abstract

Lube oil cooler fan at Combine Cycle Power Plant (CCPP) Block 1-2 PT. PLN Indonesia Power Priok is used as a heat exchanger to reduce the temperature of the lubricant that has passed through the system so that it can return through the system at a lower temperature. CCPP Block 1-2 often experience Start-Shutdown units due to requests from the PLN load regulator, therefore the lube oil cooler fan often continues to operate even though the lubricant temperature is low during the Shutdown (RS). The lube oil cooler fan optimization program is an activity to turn off one fan during the reverse shutdown unit and turn off all the fans manually by the operator when the lubricant temperature is below 42°C and then recorded for documentation. This activity is contained in the Standard Operating Procedure regarding energy saving during RS Gas Turbines. With the existence of an optimization program for operating patterns by turning off the lube oil cooler fan, it is hoped that it will be able to reduce power, with the target of reducing electric power consumption by 40,000 KWh per year. This program can save 165,454.34 kWh of power in 2020, or the equivalent of 595.64 GJ, and in 2021 it can save 101,468.40 kWh of power, or the equivalent of 365.29 GJ.

Keywords: Heat Exchanger, Lube Oil Cooler Fan, Optimization

Abstrak

Lube oil cooler fan di Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Blok 1-2 PT. PLN Indonesia Power Priok digunakan sebagai heat exchanger untuk menurunkan temperature pelumas yang sudah melewati sistem agar dapat kembali melewati sistem dengan temperatur yang lebih rendah. PLTGU BLOK 1-2 sering mengalami start-shutdown unit dikarenakan permintaan oleh PLN pengatur beban, oleh karena itu seringkali lube oil cooler fan tetap beroperasi meski temperatur pelumas sudah rendah saat unit Shutdown (RS). Program optimasi Lube Oil Cooler Fan yaitu merupakan kegiatan mematikan satu fan saat unit reverse shutdown dan mematikan seluruh fan secara manual oleh operator ketika temperature pelumas sudah berada dibawah 42°C lalu dicatat dalam recording untuk dokumentasi. Kegiatan tersebut tertuang pada procedure SOP/IK tentang penghematan energi pemakaian sendiri saat Turbin Gas RS. Dengan adanya program optimasi pola pengoprasian dengan mematikan lube oil cooler fan diharapkan mampu menurunkan daya pemakaian sendiri, dengan sasaran penurunan konsumsi daya listrik Pemakaian sendiri sebesar 40.000 KWh per tahun. Pada kenyatannya program ini dapat menghemat daya pemakaian sendiri sebesar 165.454,34 Kwh pada tahun 2020 atau setara dengan 595,64 GJ, dan pada tahun 2021 hingga dapat menghemat daya pemakaian sendiri sebesar 101,468.40 kWh atau setara dengan 365.29 GJ

Kata kunci: Alat Penukar Panas, , Lube Oil Cooler Fan, Optimasi

1. PENDAHULUAN

Dalam mewujudkan ketahanan energi Indonesia, Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan Kebijakan Energi Nasional pada Peraturan Pemerintah No. 5 tahun 2006, Undang-undang Energi No. 30 tahun 2007 dan Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi [1]. Berdasarkan kebijakan dan komitmen perusahaan serta dalam usaha mendukung dan memenuhi kebijakan pemerintah, industri dan Badan Usaha Milik Negara PT. PLN Indonesia Power Priok telah berusaha untuk melakukan kegiatan pengoprasian yang efisien dengan melakukan upaya penghematan energi sesuai dengan penerapan ISO 50001:2008 melalui program penerapan energi terbarukan, melakukan kegiatan operasi yang efisien, inovasi bidang energi, *digital transformation* dan pelaksanaan sistem manajemen energi. Dalam menentukan area penetapan sistem manajemen energi di PT PLN Indonesia Power Priok, dilakukanlah analisa *heatrate* dengan satuan kcal/kWh sebagai *Energy Performance Indicator* (EnPI), *boundary*, *Energy Baseline* (EnB), dan penggunaan energi terbesar *Significant Energy Use* (SEU). SEU pada tahun 2021 sebesar 97% yang berasal dari penggunaan gas alam dan hampir seluruhnya digunakan untuk peralatan gas turbin [2]. Oleh karena itu dalam rangka mendukung kinerja operasi dan keberlanjutan perusahaan khususnya dalam efisiensi dan kegiatan operasi, maka perlu dilakukan evaluasi proses penggunaan energi dengan cara optimasi sehingga akan dapat dicapai tingkat biaya yang paling rendah untuk pelaksanaan proses produksi tersebut [3]. Evaluasi proses tersebut dilakukan pada peralatan bantu mesin *lube oil cooler fan* pada PLTGU Blok 1-2, mesin bantu tersebut berfungsi sebagai *heat exchanger* untuk menurunkan temperatur pelumas yang sudah melewati sistem agar dapat kembali melewati sistem dengan temperatur yang lebih rendah.

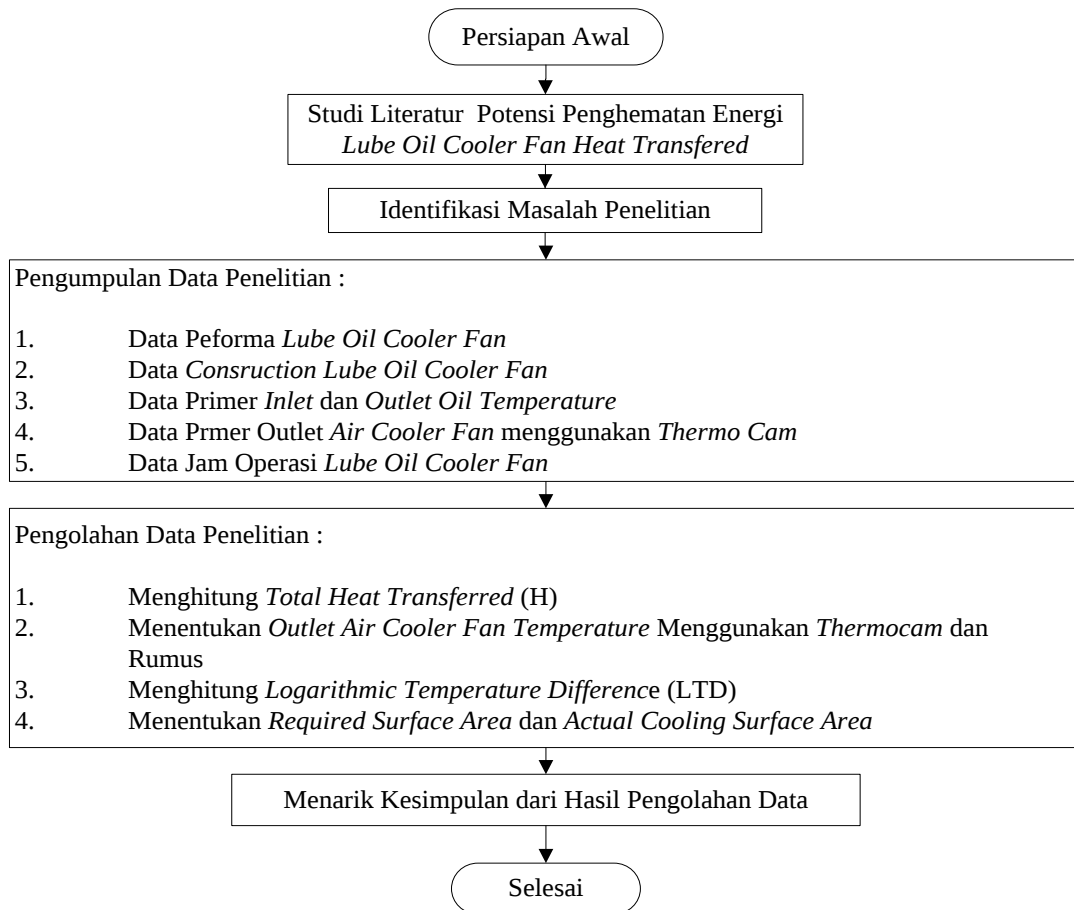
Studi mengenai optimasi peralatan mesin *lube oil cooler fan* dalam berbagai keperluan seperti melakukan re-desain mesin dengan tujuan menaikkan *effectiveness* [4]. Pada penelitian ini menggunakan variasi *surface designation circular tubes* dan variasi laju aliran massa udara sehingga dapat disimpulkan bahwa redesain mesin dapat meningkatkan *effectiveness* dengan baik. Penelitian untuk optimasi *lube oil cooler fan* juga dilakukan dengan menggunakan *micro-controller* [5], dengan menggunakan metode tersebut didapatkan hasil penelitian sistem *cooler* menjadi lebih efektif. Penelitian yang sudah dibuat sebelumnya melakukan optimasi terhadap mesin *lube oil cooler fan* dengan tambahan alat, namun sejatinya usaha optimasi atau penghematan energi harus dilakukan dengan perubahan perilaku [6], maka dari itu penelitian ini menitikberatkan optimasi pada mesin dengan perubahan perilaku yang dampaknya terukur sebagai penghematan energi [7] pada mesin tersebut.

Penelitian ini merubah *Standar Operational Procedure* (SOP) terhadap mesin *lube oil cooling fan* dengan dasar perhitungan *heat transfer* sebagai dampak perubahan pola operasinya. Kenyataannya PLTGU Priok Blok 1-2 sering mengalami *start-shutdown* unit dikarenakan permintaan oleh PLN pengatur beban, untuk itu seringkali *lube oil cooling fan* tetap beroperasi meski temperature pelumas sudah rendah akibat dari unit *shutdown*. Terus beroperasinya mesin merupakan kerugian energi dan harus dilakukan optimasi, maka dari hal tersebut penelitian ini bertujuan untuk menghemat penggunaan energi daya pemakaian sendiri dengan merubah SOP sehingga terjadi perubahan perilaku pada operator terkait dengan cara mematikan secara manual mesin *lube oil cooling fan* saat unit *shutdown* serta dapat menggambarkan penggunaan energi yang terjadi di perusahaan.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di perusahaan PT. PLN Indonesia Power yang bergerak dibidang energi yaitu pembangkit listrik tenaga gas dan uap yang berlokasi di Priok, Jakarta Utara. Metode

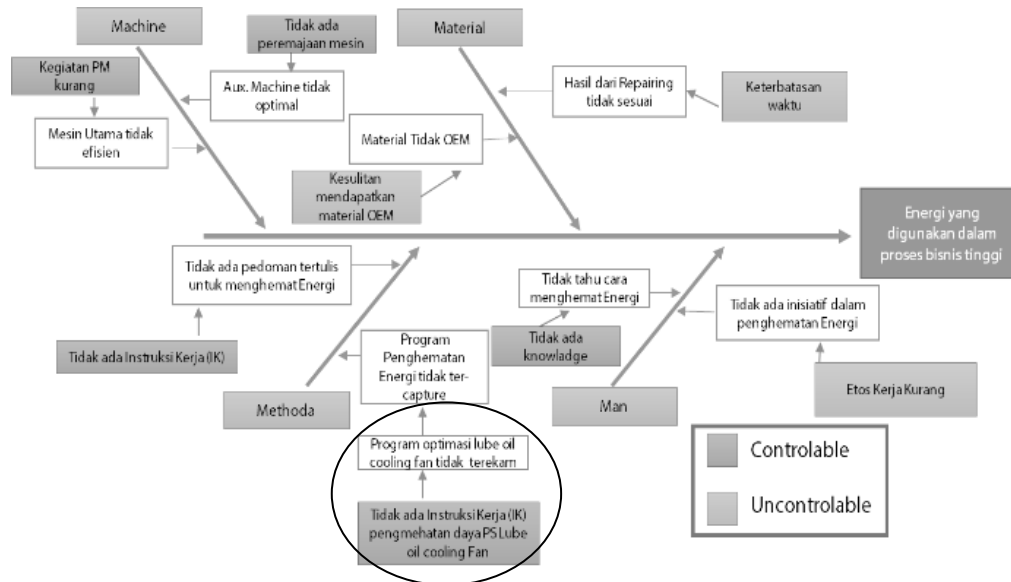
penelitian ini dilakukan dengan cara observasi langsung di perusahaan, mengumpulkan data primer serta data sekunder dari perusahaan yang digambarkan dalam diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dimulai dari studi literatur mengenai potensi penghematan energi, lalu perpindahan panas. Dilanjutkan dengan identifikasi masalah penelitian yang berkenaan dengan penghematan energi daya pemakaian sendiri di dalam pembangkit yang dijelaskan pada diagram *fishbone* gambar 2. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data penelitian diantaranya sebagai berikut:

1. Data Peforma *Lube Oil Cooler Fan*, tabel 1
2. Data *Consruction Lube Oil Cooler Fan*, tabel 2
3. Data Primer *Inlet dan Outlet Oil Temperature*
4. Data Prmer *Outlet Air Cooler Fan* menggunakan *Thermo Cam*, gambar 3
5. Data Jam Operasi *Lube Oil Cooler Fan*, tabel 3



Gambar 2. Fishbone penelitian



Gambar 3. Pengambilan Paramter Outler Cooler Air Fan

Data yang terkumpul selanjutnya digunakan untuk menghitung kemampuan perpindahan panas *lube oil cooler fan* untuk mengetahui peluang penghematan serta tingkat keamanan dan keberhasilan apabila fan yang masih beroperasi tersebut di matikan secara manual oleh operator yang bertugas menggunakan persamaan 1-3 berikut [8].

Total Heat Transferred (H)

$$H = Q_w \times C_p \times (T_i - T_o) \quad (1)$$

Logarithmic Temperature Difference (LTD)

$$LTD = \frac{(T_i - t_o) - (T_o - t_i)}{\ln \frac{T_i - t_o}{T_o - t_i}} \quad (2)$$

Required Cooling Surface Area (A_{req})

$$A_{req} = \frac{H}{U \times LTD} \quad (3)$$

Dimana :

H : Heat Transferred (kcal/h)

Q_w : Quantity (kg/s)

C_p	: Specific Heat (J/Kg.°C)
LTD	: <i>Logarithmic Temperature Difference</i>
T_i	: <i>Oil Inlet Temperature</i> (°C)
T_o	: <i>Oil Outlet Temperature</i> (°C)
t_i	: <i>Cooling Air Inlet Temperature</i> (°C)
t_o	: <i>Cooling Air Outlet Temperature</i> (°C)
A_{req}	: <i>Required Cooling Surface Area</i> (m ²)
U	: <i>Overall Heat transfer rate</i> (kcal/m ² h°C)

Data desain *lube oil cooler fan* dapat dilihat pada tabel 1. Data Peforma *Cooling Fan* dan tabel 2. *Construction Data Cooling Fan* [9]. Data desain tersebut akan dipergunakan untuk menghitung luas penampang secara aktual pada sistem penukar kalor *lube oil cooler fan*, kegiatan ini diperlukan untuk mengetahui tingkat keamanan dan keberhasilan apabila *cooler fan* yang masih beroperasi tersebut di *stop* secara manual. Setelah diketahui nilai keberhasilan tersebut maka selanjutnya adalah menghitung penghematan yang dinyatakan dalam energi [10] dan rupiah dengan persamaan (4) dan (5) sebagai berikut.

Tabel 1. Data Peforma *Cooler Fan*

	Tube Side	Air Side
Fluid name	Lube Oil	Ambien Air
Inlet Temp (C)	73.6	34
Outlet Temp (C)	60	46.5
Flow Rate (kg/s)	35.86	49
Press Drop (kg/cm ²)	1.2	-
Design Press (kg/cm ²)	6.12	-
Design Temp (C)	73.6	-

Tabel 2. *Construction Data Cooler Fan*

Equipment Name		Lube Oil Cooling Fan
Surface Area/Unit		2304
Tubes	Diameter	25.4 mm
	Thickness	1.245 mm
	Number	272
	Length	4.572 m
	Material	A-179

$$W = P \times t \quad (4)$$

$$\text{Penghematan (Rp)} = W \times Rp \quad (5)$$

Dimana :

W	: Energi Listrik (kWh)
P	: Daya yang Digunakan (kW)
t	: Waktu (jam)
Rp	: Harga listrik setiap satu kWh (Rupiah/kWh)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Optimasi *Lube Oil Cooler Fan* sudah diterapkan di PLTGU Priok POMU sejak bulan Agustus 2019 dengan kalkulasi menggunakan rumus (1), (2) dan (3) sebagai berikut.

3.1. Perhitungan Luas Penampang Penyerapan Kalor*Design Condition**a. Lube Oil Cooling Fan*Quantity (Q_w) = 35.86 kg/sInlet temperature (T_i) = 74Outlet temperature (T_o) = 58*b. Total heat Transferred , H (kcal/h)* C_p = Specific Heat = 0.514 $H = Q_w \times C_p \times (T_i - T_o)$ $= 35.86 \times 3600 \times 0.514 \times (16)$ $= 1.061 \times 10^7$ *c. Cooling Air (Ambient Air)*Quantity (Q_a) = 37.9 kg/sInlet temperature (t_i) = 31Outlet temperature (t_o) =

$$t_o = t_i + \frac{H}{3600 \times Q_a \times C_p}$$

$$t_i + \frac{1.061 \times 10^6}{3600 \times 37.9 \times 0.514}$$

 $= 46.12^\circ\text{C}$ *Logarithmic Temperature Difference (LTD)*

$$LTD = \frac{(T_i - t_o) - (T_o - t_i)}{\ln \frac{T_i - t_o}{T_o - t_i}}$$

$$= \frac{(74 - 46.12) - (58 - 31)}{\ln \frac{74 - 46.12}{58 - 31}}$$

 $= 27.5$ *Required Cooling Surface Area, (A_{req})*

$$A_{req} = \frac{H}{U \times LTD}$$

$$= \frac{1.061 \times 10^6}{14.98 \times 27.5}$$

 $= 2,575.55 \text{ m}^2$ U = Overall Heat transfer rate = 14.98 kcal/m²h°C*Actual Cooling Surface Area, (A_{act})* $A_{act} = 2304 \text{ m}^2$ $A_{act} < A_{req}$

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa proses penukaran kalor tersebut membutuhkan luas penampang pipa sebesar 2.575,55 m² sedangkan luas penampang yang tersedia adalah 2304 m², untuk itu dibutuhkan setidaknya dua *lube oil cooler fan* untuk mengatasi penyerapan kalor tersebut. Oleh karenanya mematikan satu dari tiga unit *lube oil cooler fan* saat *reserve shutdown* bukan menjadi masalah karena luas penampang yang dibutuhkan dapat diatasi dengan menggunakan dua *lube oil cooler fan*.

3.2. Perhitungan Luas Penampang Penyerapan Kalor

Berdasarkan data yang sudah dikumpulkan oleh operator seperti tampak pada Gambar 3. selanjutnya adalah melakukan perhitungan penghematan dari penelitian *Lube Oil Cooler Fan* dengan data jam penghematan operasi dengan total 6.764,56 jam yang secara terperinci tampak pada tabel 3. Berikut

Tabel 3. Data Jam Pengehematan Operasi

JUMLAH JAMPENGHEMATAN POLA PENGOPRASIAN LOCF 2021 (hours)												
BULAN	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
GT 1.1	182,68	125,38	125,38	81	45	275,67	271,2	298,9	218	624,38	720	744
GT 1.2	198,93	48,38	128,1	0	20	243,22	340,6	124,3	162,7	232,88	12,68	269,9
GT1.3	144	23,07	23,07	161,8	0	0	57,42	0	33	38,22	304,42	486,32

Perhitungan yang dilakukan berdasarkan data tersebut adalah menentukan besarnya optimasi energi penghematan serta nilai rupiah yang dapat di hemat [11]. Perhitungan tersebut tampak pada kalkulasi dibawah menggunakan persamaan (4) dan (5).

$$W = P \times t$$

$$W_{2021} = 15 \text{ kw} \times 6.764,56 \text{ jam} = \mathbf{101.468,4 \text{ kWh}}$$

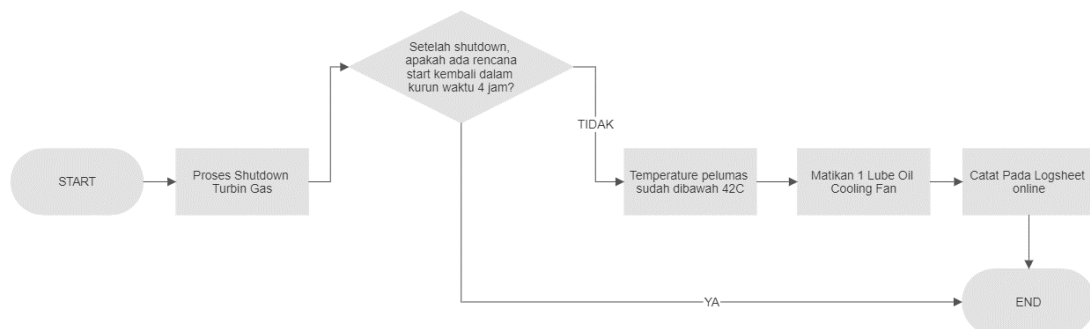
$$\text{Penghematan (Rp)} = W_{2021} \times Rp$$

$$\text{Penghematan (Rp)} = \mathbf{101.468,4 \text{ kWh} \times 1300 \text{ Rupiah/kWh} = \mathbf{Rp 131.908.920.00}}$$

Sejak penelitian *Lube Oil Cooler Fan* ini dilaksanakan pada bulan September 2019, penelitian ini mampu mengurangi total jam operasi *Lube Oil Cooler Fan* sebanyak 27.565,18 Jam sehingga dapat dihitung penghematannya energinya yaitu 413.477,7 kWh atau setara dengan 1.488,52 GJ.

3.3. Perubahan Standar Operational Procedure

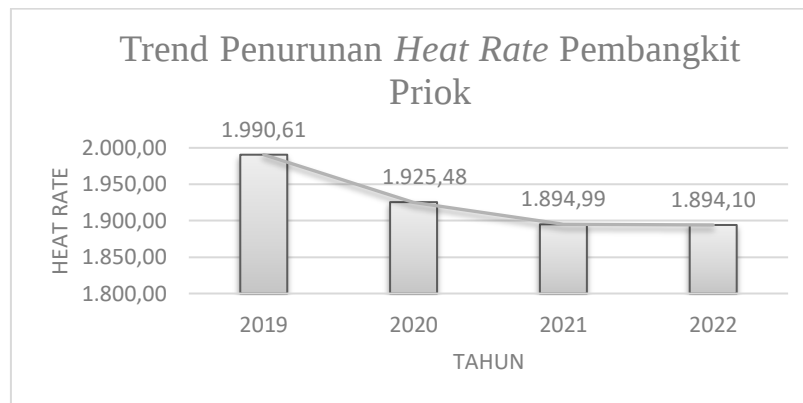
Setelah memperoleh hasil kajian mengenai implementasi program potensi penghematan energi dari program optimasi *lube oil Cooler Fan*, maka disusunlah Instruksi Kerja (IK) secara rinci oleh operator bersama dengan divisi enjinering yang flowchartnya dapat dilihat pada gambar 4. Instruksi kerja tersebut merupakan hal penting karena menjadi pedoman bagi operator dalam melakukan pelaksanaan kegiatan program optimasi *lube oil cooler fan* agar dapat berjalan dengan baik dan memiliki dasar dalam melakukan sebuah pekerjaan.



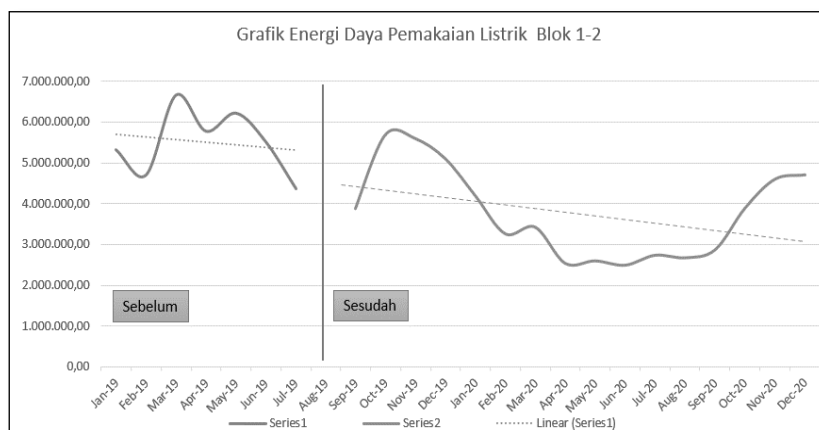
Gambar 4. Flowchart Kegiatan Penghematan Energi *Lube Oil Cooler Fan*

4. KESIMPULAN

Melalui program efisiensi energi *Optimization Lube Oil Cooler* yang sudah berjalan dengan berdasarkan standar oprasional prosedur (SOP) di PT PLN Indonesia Power Priok POMU, terbukti dapat menurunkan heat rate pembangkit sebesar 0,008 kcal/kWh, yang mana secara total dampak penurunan *heat rate* karena penerapan seluruh program efisiensi pembangkit dapat dilihat pada Gambar 5. Program ini juga memiliki dampak penurunan penggunaan energi listrik daya pemakaian sendiri (*auxiliary power*) yang ditinjau setiap bulannya ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 5. Trend Penurunan *Heat Rate* Pembangkit Priok



Gambar 6. Grafik Energi Daya Pemakaian Sendiri Sebelum-Sesudah dilakukan Program

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Government of Indonesia, Undang-Undang (UU) No 30 Tahun 2007 Tentang Energi, Jakarta: LL Sekretariat Negara No.5587, 2007.
- [2] H. Yudisaputro, Laporan Audit Energi Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap Priok, Jakarta: PT. Indonesia Power, 2022.
- [3] J. Supratman, "PERENCANAAN OPTIMASI PRODUKSI PRODUK FREEZER DAN SHOWCASE," PASTI, pp. 320-341, 2016.
- [4] S. D. N. Rosady, "Re-Design Lube Oil Cooler pada Turbin Gas dengan Analisa Termodinamika dan Perpindahan Panas," TEKNIK POMITS, vol. 3, no. 2, pp. 164-168, 2014.
- [5] L. Munadhif, N. Rinato dan M. Afiqi, "Pengendalian Otomatis Cooling Water System Pada Proses Pendinginan Turbin Gas," Rekayasa, vol. 12, no. 1, pp. 36-42, 2019.

- [6] P. W. Schultz, "Conservation Means Behavior," *Conservation Biology*, vol. 25, no. 6, pp. 1080-1083, 2011.
- [7] F. Iriani, E. Setyaningsih, L. Widodo, B. Hutapea, W. dan R. , *Strategi dan Pendekatan Perubahan Perilaku, Pemantauan dan Evaluasi Untuk Efisiensi dan Konservasi Energi*, Jakarta: ESP3, 2015.
- [8] S. Kakac, *Heat Exchangers Selection, Rating, and Thermal Design*, Boca Raton: CRC Press, 2002.
- [9] ABB, "Lube Oil Cooler Fan," dalam *Maua Book Priok Combine Cycle Power Plant*, ABB, 1993.
- [10] E. B. Wahyono dan C. R. Marinda, "Studi Analisis Penghematan Energi Listrik di PT Tempo Scan Pasifik," *Jurnal Sains & Teknologi*, vol. 10, no. No.1, pp. 1-13, Maret 2020.