

**ANALISA PENURUNAN KINERJA HEAT EXCHANGER
PADA GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS
UNIT BISNIS PEMBANGKITAN TELLO**

Oleh

AGUNG DERMAWAN
NIM: T21.20.019

SKRIPSI



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IHSAN GORONTALO
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISA PENURUNAN KINERJA HEAT EXCHANGER PADA GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UNIT BISNIS PEMBANGKITAN TELLO

Oleh

AGUNG DERMAWAN
NIM: T21.20.019

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana program studi Teknik Elektro di Fakultas Teknik, skripsi ini telah disetujui oleh Tim pembimbing pada tanggal seperti yang tertera dibawah ini :

Gorontalo, Juli 2024

Pembimbing I

Pembimbing II

~~Ir. Steven Humeha, S.T., MT~~
NIDN. 0907118903

~~Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT~~
NIDN. 0906018504

HALAMAN PENGESAHAN
ANALISA PENURUNAN KINERJA HEAT EXCHANGER
PADA GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS
UNIT BISNIS PEMBANGKITAN TELLO

Oleh :

AGUNG DERMAWAN

NIM: T21.20.019

Diperiksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)
Universitas Ichsan Gorontalo

1. Pembimbing I : Ir. Steven Humena, ST., MT
2. Pembimbing II : Frengki Eka Putra Surusa. ST., MT
3. Penguji I : Sjahril Botutihe, ST., MM
4. Penguji II : Dr.Ir.Stephan A.Hulukati, ST., MT., M.Kom
5. Penguji III : Muhammad Asri, ST., MT



Gorontalo, Juli 2024
Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Dr.Ir.Stephan A.Hulukati, ST., MT., M.Kom
NIDN. 0917118701

Ketua Program Studi



Frengki Eka Putra Surusa. ST., MT
NIDN. 0906018504

LEMBAR PENYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agung dermawan

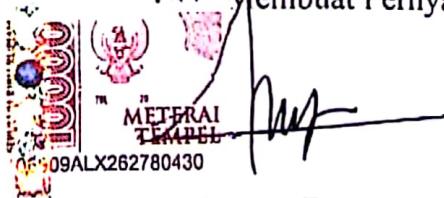
NIM : T2120019

Judul Skripsi : Analisa Penurunan Kinerja Heat Exchanger Pada Generator
Pembangkit Listrik Tenaga Gas Unit Bisnis Pembangkitan Tello

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulis (Skripsi) ini adalah asli
gagasan, rumusan dan penelitian yang dilakukan oleh saya sendiri dengan arahan
dari para pembimbing. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat
yang telah dipublikasikan sebelumnya oleh orang lain kecuali secara tertulis
dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan
atau sumbernya dengan jelas serta dicantumkan di dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila
dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini,
maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang
telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma
yang berlaku di perguruan tinggi ini

Gorontalo, Juli 2024
Yang Membuat Pernyataan



(Agung Dermawan)
Nim: T21.20.019

ABSTRACT

AGUNG DERMAWAN. T2120019. THE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE DECLINE IN HEAT EXCHANGER AT THE GENERATION BUSINESS UNIT OF THE TELLO GAS-FIRED POWER PLANT

This study aims to determine the effect of heat exchanger performance on Gas-fired Power Plant Unit 2. The method used in this study is quantitative with a descriptive data analysis technique. This study uses data on the Gas-fired Power Plant's engine operations for 12 days in 2023. The results show that the highest output power value on November 17, 2023, indicates only 26.5 MW, the lubricating oil temperature was 70°C and the difference in cooling water inlet and outlet temperatures performs 52°C and 52.2°C. The analysis results show that the lowest output power value of 20 MW, the lubricating oil temperature of 71.2°C, and the difference in cooling water inlet and outlet temperatures of 52.8°C and 53°C. It means that the decrease has a positive relationship between high lubricating oil temperatures and generator output power, the cooling water fluid used contains nephelometric turbidity units with GE#1 radiator drain water reaching 24.77 NTU and GE#2 radiator drain water reaching 15.84 NTU, exceeding the standard limit of 5 NTU. So, there is a blockage in the heat exchanger in the form of corrosion deposits in the form of rust. The temporary solutions that can be done to the quality of cooling water, namely by adding the right inhibitor to the cooling water, can reduce the aggressiveness of the corrosion attack process on the heat exchanger to maintain the performance and reliability of the heat exchanger. to solve the problem in the long term, it can carry out in-depth filtering or replacement of the water of the Local Water Supply Utility, pipe changes, packing cooling water pumps and can be done by hydro-jetting techniques, namely cleaning using high-pressure water that must follow Standard Operating Procedures (SOP) to produce maximum output power.

Keywords: Performance Degradation, Heat Exchanger, Output Power, Gas-Fired Power Plant

ABSTRAK

AGUNG DERMAWAN. T2120019. ANALISA PENURUNANAN KINERJA HEAT EXCHANGER PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UNIT BISNIS PEMBANGKITAN TELLO

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kinerja *Heat Exchanger* pada PLTG Unit 2, adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan teknik analisis data secara deskriptif. penelitian ini menggunakan data hasil operasi mesin PLTG selama 12 hari tahun 2023. hasil penelitian menunjukkan nilai daya *output* tertinggi pada tanggal 17 November 2023 hanya sebesar 26,5 MW dan suhu oli pelumas 70°C dan perbedaan suhu masuk keluar air pendingin sebesar 52°C dan 52,2°C sedangkan hasil analisa yang menunjukkan nilai daya *output* terendah yaitu sebesar 20MW dan suhu oli pelumas 71,2°C dan perbedaan suhu masuk keluar air pendingin sebesar 52,8°C dan 53°C dapat disimpulkan penurunan ini terdapat hubungan positif tingginya temperatur oli pelumas dan daya *output* generator, fluida air pendingin yang di gunakan mengandung nilai nephelometric turbidity units dengan drain air radiator GE#1 mencapai 24,77 NTU dan drain air radiator GE#2 mencapai 15.84 NTU, melebihi batas standar 5 NTU sehingga terjadi penyumbatan di *heat exchanger* berupa endapan korosi berupa karat. penyelesaian sementara yang dapat dilakukan pada kualitas air pendingin yaitu dengan penambahan zat inhibitor secara tepat kedalam air pendingin maka dapat mengurangi proses agresivitas serangan korosi pada *heat exchanger* sehingga dapat menjaga performa dan keandalan dari *heat exchanger*. agar dapat menyelesaikan permasalahan secara jangka waktu yang lama yaitu dapat melakukan filterisasi secara mendalam maupun pergantian air PDAM, pergantian pipa, packing pompa air pendingin dan dapat dilakukan dengan teknik hydrojetting yaitu pembersihan menggunakan air yang bertekanan tinggi. Yang harus sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) agar dapat menghasilkan daya *output* yang maksimal

Kata kunci: Penurunan Kinerja, Heat Exchanger, Daya Output, PLTG

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISA PENURUNAN KINERJA HEAT EXCHANGER PADA GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UNIT BISNIS PEMBANGKITAN TELLO”

Skripsi ini ditulis dalam rangka penyusunan proposal guna mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Ichsan Gorontalo. Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materil sehingga skripsi ini dapat selesai. Ucapan terima kasih ini penulis tujuhan kepada :

1. Ibu. DR. HJ Tjuriko Abdussamad, M.Si, selaku Ketua Yayasan Pengembangan Ilmu Pengetahuan Teknologi (YPIPT) Ichsan Gorontalo.
2. Bapak Dr. Abd.Gaffar Latjokke, M.Si, selaku Rektor Universitas Ichsan Gorontalo.
3. Bapak DR. Ir. Stephan Adriansyah Hulukati, ST., MT., M.KOM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.
4. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo.
5. Bapak Ir. Steven Humena, ST., MT, selaku Pembimbing I.
6. Bapak Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT, selaku Pembimbing II.
7. Bapak Ibu Dosen Fakultas Teknik Elektro di lingkungan Universitas Ichsan Gorontalo.
8. Orang Tua dan saudara saya yang senantiasa memberikan dorongan, motivasi dan bantuan materil selama proses perkuliahan sampai saat sekarang.
9. Teman-Teman Fakultas Teknik Elektro Angkatan 2020 Universitas Ichsan Gorontalo.
10. Seluruh mahasiswa Fakultas Teknik.

11. Seluruh teman-teman Mess Volvo yang selalu mendukung serta support saya agar menyelesaikan skripsi ini.
12. Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga akhirnya skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut. Amin.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati, peneliti mengharapkan saran dan keritik yang bersifat konstruktif kepada penulis guna kesempurnaan penulisan selanjutnya. Semoga dengan hadirnya skripsi ini dapat menambah khasanah keilmuan kita.

Gorontalo, Juni 2024

AGUNG DERMAWAN

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENYATAAN.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Batasan Masalah.....	6
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Terdahulu.....	8
2.2. Landasan Teori	12
2.2.1. Perpindahan Panas	13
2.2.2. Prinsip Dasar Alat Penukar Kalor	17
2.2.3. Penukar Kalor (Head Exchanger)	18
2.2.4. Tipe – tipe Alat Penukar Kalor	19
2.2.5. Alat Penukar Kalor SHELL & TUBE.....	21
2.2.6. Klasifikasi Penukar Kalor Berdasarkan Susunan Aliran Fluida	23
2.2.7. Fouling Factor (Factor Pengotoran).....	28
2.3. Komponen Utama Turbin Gas.....	29
2.4. Siklus Kerja Pltg Tello	33

2.5. Siklus Pelumasan (Turbine Lube Oil)	36
2.6. Generator	37
2.6.1. Definisi generator.....	38
2.6.2. Generator arus bolak balik (Sinkron).....	38
2.6.3. Konstruksi generator sinkron	39
2.7. Kualitas air pendingin.....	41
2.8. Metode pemeliharaan	45
2.9. Standart operasional presedure (SOP).....	46
BAB III METODE PENELITIAN.....	49
3.1. Kerangka Pikir.....	49
3.2. Alur Penelitian.....	51
3.3. Sumber Data Penelitian	53
3.4. Tempat Dan Waktu Penelitian.....	55
3.5. Metode Analisis data	57
3.6. Proses Penelitian.....	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	60
4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.	60
4.3. Analisisa Dampak Penurunan Kinerja <i>Heat Exchanger</i>	111
4.4. Hasil Analisa Kualitas Fluida Air Pendingin Heat Exchanger.....	125
4.5. Hasil Analisa Penyelesaian <i>Heat Exchanger</i>	126
BAB V PENUTUP.....	133
5.1. Kesimpulan	133
5.2. Saran.....	133
DAFTAR PUSTAKA	135
LAMPIRAN;.....	137

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
Tabel 2. 2 Orde Besaran Konduktivitas Termal.....	15
Tabel 2. 3 Data Teknis Turbin	30
Tabel 2. 4 Data Teknis Generator	32
Tabel 4. 1 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tell (07 Oktober 2023).....	61
Tabel 4. 2 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (16 Oktober 2023)	65
Tabel 4. 3 Hasil produksi daya listrik dari General Electric (18 Oktober 2023)	69
Tabel 4. 4 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (20 Oktober 2023)	73
Tabel 4. 5 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (22 Oktober 2023)	77
Tabel 4. 6 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (24 Oktober 2023)	81
Tabel 4. 7 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (26 Oktober 2023)	85
Tabel 4. 8 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (29 Oktober 2023)	89
Tabel 4. 9 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (30 Oktober 2023)	93
Tabel 4. 10 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (14 November 2023).....	97
Tabel 4. 11 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (15 November 2023).....	101
Tabel 4. 12 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (17 November 2023).....	105
Tabel 4. 13 Hasil rata-rata produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello	109
Tabel 4. 14 Hasil analisa pengaruh penurunan Heat Exchanger PLTG (Pada tanggal 07, 16, 18 Oktober 2023)	111
Tabel 4. 15 Hasil analisa pengaruh penurunan Heat Exchanger PLTG (Pada tanggal 20, 22, 24 Oktober 2023)	115
Tabel 4. 16 Hasil analisa pengaruh penurunan Heat Exchanger PLTG (Pada tanggal 26, 29, 30 Oktober 2023)	118
Tabel 4. 17 Hasil analisa pengaruh penurunan Heat Exchanger PLTG (Pada tanggal 14, 15, 17 November 2023).....	121
Tabel 4. 18 Hasil analisa kualitas fluida air pendingin	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Kerangka pikir.....	49
Gambar 3. 2 alur penelitian.....	51
Gambar 3. 3 Heat Exchanger PLTG Tello.....	54
Gambar 3. 4 Lokasi Pelaksanaan Penelitian	56
Gambar 4. 1 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 07 Oktober 2023 .	61
Gambar 4. 2 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 07 Oktober 2023.....	62
Gambar 4. 3 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 07 Oktober 2023.....	63
Gambar 4. 4 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 07 Oktober 2023.....	64
Gambar 4. 5 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 16 Oktober 2023 .	65
Gambar 4. 6 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 16 Oktober 2023.....	66
Gambar 4. 7 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 16 Oktober 2023.....	67
Gambar 4. 8 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 16 Oktober 2023.....	68
Gambar 4. 9 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 18 Oktober 2023 .	69
Gambar 4. 10 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 18 Oktober 2023.....	70
Gambar 4. 11 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 18 Oktober 2023.....	71
Gambar 4. 12 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 18 Oktober 2023.....	72
Gambar 4. 13 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 20 Oktober 2023	73
Gambar 4. 14 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 20 Oktober 2023.....	74
Gambar 4. 15 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 20 Oktober 2023.....	75
Gambar 4. 16 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 20 Oktober 2023.....	76
Gambar 4. 17 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 22 Oktober 2023	77
Gambar 4. 18 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 22 Oktober 2023.....	78
Gambar 4. 19 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 22 Oktober 2023.....	79
Gambar 4. 20 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 22 Oktober 2023.....	80
Gambar 4. 21 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 24 Oktober 2023	81

Gambar 4. 22 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 24 Oktober 2023.....	82
Gambar 4. 23 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 24 Oktober 2023.....	83
Gambar 4. 24 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 24 Oktober 2023.....	84
Gambar 4. 25 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 26 Oktober 2023	85
Gambar 4. 26 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 26 Oktober 2023.....	86
Gambar 4. 27 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 26 Oktober 2023.....	87
Gambar 4. 28 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 26 Oktober 2023.....	88
Gambar 4. 29 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023	89
Gambar 4. 30 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023.....	90
Gambar 4. 31 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023.....	91
Gambar 4. 32 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023.....	92
Gambar 4. 33 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 30 Oktober 2023	93
Gambar 4. 34 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 30 Oktober 2023.....	94
Gambar 4. 35 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 30 Oktober 2023.....	95
Gambar 4. 36 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023.....	96
Gambar 4. 37 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 14 November 2023	97
Gambar 4. 38 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 14 November 2023.....	98
Gambar 4. 39 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 14 November 2023.....	99
Gambar 4. 40 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 14 November 2023.....	100
Gambar 4. 41 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 15 November 2023	101
Gambar 4. 42 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 15 November 2023	102
Gambar 4. 43 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 15 November 2023.....	103
Gambar 4. 44 Hasil Differensial Filter Inlet (InH ₂ O) terhadap waktu pada tanggal 15 November 2023	104

Gambar 4. 45 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 17 November 2023	105
Gambar 4. 46 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tangga 17 November 2023	106
Gambar 4. 47 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 17 November 2023	107
Gambar 4. 48 Hasil Differensial Filter Inlet (Inh2o) Terhadap Waktu Pada Tanggal 17 November 2023	108
Gambar 4. 49 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 07 Oktober 2023	112
Gambar 4. 50 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 16 Oktober 2023	113
Gambar 4. 51 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 18 Oktober 2023	114
Gambar 4. 52 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 20 Oktober 2023	115
Gambar 4. 53 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 22 Oktober 2023	116
Gambar 4. 54 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 24 Oktober 2023	117
Gambar 4. 55 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 26 Oktober 2023	119
Gambar 4. 56 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 29 Oktober 2023	120
Gambar 4. 57 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 30 Oktober 2023	121
Gambar 4. 58 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 14 November 2023	122
Gambar 4. 59 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 15 November 2023	123
Gambar 4. 60 Hasil produksi daya listrik berdasarkan peubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 17 November 2023	124
Gambar 4. 61 Diagram Alir SOP	132

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 <i>Sigle Diagam Heat Exchanger</i>	137
Lampiran 2 Hasil sampel air pendingin	138
Lampiran 3 Surat izin penelitian	139
Lampiran 4 Surat persetujuan penelitian.....	140
Lampiran 5 Surat Rekomendasi Bebas Plagiasi.....	141
Lampiran 6 Rekomendasi SOP	142
Lampiran 7 Hasil Turnitin.....	144
Lampiran 8 Daftar Riwayat Hidup.....	145

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu energi yang saat ini memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia, sumber Energi listrik dibangkitkan dengan dua jenis sumber pembangkit yaitu sumber pembangkit konvensional dan nonkonvensional, dengan total kapasitas terpasang sebesar 44.939,88 MW, perkembangan pembangkit energi listrik konvensional saat ini yaitu: Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU): 20.418,5 MW (45,44% dari total kapasitas terpasang), Pembangkit listrik tenaga uap dan gas (PLTGU): 11.764,85 MW (26,18%), Pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD): 3.564,63 MW (7,93%), Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG): 2.796,82 MW (6,22%), Pembangkit listrik tenaga mesin gas (PLTMG): 2.189,23 MW (4,87%). Dan perkembangan pembangkit energi listrik non konvensional saat ini yaitu: Pembangkit listrik tenaga air (PLTA): 3.516,51 MW (7,82%), Pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP): 579,26 MW (1,29%), Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH): 46,12 MW (0,10%), Pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM): 34,35 MW (0,08%), Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS): 28,62 MW (0,06%), Pembangkit listrik tenaga biomassa (PLTBM): 0,52 MW (0,001%), Pembangkit listrik tenaga angin/bayu (PLTB): 0,47 MW (0,001%) dapat diketahui data diatas menunjukkan pembangkit energi konvebsional memiliki kapasitas terpasang lebih besar daripada pembangkit energi yang Non Konvensional (www.databoks.katadata.co.id, 2022)

Saat ini Energi Listrik juga merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang perkembangan pembangunan suatu negara. Di Indonesia, perkembangan tersebut ditandai dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatan industri yang mengakibatkan peningkatan laju konsumsi energi listrik. Dengan peningkatan laju konsumsi tersebut menuntut pusat pembangkitan listrik untuk lebih efisien dalam pengoperasian unit pembangkit. Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan listrik. Bahan bakar PLTG bisa berwujud cair (BBM) maupun gas (gas alam). Komponen utama PLTG adalah kompresor, ruang bakar, turbin gas dan generator.

PT. PLN IP Sektor Pembangkitan TELLO merupakan salah satu unit PT PLN (Persero) dibidang pembangkitan energi listrik yang beroperasi untuk ketersediaan pasokan energi listrik Disebagian Wilayah Sulawesi Selatan. Mesin Pembangkitan listrik yang dioperasikan adalah PLTU, PLTD, PLTS dan PLTG, oleh sebab itu keandalan kinerja unit Mesin Pembangkit tersebut sangatlah diharapkan. Pada mesin Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) yang dimiliki sektor Pembangkitan Tello terdapat 2 unit PLTG, dengan daya terpasang masing-masing 33 MW, dengan daya mampu maksimal pada Unit 1 sebesar 20 MW dan Unit 2 sebesar 28MW, dengan total daya mampu maksimal sebanyak 48MW, Menggunakan bahan bakar HSD (HIGH SPEED DIESEL) pada PLTG Unit 1 dan 2.

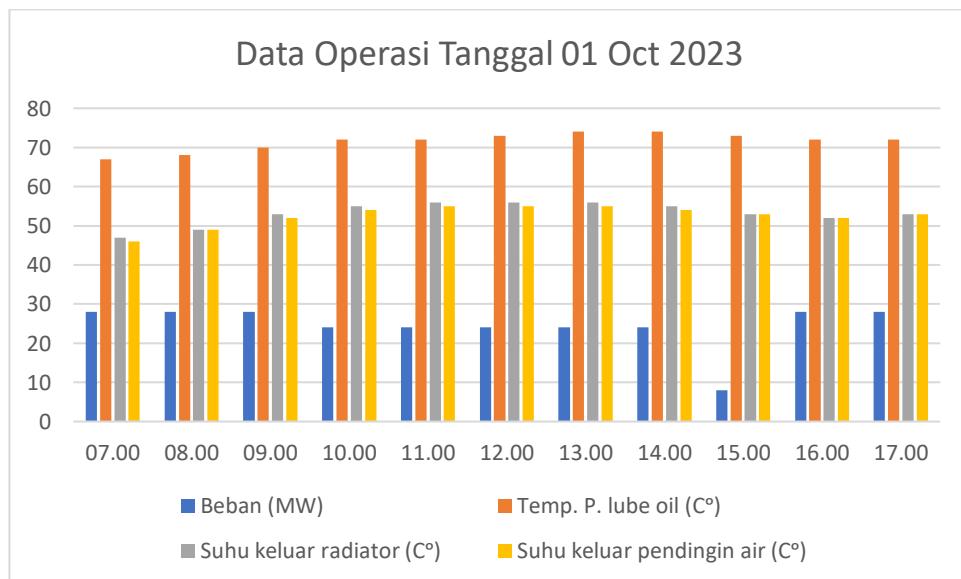
Menurut Syarifuddin Nojeng (2007: 117-123) dalam (Ratu, B. P. 2021), PLTG Tello adalah pembangkit listrik yang termahal biaya operasinya khususnya biaya bahan bakar yang dikomsumsi. Pengoperasiannya diinginkan agar unit PLTG

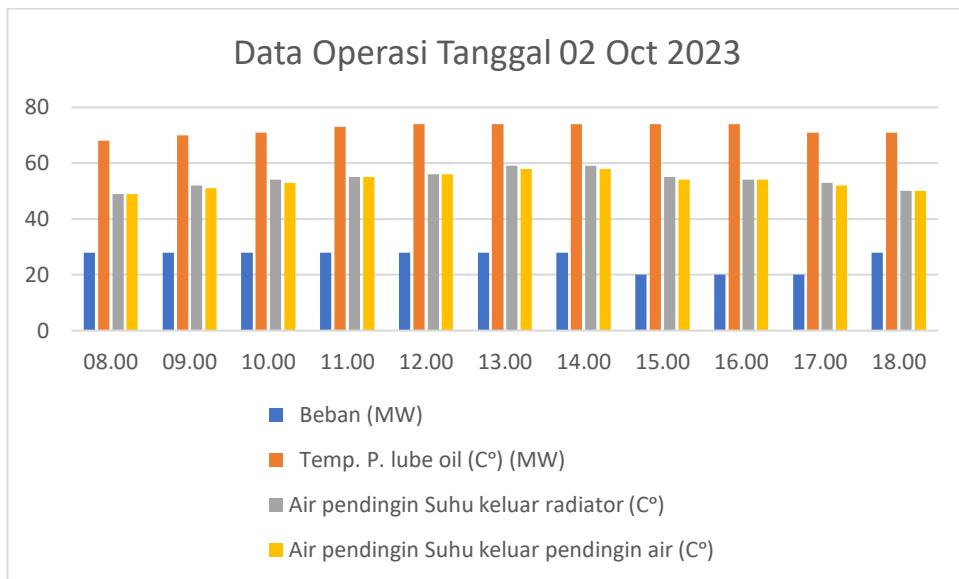
beroperasi dalam waktu yang sependek mungkin, misalnya pada waktu beban puncak atau pada waktu ada kerusakan atau gangguan unit lain (sebagai cadangan).

Pada instalasi unit turbin di PLTG, terdapat banyak komponen mesin yang saling bersinggungan yang akan menimbulkan gesekan, mudah panas, kerusakan hingga kerusakan material saat beroperasi penuh. Setiap gesekan dan kenaikan temperatur kerja turbin akan mempengaruhi temperatur minyak pelumas serta performance generator.

Heat Exchanger merupakan peralatan yang digunakan untuk perpindahan panas antara dua atau lebih fluida. Banyak jenis heat exchanger yang dibuat dan digunakan dalam pusat pembangkit tenaga, unit pendingin, unit pengkondisi udara, proses di industri, sistem turbin gas, dll. Heat exchanger yang berfungsi untuk mendinginkan minyak pelumas yang akan didistribusikan pada bearing turbin bearing alternator, bearing kompresor, bearing load gear, bearing generator, dan sistem lainnya. Proses pendinginan terjadi dengan cara minyak pelumas mengalir melalui sisi shell sedangkan aliran air pendingin (demin) mengalir melalui sisi tube sehingga masing-masing fluida tidak bersinggungan langsung didalam lube oil. Dengan demikian proses penyerapan panas dari minyak pelumas terjadi secara konveksi. Dalam aplikasinya heat exchanger terdiri dari 2 unit namun yang bekerja salah satu dan yang satunya lagi pada posisi standby (apabila diperlukan pemeliharaan/perbaikan) maka dilakukan change over secara online (pada saat unit turbin sedang beroperasi).

Analisis performa *heat exchanger* ini disusun untuk mengetahui kinerja pengaruh dan penyelesaian dari dampak *heat exchanger* seberapa baik dan layak *heat exchanger* ini untuk dioperasikan. Karena untuk membangkitkan daya listrik maksimal, tentu diperlukan juga sistem pendinginan yang baik agar peralatan yang beroperasi selalu berada pada temperatur yang sesuai dengan nilai standar batasan operasinya. Karena apabila sistem pendinginan peralatan tersebut kurang baik dan temperatur peralatan sudah mencapai batas tinggi (High 1), operator pembangkit harus menurunkan beban (daya listrik) sampai temperatur kembali ke range normal karena selain untuk menjaga lifetime peralatan tersebut, hal ini juga untuk menghindari agar temperatur terus naik dan mencapai batasan sangat tinggi (High 2) yang dapat menyebabkan unit trip.





Dampak yang timbul dari permasalahan tersebut jika temperature lube oil terlalu tinggi, Sehingga menyebabkan kurangnya daya output luaran generator yang seharusnya dapat maksimal, karena pengaruh temperature lube oil maka beban harus di turunkan , kenapa beban harus diturunkan , hal ini dapat disebabkan karena apabila beban tidak diturunkan maka akan berdampak Tripped (*shutdown*) pada sebuah unit PLTG. Solusi dari permasalahan yang terjadi maka perlu diupayakan cara untuk mengatasi penurunan kapasitas daya output generator tersebut, dan Solusi untuk jangka panjang yaitu dengan cara melakukan annual inspection atau mayor overhoul untuk menghasilkan daya output yang maksimal dan *heat exchanger* akan semakin baik

Proses pendinginan minyak pelumas ini selanjutnya dilakukan melalui heat exchanger dengan menggunakan demin water yang dipasang pada jalur pemipaan minyak pelumas turbin. Oleh karenanya latar belakang dari penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh penurunan serta penyelesaian *Heat Exchanger* pada

sistem lube oil turbin pada general electric PLTG Tello , dan mengambil judul ANALISA PENURUNANAN KINERJA HEAT EXCHANGER PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS PLTG UNIT BISNIS PEMBANGKITAN TELLO

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh yang ditimbulkan bila kinerja heat exchanger menurun?
2. Bagaimana kualitas fluida air pendingin yang digunakan PLTG Tello?
3. Bagaimana penyelesaian bila kinerja heat exchanger menurun?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan perbatasan masalah agar pelaksanaan serta hasil yang diperoleh sesuai yang diharapkan, Adapun Batasan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini

1. Penelitian ini dilakukan di PLTG Unit Bisnis Pembangkitan Tello. Sulawesi Selatan, Makassar.
2. Penelitian ini berfokus pada sistem heat exchanger *GENERAL ELECTRIC* (GE#2)

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh yang ditimbulkan bila kinerja heat exchanger menurun
2. Mengetahui kualitas fluida air pendingin yang digunakan PLTG Tello
3. Mengetahui penyelesaian bila kinerja heat exchanger menurun

1.5. Manfaat Penelitian

1. Bagi penulis; mengetahui pengaruh penurunan kerja heat exchanger dan menganalisa kualitas air pendingin dan mengidentifikasi permasalahan pada generator
2. Bagi program study Teknik elektro; hasil penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi tambahan bagi civitas akademik khususnya program studi Teknik elektro
3. Bagi PT PLN IP unit PLTG : mendapat feedback dalam memonitor penurunan kinerja heat exchanger pada generator

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

1. “Analisa dampak penurunan kinerja lube oil cooler pada turbin di PLTU Belawan”. Peneliti ingin mengetahui efektifitas lube oil cooler dengan berfokus pada analisis data temperature masuk dan keluar pendingin minyak pelumas. Metode pengumpulan data yang dilakukan dengan pra survey dan data loghshet harian. Hasil penelitian bahwa proses kerja lube oil cooler dengan fluida pendingin demin water sangat efektif digunakan untuk mengontrol temperature kerja minyak pelumas turbin dengan koefisien perpindahan panas pada sisi shell sebesar $7.585.32 \text{ W/m}^2\text{K}$ kehilangan panas total di isi shell (hl.total) sebesar 66,38. Koefisien perpindahan panas disisi tube (hi) sebesar $11,460,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ dan kehilangan panas total disisi tube (hi,total) sebesar. (Husin ibrahim, Amirsyam Nasution,indra hermawan, Muhammad idris.2020)
2. “Analisis Efektivitas Heat Exchanger Generator Thrust Bearing Oil Cooler Unit 7 PLTA Cirata”. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat efektifitas kinerja heat exchanger pada tahun 2014 dan efektifitas pada tahun 2018. dengan objek yang diteliti ialah heat exchanger generator thrust bearing oil cooler. Metode pengumpulan data dilakukan dengan observasi, wawancara dan dokumentasi. Data yang diperoleh adalah data tentang efektifitas heat exchanger dengan hasil penelitian bahwa Efektivitas data comissioning 2014 generator thrust bearing oil cooler Unit 7 PLTA Cirata

adalah 0,462. Sedangkan untuk data operasional terbesar generator thrust bearing oil cooler Unit 7 PLTA Cirata pada tanggal 12 sampai 16 Maret 2018, efektivitas terbesar adalah 0,314 terjadi pada tanggal 12 Maret 2018 jam 19:00 serta efektivitas terkecil adalah 0,22 terjadi pada tanggal 13 Maret 2018 jam 17:00-20:00. Hasil tersebut berada di bawah data comissioning sehingga efektivitas mengalami penurunan. Penurunan efektivitas tersebut disebabkan faktor pengotoran di dalam generator thrust bearing oil cooler sebesar $0,0031 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$ dan mengalami penurunan efektifitas generator thrust bearing oil cooler Unit 7 PLTA Cirata adalah 51,948% pada tanggal 13 Maret 2018 (Annisa Sekarayu Permanajati, Imroatunnisa, Elfi Nurrohmah, Benhur Nainggolan .2018).

3. "Analisa variasi pendinginan temperature dan laju aliran massa terhadap lifetime pelumas".menggunakan metode studi analitik. Berdasarkan Analisa variasi pendingin temperature dan laju aliran massa yang telah dilakukan oleh penulis mendapatkan hasil yaitu : masa penggunaan pelumas yang didapatkan pada penelitian ini yaitu 3891,14 jam pada temperatur kerja 60,8 $^{\circ}\text{C}$ dan batas masa penggunaan terendah yaitu 3295,89 jam pada 62,5 $^{\circ}\text{C}$. Berdasarkan hasil tersebut penulis dapat menyimpulkan bahwa nilai lifetime pelumas akan meningkat semakin kecil nilai temperatur kerjanya, Efektivitas tertinggi yang diperoleh heat exchanger dalam penelitian ini adalah 28,3% untuk variasi laju aliran massa tertinggi pada 65 kg/s, dan efektivitas terendah yaitu 22,4% didapatkan pada variasi laju aliran massa terendah 40 kg/s. Oleh karena itu dapat disimpulkan jika nilai efektifitas yang

diperoleh dari heat exchanger akan meningkat seiring dengan meningkatnya laju aliran massa fluida kerja. (Arief Lucky Bima Sakti, Nu Rhahida Arini, dan Achmad bahrul Ulum, 2021)

4. “Analisis Kinerja Lube Oil Cooler Pada Maintenance Outgate Di PLTGU”. metode pengambilan data menggunakan metode observasi dan dokumentasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan antara lain perawatan sangat membantu untuk meningkatkan penyerapan panas pada lube oil cooler dikarenakan pada saat sebelum dilakukan maintenance outgate nilai LMTD nya adalah 15,48°C sedangkan setelah dilakukan perawatan nilai LMTD turun menjadi 10,52°C. Dari data yang telah di dapatkan nilai efektifitas sebelum dilakukan maintenance outgate sebesar 50,62 %, sedangkan ketika sesudah dilakukan maintenance outgate nilai rata-rata naik sebesar 59,61%. Sehingga kinerja yang baik yaitu pada kondisi sesudah dilakukannya maintenance outgate. (Andrian Nurul Saputra, Angky Puspawan Nurul Iman Supardi. 2021).

Berdasarkan uraian penelitian diatas, untuk lebih jelasnya maka dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1	Husain Ibrahim, Amirsyam Nasution, Indra Hermawan, Muhammad Idris (2020)	Analisa dampak penurunan kinerja lube oil cooler pada turbin di PLTU Belawan	Peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif, pengumpulan data dengan metode prasurvey & data	Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa proses kerja lube oil cooler dengan fluida pendingin demin water sangat efektif

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
			loghseet harian	digunakan untuk digunakan untuk mengontrol temperature kerja minyak pelumas turbin.
2	Annisa Sekarayu Permanajati, Imroatunnisa, Elfi Nurrohma, Benhur Nainggolan.(2014)	Analisis Efektivitas Heat Exchanger Generator Thrust Bearing Oil Cooler Unit 7 PLTA Cirata	Peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif, pengumpulan data dengan metode observasi, wawancara & data dokumentasi	Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil data commissioning heat exchanger mengalami penurunan efektifitas yang disebabkan oleh factor pengotoran didalam generator thrust bearing oil cooler
3	Arief Lucky Bima Sakti, Nu Rhahida Arini, Dan Achmad Bahrul Ulum.(2021)	Analisa variasi pendinginan temperature dan laju aliran massa terhadap lifetime pelumas	Peneliti menggunakan pendekatan study analitik dengan teknik analisis menggunakan Software GNU Octave	Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai lifetime pelumas akan meningkat semakin kecil nilai temperatur kerjanya, Oleh karena itu dapat disimpulkan jika nilai efektifitas yang diperoleh dari heat exchanger akan meningkat seiring dengan meningkatnya laju aliran massa fluida kerja.
4	Adrian Nurul Saputra, Angky Puspawan, Nurul	Analisis Kinerja Lube Oil Cooler Pada Maintenance Outgate Di PLTGU	Peneliti menggunakan pendekatan kuantitatif,	Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa Dari data

No	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
	Iman Supardi. (2021)		pengumpulan data dengan metode observasi, & dokumentasi	yang telah di dapatkan nilai efektifitas sebelum dilakukan maintenace outage sebesar 50,62 %, sedangkan ketika sesudah dilakukan maintenace outage nilai rata-rata naik sebesar 59,61%. Sehingga kinerja yang baik yaitu pada kondisi sesudah dilakukannya maintenace outage

2.2. Landasan Teori

Hukum kekebalan energi (Hukum I Thermodinamika) berbunyi “Energi dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain tetapi tidak bisa diciptakan atau dimusnahkan (konversi energi)”. Sedangkan bila dalam sebuah sistem tertutup menyatakan bahwa “jumlah energi tidak dapat berubah, ia akan tetap sama”. misalnya merubah energi mekanik menjadi energi listrik.

Energi listrik dapat dihasilkan oleh pusat-pusat pembangkit listrik. Dibutuhkan suatu alat yang dapat mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik, yang dikenal dengan sebutan Generator. Untuk menghasilkan energi listrik yang handal, generator harus bekerja sesuai dengan kapasitas dan spesifikasinya.

Proses perpindahan kalor/panas yang terjadi pada suatu kondisi tertentu menandakan adanya perpindahan energi karena perbedaan suhu di antara benda

atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas atau lebih dikenal dengan laju perpindahan panas.

Dengan demikian perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat perbedaan temperatur pada daerah tersebut. terdapat tiga bentuk perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. (Rizal, M. 2017).

2.2.1. Perpindahan Panas

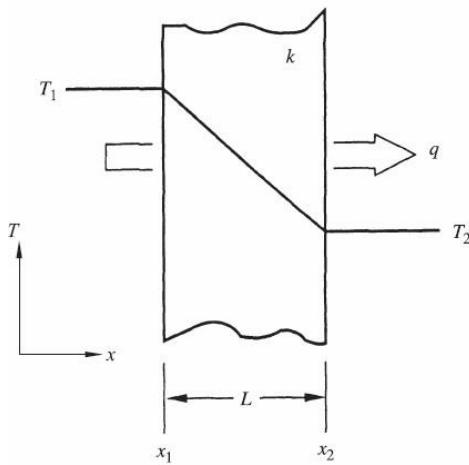
Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari suatu daerah kedaerah yang lain akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut. Perpindahan kalor tidak akan terjadi pada system yang memiliki temperatur sama. Perbedaan temperature menjadi daya penggerak untuk terjadinya perpindahan kalor. Sama dengan perbedaan tegangan sebagai penggerak arus listrik. Proses perpindahan kalor terjadi dari suatu system yang memiliki temperature yang lebih tinggi menuju ke temperature yang lebih rendah.(Ibrahim 2017).

Keseimbangan pada masing-masing system terjadi ketika system temperature yang sama. Perpindahan kalor dapat terbagi 3 cara yaitu :

1. Perpindahan kalor konduksi

Konduksi adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam satu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium - medium yang berlainan yang

bersinggungan secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar menurut teori kinetik.



Gambar 2. 1 Perpindahan Panas Konduksi

Persamaan perpindahan kalor suatu media dengan cara konduksi satu dimensi, steady state dinyatakan dengan hukum fourier yaitu;

$$qk = -kA \frac{dT}{dx}$$

Dimana :

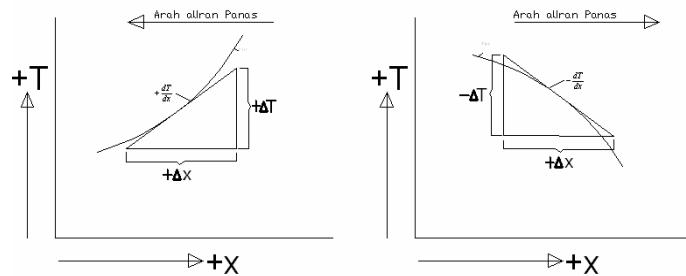
K = konduktifitas termal bahan

A = luas penampang perpindahan kalor

dT/dx =gradien suhu pada penampang

Untuk konsistensi dimensi dalam pers. 1-1, laju aliran panas q dinyatakan dalam Btu/h^*), luas A dalam ft dan gradien suhu dT/dx dalam

F/ft. Konduktivitas termal k adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satuan luas jika gradien suhunya satu.



Gambar 2. 2 Arah Aliran Panas Dalam Skala Temperatur

Jadi bahan yang mempunyai komduktivitas termal yang tinggi dinamakan konduktor sedangkan bahan yang konduktivitasnya rendah di sebut isolator.

Tabel 2. 2 Orde Besaran Konduktivitas Termal

Bahan	Btu/h ft F	W/mK
Gas pada tekanan atmosferik	0,004 - 0,10	0,00069- 0,17
Bahan isolasi	0,02 - 0,12	0,034 - 0,21
Cairan bukan Logam	0,05 - 0,40	0,086 - 0,69
Zat padat bukan Logam (batu,bata,semen)	0,02 - 1,5	0,034 - 2,6
Logam Cair	5,0 - 45	8,6 – 76
Paduan	8,0 - 70	14 – 120
Logam Murni	30 - 240	52 – 410

2. Perpindahan kalor konveksi

Perpindahan kalor konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian yang panas ke bagian yang dingin. Contoh yang sering di jumpai yaitu pendingin dari secangkir kopi panas, makanan panas, kehilangan panas dari radiator mobil,dll. Perpindahan panas

konveksi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis menurut cara gerakan alirannya, yaitu konveksi bebas dan konveksi paksa. Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (free/natural convection).

Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan :

$$q_c = hc A \Delta T$$

Dimana :

q_c = laju perpindahan panas dengan cara konveksi

A = luas penampang panas

ΔT = beda antara permukaan suhu T_s dan suhu fluida T_∞ di lokasi yang ditentukan (biasanya jauh dari permukaan), F ;

h = konduktansi termal satuan rata – rata (sering disebut koefisien permukaan perpindahan panas atau koefisien perpindahan panas konveksi)

3. Perpindahan panas radiasi

Radiasi, jumlah energi yang meninggalkan suatu permukaan sebagai panas radiasi tergantung pada suhu mutlak dan sifat permukaan tersebut. Radiator sempurna atau benda hitam (black body) memancarkan energi radiasi dari permukaannya dengan laju q_r yang diberikan oleh:

$$qr = \sigma A1 T14 \text{ Btu/hr}$$

Btu/h, jika A luas permukaan dalam ft persegi, T1 suhu permukaan dalam derajat rankine (R) dan konstanta dimensional dengan nilai $0,1714 \times 10^{-8}$ Btu/h ft² R⁴ dalam satuan SI laju aliran panas qr mempunyai satuan watt, jika luas permukaan A dalam m², suhu mutlak dalam derajat Kelvin, dan (σ) $5,67 \times 10^{-8}$ watt / m² k⁴. Besaran σ dinamakan konstanta Stefan – Boltzmann..

2.2.2. Prinsip Dasar Alat Penukar Kalor

Beberapa peralatan industri seperti water heater, boiler, kondensor, evaporator, cooling tower, radiator, oil cooler, dan lain-lain. Peralatan peralatan tersebut merupakan system termal alat penukar kalor yang di dalamnya berlangsung proses, atau proses perndinginan, atau proses penguapan, ataupun proses pengembunan untuk keperluan industry tertentu. Peralatan alat penukar kalor memengang peranan yang sangat strategis pada beragam peralatan industri, seperti pada beragam instalasi industry, seperti pada instalasi energi industry energi, industry kimia, industry minyak dan gas, industry makanan,, minuman, serta instalasi industry manufaktur. Bagian terbesar dari energi yang di perlukan bagi berlangsungnya beragam proses industri akan di proses atau dikonversikan di dalam peralatan alat penukar kalor. Tanpa keberadaan peralatan tersebut, beragam proses yang di perlukan bagi proses industry energi, industry proses, ataupun jenis industry lainnya tidak dapat di realisasi.

Bagian terbesar dari energi yang diperlukan oleh instalasi industry setelah digunakan untuk keperluan berbagai proses di dalam peralatan penukar kalor, sisa energi panas tersebut akhirnya kemudian dibuang ke lingkungan. Apabila efisiensi energi pada beragam peralatan penukar kalor, serta pada mesin mesin termal lainnya, dapat dijaga pada Tingkat yang optimal maka Upaya tersebut akan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penghematan energi nasional. Kondisi optimal dapat terjadi apabila peralatan penukar kalor dapat bekerja dengan Tingkat kinerja yang sebaik-baiknya. Agar peralatan penukar kalor dapat bekerja dengan Tingkat kinerja yang tinggi maka peralatan tersebut harus dirancang dengan optimal

2.2.3. Penukar Kalor (Head Exchanger)

Penukar kalor/panas (heat exchanger) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperatur. Temperatur panas fluida yang tinggi akan berpindah ke fluida yang bertemperatur rendah. Perpindahan panas tersebut dapat terjadi dengan cara kontak langsung maupun tidak langsung.

Pada lube oil cooler turbin PLTG TELLO, proses perpindahan panas terjadi secara tidak langsung yaitu menggunakan media perantara pipa-pipa tube. Fluida bertemperatur panas (minyak pelumas) akan didinginkan dengan cara dialirkan melalui sisi shell (menyelimuti sisi luar pipa-pipa tube) sedangkan fluida pendingin (air demin) dialirkan melalui sisi dalam pipa-pipa tube. Untuk meningkatkan

efektivitas pertukaran energi, umumnya digunakan material pipa tube berbahan tembaga atau aluminium yang memiliki konduktivitas termal tinggi.

Bentuk heat exchanger yang sering digunakan adalah shell and tube dengan berbagai pertimbangan bentuk ini dinilai memiliki banyak keuntungan baik dari segi fabrikasi, biaya, hingga unjuk kerja. Alat penukar panas yang banyak digunakan pada berbagai instalasi industry, antara lain ; reboiler, condenser,cooler,heater, dan vaporizer.

- 1) Reboiler yang berfungsi menguapkan kembali hasil bawah (bottom) serta menguapkan sebagian cairan yang akan di proses
- 2) Condensor berfungsi untuk mengubah fluida dari fasa uap menjadi fasa cair dengan medium pendingin berupa air atau refrigerant.
- 3) Cooler berfungsi sebagai pendingin fluida, medium utama yang digunakan adalah air
- 4) Heater berfungsi dalam proses pemanasan fluida, biasanya menggunakan pemanas berupa uap
- 5) Vaporizer berfungsi untuk mengubah fluida dari fasa cair menjadi fasa uap dengan medium pemanas berupa uap.

2.2.4. Tipe – tipe Alat Penukar Kalor

Alat penukar kalor dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu didasarkan pada kegunaan dan fungsi masing-masing. Pemilihan tipe yang sesuai dengan prinsip perpindahan kalor akan menjadikan penukar kalor tersebut efektif dalam operasinya. Alat penukar kalor secara umum dibagi menjadi tiga:

1. Recuperative Heat exchanger

Merupakan jenis heat exchanger dengan dinding pemisah yang tidak bergerak. Recuperative dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1) Coaxial tube heat exchanger

Tipe ini merupakan penukar kalor sederhana yang terdiri atas dua lingkaran pipa dengan diameter berbeda.

2) Cross flow heat exchanger

Penukar kalor bertipe aliran melintang (cross flow) yaitu bila kedua fluida yang mengalir sepanjang permukaan perpindahan kalor bergerak dalam arah saling tegak lurus, terdapat dua jenis cross flow, yaitu :

- a. Aliran tak bercampur (unmixed flow)
- b. Aliran bercampur (mixed flow)

3) Multi pass shell and tube

Guna menaikkan permukaan perpindahan kalor efektif, kebanyakan penukar kalor komersil menggunakan lebih dari satu lintas melalui pipa- pipa dan fluida yang mengalir diluar pipa-pipa di dalam cangkang diarahkan bolak-balik dengan sarana sekat-sekat (baffles)

2. Regenerative Heat Exchanger

Permukaan perpindahan kalor efektif, kebanyakan penukar kalor komersil menggunakan lebih dari satu lintas melalui pipa- pipa dan fluida

yang mengalir diluar pipa-pipa di dalam cangkang diarahkan bolak-balik dengan sarana sekat-sekat (baffles)

3. Direct contact Heat Exchanger

Yaitu proses pertukaran kalor antara dua fluida dengan kontak langsung sehingga dominasi perpindahan masa terjadi pada pertukaran kalornya. Proses seperti ini misalnya terjadi pada cooling tower. Prinsip kerja cooling tower adalah mendinginkan air dengan memasukan air bertemperatur tinggi dari bagian atas kemudian air tersebut disemprotkan di dalam menara, air jatuh melewati plat-plat penghalang hingga sampai ke bawah (tempat penampungan). Dari penampungan diperoleh air dengan temperatur yang lebih rendah dari air masukan. Dengan cara itu terjadi proses perpindahan kalor secara langsung yang disebabkan oleh gesekan antara udara dengan butiran-butiran air. Udara panas dan uap air akibat proses itu ditarik keluar oleh kipas/fan

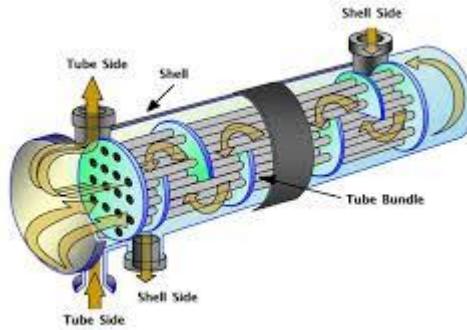
2.2.5. Alat Penukar Kalor SHELL & TUBE

Alat Penukar Kalor (APK) jenis shell & tube merupakan APK yang paling banyak dipergunakan pada banyak instalasi industri, dibandingkan dengan alat penukar kalor jenis lainnya, berkat kesederhanaan konstruksinya, serta keandalannya untuk dapat beroperasi dengan beberapa jenis fluida kerja. Pada banyak instalasi industri, seperti pada instalasi pembangkit daya, instalasi mesin pengondisian udara, instalasi pemrosesan gas, peralatan tersebut merupakan komponen yang sangat vital, karena tanpa adanya alat tersebut beragam proses

industri tidak akan dapat berlangsung. Alat tersebut dapat berfungsi sebagai pemanas, pendingin, pengembun, penguap beragam fluida.

Konsumsi energi di sektor industri telah demikian tinggi dan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Dalam menghadapi situasi seperti itu yang perlu dilakukan adalah selain memberikan perhatian yang lebih besar terhadap pemanfaatan energi baru dan yang terbarukan, memobilisasi upaya-upaya penghematan energi di semua sektor kehidupan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pengembangan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi atau kinerja peralatan penukar kalor yang telah ada, atau juga pengembangan teknologi yang dapat memelihara kinerja sistem yang telah ada. Namun dengan tingkat konsumsi energi yang lebih ekonomis. Pengembangan teknologi peralatan penukar kalor dari mulai tahap perancangannya sampai dengan saat pengoperasiannya, dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas desain dan/atau meningkatkan kinerjanya agar peralatan tersebut dapat bekerja lebih efisien.

Salah satu keunggulan APK ini adalah memiliki rasio antara luas permukaan perpindahan panas total dengan bobot mesin yang tinggi. Selain fleksibel dalam penggunaan beragam jenis fluida kerja, APK ini juga mudah dalam perawatannya, proses cleaning and maintenance. Saat ini berbagai fasilitas yang diperlukan untuk perhitungan perancangan APK ini telah banyak tersedia di lingkungan industri, sehingga memudahkan dalam hal perancangan dan pembuatannya. Namun tanpa penguasaan dasar-dasar perpindahan panas yang terkait dengan alat penukar kalor tersebut maka penggunaan fasilitas tersebut menjadi sia-sia.



Gambar 2. 3 Alat Penukar Kalor SHELL & TUBE

Komponen utama APK ini adalah seberkas tube (pipa) yang tersusun sedemikian rupa dalam bentuk bundle, dan terselubung oleh bagian shell. Dalam shell dipasangi beberapa baffle untuk memungkinkan aliran fluida di dalam shell seefektif mungkin berkontak dengan permukaan keseluruhan tube sehingga laju pertukaran energi panasnya dapat menjadi optimal. Bagian depan dan bagian belakang APK ditutupi oleh komponen yang disebut sebagai Front-end head dan Rear-end Head.

Aliran di dalam tube bundle dapat membentuk satu lintasan (1 pass) atau 2 passes, 4 passes, dan seterusnya sesuai dengan kebutuhan dan fungsi yang akan diembannya. Tube yang biasa dipergunakan dapat berukuran $1/4''$, $1/2''$, $1''$, $2''$, dan seterusnya, dengan ketebalan tertentu sesuai dengan standarnya.

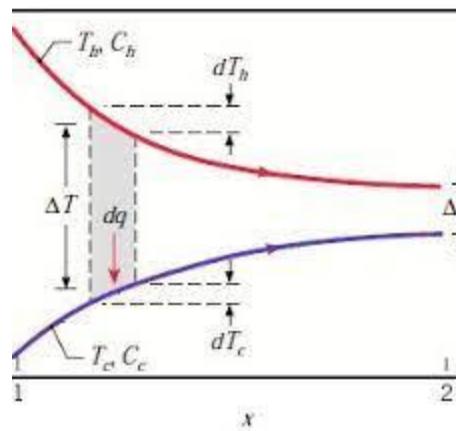
Tube-tube tersebut biasanya disusun sedemikian rupa membentuk sudut 30° , 45° , 60° atau 90° . Masing-masing bentuk memiliki kelebihan dan kekurangannya sendiri-sendiri.

2.2.6. Klasifikasi Penukar Kalor Berdasarkan Susunan Aliran Fluida

Susunan aliran fluida bertujuan untuk menentukan berapa kali suatu fluida mengalir di sepanjang penukara kalor sejak saat masuk hingga meninggalkannya dan bagaimana aliran relative antara kedua fluida (apakah sejajar/parallel, berlawanan arah/counter atau bersilangan/cross).

1. Pertukaran panas dengan aliran searah (co-current/parallel/flow)

Apabila arah kedua fluida didalam system penukar kalor mengalami arah alir yang searah/sejajar. Kedua fluida masuk pada sisi yang satu dan keluar dari sisi yang lain dan mengalir dengan arah yang sama, karakter penukar panas jenis ini temperature fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi disbanding dengan penerima energi sajak mulai memasuki penukar kalor hingga keluar.



Gambar 2. 4 Pertukaran Panas Dengan Aliran Searah

Dari gambar 2.3, laju perpindahan panas dapat dinyatakan sebagai berikut;

$$q = \dot{m} \cdot c \cdot (T_1 - T_2) = \dot{m} \cdot c \cdot (T_4 - T_3)$$

Keterangan :

q : laju perpindahan panas (watt)

\dot{m} : laju alir massa fluida (kg/s)

c : kapasitas kalor spesifik (J/kg.oC)

T : suhu fluida (oC)

Dengan asumsi nilai kapasitas kalor spesifik (cp) fluida dingin dan fluida panas adalah konstan, tidak ada kehilangan panas ke lingkungan serta dalam keadaan steady state, maka kalor yang dipindahkan :

$$q = U \cdot A \cdot TLMTD$$

Keterangan ;

U : koefisien perpindahan panas secara keseluruhan (W/m².oC)

A : luas perpindahan panas (m²)

Untuk menentukan nilai TLMTD (Log Mean Temperature Difference) dinyatakan dengan persamaan berikut;

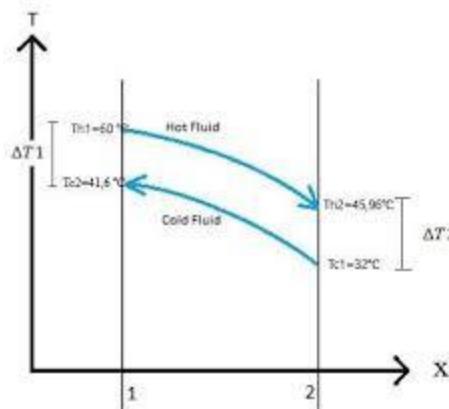
$$T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{lk \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

dimana : $\Delta T_2 = (T_2 - T_4)$, dan $\Delta T_1 = (T_1 - T_3)$

2. Pertukaran Panas Arah Aliran Berlawanan (Counter Current/Flow)

Kedua fluida mengalir dengan arah yang saling berlawanan dan keluar pada sisi yang berlawanan pula. Tipe alat penukar kalor ini masih mungkin terjadi bahwa temperatur fluida yang menerima panas (fluida pendingin) saat keluar penukar

kalor (T4) lebih tinggi dibanding temperatur fluida yang memberikan panas (fluida panas) saat meninggalkan alat penukar kalor tersebut.



Gambar 2. 5 Pertukaran Panas Arah Aliran Berlawanan

Dari gambar 2.4, laju perpindahan panasnya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$q = \dot{m}_h \cdot c_h \cdot (T_1 - T_2) = \dot{m}_c \cdot c_c \cdot (T_4 - T_3)$$

Keterangan :

q = laju perpindahan panas (watt)

\dot{m}_h = laju alir massa fluida panas (kg/s)

c_h = laju kalor spesifik fluida panas (J/kg. °C)

$T_1 - T_2$ = temperatur fluida panas (°C)

\dot{m}_c = laju alir massa fluida pendingin (kg/s)

c_c = kapasita kalor spesifik fluida pendingin (J/kg °C)

$T_4 - T_3$ = temperatur fluida panas (°C)

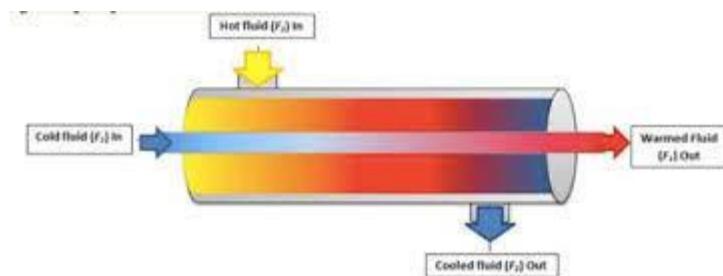
untuk menentukan nilai TLMTD (Log Mean Temperature Difference) dinyatakan dengan persamaan berikut

$$T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{lk \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

Dimana; $\Delta T_1 = (T_1 - T_4)$ dan $\Delta T_2 = (T_2 - T_3)$

3. Pertukaran Panas Aliran Silang (Cross Flow)

Arah aliran kedua fluida saling bersilangan. Contoh yang sering kita lihat adalah radiator mobil, arah aliran air pendingin mesin yang melepaskan panasnya ke udara sekitar yang saling bersilangan. Ditinjau dari efektivitas pertukaran energi, penukar kalor jenis ini berada di antara kedua jenis di atas. Dalam kasus radiator mobil, udara melewati radiator dengan temperatur rata-rata udara sekitar, kemudian memperoleh panas dengan laju yang berbeda di setiap posisi yang berbeda untuk kemudian bercampur lagi setelah meninggalkan radiator sehingga akan mempunyai temperatur yang hampir seragam.



Gambar 2. 6 Pertukaran Panas Aliran Silang

Untuk menentukan nilai T_{LMTD} (*Log Mean Temperature Difference*) dinyatakan dengan persamaan berikut

$$T_{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{lk \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}}$$

Dimana; $\Delta T_1 = (T_1 - T_4)$ dan $\Delta T_2 = (T_2 - T_3)$

2.2.7. Fouling Factor (Factor Pengotoran)

Faktor pengotoran pada alat penukar kalor sangat mempengaruhi perpindahan panas pada heat exchanger. Pengotoran ini dapat berupa endapan dari fluida yang mengalir maupun korosi pada komponen heat exchanger akibat pengaruh jenis fluida yang dialirkan. Selama heat exchanger ini dioperasikan pengaruh pengotoran pasti akan terjadi. Yang dapat menganggu, mempengaruhi temperatur fluida mengalir, mempertinggi tahanan thermal sehingga menyebabkan laju pertukaran energi panas dalam penukar kalor menjadi semakin lambat, dan akhirnya efektifitas proses perpindahan panasnya menjadi lebih rendah dan juga dapat menurunkan koefisien perpindahan panas menyeluruh dari fluida tersebut.

Sifat adhesif deposit yang terbentuk di permukaan dan besar kecilnya gradien temperatur yang ada di antara aliran fluida dengan permukaan memberikan pengaruh terhadap kecepatan pembentukan deposit di permukaan. Pada saat lapisan pengotoran mulai terbentuk di permukaan, pertumbuhan lapisan tersebut dapat meningkat apabila permukaan deposit yang terbentuk memiliki sifat adhesif yang cukup kuat. Selain itu, apabila terdapat gradien temperatur yang cukup besar di antara aliran fluida dengan permukaan maka kecepatan pertumbuhan deposit juga menjadi lebih besar.

Pada sisi yang lain, lapisan pengotoran yang terbentuk di permukaan dapat memengaruhi penurunan laju aliran fluida. Apabila tebal lapisan pengotoran telah

signifikan maka laju aliran massa fluida yang mengalir di dalam APK dapat terhambat sehingga menjadi lebih rendah. Dalam keadaan tersebut, untuk mempertahankan keadaan besarnya laju aliran seperti yang diinginkan maka diperlukan daya pemompaan yang lebih besar, yang mana dampaknya adalah biaya pengoperasian menjadi meningkat. Pertumbuhan lapisan pengotoran di permukaan APK juga berpengaruh terhadap kerugian tekanan. Terbentuknya lapisan pengotoran pada permukaan di dalam alat penukar kalor menyebabkan kekasaran permukaan menjadi meningkat, dampaknya kerugian tekanan aliran fluida kerja menjadi lebih besar juga.

Beberapa faktor yang dipengaruhi akibat pengotoran antara lain sebagai berikut :

1. Temperatur fluida dingin
2. Temperature alat heat exchanger
3. Kecepatan aliran fluida panas dan fluida dingin
4. Kotoran yang terbawa mengalir oleh fluida ketika unit sedang beroperasi dan mengendap didalam heat exchanger

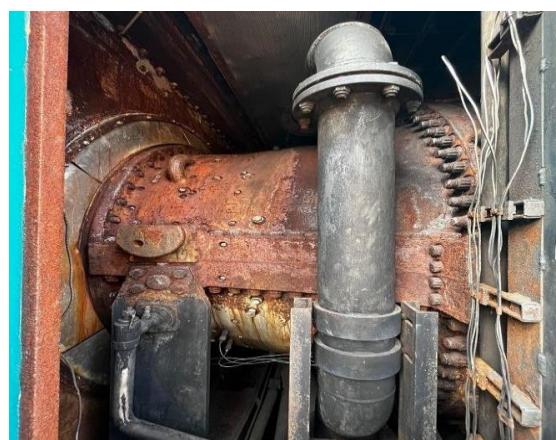
2.3. Komponen Utama Turbin Gas

1. Turbin gas

Turbin gas adalah suatu penggerak mula yang memanfaatkan gas sebagai fluida kerja. Di dalam turbin gas energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik berupa putaran yang menggerakkan roda turbin sehingga menghasilkan

daya. Bagian turbin yang berputar disebut rotor atau roda turbin dan bagian turbin yang diam disebut stator atau rumah turbin. Rotor memutar poros daya yang menggerakkan beban (generator listrik, pompa, kompresor atau yang lainnya). Turbin gas merupakan salah satu komponen dari suatu sistem turbin gas. Sistem turbin gas yang paling sederhana terdiri dari tiga komponen yaitu kompresor, ruang bakar dan turbin gas.

Menurut Retaliatta (2016), sistem turbin gas ternyata sudah dikenal pada jaman “Hero of Alexanderia”. Desain pertama turbin gas dibuat oleh John Barber seorang Inggris pada tahun 1791. Sistem tersebut bekerja dengan gas hasil 10 pembakaran batu bara, kayu atau minyak, kompresornya digerakkan oleh turbin dengan perantaraan rantai roda gigi. Pada tahun 1872, Dr. F. Stolze merancang sistem turbin gas yang menggunakan kompresor aksial bertingkat ganda yang digerakkan langsung oleh turbin reaksi tingkat ganda



Gambar 2. 7 ruang turbin

Tabel 2. 3 Data Teknis Turbin

Data Teknis	GE I	GE II
Pabrik Pembuatan	General Elektrik	General Elektrik

Type	MS 6001	MS 6001
Serial Number	296850	296850
Rated Power	33,,440 KW	33,,440 KW
Trubin Stage	3	3
Compressor Stage	17	17
Putaran	5100 rpm	5100 rpm
Bahan Bakar	HSD	HSD
Tahun Operasi	Agustus 1997	Agustus 1997
Kontrol	Speed Tronic mark V	Speed Tronic mark V

2. Generator

Generator pada prinsipnya merubah energi kinetik menjadi energi listrik.

Generator yang di gunakan oleh PLTG Unit pembangkit tello adalah generator sinkron. Kecepatan putaran turbin berbeda dengan kecepatan putaran rotor pada generator sehingga antara keduanya dikopel melalui *load gear* yang akan menurunkan, kecepatan turbin 5100 rpm menjadi 3000 rpm pada rotor generator karena *frekuensi* yang dibutuhkan 50 HZ kerja.

Generator memiliki rotor dan stator. Dengan adanya perpotongan medan gaya magnet pada saat rotor generato diputar. Maka akan timbul tenaga listrik dari generator. Agar tegangan generator tetap konstan walupun beban berubah-ubah maka generator dilengkapi dengan exiter dan AVR (autmatic voltage regulator).

Generator pada PLTG general electric yang terdiri atas dua unit, menggunakan generator sinkron tiga fasa ada pun karakteristik dari generator PLTG GE adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Data Teknis Generator

Data Teknis	Ge I (MS 6601 B)	Ge II (MS 6601 B)
Tipe	6A3	6A3
Putaran	3000 rpm	3000 rpm
No. Seri	Gek – 103741	Gek – 103741
Daya	45.400 KW	45.400 KW
Phasa/Frekuensi	3 phasa/50 Hz	3 phasa/50 Hz
Tegangan	11,5 KV	11,5 KV
Faktor Daya	0,8	0,8
Arus	2279 A	2279 A

3. Exhaust (gas buang)

Exhaust section adalah bagian akhir dari turbin gas yang berfungsi sebagai saluran pembuangan gas panas sisa yang keluar dari turbin gas. Exhaust section terdiri dari exhaust frame assembly dan exhaust diffuser assembly.



Gambar 2. 8 Exhaust (Gas Buang)

4. Air inlet

Air inlet adalah tempat untuk masuknya udara yang diserap dari atmosfer untuk dimasukan pada kompresor. Air inlet juga dilengkapi dengan filter yang

berfungsi untuk menyaring kotoran dari udara luar yang masuk pada air inlet. Sehingga udara yang masuk terbebas dari kotoran dan benda asing yang dapat merusak sudu pada kompresor.



Gambar 2. 9 Air Inlet

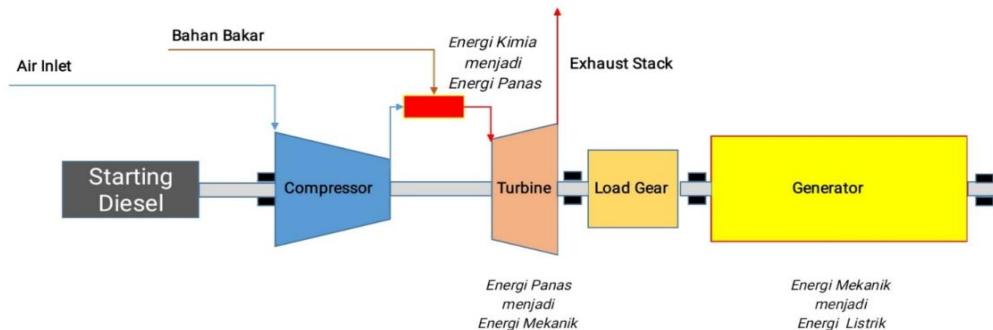
5. Combustion chamber

Combustion chamber terjadi proses pembakaran antara bahan bakar dengan fluida kerja yang berupa udara bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi. Hasil pembakaran ini berupa energi panas yang diubah menjadi energi kinetik dengan mengarahkan udara panas tersebut ke transition pieces yang juga berfungsi sebagai nozzle. Fungsi dari keseluruhan sistem adalah untuk mensuplai energi panas ke siklus turbin.

2.4. Siklus Kerja Pltg Tello

Pusat Listrik Tenaga Gas atau PLTG Merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan peralatan atau mesin turbin gas sebagai penggerak

generatornya. Turbin gas dirancang dan dibuat dengan prinsip kerja PLTG yang sederhana dimana energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik atau energi lainnya sesuai dengan kebutuhan. Menurut (Rohmattullah, 2015) Turbin gas suatu PLTG berfungsi untuk mengubah energi yang terkandung di dalam bahan bakar menjadi mekanis. Fluida kerja untuk memutar Turbin Gas adalah gas panas yang diperoleh dari proses pembakaran. Siklus ideal dari sistem turbin gas sederhana adalah siklus Brayton.



Gambar 2. 10 Siklus Kerja PLTG

Berikut ini tahapan siklus PLTG Pembangkitan TELLO

1. Proses starting

Pada proses start awal untuk memutar turbin menggunakan mesin diesel sampai putaran poros turbin/compressor mencapai putaran 3.400 rpm maka secara otomatis diesel dilepas dan akan berhenti. Turbin membutuhkan penggerak mula untuk start sebelum mampu menghasilkan tenaga untuk menggerakkan compressor. Pada PLTG Unit Pembangkit Untuk sistem startnya digunakan

sebuah starting diesel engine. Ada beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh starting diesel engine yaitu :

- a) Dapat memberikan torsi yang tinggi untuk menggerakan turbin
- b) Dapat memutar turbin dengan kondisi awal sampai terjadi pembakaran yang sempurna.
- c) Dapat membuat turbin berputar dengan sendirinya sampai starting diesel engine terlepas dari turbin secara otomatis.

2. Proses kompresi

Udara dari luar kemudian dihisap melalui air inlet oleh kompresor dan masuk keruang bakar dengan cara dikabutkan bersama bahan bakar lewat nozzle secara terus menerus dengan kecepatan. Udara luar yang dihisap masuk ke compressor kemudian dimanfaatkan hingga padasasi keluarannya menghasilkan tekanan yang cukup tinggi, bahan bakar dikabutkan secara terus menerus dan hasil dari pembakaran tersebut dengan suatu kecepatan yang tinggi mengalir dengan perantaraan transition piece menuju nozzle dan sudu-sudu turbin dan pada akhirnya keluar melalui exhaus dan dibuang ke udara bebas.

3. Transformasi energi thermis ke mekanik

Kemudian udara dan bahan bakar dikabutkan ke dalam ruang bakar diberipengapian (ingition) oleh busi (spark pulg) pada saat permulaan pembakaran. Pembakaran seterusnya terjadi terus menerus dan hasil pembakarannya berupagas bertemperatur dan tekanan tinggi dialirkan ke dalam

cakram melalui sudu-sudu yang kemudian diubah menjadi tenaga mekanis pada perputaran porosnya

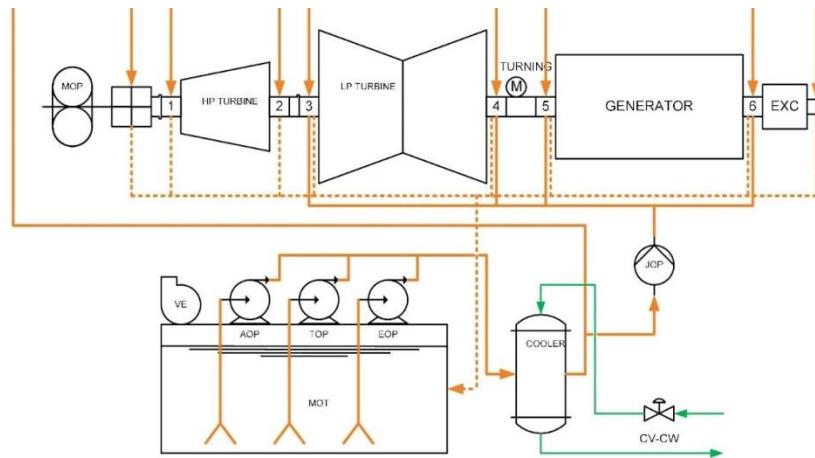
4. Transformasi energi mekanik ke energi listrik

Poros turbin berputar hingga 5.100 rpm, yang sekaligus memutar poros generator sehingga menghasilkan tenaga listrik. Putaran turbin 5.100 rpm diturunkan oleh load gear menjadi 3.000 rpm, dan kecepatan putaran turbin ini digunakan untuk memutar generator.

2.5. Siklus Pelumasan (Turbine Lube Oil)

Apabila terdapat dua benda yang permukaannya saling bersinggungan antara satu dengan lainnya maka akan menimbulkan gesekan. Gesekan adalah gaya yang cenderung menghambat atau melawan gerakan utama komponen mesin yang dapat menimbulkan panas, keausan material, hingga kerusakan material (trip). Gesekan pada turbin yang umum terjadi seperti gesekan antara poros dengan bantalan, dll.

Besarnya gesekan dan keausan material dapat dikurangi dengan mengurangi besarnya gaya akibat gesekan yaitu dengan cara menghindarkan terjadinya kontak langsung antara dua permukaan benda yang bersinggungan yaitu dengan memberikan minyak pelumas diantara kedua benda tersebut. Cara ini dinamakan “melumasi” atau memberi pelumasan.



Gambar 2. 11 Siklus Pelumasan PLTG

Lube oil system berfungsi untuk melakukan pelumasan secara kontinyu pada setiap komponen sistem turbin gas lube oil disirkulasikan pada bagian-bagian utama turbin gas seperti journal dan trust bearing, accessory gear, dan kontrol hidrolik. Pada turbin gas terdapat tiga buah pompa yang digunakan untuk mensuplai lube oil guna keperluan lubrikasi yaitu :

- 1) Main Lube Oil Pump, Merupakan pompa utama yang digerakkan oleh HP shaft pada gear box yang mengatur tekanan discharge lube oil.
- 2) Auxilary Lube Oil Pump merupakan pompa lube oil yang digerakkan oleh tenaga listrik, beroperasi apabila tekanan dari main pump turun.
- 3) Emergency Lube Oil merupakan pompa yang beroperasi jika kedua pompa diatas tidak mampu menyediakan lube oil.

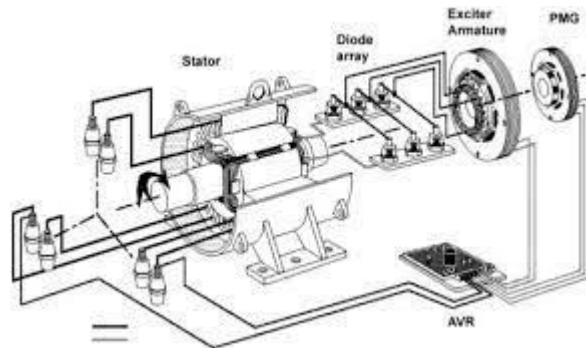
2.6. Generator

2.6.1. Definisi generator

generator Listrik adalah sebuah alat yang memproduksi energi Listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkitan energi Listrik. Walaupun generator dan motor mempunyai banyak kesamaan, tapi motor adalah alat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sumber energi mekanik bisa berupa resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, udara yang dimanfaatkan, atau apapun sumber energi mekanik lainnya

2.6.2. Generator arus bolak balik (Sinkron)

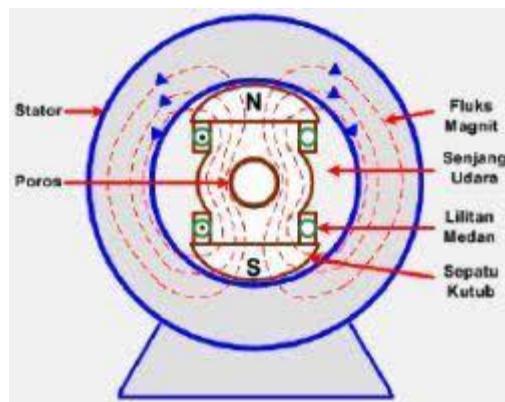
Generator sinkron adalah generator arus bolak balik dan sering disebut dengan alternator yang berfungsi mengubah tenaga mekanik menjadi daya Listrik, prinsip kerja mesin ini adalah berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik seperti halnya pada transformator, tetapi pada alternator ini terdapat komponen yang bergerak memberikan hubungan penting dalam dalam usaha pemanfaatan energi yang terkandung dalam batu bara, air, minyak, gas uranium ke dalam bentuk yang bermanfaat dan mudah digunakan yaitu Listrik dalam rumah tangga maupun industry. Berdasarkan hukum faraday, apabila lilitan penghantar atau konduktro diputar memotong garis-garis gaya magnet yang diam atau lilitan yang diam dipotong oleh garis-garis gaya magnet yang berputar maka pada penghantar tersebut timbul GGL (gaya gerak listrik)



Gambar 2. 12 Generator

2.6.3. Konstruksi generator sinkron

Konstruksi generator sinkron terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian diam yang mengeluarkan tegangan bolak balik dan rotor adalah bagian bergerak yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator. Konstruksi penampang rotor dan stator pada generator sinkron ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 2. 13 Generator Rotor Dan Stator

1. Rotor

Pada generator sinkron, arus DC diterapkan pada lilitan rotor untuk menghasilkan medan magnet rotor. Rotor generator diputar oleh prime mover

menghasilkan medan magnet berputar pada mesin. Medan magnet putar ini menginduksi tegangan tiga fasa pada kumparan stator generator. Konstruksi rotor terdiri dari dua jenis, yaitu:

- 1) Rotor kutub menonjol (salient pole) untuk generator kecepatan rendah dan menengah (120-400 rpm). Kutub-kutub pada rotor salient pole diberi lapisan laminasi untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh arus Eddy. Belitan medannya dihubung seri, ketika belitan medan ini di suplai oleh eksiter maka kutub yang berdekatan akan menjadi kutub yang berlawanan.
- 2) Rotor cylinder merupakan rotor yang digunakan pada generator dengan kecepatan putaran yang tinggi (1500 - 3000 rpm.). Rotor dengan konstruksi ini memiliki keseimbangan mekanis yang lebih baik daripada rotor salient pole.

2. Stator

Stator adalah bagian generator yang berfungsi sebagai tempat untuk menerima induksi magnet dari rotor. Arus AC yang menuju ke beban disalurkan melalui armatur atau stator, komponen ini berbentuk sebuah rangka silinder dengan lilitan kawat konduktor yang sangat banyak

Generator sinkron memainkan peran kunci dalam menyediakan daya listrik dalam jumlah besar di berbagai fasilitas pembangkit listrik dan industri. Keandalan, kestabilan frekuensi, dan kemampuan sinkronisasi membuatnya menjadi pilihan yang umum dalam sistem tenaga listrik yang besar dan kompleks. (SAFITRI, J. F., 2016).

2.7. Kualitas air pendingin

Kualitas air ialah aspek yang sangat krusial dalam kehidupan manusia dan ekosistem alam. Air yang bersih dan aman adalah fondasi utama bagi kesehatan masyarakat, keberlanjutan lingkungan, dan keberlangsungan ekonomi. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang parameter-parameter yang menentukan kualitas air serta pengelolaan yang efektif terhadap sumber daya air menjadi sangat penting, sementara itu Kualitas air mengacu pada karakteristik fisik, kimia, biologis, dan radiologis air. Ini adalah indikator seberapa baik air tersebut dapat memenuhi kebutuhan spesifik, seperti konsumsi manusia, irigasi, industri, dan kebutuhan ekosistem. Kualitas air ditentukan oleh berbagai parameter yang mencerminkan kondisi dan kontaminan yang ada dalam air. Berikut adalah beberapa aspek penting yang menentukan kualitas air:

Parameter kualitas air;

1. Parameter fisik;
 - a. Kekeruhan (Turbidity); mengukur kejernihan air, air keruh mengandung partikel tersuspensi seperti lumpur, pasir, atau bahan organic
 - b. Warna: warna air dapat mempengaruhi zat terlarut dan tersuspensi
 - c. Bau: bau tertentu bisa mengindikasikan adanya kontaminan kimia atau biologis
 - d. Suhu, suhu air dapat mempengaruhi kelarutan oksigen dan aktivitas biologis
2. Parameter kimia

- a. PH : mengukur keasaman atau kebasaan air. ph yang ekstrem dapat berbahaya bagi keidupan air dan merusak infrastruktur
- b. Total dissolved solids (TDS): mengukur total jumlah zat padat terlarut seperti mineral, gamaram, dan bahan organic.
- c. Konduktivitas: mengukur kemampuan air menghantarkan Listrik, terkait dengan jumlah ion terlarut
- d. Kandungan mineral: seperti kalsium, magnesium, (penyebab kekerasan air) besi, mangan, dan lainnya.

3. Parameter biologis

- a. Bakteri dan virus pathogen: kehadiran mikroorganisme pathogen seperti E.coli, salmonella, dan virus dapat menunjukkan kontaminasi biologis
- b. Alga dan fitoplankton: jumlah dan enis alga dapat mempengaruhi kualitas air, misalnya, alga biru-hijau yang dapat menghasilkan racun

4. Parameter radiologis

- a. Radionuklida: kehadiran isotop radioaktif dapat mempengaruhi kualitas air dan Kesehatan manusia

Signifikansi kualitas air

- a. Kesehatan manusia: air minum yang berkualitas buruk dapat menyebabkan penyakit seperti diare, kolera, dan keracunan berat
- b. Lingkungan: kualitas air yang buruk dapat merusak ekosistem air, mempengaruhi flora dan fauna air, serta merusak habitat alami
- c. Industry: air yang berkualitas buruk dapat merusak peralatan industry, mengurangi efisiensi proses industry, dan meningkatkan biaya pemeliharaan

- d. Pertanian: air irigasi yang berkualitas buruk dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan hasil panen, serta menyebabkan akumulasi zat berbahaya ditanah

Pengelolaan kualitas air

Pengelolaan kualitas air melibatkan berbagai kegiatan untuk memonitor, menganalisis, dan memperbaiki kualitas air, termasuk:

- a. Monitoring: pengambilan sampel dan analisis rutin parameter kualitas air.
- b. Pengelolaan air: proses seperti koagulasi, filtrasi, desinfektasi, dan pengelolaan lanjutan untuk menghilangkan kontaminan
- c. Pengaturan dan kepatuhan: penerapan standar kualitas air dan regulasi oleh badan pemerintah untuk memastikan air aman digunakan.
- d. Perlindungan sumber air: melindungi dan menjaga sumber air dari pencemaran melalui praktik pengelolaan limbah.

Parameter yang digunakan untuk mengontrol kualitas air pendingin yang ada di PLTG UNIT BISNIS PEMBANGKITAN TELLO antara lain;

- 1) pH: pH adalah ukuran keasaman atau kebasaan suatu larutan, skala pH berkisar dari 0 hingga 14, dengan 8 sebagai titik netral, apa bila pH air dibawah 8 maka larutan kualitas air bersifat asam , dan apa bila pH air di atas 8 maka larutan kualitas air bersifat basa (alkalin). PH dapat mempengaruhi berbagai reaksi kimia dan biologis dalam air, termasuk korosi, skala, dan Kesehatan organisme air. Menjaga pH dalam kisaran yang diinginkan penting untuk mencegah korosi dan kerusakan peralatan.

- 2) Conductivity; adalah ukuran kemampuan suatu larutan untuk mengahantarkan Listrik,. Hal ini berkaitan langsung dengan jumlah ion terlarut dalam air. Ion terlarut seperti garam, asam, dan basa meningkatkan konduktivitas, satuan dari conductivity ini yaitu mikrosiemens per sentimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Conductivity digunakan untuk menilai kemurnian air, dengan konduktivitas yang lebih rendah menunjukkan air yang lebih murni. Dalam sistem pendingin PLTG Tello, konduktivitas yang tinggi dapat mengindikasikan adanya kontaminasi yang dapat merusak peralatan Mengontrol konduktivitas dapat membantu menghindari kontaminasi yang dapat merusak sistem.
- 3) TDS (Total Dissolved Solids): alah ukuran total konsentrasi semua zat padat terlarut dalam air, termasuk mineral, garam, dan bahan organic, TDS tinggi dapat menunjukkan air yang keras dan dapat menyebabkan endapan dalam sistem pipa, satuan dari **TDS** (Total Dissolved Solids) adalah bagian per juta (ppm). TDS penting untuk mengukur kualitas air minum dan air proses industri. Air dengan TDS rendah umumnya dianggap lebih baik untuk aplikasi tertentu, seperti dalam pipa atau turbin. Menjaga TDS rendah penting untuk mencegah pembentukan endapan dan kerusakan peralatan.
- 4) Turbidity (kekeruhan): adalah ukuran kejelasan air dan menunjukkan jumlah partikel tersuspensi di dalamnya, Partikel seperti tanah, lumpur, mikroorganisme, dan bahan organik lainnya meningkatkan turbidity, satuan dari Turbidity ialah *Nephelometric Turbidity Units* (NTU). Pada system pendingin PLTG Tello *Turbidity* yang tinggi dapat mengindikasikan adanya kontaminan yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan, mempengaruhi reaksi

kimia, dan mengurangi efisiensi proses penjernihan air, Menjaga *turbidity* rendah penting untuk memastikan kejelasan air dan mencegah kerusakan pada sistem pipa dan peralatan

- 5) Total *Hardness*: adalah ukuran konsentrasi ion kalsium dan magnesium dalam air, *Hardness* tinggi menunjukkan adanya banyak kalsium dan magnesium, yang dapat menyebabkan pembentukan skala di pipa dan peralatan, satuan dari Total Hardness ialah Bagian per juta (ppm) atau miligram per liter (mg/L). pada system pendingin PLTG Tello Total *hardness* penting untuk pengolahan air karena air yang terlalu keras dapat menyebabkan endapan pada sistem pipa dan boiler, sementara air yang terlalu lunak dapat menyebabkan korosi mengatur kekerasan air ini penting untuk mencegah pembentukan skala dan memastikan efisiensi operasi.

2.8. Metode pemeliharaan

1 Preventive maintenance

Preventive maintenance adalah suatu kegiatan perawatan yang direncanakan baik itu secara rutin maupun periodik, karena apabila perawatan dilakukan tepat pada waktunya akan mengurangi down time dari perawatan, preventive maintenance dibagi menjadi;

- 1) Pemeliharaan mesin dalam kondisi beroperasi, adalah suatu kegiatan perawatan yang dilakukan hanya bertujuan untuk memperbaiki equipment yang rusak saja dalam satu unit, Dimana unit tetap beroperasi.

- 2) Pemeliharaan mesin dalam kondisi stop adalah perawatan terhadap peralatan yang terjadwal dimana mesin dalam kondisi stop.
- 2 Predictive maintenance
- Predictive maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang didasarkan atas data hasil monitoring, pengujian, dan pengukuran untuk memprediksi umur atau kerusakan suatu peralatan yang beroperasi
- 3 Corrective maintenance
- Corrective maintenance adalah perawatan yang dilakukan atas dasargangguan atau kelainan yang terjadi pada peralatan
- 4 Breakdown maintenance
- Breakdown maintenance Adalah kegiatan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan sehingga tidak dapat berfungsi atau beroperasi
- 5 Modification maintenance

Modification maintenance Adalah pekerjaan yang berhubungan dengan improvemanter terhadap suatu peralatan yang beroperasi tidak optimal, modifikasi tersebut bertujuan untuk menambah kehandalan atau meningkatkan efisiensi unit.

2.9. Standart operasional presedure (SOP)

Standart operasional procedure (SOP) ialah dokumen yang memberikan panduan tertulis yang mendetail tentang Langkah-langkah yang harus diikuti untuk menjalankan suatu proses atau kegiatan dengan cara yang konsisten dan efisien. SOP ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap individu yang terlibat dalam

proses tersebut dapat mengikuti serangkaian instruksi yang jelas dan terstruktur, sehingga menghasilkan hasil yang diinginkan dan memenuhi standar kualitas tertentu. Adapun komponen dari standar operasional prosedur (SOP) yaitu ;

- 1) Judul dan tujuan; judul merupakan nama atau deskripsi singkat dari SOP yang menunjukkan focus atau topik utama prosedur tersebut contohnya, SOP perawatan mesin trubin gas. Tujuan yaitu mengenai tujuan SOP tersebut, mencakup alasan mengapa prosedur ini dibuat dan hasil yang diharapkan setelah mengikuti prosedur.
- 2) Ruang lingkup ; mengenai Batasan atau cakupan dari SOP . dengan menjelaskan proses, aktivitas, atau departemen-departemen yang terlibat dan siapa yang bertanggung jawab untuk mengikuti SOP , berlaku untuk semua teknisi pemeliharaan atau departemen operasi yang mencakup semua perawatan rutin pada mesin turbin gas.
- 3) Definisi; yaitu daftar istilah atau akronim yang digunakan dalam SOP berserta penjelasan singkatnya. Bagian ini memastikan bahwa semua pengguna SOP memiliki pemahaman yang sama mengenai istilah yang digunakan.
- 4) Referensi; mengenai dokumen, standar, atau sumber informasi lainnya yang relevan yang mendukung dan melengkapi SOP ini, ini bisa mencakup manual teknis, panduan pabrik, peraturan keselamatan, atau standar industri.
- 5) Prosedur; yaitu bagian inti dari sop yang menjelaskan Langkah-langkah rinci yang harus diikuti. Setiap Langkah harus diuraikan dengan jelas, mencakup urutan Tindakan, instruksi spesifik, dan siapa yang bertanggung jawab pada setiap tahap. Contoh Langkah prosedur:

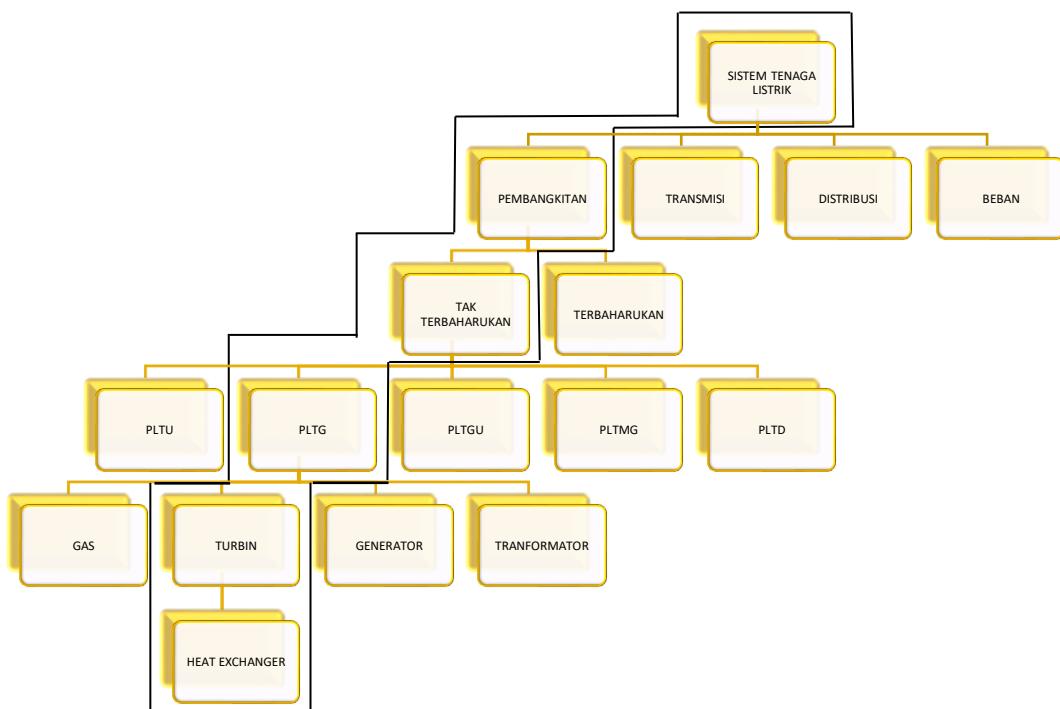
- a. Persiapan; memastikan semua alat dan bahan tersedia
 - b. Pemeriksaan awal; memeriksa kondisi visual pada mesin
 - c. Pelaksanaan; melakukan perawatan rutin sesuai dengan manual
 - d. Pemeriksaan akhir; verifikasi hasil perawatan dan catat temuan dalam log perawatan
- 6) Alat dan bahan; merupakan daftar semua alat, bahan, atau perangkat yang diperlukan untuk melaksanakan prosedur, bagian ini memastikan bahwa semua persiapan yang di perlukan sudah tersedia sebelum memulai proses
- 7) Pengamanan; yaitu Langkah keselamatan yang harus diambil untuk mencegah kecelakaan atau cedera selama pelaksanaan prosedur. Ini dapat mencakup penggunaan alat pelindung diri (APD), Tindakan pencegahan khusus, dan prosedur darurat.
- 8) Lampiran; yaitu dokumen tambahan seperti formulir, diagram, checklists, atau panduan yang di perlukan untuk mendukung pelaksanan SOP, lampiran ini menyediakan detail lebih lanjut atau alat bantu yang membantu memastikan bahwa prosedur dilaksanakan dengan benar.

Dengan memiliki komponen-komponen ini, SOP menjadi akat yang berguna dalam memastikan bahwa proses atau kegiatan dilakukan dengan cara yang konsisten dan terstandarisasi. Setiap komponen ini dapat berperan penting dalam memberikan panduan yang jelas tentang bagaimana prosedur harus dijalankan. Hal tersebut dapat membantu meningkatkan efisiensi, mengurangi resiko kesalahan, dan memastikan kepatuhan terhadap standar kualitas keselamatan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Pikir



Gambar 3. 1 Kerangka pikir

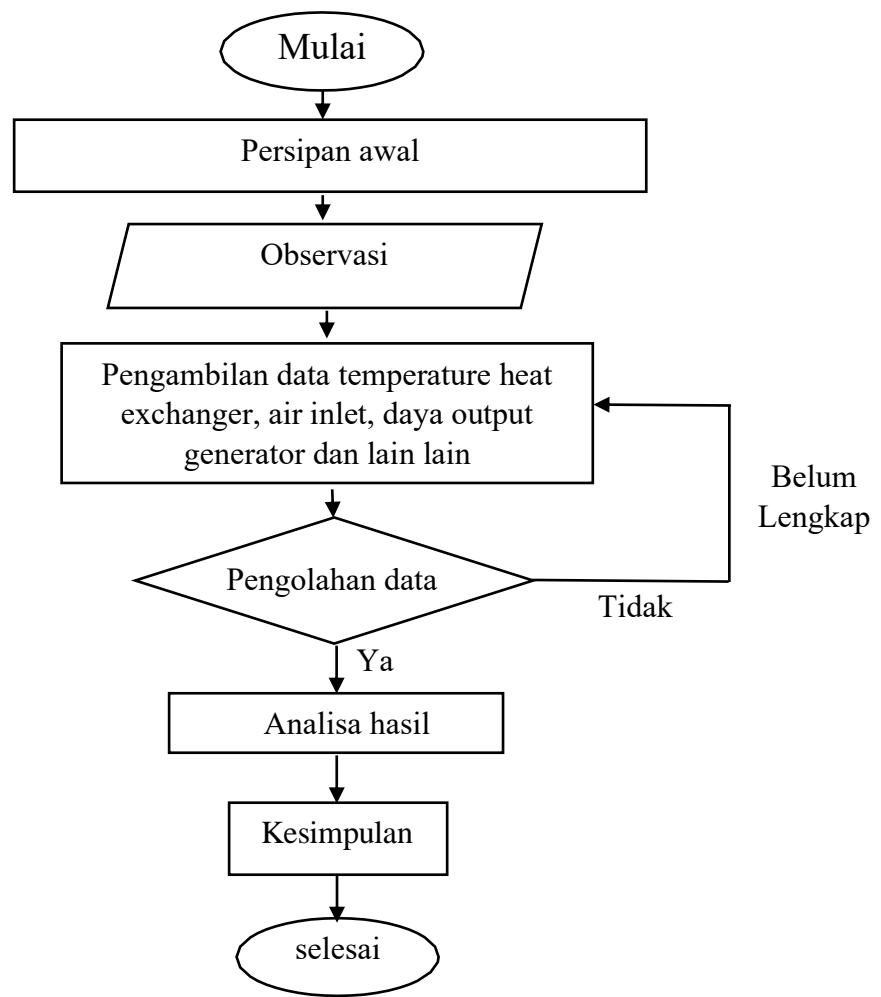
1. System tenaga Listrik, merupakan sekumpulan pusat Listrik dan pusat beban yang satu sama lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan satu kesatuan terinterkoneksi
2. Pembangkit listrik adalah fasilitas atau instalasi yang berfungsi untuk menghasilkan atau membangkitkan energi listrik. Pembangkit listrik ini dapat menggunakan berbagai jenis sumber daya dan teknologi untuk menghasilkan listrik. Baik secara konvensional dan non konvensional.

3. Pembangkit konvensional adalah Jenis pembangkit yang menggunakan sumber daya alam untuk menghasilkan energi Listrik, contohnya PLTU,PLTG,PLTGU,PLTD Dan lainnya.
4. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) adalah pembangkit Listrik yang prinsip kerjanya menggunakan system brython, yaitu memanfaatkan udara panas untuk memutar turbin di couple dengan generator untuk menghasilkan Listrik
5. Turbin, turbin merupakan perangkat terjadinya konversi energi kinetik menjadi energi mekanik yang digunakan sebagai penggerak kompresor aksial dan perlengkapan lainnya, Turbin gas sering digunakan dalam pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) dan pembangkit listrik tenaga gas dan uap (PLTGU)
6. Heat exchanger, adalah system pendinginan oli pelumas yang berfungsi untuk mendinginkan system pelumasan turbin, bearing, dan generator agar tetap stabil pada temperaturnya

Berdasarkan alur yang sudah dilihat di atas, maka tergambar beberapa konsep yang akan dijadikan sebagai acuan peneliti dalam mengaplikasikan penelitian, kerangka pemikiran teoritis di atas akan diterapkan dalam kerangka konseptual sesuai dengan penelitian yang akan diteliti yaitu: ANALISA PENURUNAN KINERJA *HEAT EXCHANGER* PADA GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UNIT BISNIS PEMBANGKITAN TELLO

3.2. Alur Penelitian

Berikut alur penelitian dari Analisa dampak penurunan turbine lube oil pada generator sector pembangkitan tello yang ditunjukkan pada gambar sebagai berikut



Gambar 3. 2 Alur Penelitian

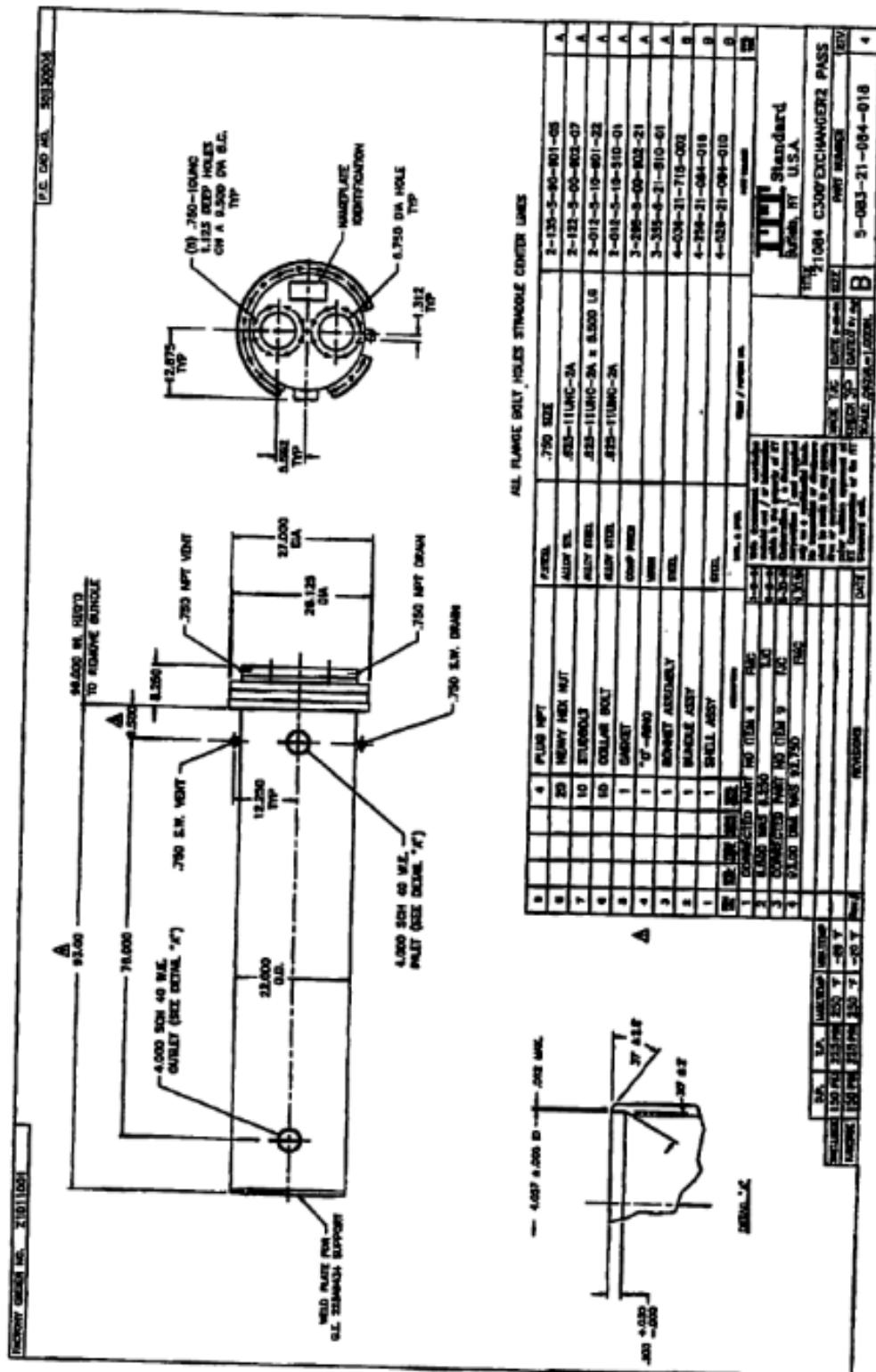
1. Mulai
2. Persiapan awal, persiapan awal untuk menunjang penelitian ini tahapan persiapan ini disusun hal hal yang dilakukan agar tujuan penulisan ini teratur dan terstruktur sehingga proses waktu penulisan menjadi lebih efektif dan efisien
3. Observasi. Merupakan metode pengumpulan data mengamati secara langsung perilaku, kejadian, atau objek tanpa interaksi langsung dengan individu atau situasi yang diamati.
4. Pengambilan data, merupakan prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan. Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan mencatat suhu suhu yang menjadi objek penelitian.
5. Pengolahan data. Pengolahan data merupakan proses pengolahan data mentah menjadi informasi yang berguna dan mudah diterima.
6. Analisa hasil. Adalah tahapan penting dalam penelitian atau proyek yang membantu menggambarkan, menginterpretasikan, dan menyimpulkan temuan dari data yang telah dikumpulkan untuk menjawab rumusan masalah
7. Kesimpulan, kesimpulan adalah bagian penting dari suatu penelitian yang merangkum temuan, memberikan jawaban terhadap penelitian, dan menarik kesimpulan dari Analisa hasil.
8. Selesai

3.3. Sumber Data Penelitian

1. Objek Penelitian

Penelitian berfokuskan pada *Heat Exchanger* sebagai pendingin oli pelumas di PT.PLN IP SEKTOR PEMBANGKITAN TELLO.

Penukar kalor/panas (heat exchanger) adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas antara dua fluida atau lebih yang memiliki perbedaan temperatur. Temperatur panas fluida yang tinggi akan berpindah ke fluida yang bertemperatur rendah. Perpindahan panas tersebut dapat terjadi dengan cara kontak langsung maupun tidak langsung. Adapun gambar single line dari heat exchanger dapat dilihat di bawah ini;



Gambar 3. 3 Heat Exchanger PLTG Tello

(sumber gambar dokumentasi penulis dari PT.PLN IP)

2. Teknik Pengambilan data

Adapun teknik pengumpulan data yang dipergunakan oleh penulis dalam metodelogi penelitian ini, yaitu: observasi

1. Untuk perolehan data primer yang langsung diambil dari hasil observasi lapangan, dalam hal ini nilai pengukuran temperatur lube oil, temperatur air pendingin, dan beban generator, serta spesifikasi pada mesin pembangkit. Kumpulan data teoritis yang diperoleh dari berbagai referensi pustaka, baik berupa buku, jurnal/artikel, tabel maupun data laporan tahunan dari instansi yang berhubungan dengan penelitian ini. Data yang diambil adalah temperature di masing – masing titik pengukuran. Pengolahan data dilakukan berdasarkan analisa data yang diperoleh untuk mengkaji secara termodinamika
2. Untuk perolehan data sekunder dilakukan dengan cara membaca literatur, yaitu perolehan informasi berupa manual book, buku ajar, jurnal ilmiah, skripsi, internet, video webinar class, website dan lain sebagainya yang relevan untuk memperoleh informasi yang akurat mengenai objek yang sedang diteliti.

3.4. Tempat Dan Waktu Penelitian

3.4.1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan PT PLN INDONESIA POWER UBP TELLO (Unit Bisnis Pembangkitan Tello) khususnya di Unit UP-PLTG (Unit Pelayanan Pembangkit Listrik Tenaga Gas) Sulawesi Selatan



Gambar 3. 4 Lokasi Pelaksanaan Penelitian

(sumber gambar dokumentasi penulis dari PT.PLN IP)

3.4.2. Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 2 bulan terhitung mulai bulan Maret sampai dengan bulan Mei 2024

Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

Kegiatan	Tahun 2023		Tahun 2024					
	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	
Study literatur								
Usulan judul								
Penyusunan proposal								
Bimbingan proposal								
Ujian proposal								

Kegiatan	Tahun 2023	Tahun 2024					
		Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei
Pengujian							
Penyusunan skripsi							
Ujian skripsi							

3.5. Metode analisis data

Menurut Sugiyono (2020;131) analisis data adalah proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi dengan cara mengoordinasikan data ke dalam kategori, menjabarkan ke dalam unit – unit, melakukan sintesa, menyusun kedalam pola, memilih mana yang penting dan akan dipelajari dan membuat kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain. Metode analisis yang digunakan yaitu analisis deskriptif untuk mendeskripsikan karakteristik atau fenomena tertentu

3.6. proses penelitian

Proses yang dilakukan peneliti pada penelitian ini ialah sebagai berikut;

1. Obsevasi dan Dokumentasi

Data yang diperoleh dari hasil observasi, Observasi ialah proses pertama yang dilakukan pada penelitian ini karena penelitian ini termasuk ragam

penelitian empiris dimana terdapat studi kasus dan studi dilapangan. Observasi penelitian ini dilakukan di PLTG milik PT. PLN IP Sektor Pembangkitan Tello. Dengan objek observasi sistem kerja lube oil cooler pada turbin yang merupakan salah satu komponen pendingin minyak pelumas pada turbin, dengan menggunakan air demin sebagai fluida pendinginnya

2. Studi literatur

Teori serta konsep penelitian yang dikembangkan dan berkaitan dengan masalah yang dihadapi dilapangan sebagai dasar menuju tahapan selanjutnya. Dalam hal ini, studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori – teori yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yang hendak dicapai. Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber antara lain bahan teori dasar PLN, Laporan Statistik Ketenagalistrikan yang diterbitkan oleh Ditjen Ketenagalistrikan Kementerian ESDM, beberapa jurnal dan buku yang sesuai

3. Pengumpulan data

Pengumpulan data merupakan prosedur yang sistematik dan standar untuk memperolehi data yang di perlukan. Metode perngumpulan data yang dilakukan adalah dengan memperoleh suhu suu yang akan menjadi objek penelitian. Data data yang diperlukan adalah anatara lain:

- 1) Temperature air pendingin ketika masuk lube oil cooler
- 2) Temperature air pendingin setelah keluar dari lube oil cooler
- 3) Temperature permukaan lube oil
- 4) Temperatur air inlet

5) Dan temperature lainnya

4. Analisis data

analisis data adalah proses pengaturan data, mengelompokkan ke dalam suatu pola, kategori dan satuan uraian dasar. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini ini adalah Teknik analisis data secara deskriptif dimana penyajian data heat exchanger yang telah diolah sebelumnya disajikan dalam bentuk grafik, table, presentasi ataupun diagram

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang diharapkan pada penelitian ini adalah hasil analisis dari heat exchanger dan memperoleh hasil daya output maksimal dari generator

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian.

Penelitian ini dilakukan disalah satu unit pembangkit yang dibawahi oleh PLN UBP (UNIT BISNIS PEMBANGKITAN) Tello, yaitu UP-PLTG TELLO yang berlokasi di jl. Urip sumoharjo No.Km.7, Tello Baru, kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Pembangkit ini mulai beroperasi pada tahun 1997 dengan daya terpasang sebesar 2x33,4 MW namun sampai saat ini pembangkit ini tidak dapat beroperasi sesuai dengan kinerja sebelumnya. Berikut data teknis yang di peroleh di PLTG tello

Tabel 4. 1 Desain Data Sistem Air Pendingin

Desain Data Sistem Air Pendingin	
Plant location	PLN ujung pandang, indonesia
service	Water cooling & pumping unit
Size and tipe	11 w x32 L ft (forced draft)
Surface per unit (finned tube)	38,250 FT
Bare tube area	989,24 FT
Heat exchanged	5,755,600 Btu/h

Tabel 4.2 Data performance Air Pendingin

Data Performance		
Tube side data	Fluida name	Water with corrosion inhibitor
	Total fluid entering	459,310 lb/h
	Temperature in Temperatur out	61°C 55 °C
Air side data	Total air quanntity	987,148 lb/h
	Air quantity per fan	115,415.60 act ft ³ /min
	Actual static pressure	0.45 in. WG

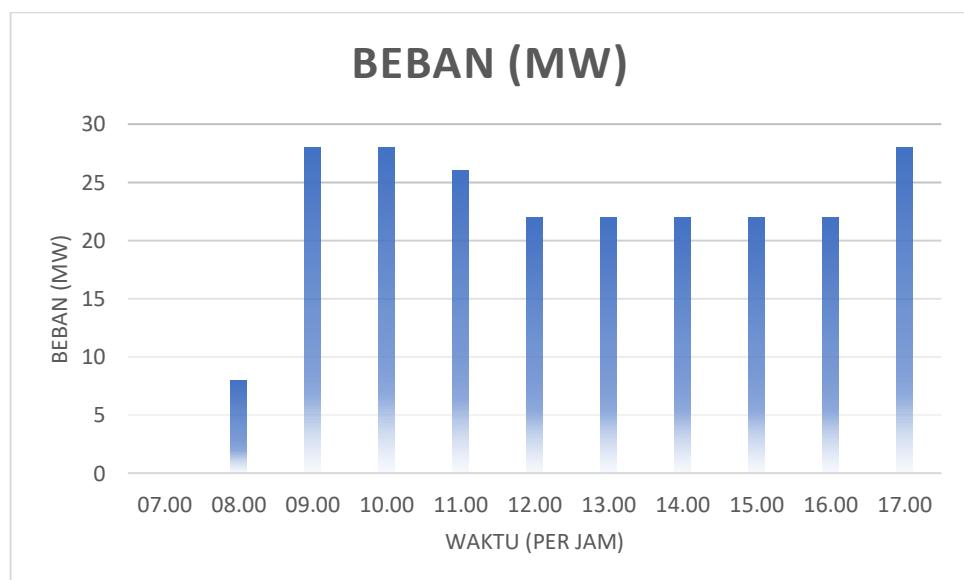
4.2. Hasil Penelitian

4.2.1. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 1 Hasil produksi daya listrik dari *General Electric* PLTG Tello (07 Oktober 2023)

Hari; jumat Tanggal; 07 okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar pendingin air (°C)	Suhu masuk pendingin air (°C)	InH ₂ O
07.00					
08.00	8	56	43	42	1,3
09.00	28	66	50	51	1,3
10.00	28	71	52	52	1,3
11.00	26	72	53	53	1,3
12.00	22	73	54	55	1,3
13.00	22	72	54	55	1,3
14.00	22	72	54	54	1,3
15.00	22	72	54	53	1,3
16.00	22	71	53	53	1,3
17.00	28	70	52	51	1,3

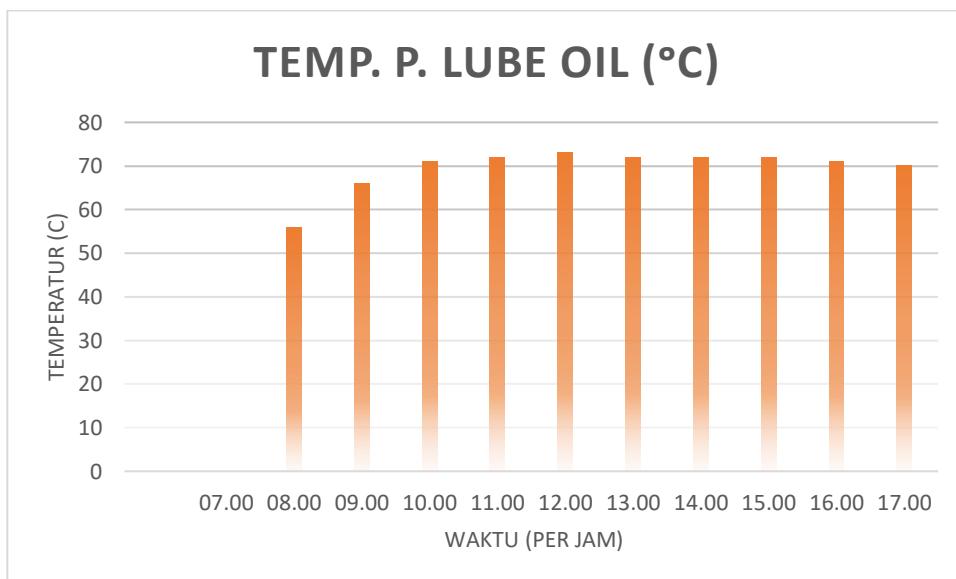
4.2.1.1. Daya Output (MW)



Gambar 4. 1 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 07 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.1 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaan beban tertinggi berkisar mulai dari dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 10.00 dan pukul 17.00 dengan beban tertinggi sebesar 28 MW, pada pukul 11.00 terjadi penurunan beban sebanyak 1 MW, pada pukul 12.00 sampai dengan pukul 16.00 *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 22 MW, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.1.2. Temperatur Lube Oil (°C)

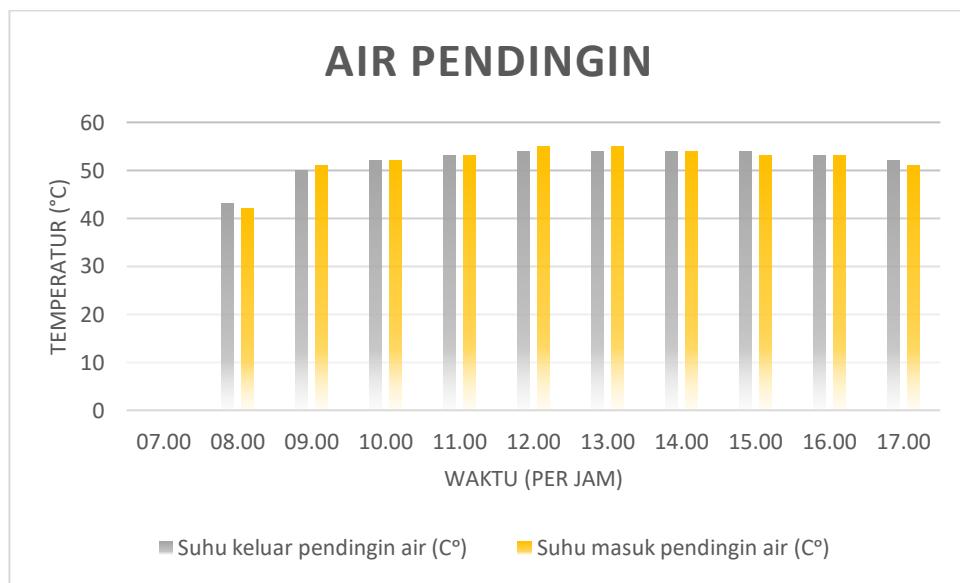


Gambar 4. 2 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 07 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.2 Menunjukkan Perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit, terutama temperatur pada oli turbin Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 56°C yang dimana saat itu merupakan proses kenaikan beban secara bertahap pada jam

08.00 temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi, adapun temperatur tertinggi sebesar 73°C pada jam 12.00 dengan suhu sebesar 73°C, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

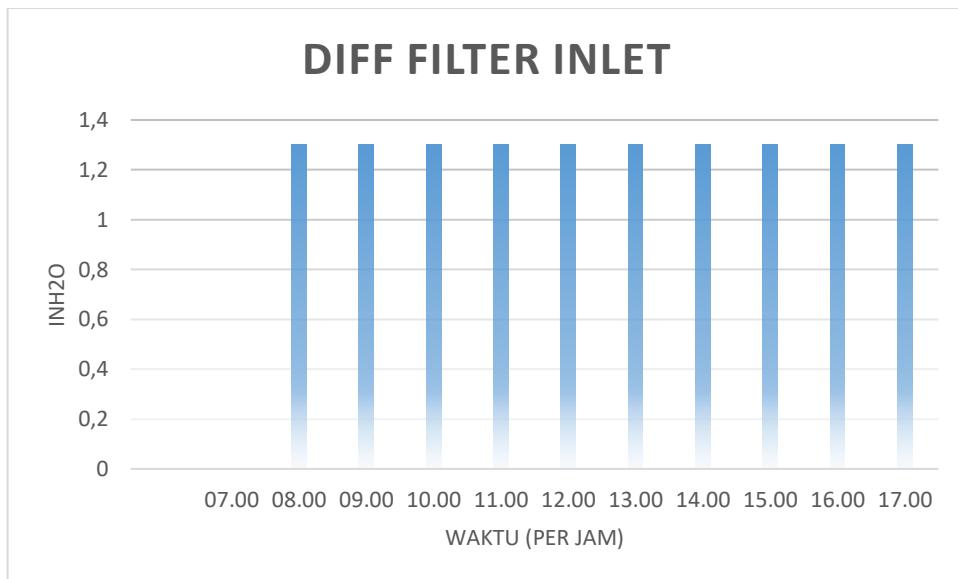
4.2.1.3. Air Pendingin



Gambar 4. 3 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 07 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.3 Menunjukkan pada tanggal 07-08-2023 data temperatur output menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 sampai dengan jam 15.00 dengan suhu 54°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 43°C, sedangkan data temperatur input menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 sampai dengan jam 13.00 dengan suhu 55°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 42°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.1.4. Diff Filter Inlet



Gambar 4. 4 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 07 Oktober 2023

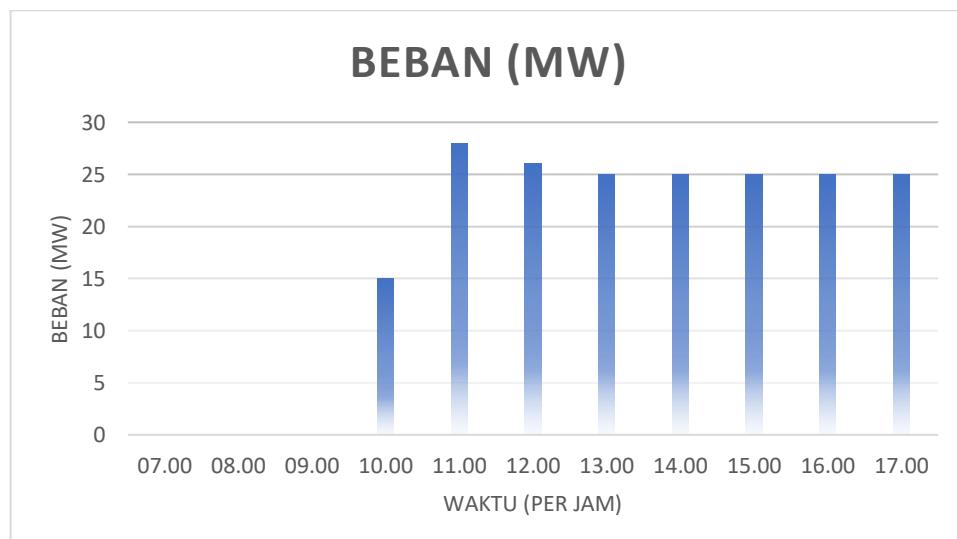
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan pada tanggal 07-08-2023 Tekanan differensial ini berkisar 1,3 InH₂O.

4.2.2. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 2 Hasil produksi daya listrik dari *General Electric* PLTG Tello (16 Oktober 2023)

Hari; senin Tanggal; 16 okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar pendingin air (°C)	Suhu masuk pendingin air (°C)	InH ₂ O
07.00					
08.00					
09.00					
10.00	15	66	53	51	1,2
11.00	28	73	56	54	1,2
12.00	26	74	58	56	1,2
13.00	25	74	57	55	1,2
14.00	25	74	55	54	1,2
15.00	25	74	54	54	1,2
16.00	25	74	55	54	1,2
17.00	25	74	55	54	1,2

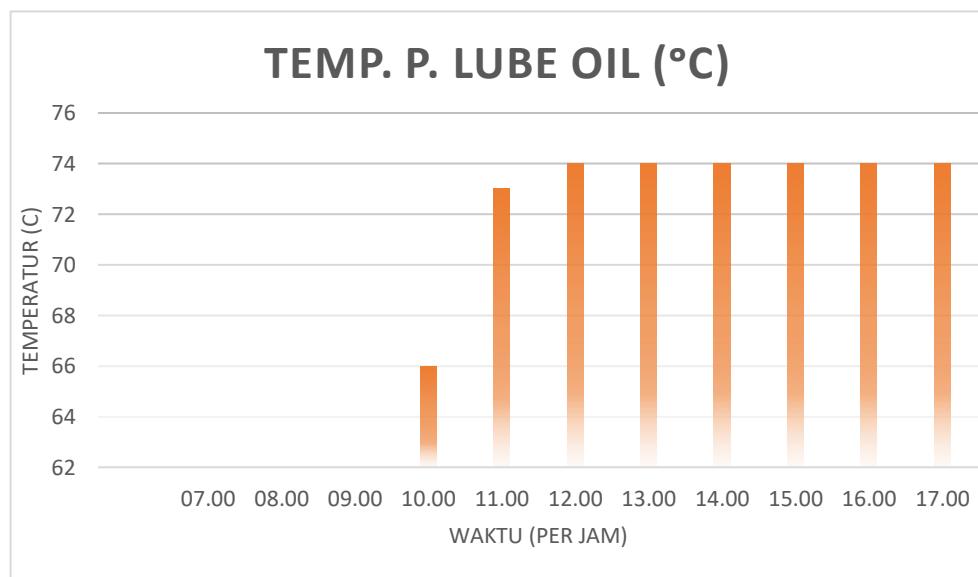
4.2.2.1. Daya Output (MW)



Gambar 4. 5 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 16 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.5 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 11.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada pukul 12.00 terjadi penurunan beban sebanyak 1000KW pada jam 12.00 dengan beban 26 MW, pada pukul 13.00 sampai dengan pukul 17.00 *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 25 MW, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.2.2. Temperatur Lube Oil (°C)

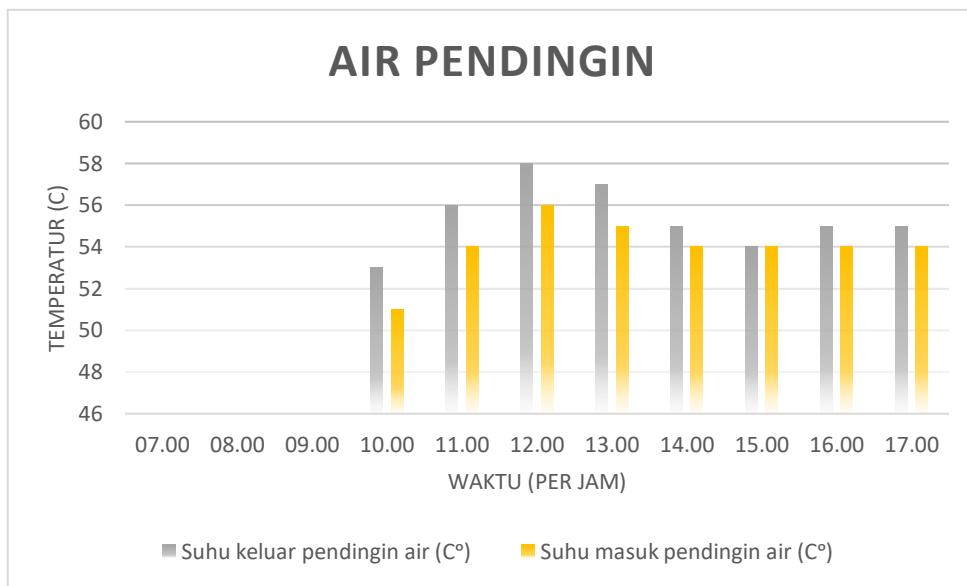


Gambar 4. 6 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 16 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.6 Menunjukkan Perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit terutama temperatur pada oli turbin, Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 66°C pada jam 10.00 tidak berselang lama temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi,

adapun temperatur tertinggi sebesar 74°C pada jam 12.00 sampai dengan jam 17.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

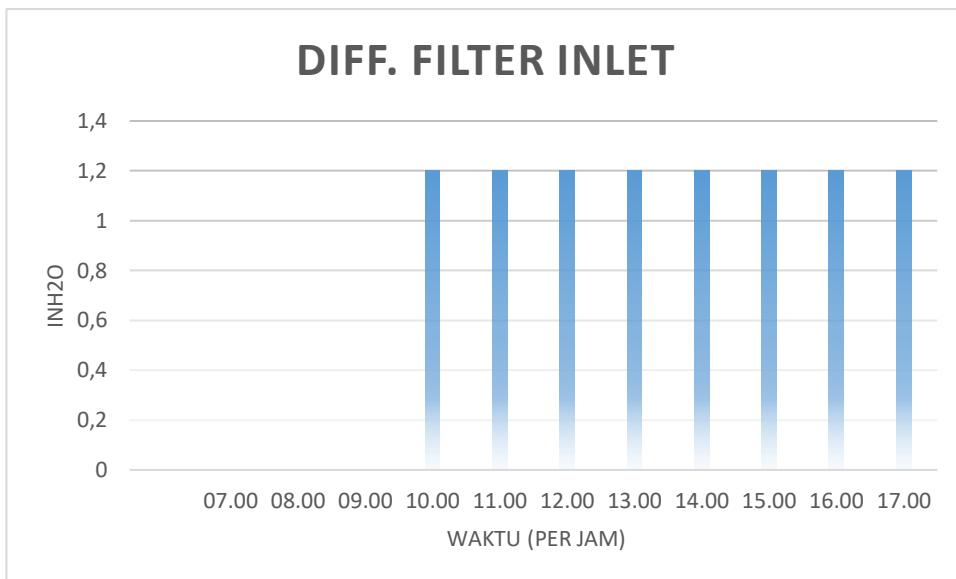
4.2.2.3. Air Pendingin



Gambar 4. 7 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 16 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.7 Menunjukkan pada tanggal 16-08-2023 data temperatur suhu keluar pendingin air menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dengan suhu 58°C dan temperatur terendah pada jam 10.00 dengan suhu 53°C, sedangkan data temperatur suhu masuk pendingin air menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dengan suhu 56°C dan temperatur terendah pada jam 10.00 dengan suhu 51°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.2.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 8 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 16 Oktober 2023

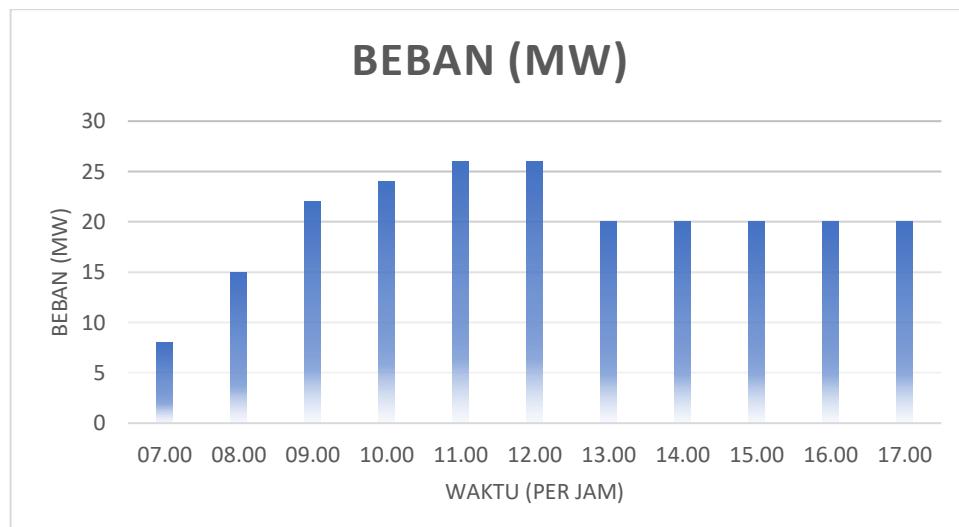
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.8 Menunjukkan pada tanggal 16-08-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,2 InH₂O.

4.2.3. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 3 Hasil produksi daya listrik dari *General Electric* PLTG Tello (18 Oktober 2023)

Hari; Rabu Tanggal; 18 Okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar pendingin air (°C)	Suhu masuk pendingin air (°C)	InH ₂ O
07.00	8	63	43	43	1,3
08.00	15	65	47	47	1,3
09.00	22	68	51	51	1,3
10.00	24	71	53	54	1,3
11.00	26	73	54	55	1,3
12.00	26	74	56	57	1,3
13.00	20	74	56	56	1,3
14.00	20	74	55	55	1,3
15.00	20	74	55	55	1,3
16.00	20	74	56	56	1,3
17.00	20	74	55	55	1,3

4.2.3.1. Daya Output (MW)

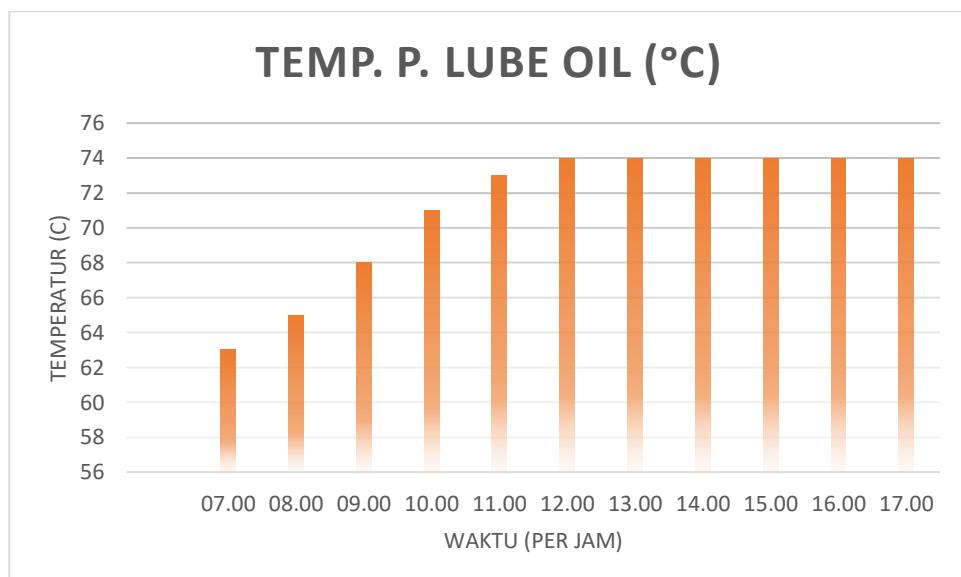


Gambar 4. 9 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 18 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.9 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit

PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 11.00 dan jam 12.00 dengan beban tertinggi atau sebesar 26 MW, pada pukul 12.00 terjadi penurunan beban sebanyak 6 MW sehingga pada jam 12.00 sampai dengan jam 17.00 *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 20 MW, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.3.2. Temperatur Lube Oil (°C)

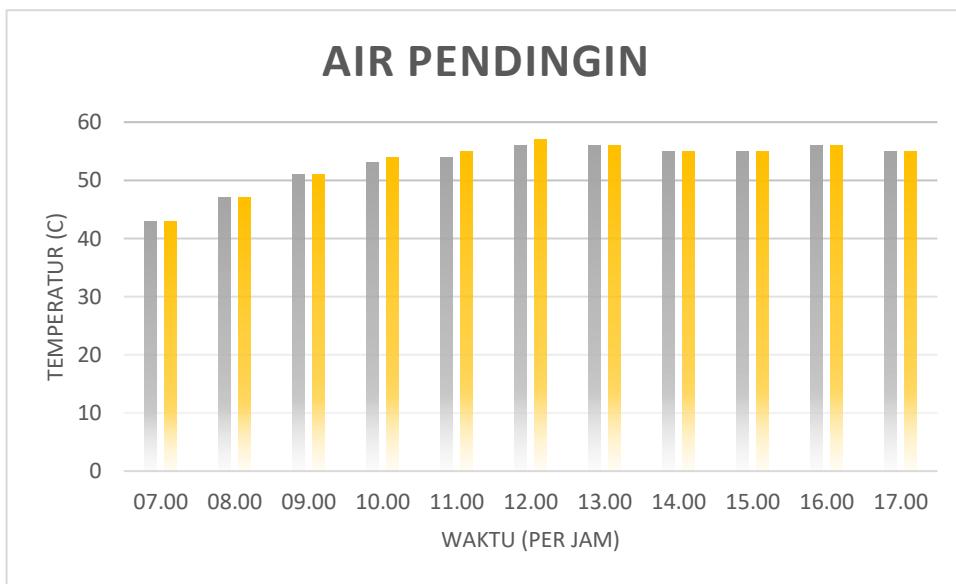


Gambar 4. 10 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 18 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.10 Menunjukkan Perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit, terutama temperatur pada oli turbin Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 63°C yang dimana saat itu merupakan proses kenaikan beban pada jam 07.00 temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi, adapun temperatur tertinggi sebesar 74°C pada jam 12.00 sampai dengan jam 17.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi

dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

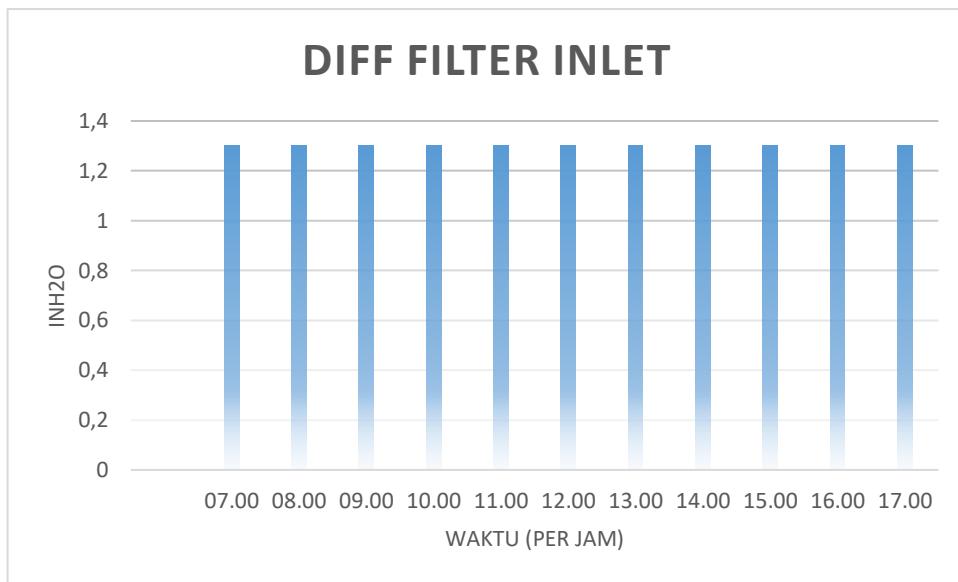
4.2.3.3. Air Pendingin



Gambar 4. 11 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 18 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.11 Menunjukkan pada tanggal 18-08-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dan 13.00 dengan suhu 56°C dan temperatur terendah pada jam 10.00 dengan suhu 43°C, sedangkan data temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dengan suhu 57°C dan temperatur terendah pada jam 10.00 dengan suhu 43°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.3.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 12 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 18 Oktober 2023

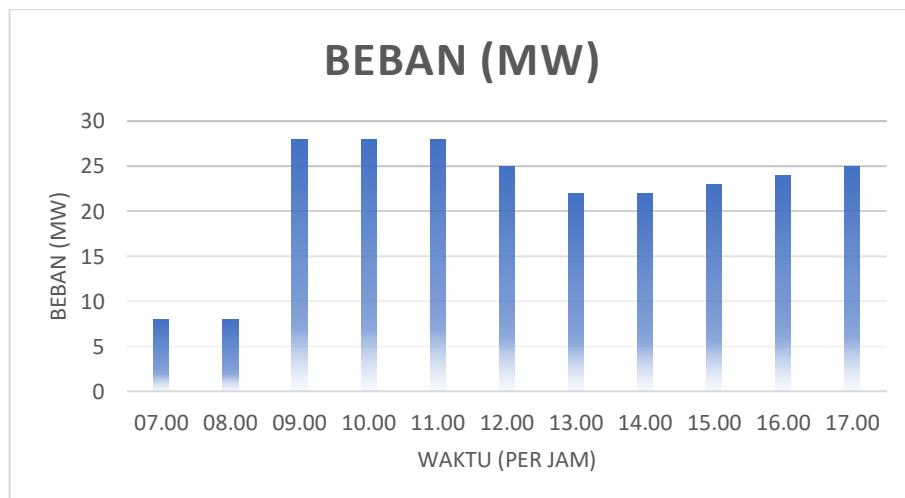
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara.. Berdasarkan Gambar 4.12 Menunjukkan pada tanggal 16-08-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,3 InH₂O.

4.2.4. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 4 Hasil produksi daya listrik dari *General Electric* PLTG Tello (20 Oktober 2023)

Hari; Jumat Tanggal; 20 Okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar pendingin air (°C)	Suhu masuk pendingin air (°C)	InH ₂ O
07.00	8	64	46	45	1,3
08.00	8	64	45	44	1,3
09.00	28	68	50	51	1,3
10.00	28	72	53	52	1,3
11.00	28	73	55	54	1,3
12.00	25	73	56	55	1,3
13.00	22	73	56	55	1,3
14.00	22	74	56	55	1,3
15.00	23	74	56	55	1,3
16.00	24	74	55	54	1,3
17.00	25	74	55	54	1,3

4.2.4.1. Daya Output (MW)

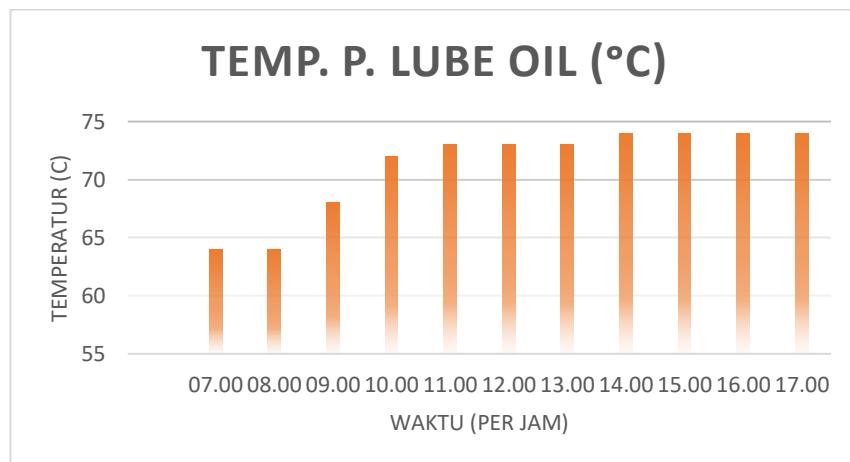


Gambar 4. 13 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 20 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.13 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit

PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 09.00 sampai dengan jam 11.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada pukul 12.00 terjadi penurunan beban sebanyak 3 MW sehingga pada jam 12.00 daya output yang dihasilkan mencapai 25 MW, kemudian pada jam 13.00 sampai dengan jam 14.00, selanjutnya pada pukul 15.00 mengalami kenaikan beban bertahap per jamnya hingga pada pukul 17.00 daya output yang dihasilkan mencapai 25 MW, sehingga *General Electric* dari PLTG Tello mengalami beberapa kali penurunan beban hingga ke beban 22 MW, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil

4.2.4.2. Temperatur Lube Oil (°C)

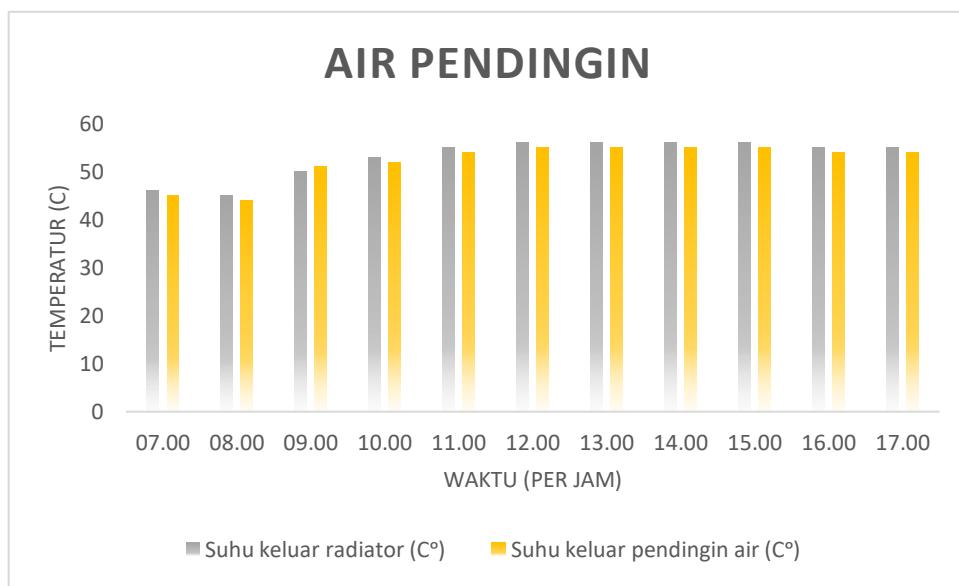


Gambar 4. 14 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 20 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.14 Menunjukkan Perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit, terutama temperatur pada oli turbin Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 64°C pada jam 07.00 dan jam 08.00 temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi,

adapun temperatur tertinggi sebesar 74°C pada jam 14.00 sampai dengan jam 17.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

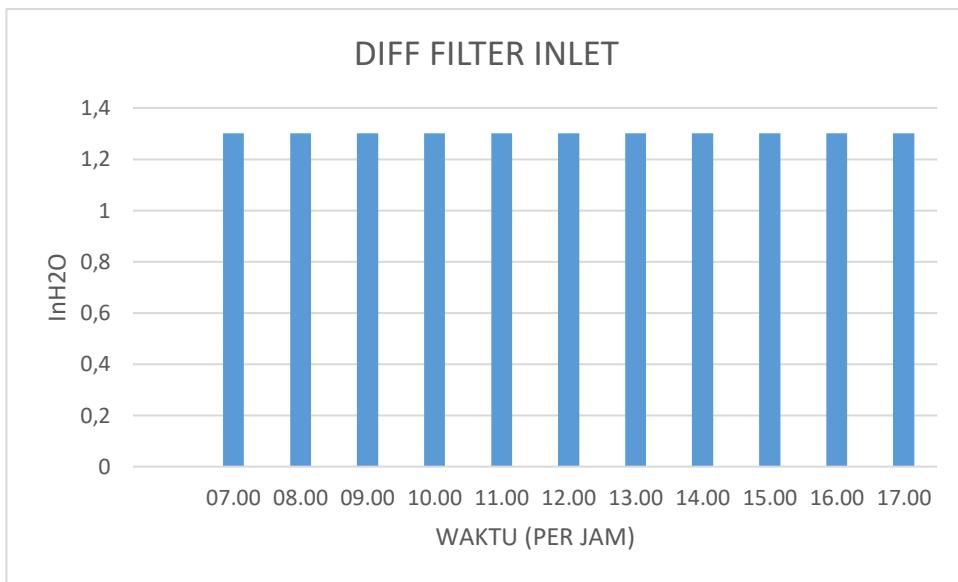
4.2.4.3. Air Pendingin



Gambar 4. 15 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 20 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.15 Menunjukkan tanggal 20-08-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 sampai dengan jam 15.00 dengan suhu 56°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 44°C, sedangkan data temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 sampai dengan jam 15.00 dengan suhu 55°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 44°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari.

4.2.4.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 16 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 20 Oktober 2023

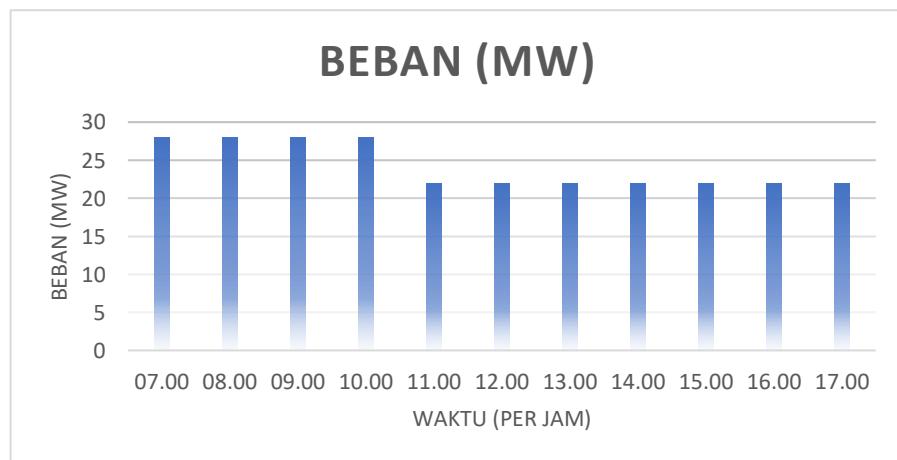
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.16 Menunjukkan pada tanggal 16-08-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,3 InH₂O.

4.2.5. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 5 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (22 Oktober 2023)

Hari; Minggu Tanggal; 22 Okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (C°)	Suhu keluar pendingin air (C°)	Suhu masuk pendingin air (C°)	InH ₂ O
07.00	28	68	45	44	1,5
08.00	28	68	44	44	1,5
09.00	28	71	45	44	1,5
10.00	28	72	45	44	1,5
11.00	22	73	56	55	1,5
12.00	22	73	56	55	1,5
13.00	22	74	56	55	1,5
14.00	22	74	56	55	1,5
15.00	22	74	56	55	1,5
16.00	22	73	54	53	1,5
17.00	22	73	54	53	1,5

4.2.5.1. Daya Output (MW)

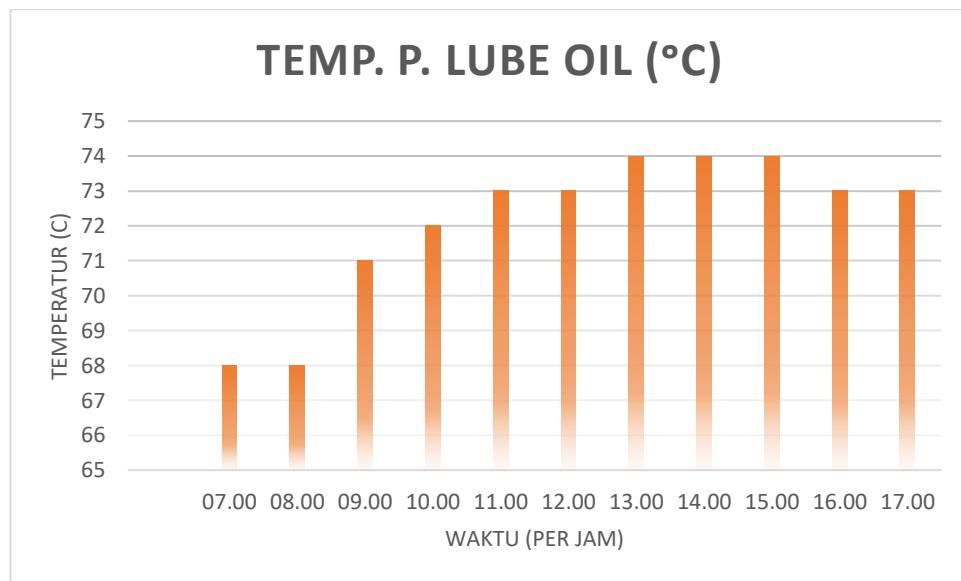


Gambar 4. 17 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 22 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.17 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit

PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 07.00 sampai pada jam 10.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada pukul 11.00 terjadi penurunan beban sebanyak 6 MW sehingga pada jam 11.00 sampai dengan jam 17.00 *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 22 MW, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.5.2. Temperatur Lube Oil (°C)

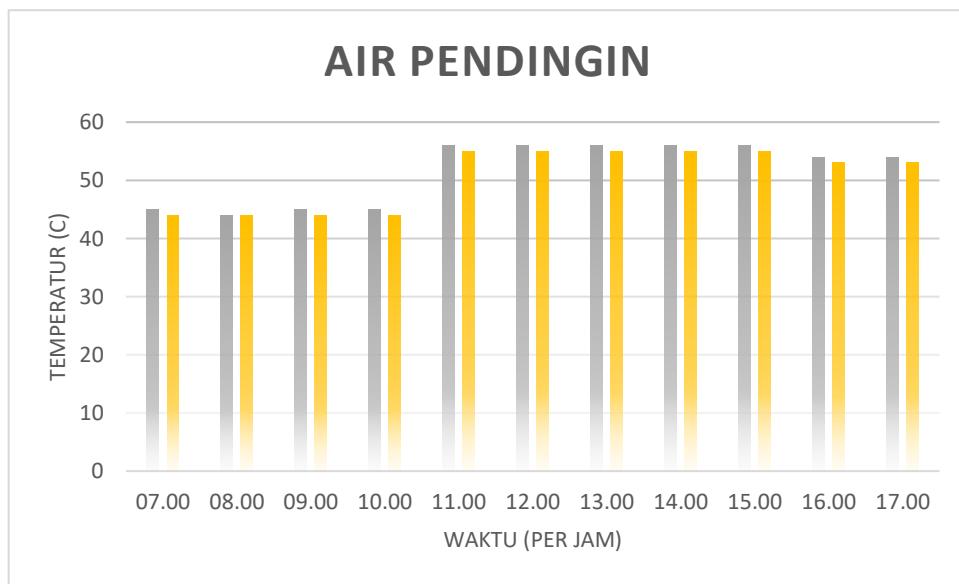


Gambar 4. 18 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 22 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.18 Menunjukkan Perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit, terutama temperatur pada oli turbin Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 68°C pada jam 07.00 dan jam 08.00 temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi, adapun temperatur tertinggi sebesar 74°C pada jam 13.00 sampai dengan jam 15.00,

berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

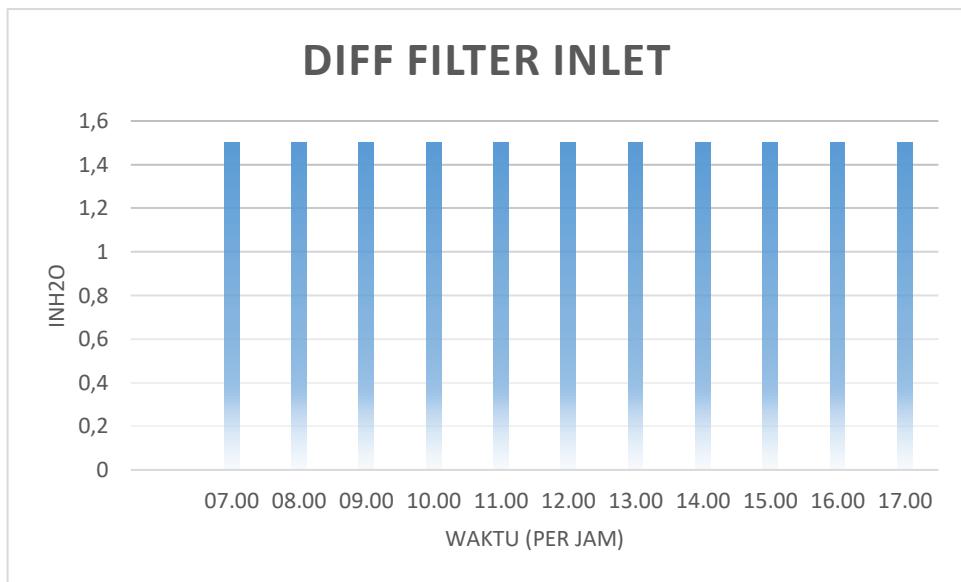
4.2.5.3. Air Pendingin



Gambar 4. 19 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 22 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.19 Menunjukkan pada tanggal 22-08-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 11.00 sampai dengan jam 15.00 dengan suhu 56°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 44°C, sedangkan data temperatur suhu masuk pendingin air menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 11.00 sampai dengan jam 15.00 dengan suhu 55°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 44°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.5.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 20 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 22 Oktober 2023

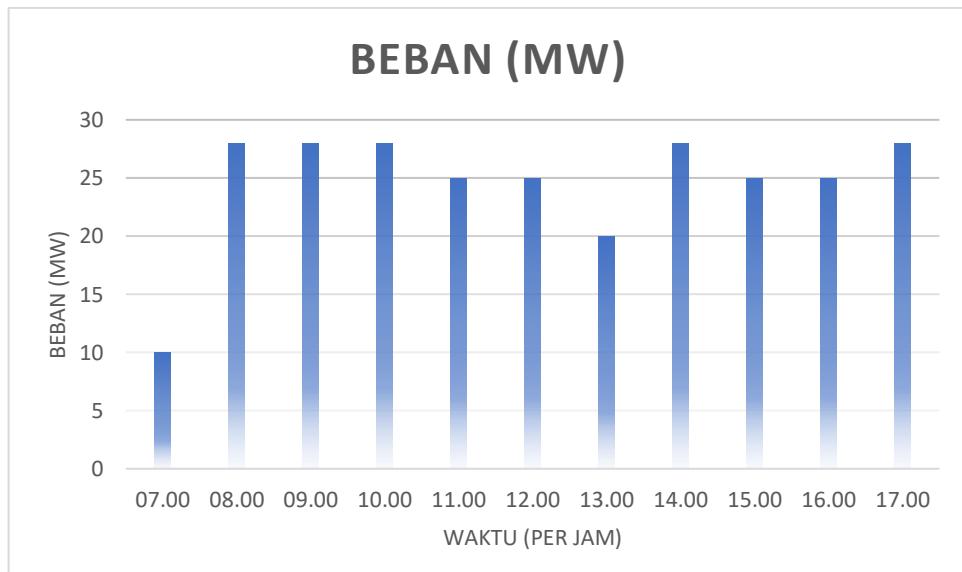
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara Berdasarkan Gambar 4.20 Menunjukkan pada tanggal 16-08-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,5 InH₂O.

4.2.6. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 6 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (24 Oktober 2023)

Hari; selasa Tanggal; 24 okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar pendingin air (°C)	Suhu masuk pendingin air (°C)	InH ₂ O
07.00	10	64	43	42	1,4
08.00	28	66	48	47	1,4
09.00	28	70	51	50	1,4
10.00	28	72	53	53	1,4
11.00	25	73	56	55	1,4
12.00	25	73	56	54	1,4
13.00	20	73	55	55	1,4
14.00	28	73	55	55	1,4
15.00	25	74	56	55	1,4
16.00	25	74	56	55	1,6
17.00	28	71	45	44	1,6

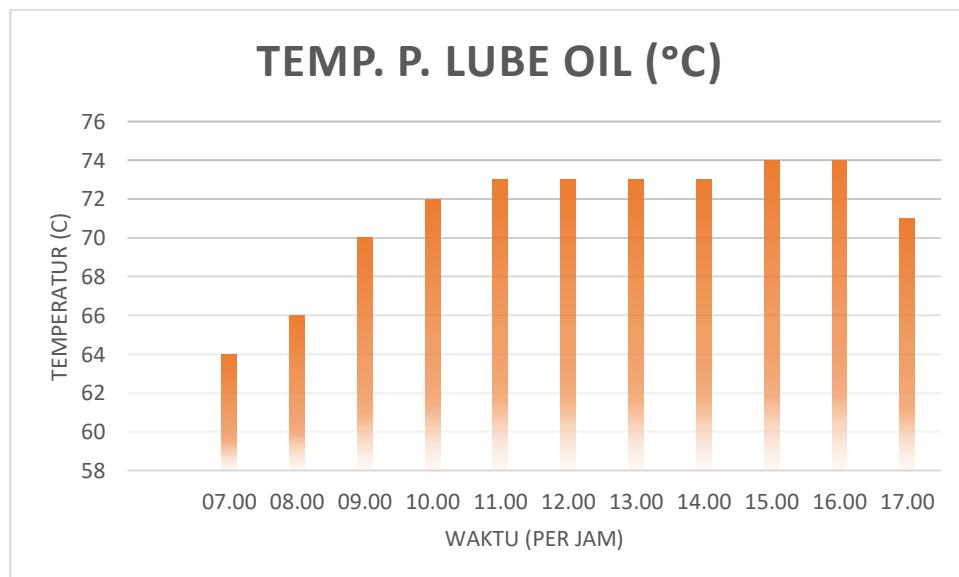
4.2.6.1. Daya Output (MW)



Gambar 4. 21 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 24 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.21 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 08.00 sampai pada jam 10.00, 14.00 dan jam 17.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada pukul 11.00 terjadi penurunan beban sebanyak 3 MW sehingga pada jam 11.00 dan 12.00 sampai dengan jam 17.00 *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 22 MW, pada jam 13.00 mengalami penurunan beban terendah mencapai 20 MW hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.6.2. Temperatur Lube Oil (°C)

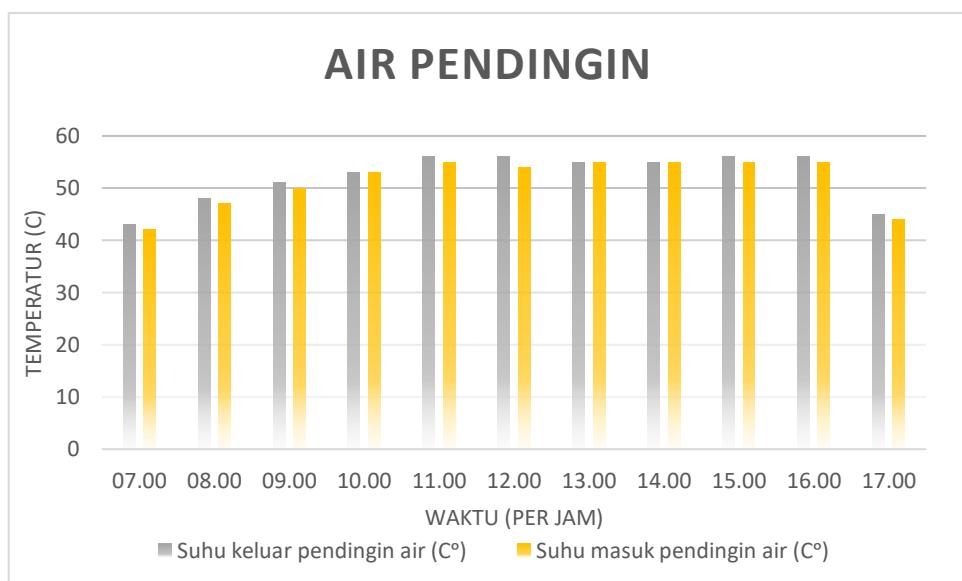


Gambar 4. 22 Hasil Temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 24 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.22 Menunjukkan perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit, terutama temperatur

pada oli turbin Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 64°C pada jam 07.00, temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi, adapun temperatur tertinggi sebesar 74°C pada jam 15.00 sampai dengan jam 16.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

4.2.6.3. Air Pendingin

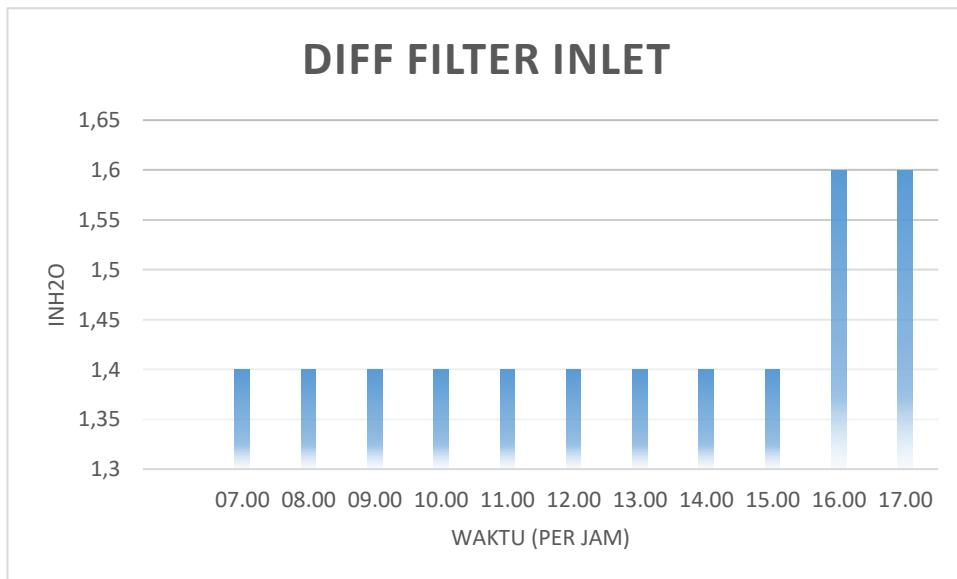


Gambar 4. 23 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 24 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.23 Menunjukkan pada tanggal 24-08-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 11.00, 12.00, 15.00 sampai dengan jam 16.00 dengan suhu 56°C dan temperatur terendah pada jam 07.00 dengan suhu 43°C, sedangkan data temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 11.00, 13.00 sampai dengan jam 16.00 dengan suhu 55°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu

42°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.6.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 24 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 24 Oktober 2023

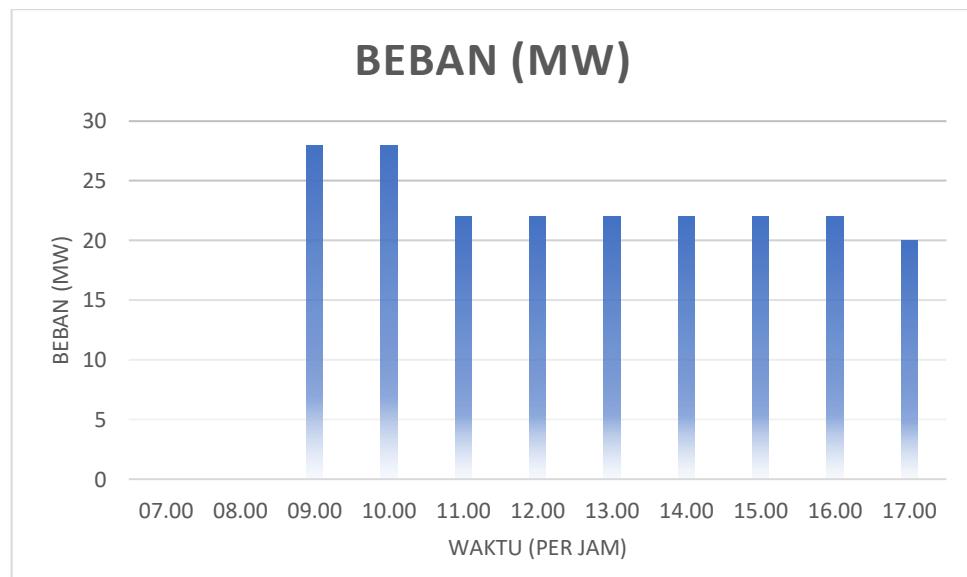
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.20 Menunjukkan pada tanggal 16-08-2023 nilai tekanan differensial terendah mencapai 1,4 InH₂O pada jam 07.00 sampai dengan jam 15.00, dan tekanan tertinggi mencapai 1,6 InH₂O

4.2.7. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 7 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (26 Oktober 2023)

Hari; Kamis Tanggal; 26 Okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar air pendingin (°C)	Suhu masuk air pendingin (°C)	InH ₂ O
07.00					
08.00					
09.00	28	64	49	48	1,5
10.00	28	71	54	53	1,5
11.00	22	72	56	55	1,5
12.00	22	73	56	55	1,5
13.00	22	73	57	56	1,5
14.00	22	74	57	56	1,5
15.00	22	74	55	55	1,5
16.00	22	74	55	54	1,5
17.00	20	72	52	52	1,5

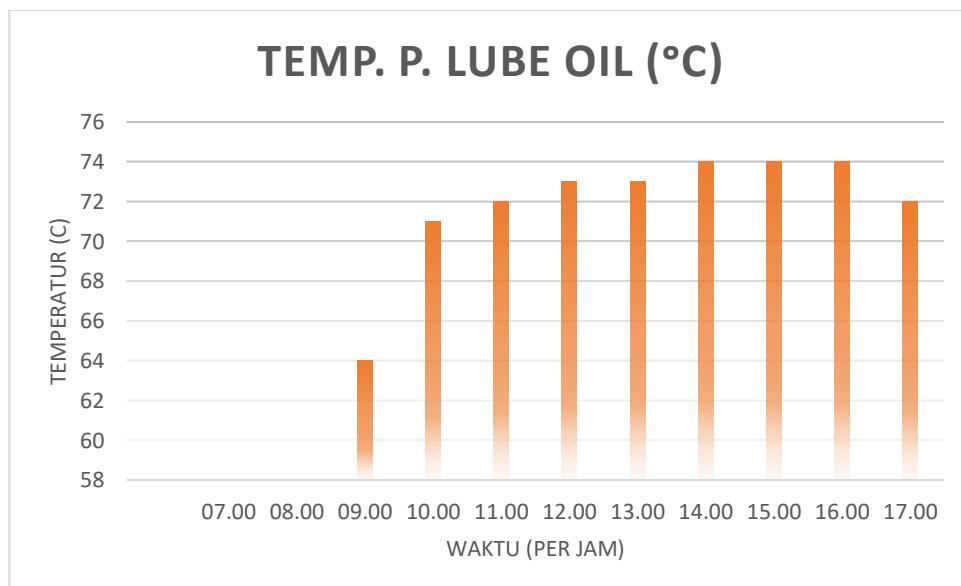
4.2.7.1. Daya Output (Mw)



Gambar 4. 25 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 26 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.25 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 09.00 sampai pada jam 10.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada pukul 11.00 terjadi penurunan beban sebanyak 6 MW sehingga pada jam 11.00 sampai dengan jam 16.00 *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 22 MW, tak lama kemudian padajam 17.00 turun ke beban terendah yaitu 20 MW, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.7.2. Temperatur Lube Oil (°C)

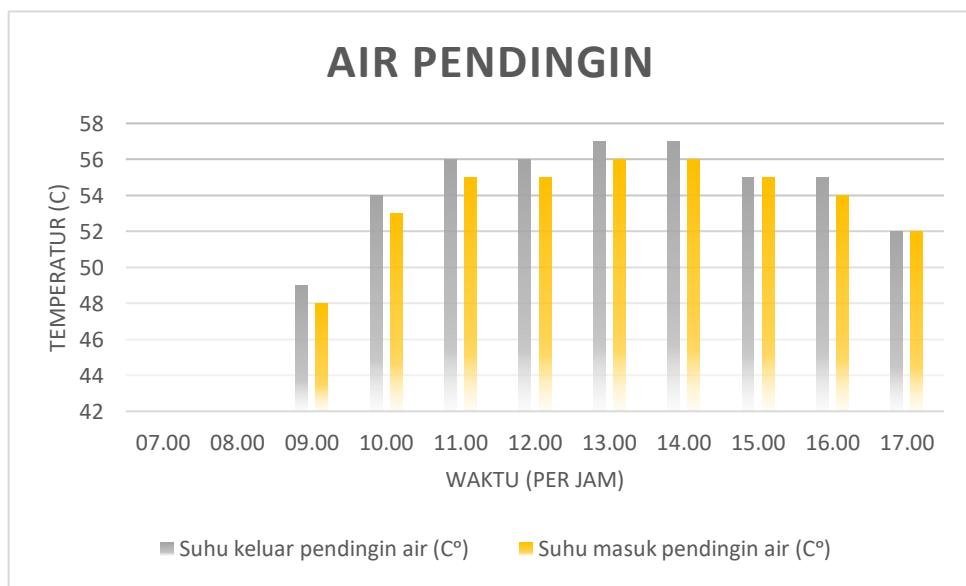


Gambar 4. 26 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 26 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.26 Menunjukkan perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit, terutama temperatur pada oli turbin Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 64°C

pada jam 09.00 setelah itu temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi, adapun suhu tertinggi sebesar 74°C pada jam 14.00 sampai dengan jam 16.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

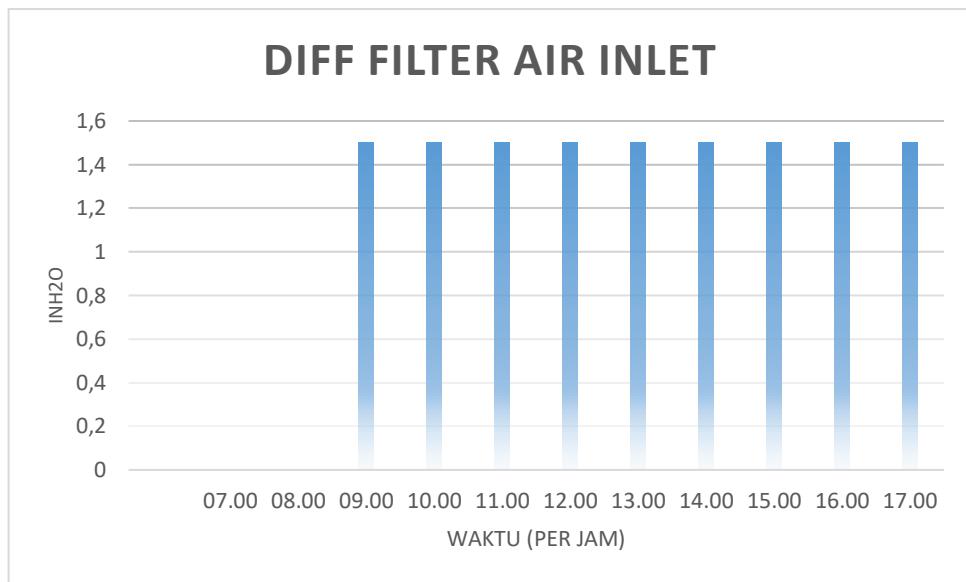
4.2.7.3. Air Pendingin



Gambar 4. 27 Hasil Air Pendingin ($^{\circ}\text{C}$) terhadap waktu pada tanggal 26 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.27 Menunjukkan pada tanggal 26-08-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 13.00 sampai dengan jam 14.00 dengan suhu 57°C dan temperatur terendah pada jam 09.00 dengan suhu 49°C , sedangkan data temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 13.00 sampai dengan jam 14.00 dengan suhu 56°C dan temperatur terendah pada jam 09.00 dengan suhu 48°C , hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.7.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 28 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 26 Oktober 2023

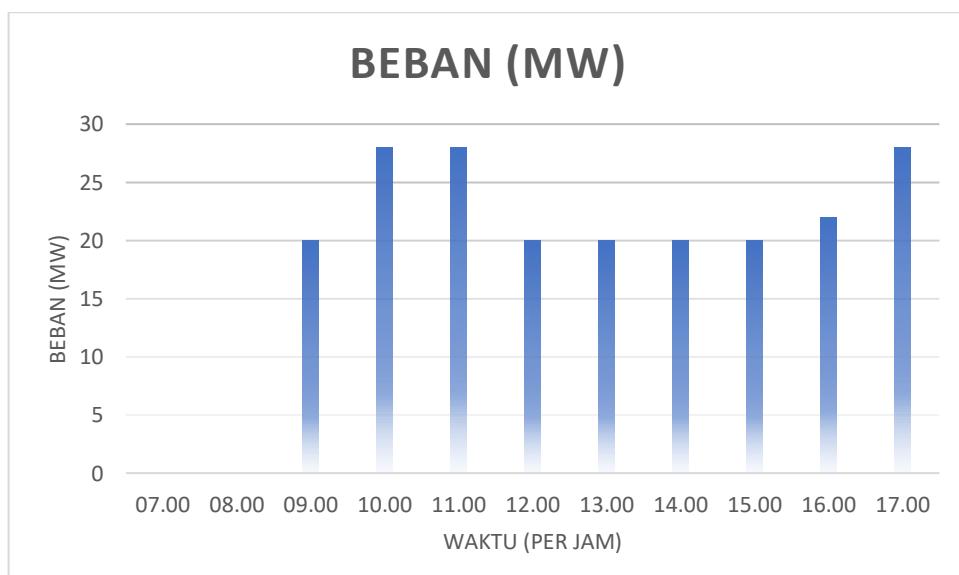
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara Berdasarkan Gambar 4.28 Menunjukkan pada tanggal 26-08-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,5 InH₂O.

4.2.8. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 8 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (29 Oktober 2023)

Hari; Minggu Tanggal; 29 Okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar air pendingin (°C)	Suhu masuk air pendingin (°C)	
07.00					
08.00					
09.00	20	62	48	46	1,3
10.00	28	71	55	54	1,5
11.00	28	73	56	55	1,5
12.00	20	73	57	55	1,5
13.00	20	73	56	55	1,5
14.00	20	73	55	55	1,5
15.00	20	73	56	55	1,5
16.00	22	72	55	54	1,5
17.00	28	72	54	53	1,5

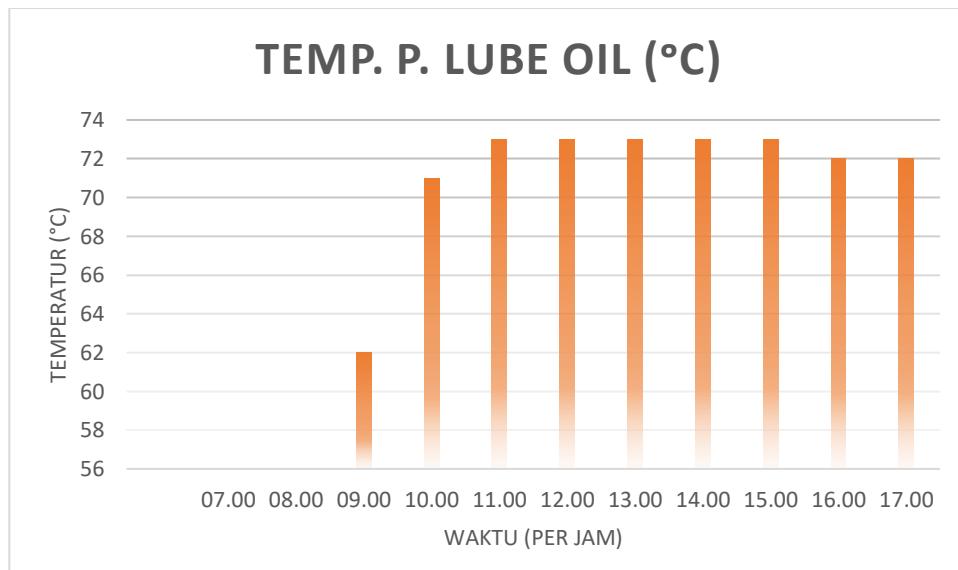
4.2.8.1. Daya Output (MW)



Gambar 4. 29 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.29 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 10.00,11.00 dan jam 17.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada pukul 12.00 terjadi penurunan beban sebanyak 8 MW sehingga pada jam 12.00 sampai jam 15.00 dan kembali naik 2 MW sehingga pada jam 16.00 daya output terbaca 22 MW, tak lama setelah itu beban kembali maksimal sebesar 28 MW pada jam 17.00 hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.8.2. Temperatur Lube Oil (°C)

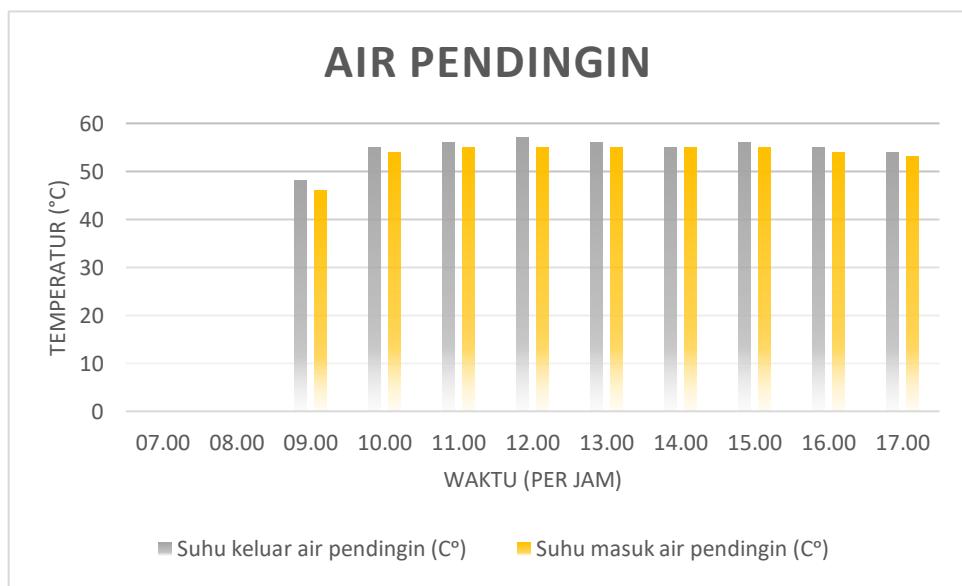


Gambar 4. 30 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.30 Menunjukkan perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit, terutama temperatur pada oli turbin Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 62°C

pada jam 09.00 setelah itu temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi, adapun suhu tertinggi sebesar 73°C pada jam 12.00 sampai dengan jam 15.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

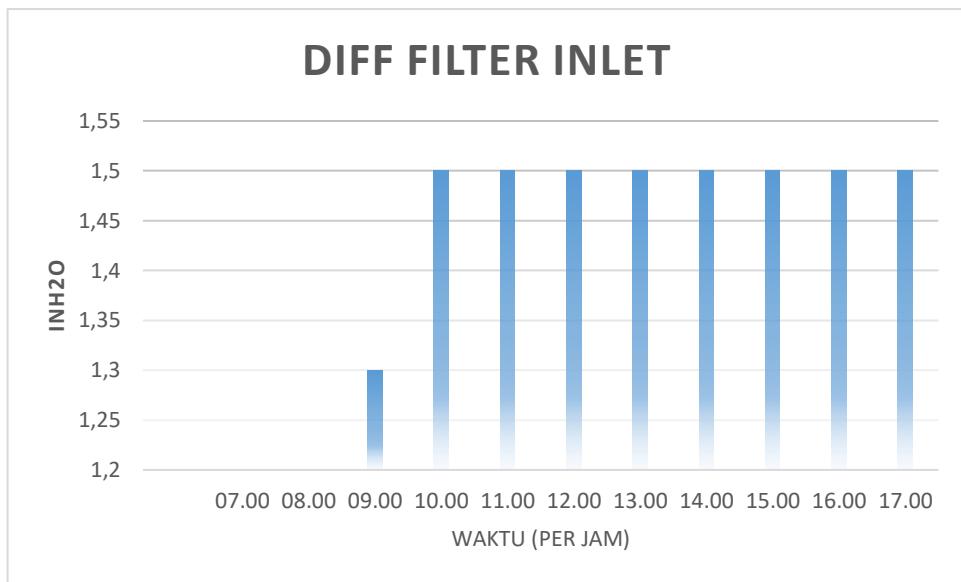
4.2.8.3. Air Pendingin



Gambar 4. 31 Hasil Air Pendingin ($^{\circ}\text{C}$) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.31 Menunjukkan pada tanggal 29-08-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dengan suhu 57°C dan temperatur terendah pada jam 09.00 dengan suhu 48°C , sedangkan data temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 11.00 sampai dengan jam 15.00 dengan temperatur tertinggi mencapai suhu 55°C dan temperatur terendah pada jam 09.00 dengan suhu 48°C , hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.8.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 32 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023

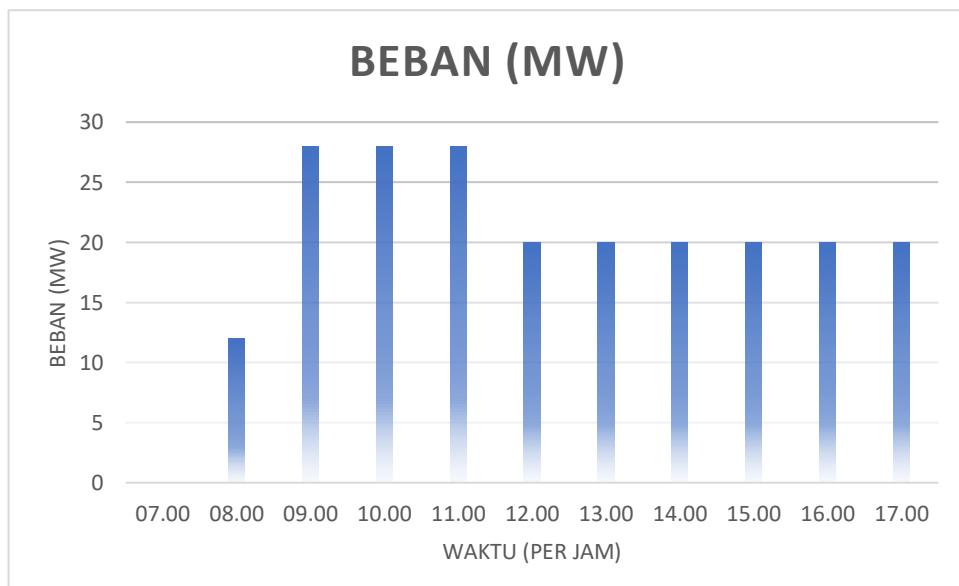
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.32 Menunjukkan pada tanggal 29-08-2023 nilai tekanan differensial terendah mencapai 1,3 InH₂O pada jam 10.00 sampai dengan jam 17.00, dan tekanan tertinggi mencapai 1,5 InH₂O

4.2.9. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 9 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (30 Oktober 2023)

Hari; Senin Tanggal; 30 Okt 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu masuk air pendingin (°C)	Suhu masuk air pendingin (°C)	InH ₂ O
07.00					
08.00	12	52	43	43	1,2
09.00	28	68	51	51	1,2
10.00	28	71	54	54	1,2
11.00	28	74	57	56	1,2
12.00	20	73	57	56	1,2
13.00	20	74	57	56	1,2
14.00	20	74	55	55	1,2
15.00	20	74	55	53	1,2
16.00	20	73	54	53	1,2
17.00	20	72	53	53	1,2

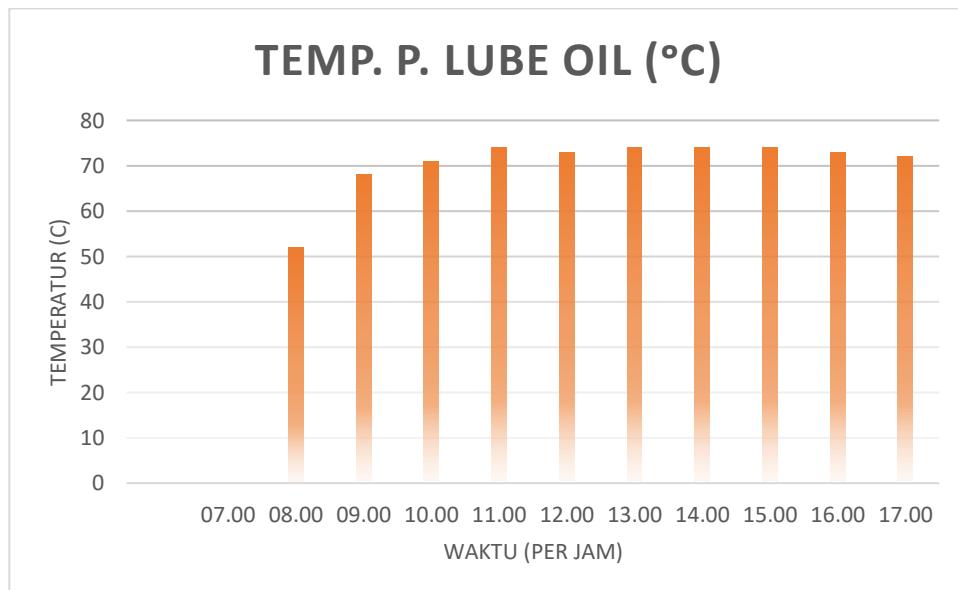
4.2.9.1. Daya Output (MW)



Gambar 4. 33 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 30 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.33 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 09.00 sampai dengan jam 11.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada jam 12.00 sampai dengan 17.00 terjadi penurunan beban sebanyak 8 MW sehingga *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 20 MW, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.9.2. Temperatur Lube Oil (°C)

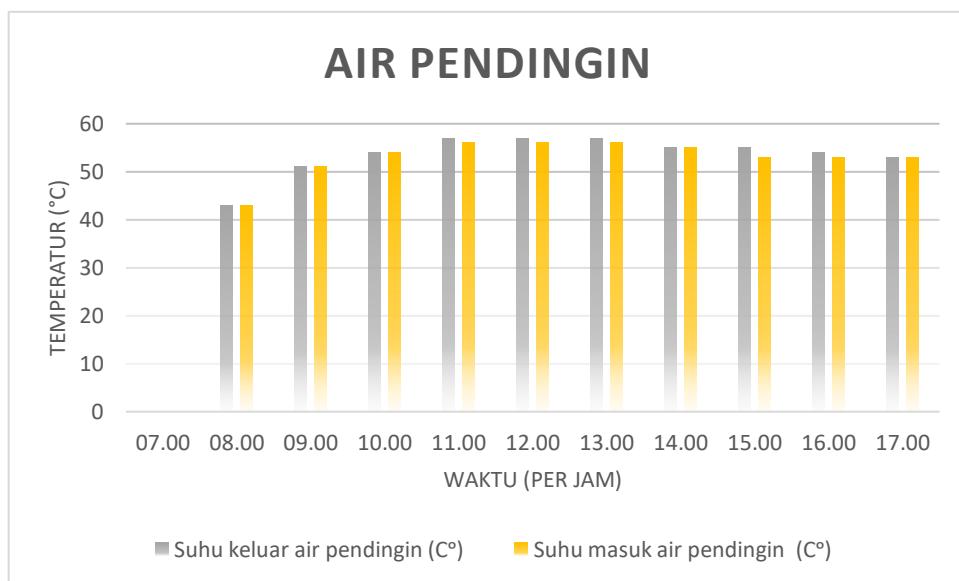


Gambar 4. 34 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 30 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.34 Menunjukkan perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit, terutama temperatur pada oli turbin Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 52°C pada jam 08.00 setelah itu temperatur pun bertahap naik kesuhu tertinggi, adapun

temperatur tertinggi sebesar 74°C pada jam 11.00, 13.00 sampai dengan jam 16.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

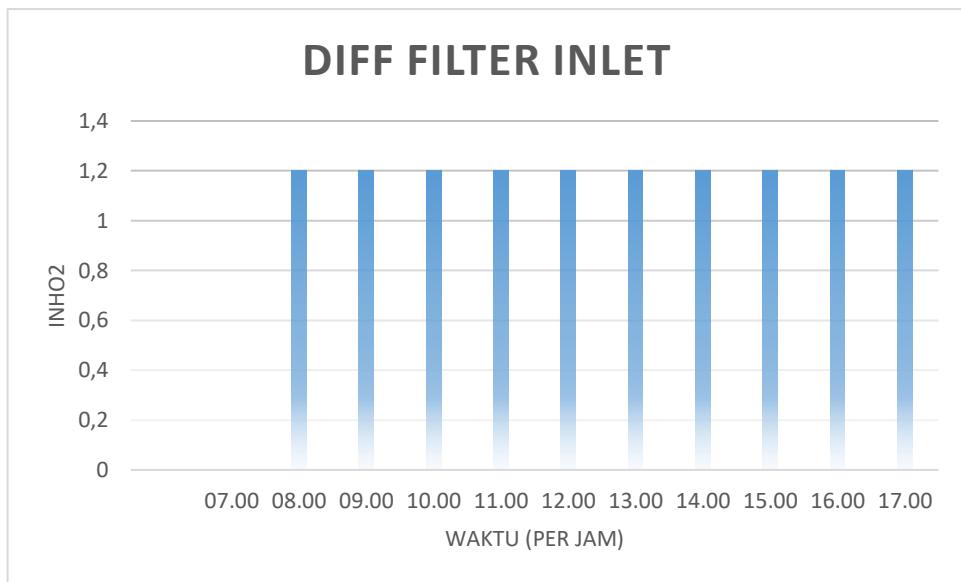
4.2.9.3. Air Pendingin



Gambar 4. 35 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 30 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.35 Menunjukkan pada tanggal 30-08-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dengan suhu 57°C dan temperatur terendah pada jam 09.00 dengan suhu 48°C, Sedangkan data temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 11.00 sampai dengan jam 15.00 dengan temperatur tertinggi mencapai suhu 55°C dan temperatur terendah pada jam 09.00 dengan suhu 48°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.9.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 36 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 29 Oktober 2023

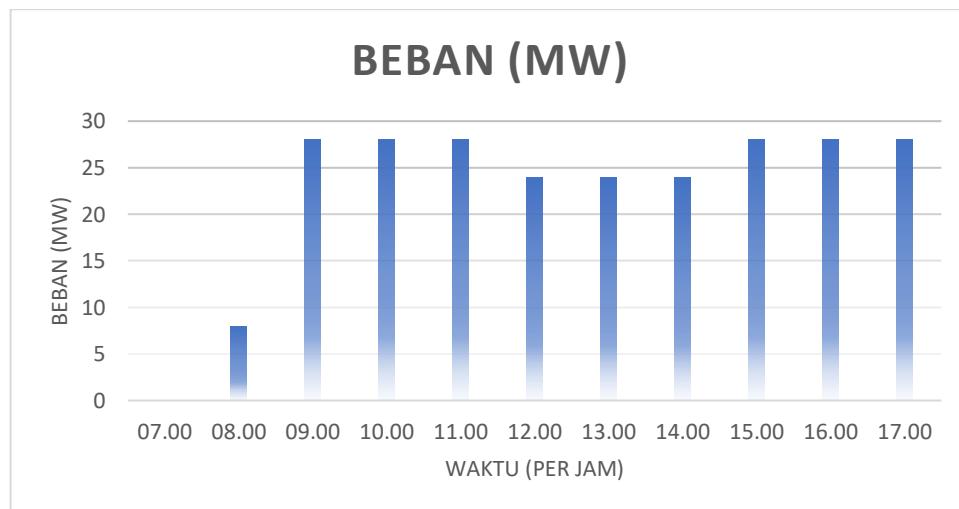
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.36 Menunjukkan pada tanggal 26-08-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,2 InH₂O.

4.2.10. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 10 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (14 November 2023)

Hari; Selasa Tanggal; 14 Nov 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar air pendingin (°C)	Suhu masuk air pendingin (°C)	InH ₂ O
07.00					
08.00	8	51	43	43	1,4
09.00	28	68	51	52	1,4
10.00	28	71	51	52	1,4
11.00	28	72	55	55	1,4
12.00	24	73	56	56	1,4
13.00	24	73	56	56	1,4
14.00	24	72	52	52	1,4
15.00	28	72	52	52	1,4
16.00	28	69	50	50	1,4
17.00	28	69	49	49	1,4

4.2.10.1. Daya Output (MW)

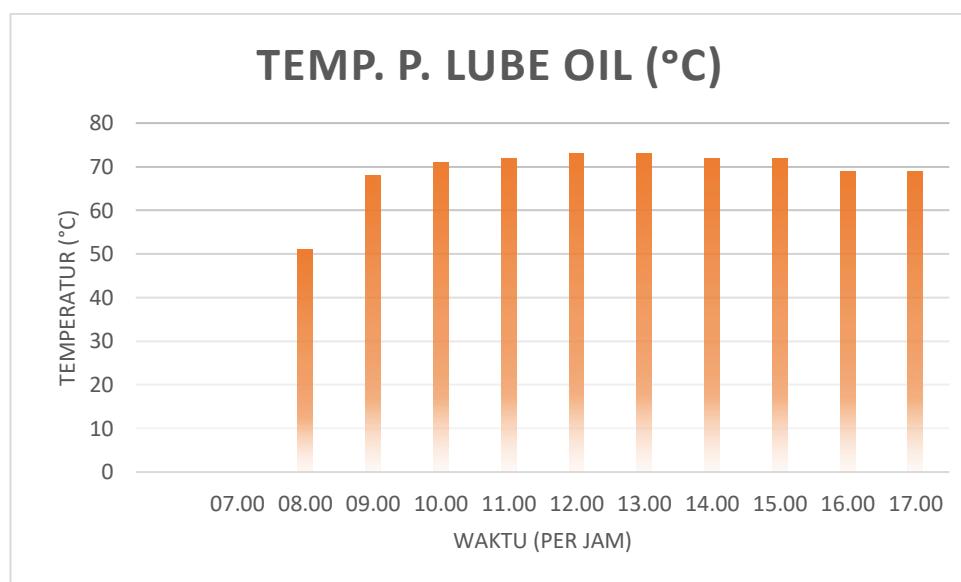


Gambar 4. 37 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 14 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.37 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit

PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 09.00 sampai dengan jam 11.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada jam 12.00 sampai dengan 14.00 terjadi penurunan beban sebanyak 4 MW sehingga *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 24 MW, tak lama kemudian pada jam 15.00 sampai 17.00 terjadi kenaikan ke beban maksimal, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.10.2.Temperatur Lube Oil (°C)

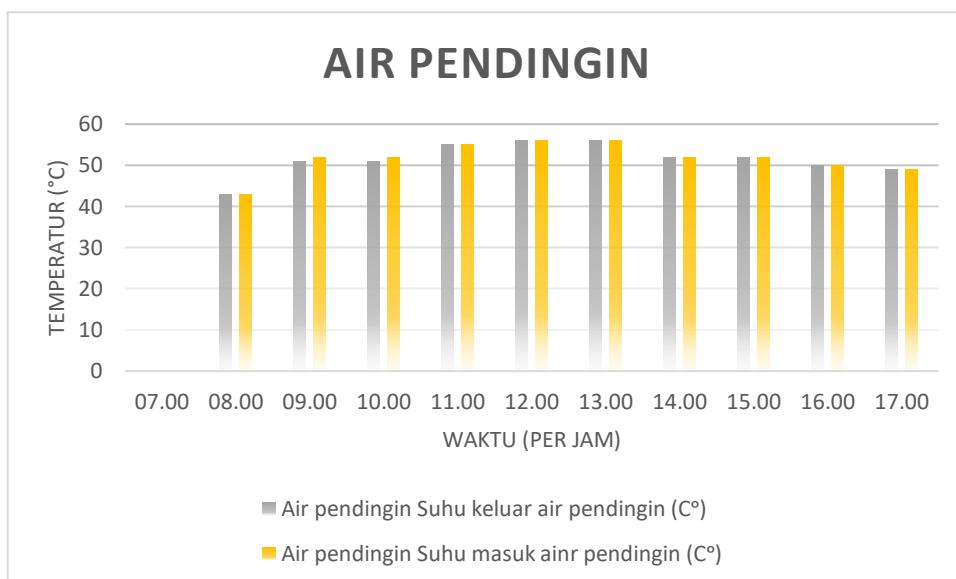


Gambar 4. 38 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 14 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.38 Menunjukkan perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit. Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 51°C pada pukul 08.00 adapun temperatur tertinggi sebesar 73°C pada pukul 12.00 dan 13.00, berdasarkan hasil analisa hal

tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

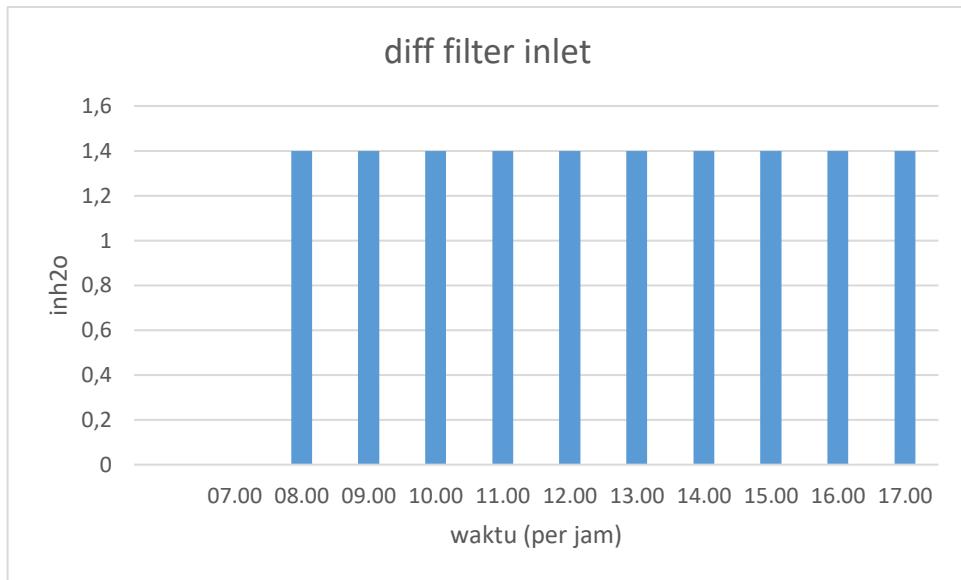
4.2.10.3. Air Pendingin



Gambar 4. 39 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 14 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.39 Menunjukkan pada tanggal 14-09-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dan 13.00 dengan suhu 56°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 43°C, Sedangkan data temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dan 13.00 dengan temperatur tertinggi mencapai suhu 56°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 43°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.10.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 40 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 14 November 2023

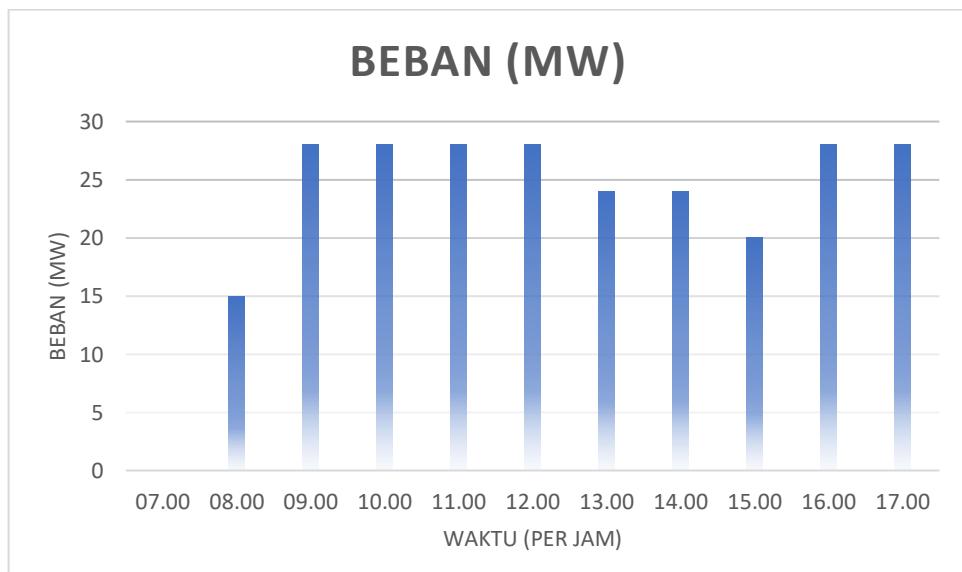
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.40 Menunjukkan pada tanggal 14-09-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,4 InH₂O.

4.2.11. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 11 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (15 November 2023)

Hari; Rabu Tanggal; 15 Nov 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar air pendingin (°C)	Suhu masuk air pendingin (°C)	InH ₂ O
07.00					
08.00	15	55	43	42	1,4
09.00	28	68	50	51	1,4
10.00	28	70	54	53	1,4
11.00	28	72	56	55	1,4
12.00	28	74	57	57	1,4
13.00	24	73	57	57	1,4
14.00	24	73	56	55	1,4
15.00	20	68	46	42	1,4
16.00	28	68	50	49	1,4
17.00	28	70	51	50	1,4

4.2.11.1. Daya Output (Mw)

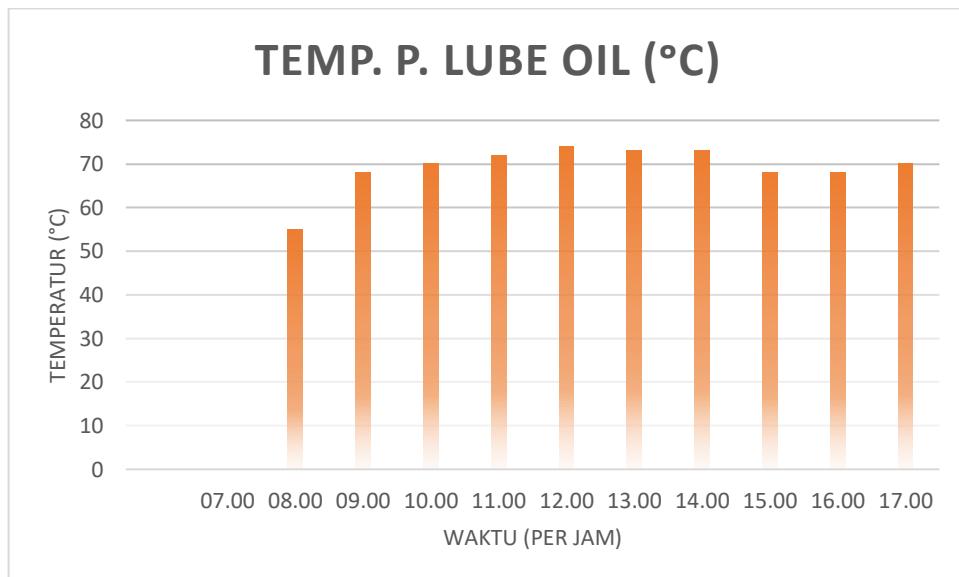


Gambar 4. 41 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 15 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.41 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit

PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 09.00 sampai dengan jam 12.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada jam 13.00 sampai dengan 14.00 terjadi penurunan beban sebanyak 4 MW, kemudian pada jam 15.00 beban kembali diturunkan ke data 20 MW sehingga *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 20 MW, tak lama kemudian pada jam 16.00 sampai 17.00 terjadi kenaikan ke beban maksimal, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.11.2. Temperatur Lube Oil (°C)

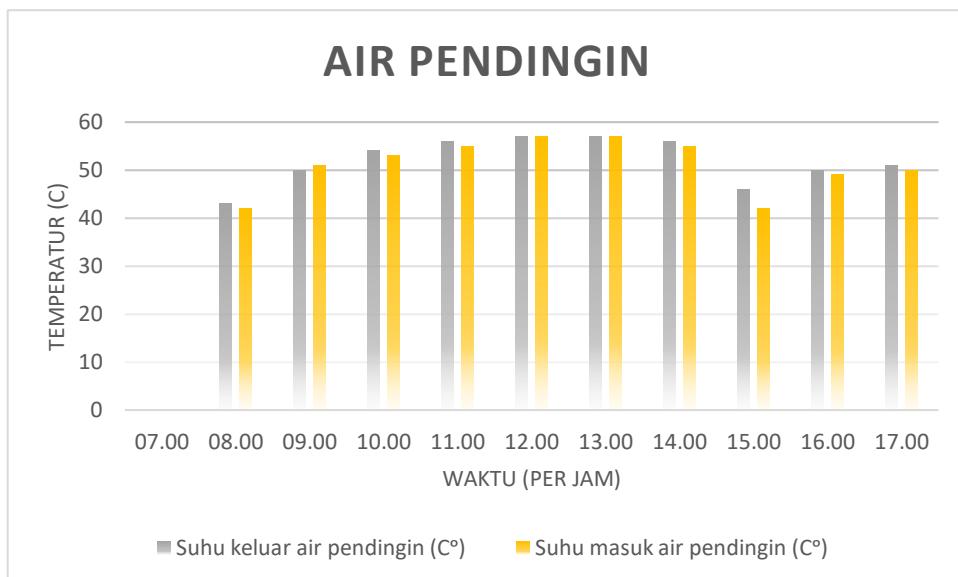


Gambar 4. 42 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 15 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.42 Menunjukkan perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit. Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 55°C pada pukul 08.00. Adapun temperatur tertinggi sebesar 74°C pada pukul 12.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut

terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

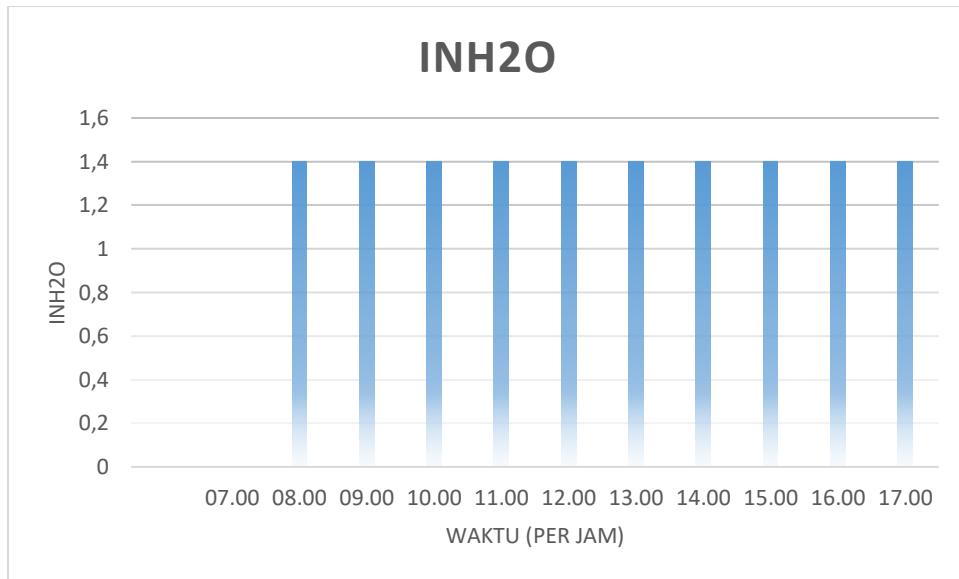
4.2.11.3. Air Pendingin



Gambar 4. 43 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 15 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.43 Menunjukkan pada tanggal 15-09-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dan 13.00 dengan suhu 57°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 43°C, Sedangkan data temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dan 13.00 dengan temperatur tertinggi mencapai suhu 57°C dan temperatur terendah pada jam 08.00 dengan suhu 42°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.11.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 44 Hasil Differensial Filter Inlet (InH₂O) terhadap waktu pada tanggal 15 November 2023

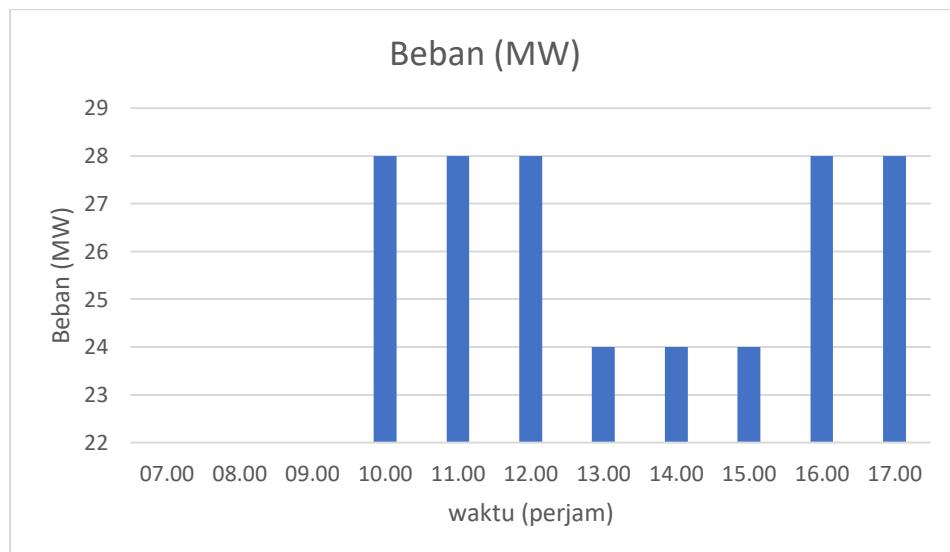
Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara masuk dari luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.44 Grafik Menunjukkan pada tanggal 15-09-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,4 InH₂O.

4.2.12. Data Operasi Pembangkit listrik Tenaga Gas UNIT 2

Tabel 4. 12 Hasil produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello (17 November 2023)

Hari; Jumat Tanggal; 17 Nov 2023			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban (MW)	Temp. P. lube oil (°C)	suhu keluar air pendingin (°C)	suhu masuk air pendingin (°C)	InH ₂ O
07.00					
08.00					
09.00					
10.00	28	61	46	46	1,2
11.00	28	70	54	54	1,2
12.00	28	72	57	57	1,2
13.00	24	74	53	53	1,2
14.00	24	71	52	51	1,2
15.00	24	70	51	51	1,2
16.00	28	71	53	53	1,2
17.00	28	71	52	51	1,2

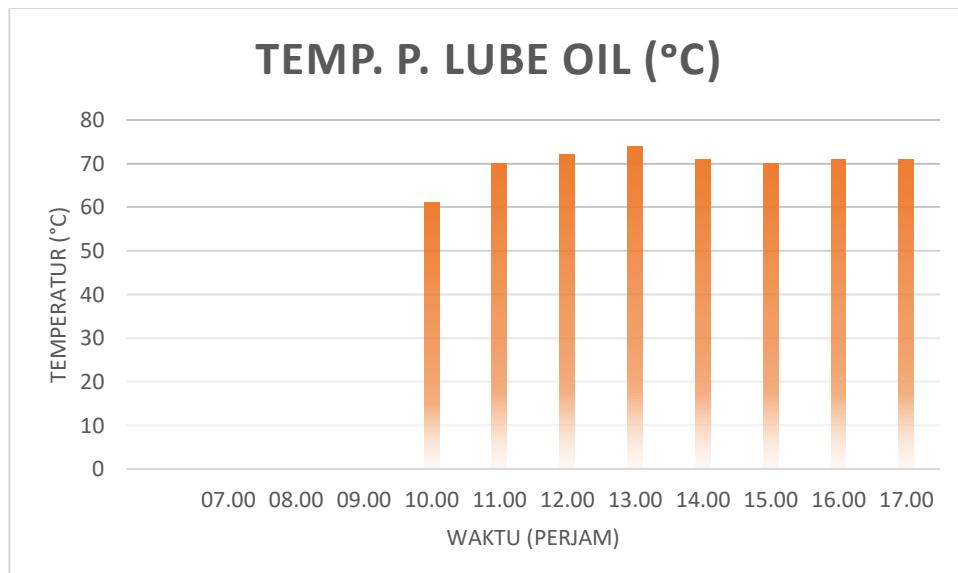
4.2.12.1. Daya Output (MW)



Gambar 4. 45 Hasil beban (MW) terhadap waktu pada tanggal 17 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.45 Menunjukkan data beban yang dihasilkan oleh *general electric*. fluktasi nilai beban atau daya output yang dihasilkan pada unit PLTG Tello dipengaruhi oleh kebutuhan beban konsumen yang di atur nilainya oleh unit pengatur dan pembagi beban yaitu PLN disebut dengan UP2B. penggunaan beban tertinggi berkisar mulai dari jam 10.00 sampai dengan jam 12.00 dengan beban tertinggi atau maksimal sebesar 28 MW, pada jam 13.00 sampai dengan 15.00 terjadi penurunan beban sebanyak 4 MW sehingga *General Electric* dari PLTG Tello mengalami penurunan beban hingga ke beban 24 MW, tak lama kemudian pada jam 16.00 sampai 17.00 terjadi kenaikan ke beban maksimal, hal tersebut disebabkan oleh tingginya temperatur permukaan lube oil.

4.2.12.2. Temperatur Lube Oil (°C)

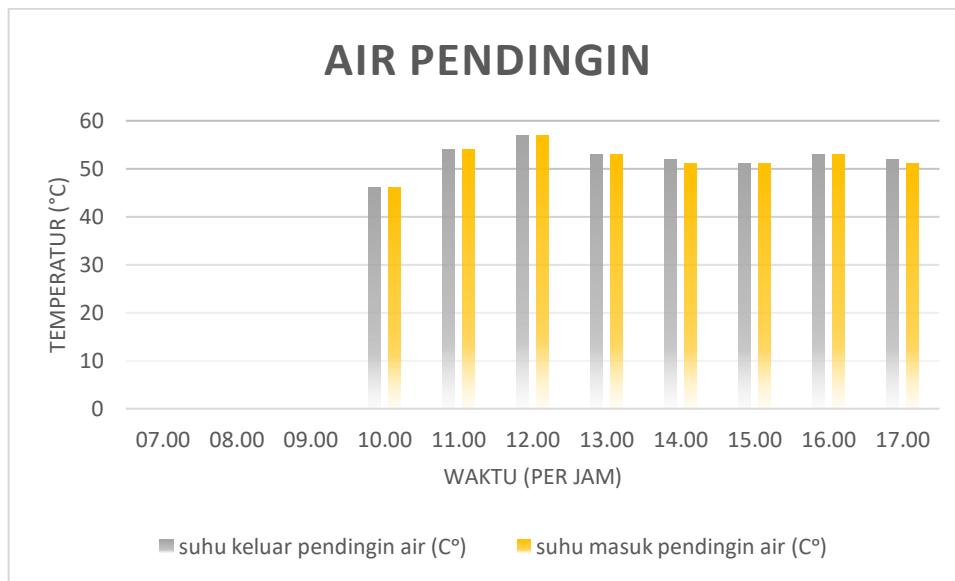


Gambar 4. 46 Hasil temperatur oli pelumas (°C) terhadap waktu pada tanggal 17 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.46 Grafik diatas menunjukkan perubahan beban tentu saja sangat berpengaruh terhadap kinerja dari suatu mesin pembangkit. Berdasarkan gambar dibawah temperatur terendah sebesar 61°C pada pukul 10.00. Adapun

temperatur tertinggi sebesar 74°C pada pukul 13.00, berdasarkan hasil analisa hal tersebut terjadi dikarenakan menurunnya kinerja dari alat penukar kalor yaitu heat exchanger sebagai alat pendingin

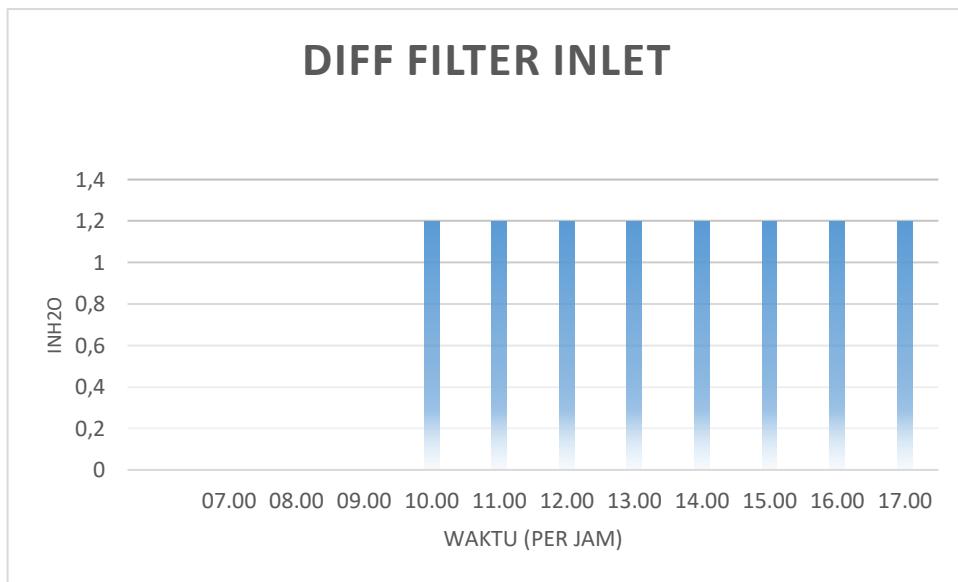
4.2.12.3. Air Pendingin



Gambar 4. 47 Hasil Air Pendingin (°C) terhadap waktu pada tanggal 17 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.47 Menunjukkan pada tanggal 17-09-2023 data temperatur suhu keluar air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dengan suhu 57°C dan temperatur terendah pada jam 10.00 dengan suhu 46°C, Sedangkan temperatur suhu masuk air pendingin menunjukkan bahwa pencapaian temperatur tertinggi tercatat pada jam 12.00 dengan temperatur tertinggi mencapai suhu 57°C dan temperatur terendah pada jam 10.00 dengan suhu 46°C, hal tersebut dapat disebabkan oleh cuaca pagi hari atau menjelang malam hari dan temperatur tertinggi dapat sebabkan akibat cuaca terik pada siang hari

4.2.12.4. Differensial Filter Inlet



Gambar 4. 48 Hasil Differensial Filter Inlet (Inh₂O) Terhadap Waktu Pada Tanggal 17 November 2023

Nilai dari diff filter inlet ini merupakan tekanan differensial dari udara luar ke dalam ruang bakar untuk mengukur tekanan yang dihasilkan oleh udara yang melewati filter sehingga dapat diukur, satuan ini juga biasanya digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem yang berhubungan dengan air, seperti sistem pipa atau penyimpanan tekanan air disebut dengan satuan InH₂O. ketika filter udara mulai tersumbat oleh beberapa partikel yang disaringnya, tekanan yang diperlukan untuk memompa udara juga meningkat. Hal ini dinyatakan dengan satuan InH₂O untuk memberi tahu tentang seberapa efisien filter ini dapat menghadapi tekanan udara. Berdasarkan Gambar 4.48 Menunjukkan pada tanggal 17-09-2023 nilai tekanan differensial ini berkisar 1,2 InH₂O.

Tabel 4. 13 Hasil rata-rata produksi daya listrik dari General Electric PLTG Tello

Tabel Hasil Rata-rata Operasi PLTG			Air pendingin		Diff. filter inlet
Jam	Beban	Temp. P. lube oil (°C)	Suhu keluar air pendingin	Suhu masuk air pendingin	InH ₂ O
	(MW)		(°C)	(°C)	
07 Oktober 2023	22,8	69,5	51,9	51,9	1,3
16 Oktober 2023	24,2	72,8	54,2	55,1	1,2
18 Oktober 2023	20	71,2	52,8	53	1,3
20 Oktober 2023	21,9	71,1	53	52,1	1,3
22 Oktober 2023	24,1	72	51,5	50	1,5
24 Oktober 2023	22,6	71,3	52,6	52,4	1,32
26 Oktober 2023	23,1	71,8	54,5	53,7	1,5
29 Oktober 2023	22,8	71,3	54,6	53,5	1,4
30 Oktober 2023	21,6	70,5	53,6	53	1,2
14 November 2023	24,8	69	51,5	51,7	1,4
15 November 2023	25,1	69,1	52	51,1	1,4
17 November 2023	26,5	70	52,2	52	1,2

Dari hasil rata-rata pada Tabel 4.13 menunjukkan hasil data harian operasi mesin pembangkit listrik tenaga gas terdapat variasi untuk setiap parameter pada berbagai tanggal pengamatan. Pada 07 Oktober 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 22.8 MW, 69.5 C°, 51.9 C°, 51.9 C°, dan 1.3 InH₂O secara berurutan. Pada 16 Oktober 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 24,2MW, 72,8°C , 54,2°C, 55,1°C, 1,2 InH₂O. Pada 18 Oktober 2023, nilai terendah dan

tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 20MW, 71,2°C , 52,8°C, 53°C, 1,3 InH20. Pada 20 Oktober 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 21,9MW, 71,1°C , 53°C, 52,1°C, 1,3 InH20. Pada 22 Oktober 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 24,1MW, 72°C , 51,5°C, 50°C, 1,5 InH20. Pada 24 Oktober 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 22,6MW, 71,3°C , 52,6°C, 50°C, 1,32 InH20. Pada 26 Oktober 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 23,1MW, 71,8°C , 54,5°C, 57,3°C, 1,5 InH20. Pada 29 Oktober 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 22,8MW, 71,3°C , 54,6°C, 53,5°C, 1,4 InH20. Pada 30 Oktober 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 21,6MW, 70,5°C , 53,6°C, 53°C, 1,2 InH20. Pada 14 November 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 24,8MW, 69°C , 51,5°C, 51,7°C, 1,4 InH20. Pada 15 November 2023, nilai terendah dan tertinggi

untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 25,1MW, 69,1°C , 52°C, 51,1°C, 1,4 InH20. Pada 17 November 2023, nilai terendah dan tertinggi untuk beban listrik, suhu minyak pelumas, suhu keluar dan masuk air pendingin, serta perbedaan tekanan filter masuk adalah sama, yaitu 26,5MW, 70°C , 52,2°C, 52°C, 1,2 InH20.

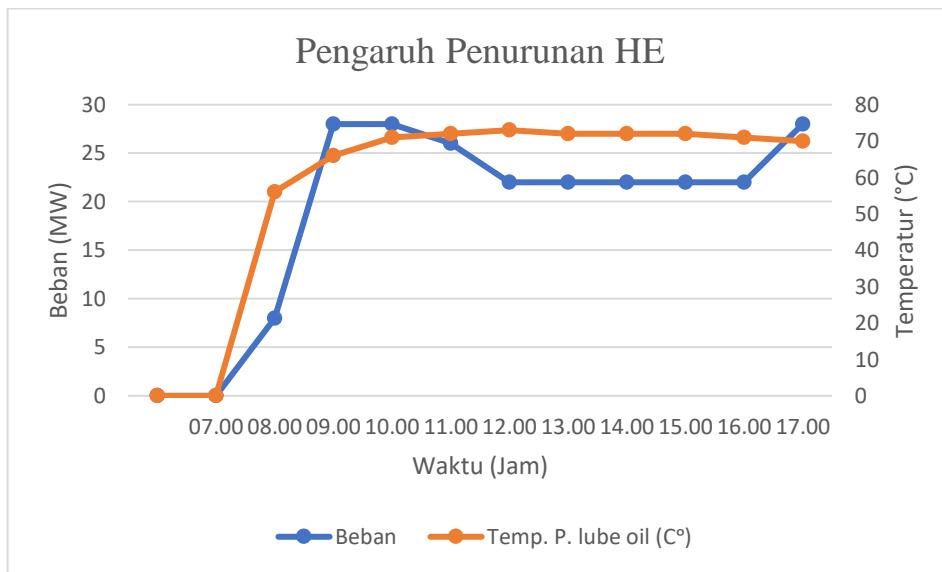
4.3. Analisa Dampak Penurunan Kinerja *Heat Exchanger*

Hasil Analisa dari dampak/pengaruh penurunan kinerja heat exchanger dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4. 14 Analisa pengaruh penurunan Heat Exchanger PLTG (Pada tanggal 07, 16, 18 Oktober 2023)

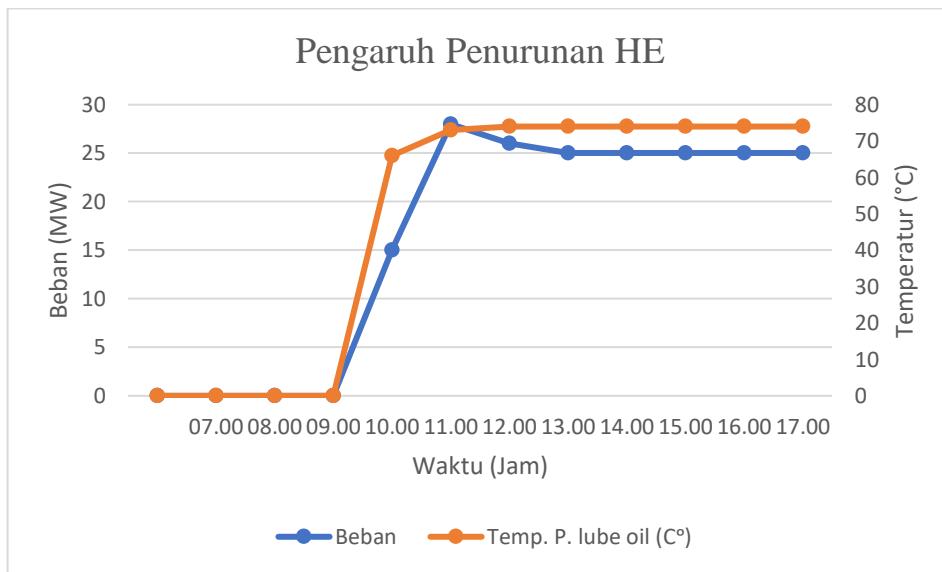
Jam	07-Oct-23		16-Oct-23		18-Oct-23	
	Beban (MW)	Temp. lube oil	Beban (MW)	Temp. lube oil	Beban (MW)	Temp. lube oil
Maxx	28	73	28	73	28	73
07.00	-	-	-	-	8	63
08.00	8	56	-	-	15	65
09.00	28	66	-	-	22	68
10.00	28	71	15	66	24	71
11.00	26	72	28	73	26	73
12.00	22	73	26	74	26	74
13.00	22	72	25	74	20	74
14.00	22	72	25	74	20	74
15.00	22	72	25	74	20	74
16.00	22	71	25	74	20	74
17.00	28	70	25	74	20	74

Pada Tabel 4.14 pengaruh penurunan hasil operasi beban *General Electric* dan temp. *lube oil* (suhu oli pelumas) selama tanggal 7,16,18. Oktober 2023 sehingga dapat dilihat pada Gambar 4.49, 4.50, 4.51.



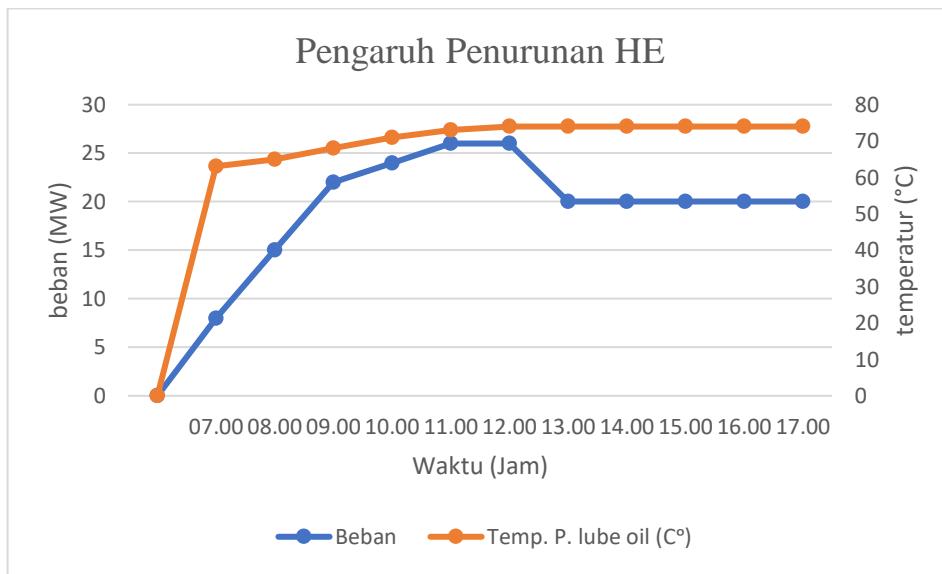
Gambar 4. 49 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 07 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.49 dapat di lihat Pada tanggal 07-oct-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 08.00 ke 09.00, dari 8 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 22-28 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 12.00 hingga 16.00 di mana beban stabil di 22 mw sebelum meningkat kembali menjadi 28 mw pada pukul 17.00. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 56°C pada pukul 09.00, suhu terus meningkat hingga mencapai puncak 73°C pada pukul 12.00 setelah itu suhu pelumas sedikit menurun tetapi tetap berada di kisaran 72°C hingga pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.



Gambar 4. 50 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 16 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.50 dapat di lihat Pada tanggal 16-oct-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 10.00 ke 11.00, dari 15 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 25 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 12.00 hingga 16.00 di mana beban stabil di 25 mw. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 66°C pada pukul 10.00, suhu terus meningkat hingga mencapai puncak 73°C pada pukul 12.00 setelah itu suhu pelumas sedikit melewati batas maksimal berada di suhu 74°C hingga 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.



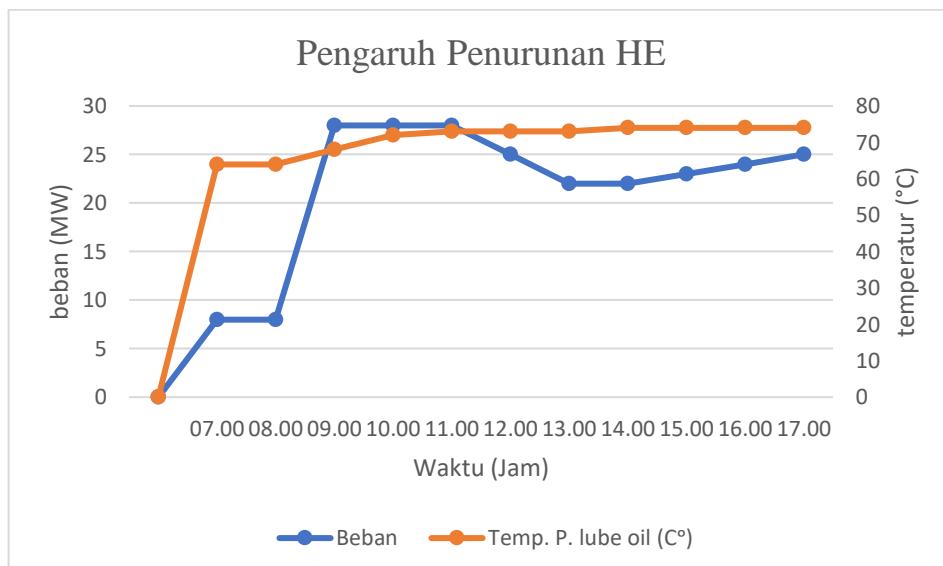
Gambar 4. 51 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 18 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.51 dapat di lihat Pada tanggal 18 -oct-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 07.00 ke 12.00, dari 8 MW ke 26 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 20 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 12.00 hingga 17.00 di mana beban stabil di 20 mw pada pukul 17.00. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 63°C pada pukul 07.00, suhu terus meningkat hingga mencapai puncak 73°C pada pukul 11.00 setelah itu suhu pelumas sedikit melewati batas maksimal berada di suhu 74°C hingga pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas. Hasil Analisa dari dampak/pengaruh penurunan kinerja heat exchanger dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4. 15 Analisa pengaruh penurunan Heat Exchanger PLTG (Pada tanggal 20, 22, 24 Oktober 2023)

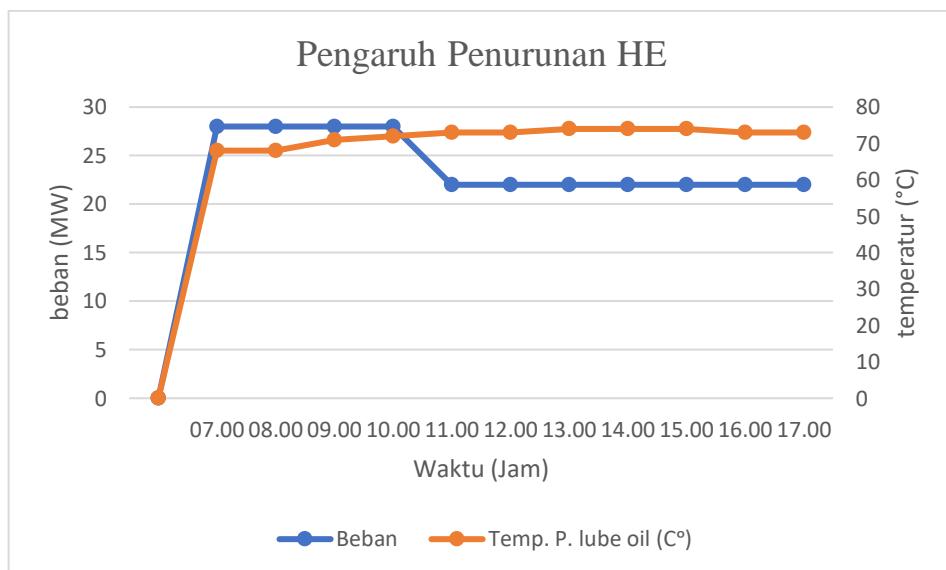
Jam	20-Oct-23		22-Oct-23		24-Oct-23	
	Beban (MW)	Temp. lube oil	Beban (MW)	Temp. lube oil	Beban (MW)	Temp. lube oil
Maxx	28	73	28	73	28	73
07.00	8	64	28	68	10	64
08.00	8	64	28	68	28	66
09.00	28	68	28	71	28	70
10.00	28	72	28	72	28	72
11.00	28	73	22	73	25	73
12.00	25	73	22	73	25	73
13.00	22	73	22	74	20	73
14.00	22	74	22	74	28	73
15.00	23	74	22	74	25	74
16.00	24	74	22	73	25	74
17.00	25	74	22	73	28	71

Pada Tabel 4.15 pengaruh penurunan hasil operasi beban *General Electric* dan temp. *lube oil* (suhu oli pelumas) selama tanggal 20,22,24 Oktober 2023 sehingga dapat dilihat pada Gambar 4.52, 4.53, 4.54.



Gambar 4. 52 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 20 Oktober 2023

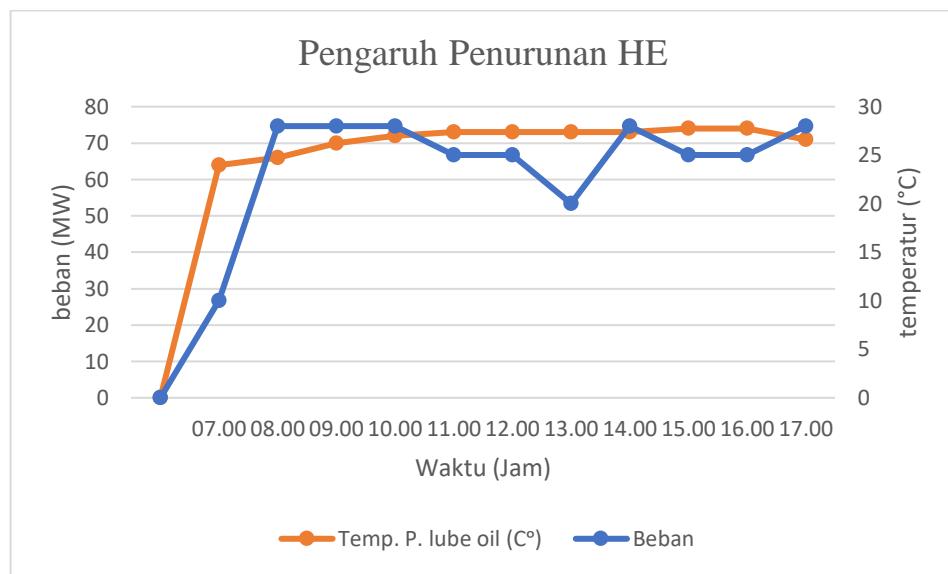
Berdasarkan Gambar 4.52 dapat dilihat Pada tanggal 20-oct-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 07.00 ke 11.00, dari 8 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 25 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 12.00 hingga 16.00 di mana beban relatif stabil di 23 mw. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 64°C pada pukul 07.00, suhu terus meningkat hingga mencapai puncak 73°C pada pukul 13.00 setelah itu suhu pelumas sedikit melewati batas maksimal berada di suhu 74°C hingga 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.



Gambar 4. 53 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 22 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.53 dapat dilihat Pada tanggal 22-oct-23 beban stabil dari pukul 07.00 ke 10.00, sebesar 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 22 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 10.00 hingga 17.00 di mana beban relatif stabil di 22 mw. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 68°C pada pukul 07.00, suhu terus meningkat hingga

mencapai puncak 73°C pada pukul 11.00 hingga pukul 12.00, setelah itu suhu pelumas sedikit melewati batas maksimal berada di suhu 74°C hingga 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.



Gambar 4. 54 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 24 Oktober 2023

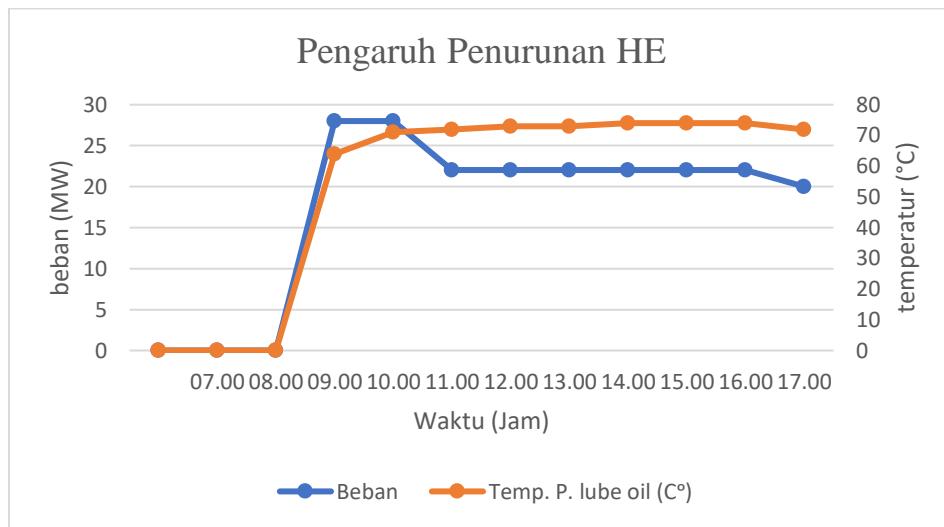
Berdasarkan Gambar 4.54 dapat di lihat Pada tanggal 24-oct-23 perubahan beban meningkat dari pukul 07.00 ke 08.00, dari 10 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 28 MW hingga pukul 10.00, dengan penurunan singkat pada pukul 11.00 hingga 13.00 di mana beban relatif stabil di 25 mw. Setelah itu beban ke 28 mw pada pukul 14.00 mengalami penurunan singkat kembali di 25 mw, sebelum meningkat kembali menjadi 28 mw pada pukul 17.00, sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 64°C pada pukul 07.00, suhu terus meningkat hingga mencapai puncak 73°C pada pukul 11.00 hingga 14.00 setelah itu suhu pelumas sedikit melewati batas maksimal berada di suhu 74°C

hingga pada pukul 15.00 hingga 16.00, kemudian suhu turun secara cepat dengan suhu 71°C pada pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas. Hasil Analisa dari dampak/pengaruh penurunan kinerja heat exchanger dapat dilihat pada Tabel 4.16

Tabel 4. 16 Analisa pengaruh penurunan Heat Exchanger PLTG (Pada tanggal 26, 29, 30 Oktober 2023)

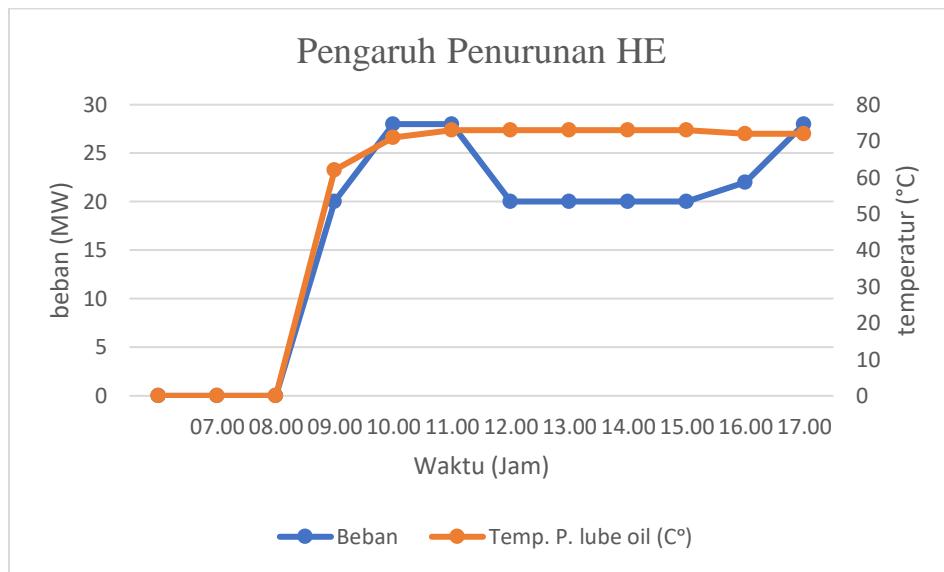
Jam	26-Oct-23		29-Oct-23		30-Oct-23	
	Beban (MW)	Temp. lube oil	Beban (MW)	Temp. lube oil	Beban (MW)	Temp. lube oil
Maxx	28	73	28	73	28	73
07.00	-	-	-	-	-	-
08.00	-	-	-	-	12	52
09.00	28	64	20	62	28	68
10.00	28	71	28	71	28	71
11.00	22	72	28	73	28	74
12.00	22	73	20	73	20	73
13.00	22	73	20	73	20	74
14.00	22	74	20	73	20	74
15.00	22	74	20	73	20	74
16.00	22	74	22	72	20	73
17.00	20	72	28	72	20	72

Pada Tabel 4.16 pengaruh penurunan hasil operasi beban *General Electric* dan temp. *lube oil* (suhu oli pelumas) pada tanggal 26,29,30. Oktober 2023 sehingga dapat dilihat pada Gambar 4.55, 4.56, 4.57.



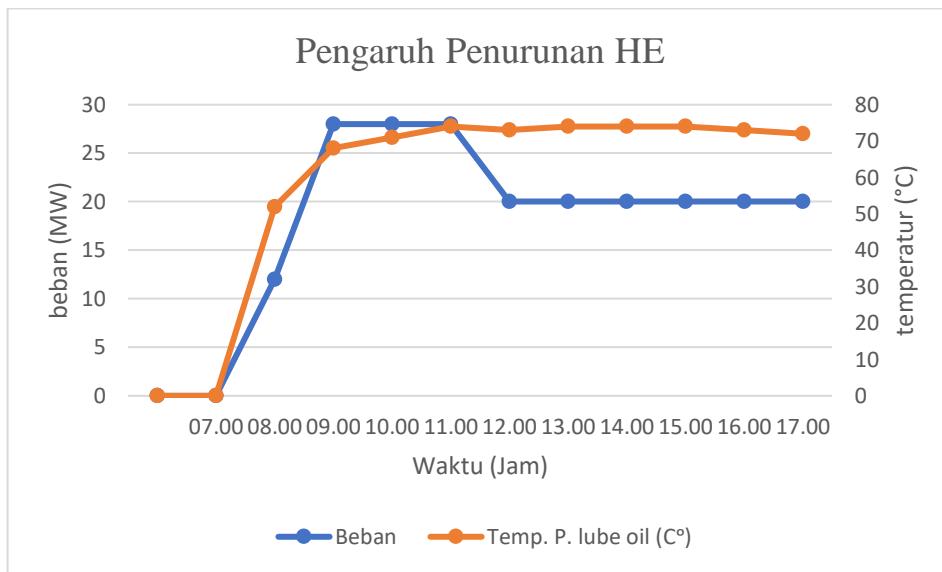
Gambar 4. 55 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 26 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 4.55 dapat dilihat Pada tanggal 26-oct-23 beban stabil dari pukul 09.00 ke 10.00, sebesar 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 22 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 11.00 hingga 17.00 di mana beban relatif stabil di 22 mw. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 64°C pada pukul 09.00, suhu terus meningkat hingga mencapai puncak 73°C pada pukul 12.00 hingga pukul 13.00, setelah itu suhu pelumas sedikit melewati batas maksimal berada di suhu 74°C hingga 16.00, kemudian suhu mengalami penurunan dengan suhu 72°C pada pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.



Gambar 4. 56 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 29 Oktober 2023

Berdasarkan Gambar 5.56 dapat dilihat pada tanggal 29-oct-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 08.00 ke 11.00, dari 12 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 20 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 12.00 hingga 17.00 di mana beban stabil di 20 MW. Sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 52°C pada pukul 08.00, suhu terus meningkat hingga melewati batas maksimal mencapai puncak 74°C pada pukul 11.00 hingga 15.00 setelah itu suhu pelumas sedikit menurun tetapi tetap berada pada batas maksimal di kisaran 73°C hingga pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.



Gambar 4. 57 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 30 Oktober 2023

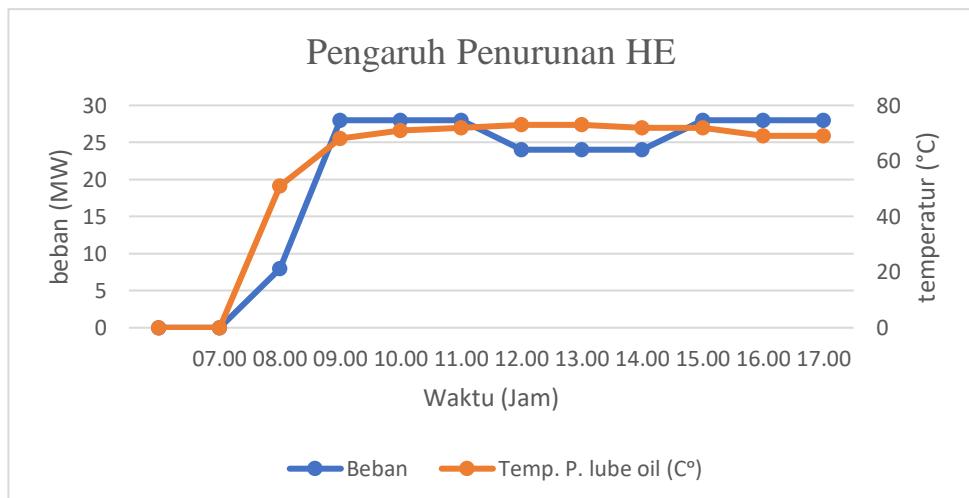
Berdasarkan Gambar 4.57 dapat di lihat Pada tanggal 30-oct-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 09.00 ke 10.00, dari 20 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 22-28 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 12.00 hingga 16.00 di mana beban stabil di 20 MW sebelum meningkat kembali menjadi 28 MW pada pukul 17.00. Sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 62°C pada pukul 09.00, suhu terus meningkat hingga mencapai puncak 73°C pada pukul 11.00 hingga 15.00 setelah itu suhu pelumas sedikit menurun tetapi tetap berada di kisaran 72°C hingga pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas. Hasil Analisa dari dampak/pengaruh penurunan kinerja heat exchanger dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4. 17 Analisa pengaruh penurunan Heat Exchanger PLTG (Pada tanggal 14, 15, 17 November 2023)

Jam	14-Nov-23	15-Nov-23	17-Nov-23
-----	-----------	-----------	-----------

	Beban (MW)	Temp. lube oil	Beban (MW)	Temp. lube oil	Beban (MW)	Temp. lube oil
Maxx	28	73	28	73	28	73
07.00	-	-	-	-	-	-
08.00	8	51	15	55	-	-
09.00	28	68	28	68	-	-
10.00	28	71	28	70	28	61
11.00	28	72	28	72	28	70
12.00	24	73	28	74	28	72
13.00	24	73	24	73	24	74
14.00	24	72	24	73	24	71
15.00	28	72	20	68	24	70
16.00	28	69	28	68	28	71
17.00	28	69	28	70	28	71

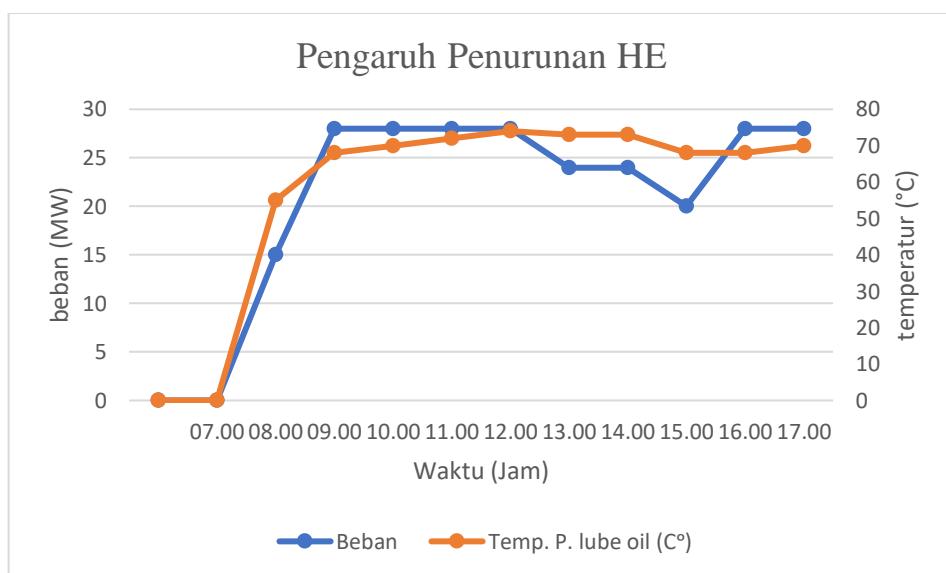
Pada Tabel 4.17 pengaruh penurunan hasil operasi beban *General Electric* dan temp. *lube oil* (suhu oli pelumas) selama tanggal 14,15,17 November 2023 sehingga dapat dilihat pada Gambar 4.58, 4.59, 4.60.



Gambar 4. 58 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 14 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.58 dapat di lihat Pada tanggal 14-Nov-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 08.00 ke 09.00, dari 8 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 24-28 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 11.00 hingga 14.00 di mana beban stabil di 24 mw

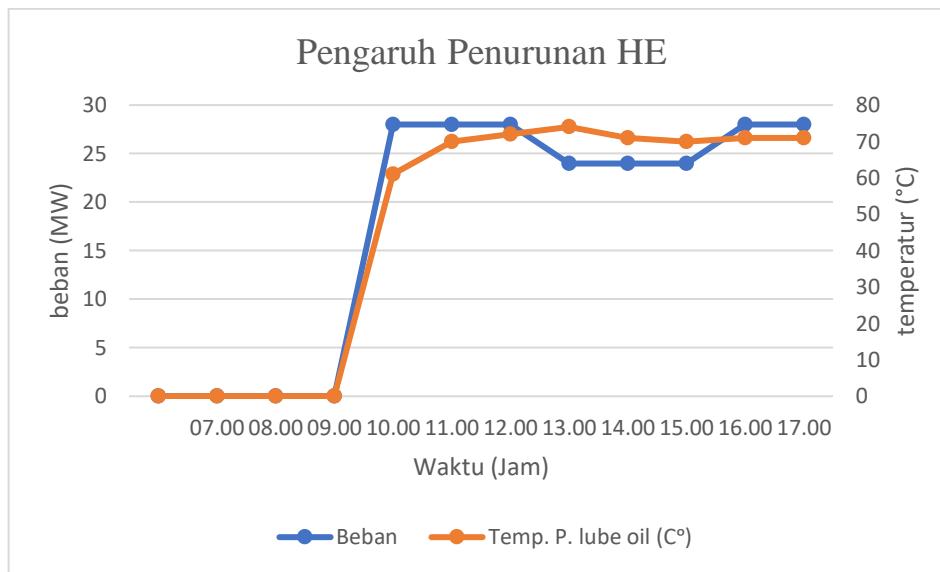
sebelum meningkat kembali menjadi 28 mw pada pukul 15.00 hingga pada 17.00. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 51°C pada pukul 08.00, suhu terus meningkat hingga mencapai puncak 73°C pada pukul 12.00 setelah itu suhu pelumas sedikit menurun tetapi tetap berada di kisaran 69°C hingga pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.



Gambar 4. 59 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 15 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.59 dapat dilihat pada tanggal 15-Nov-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 08.00 ke 09.00, dari 15 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 24-28 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 13.00 hingga 14.00 di mana beban stabil di 24 mw, setelahnya mengalami penurunan kembali pada pukul 20 mw, sebelum meningkat kembali menjadi 28 mw pada pukul 17.00. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 55°C pada pukul 08.00, suhu terus meningkat hingga

melewati batas suhu maksimal mencapai puncak 74°C pada pukul 12.00 setelah itu suhu pelumas sedikit menurun tetapi tetap berada di kisaran 70°C hingga pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.



Gambar 4. 60 Hasil produksi daya listrik berdasarkan perubahan temperatur oli pelumas pada tanggal 17 November 2023

Berdasarkan Gambar 4.60 dapat dilihat pada Tanggal 17-Nov-23 perubahan beban meningkat tajam dari pukul 10.00 ke 12.00, dari 0 MW ke 28 MW. Setelah itu, beban tetap relatif dan stabil di sekitar 20-28 MW hingga pukul 17.00, dengan penurunan singkat pada pukul 13.00 hingga 15.00 di mana beban stabil di 24 mw, sebelum meningkat kembali menjadi 28 mw pada pukul 16.00 hingga 17.00. sementara itu suhu pelumas juga meningkat tajam dari 55°C pada pukul 10.00, suhu terus meningkat hingga melewati batas suhu maksimal mencapai puncak 74°C pada pukul 13.00 setelah itu suhu pelumas sedikit menurun tetapi tetap berada di kisaran 71°C hingga pukul 17.00, berdasarkan hasil analisa ada hubungan positif antara

beban dan suhu pelumas peningkatan beban cenderung diikuti oleh peningkatan suhu pelumas.

Untuk menjaga performa mesin pembangkit yaitu dapat dilakukan dengan pengamatan visual atau secara langsung data temperatur operasi mesin pembangkit, dari tabel di atas dapat diamati pada waktu tertentu Temp.lube oil (suhu oli pelumas) melewati batas maksimal yang telah ditentukan secara bersamaan beban dari *general electric* dilakukan fluktuasi dengan menurunkan beban daya output untuk menghindari kenaikan temperatur lebih tinggi yang dapat menyebabkan overheating sehingga mengakibatkan tripped.

4.4. Hasil Analisa Kualitas Fluida Air Pendingin Heat Exchanger

Tabel 4. 18 Hasil analisa kualitas fluida air pendingin

No	Nama Sampel	pH	Conductivity	TDS	Turbidity	Total Hardness
			µS/cm	ppm	NTU	ppm
	Nilai Standart	8	500	200	5	120
1	DRAIN RADIATOR GE#1	10,09	164	71	24,77	5
2	DRAIN RADIATOR GE#2	9,85	140	82	15,84	8
3	AIR BAKU	7,85	106	55	27,01	7
4	AIR HASIL DESAL	7,8	105	77	4,83	9
5	AIR HASIL DEMIN	8,31	275	121	0,71	8

Berdasarkan Tabel 4.16 Data pengambilan sampel air drain radiator GE#1 dan GE#2, air baku, air hasil desal, air hasil demin

Sampel *drain* radiator GE#1 & GE#2 menunjukkan pH yang sangat tinggi, masing-masing 10,09 dan 9,85, nilainya jauh di atas standar pH 8. Hal ini bisa menyebabkan korosi basa pada sistem pendingin, yang berpotensi merusak komponen logam. Selain itu tingkat kekeruhan (turbidity) pada sampel ini juga

sangat tinggi, dengan drain air radiator GE#1 mencapai 24,77 NTU dan drain air radiator GE#2 mencapai 15,84 NTU, melebihi batas standar 5 NTU. Kekeruhan yang tinggi ini bisa menyumbat sistem pendingin, mengurangi efisiensi pertukaran panas, dan meningkatnya biaya perawatan.

Air baku memiliki pH yang mendekati netral, yaitu 7,85, sedikit dibawah standar namun masih dalam rentan yang dapat diterima. Namun, masalah utama pada air baku ini adalah tingkat kekeruhan yang sangat tinggi, mencapai 27,02 NTU. Kekeruhan setinggi ini dapat menyebabkan penyumbatan serius pada sistem pendingin. Penggunaan sistem filtrasi lanjutan sangat direkomendasikan untuk mengurangi kekeruhan sebelum air baku digunakan dalam proses pendinginan.

Air hasil desal menunjukkan pH yang sedikit lebih standar yaitu 8,31, namun masih dalam rentan yang sangat diterima, konduktivitas dan TDS pada air hasil demineralisasi menunjukkan nilai yang cukup tinggi (275 μ S/cm dan 121 ppm), meskipun masih dibawah batas standar 500 μ S/cm dan 200 ppm. Kekeruhan yang sangat rendah (0,71 NTU) merupakan indikator positif, memastikan bahwa air hasil demineralisasi sangat bersih dan ideal untuk digunakan dalam sistem pendingin tanpa risiko penyumbatan. Direkomendasikan untuk memantau konduktivitas dan TDS, serta memastikan sistem demineralisasi berfungsi dengan baik untuk mempertahankan kualitas air.

4.5. Hasil Analisa Penyelesaian *Heat Exchanger*

Dari banyaknya permasalahan heat exchanger air pendingin yang umum terjadi di PLTG Tello yang dapat menurunkan kinerja dari alat heat exchanger yaitu diantaranya kualitas air pendingin yang melebihi batas standar NTU, Analisa

kualitas air fluida sebagai air pendingin yaitu tingkat kekeruhan (turbidity) pada sampel sangat tinggi, dengan drain air radiator GE#1 mencapai 24,77 NTU dan drain air radiator GE#2 mencapai 15.84 NTU, melebihi batas standar 5 NTU dapat disimpulkan terdapat kandungan kontaminan berupa karat yang tercampur pada air pendingin cukup besar yang dapat menyebabkan penumpukan kerak ataupun endapan didalamnya, pemumpukan kerak atau endapan dapat menyebabkan menurunnya tekanan fluida air pendingin dan dapat mengalami kehausan pada material yang dapat menyebabkan kebocoran pada pipa pipa maupun valve

Beberapa bentuk kerja keras dan upaya *maintenance* (pemeliharaan) rutin dan penyelesaian masalah yang umum dilakukan pada heat exchanger, antara lain; untuk mengatasi permasalahan kualitas air pendingin yaitu dengan cara pergantian air pendingin secara rutin, apabila kurang efektif di rekomendasikan untuk menyesuaikan pH dengan bahan kimia penyeimbang dan menggunakan sistem filtrasi yang berkelanjutan untuk mengurangi kekeruhan pada air pendingin, dan direkomendasikan untuk menggunakan air PDAM

Untuk mengatasi kebocoran pipa pipa adalah dengan melakukan perbaikan pipa dengan cara mengganti bagian pipa yang rusak atau memperbaiki sambungan pipa yang longgar atau rusak, untuk mengatasi kebocoran akibat kerusakan packing, agar dapat memeriksa kondisi packing dan mengganti dengan packing yang baru dan sesuai spesifikasinya jika diperlukan.

Untuk penyelesaian penumpukan kerak ataupun endapan dari kualitas air maupun korosi pada permukaan pipa bagian dalam, casing bagian dalam maupun

bagian sulit lainnya dapat dilakukan dengan teknik hydrojetting yaitu pembersihan menggunakan air yang bertekanan tinggi.

Untuk solusi dari penurunan tekanan air pendingin yaitu pengecekan secara berkala pada pompa *supply* air pendingin, apa bila terjadi kebocoran agar dilakukan pembersihan pada saluran masuk dan keluar pompa, casing bagian dalam pompa dan impeller, pergantian bearing pompa, packing pompa sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) yang ditetapkan.

Standar operasional prosedur (SOP) hal yang harus dilakukan Ketika terjadi overheat pada oli pelumas yaitu; pemeriksaan sistem pendingin (*heat exchanger*, tekanan dan *flow* motor *cooling water pump*, temperatur masuk dan keluar air radiator, pemeriksaan kondisi *valve* atau katub-katub, periksa kondisi air *cooling fan* yang dijadikan sebagai pendingin air demin) Apabila semua normal maka segera lakukan tindakan untuk menurunkan beban atau *stop engine* sekalian untuk melakukan pengecekan lebih dalam dari sisi *rotating* yang sistem pelumasnya di layani dari oli pelumas.

Berikut ini alur Standar operasional prosesdur (SOP) dan Diagram Alir yang harus di ikuti oleh karyawan yang sedang bertugas;

1. Tujuan

SOP Ini Bertujuan Sebagai Panduan Kepada Personel Operasional Dalam Mengidentifikasi, Menangani, Dan Mencegah Overheat Pada Minyak Pelumas Turbin Gas Pltg Unit Bisnis Pembangkitan Tello

2. Ruang lingkup

SOP ini berlaku untuk semua mesin dan peralatan yang menggunakan minyak pelumas di dalam power plant, termasuk prosedur identifikasi, tindakan darurat, pelaporan, dan langkah-langkah pencegahan.

3. Definisi overheating minyak pelumas

Overheat pada minyak pelumas adalah kondisi dimana suhu temperatur minyak pelumas melebihi ambang batas yang ditentukan, yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas minyak dan potensi kerusakan pada komponen mesin.

4. Proses identifikasi overheating

- 1) Pengamatan visual yaitu kondisi Dimana operator yang bertugas melakukan memonitoring visual terhadap pada panel control untuk memantau indikator suhu minyak pelumas
- 2) Memonitoring suhu yaitu kondisi Dimana operator yang bertugas dapat membaca perangkat pengukur suhu yang terpasang pada unit mesin untuk memantau suhu secara terus-menerus
- 3) Perangkat deteksi otomatis yaitu memastikan sistem dilengkapi dengan sensor suhu otomatis yang dapat memberikan peringatan dini jika suhu minyak melebihi ambang batas yang ditetapkan

5. Tindakan darurat

- 1) Reaksi Pertama: Segera matikan mesin atau peralatan yang terkena dampak overheating untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.
- 2) Pemadaman Sumber Panas: Putuskan pasokan energi atau sumber panas yang mungkin menyebabkan kenaikan suhu.

- 3) Pemeriksaan Awal: Amati kondisi fisik dan operasional mesin atau peralatan untuk mengevaluasi dampak overheating pada minyak pelumas.
 - 4) Kontak Tim Teknis: Hubungi tim teknis atau supervisor untuk evaluasi lebih lanjut dan instruksi lanjutan.
6. Pelaporan dan dokumentasi
- 1) Pelaporan: Laporkan insiden overheating kepada manajemen atau supervisor sesegera mungkin setelah tindakan darurat dilakukan.
 - 2) Catatan Pemantauan: Catat semua informasi terkait tindakan yang diambil, termasuk suhu saat terjadinya overheating dan langkah-langkah pemulihan awal.
 - 3) Simpan Data: Simpan semua data terkait untuk evaluasi dan analisis lebih lanjut, serta untuk referensi masa depan.
7. Pencegahan
- 1) Perawatan Preventif: Tetapkan jadwal perawatan rutin untuk penggantian minyak pelumas sesuai dengan rekomendasi produsen.
 - 2) Pemantauan Rutin: Lakukan pemantauan suhu secara teratur dan pastikan bahwa parameter operasional tetap dalam batas yang aman.
 - 3) Pelatihan Karyawan: Berikan pelatihan kepada personel operasional tentang tanda-tanda dan tindakan pencegahan overheating pada minyak pelumas.
8. Peninjauan dan revisi
- 1) Peninjauan Berkala: Review SOP ini secara berkala untuk memastikan keberlanjutan dan efektivitasnya dalam mengatasi situasi overheating.

- 2) Revisi SOP: Lakukan revisi sesuai dengan perubahan teknologi atau pengalaman operasional, dengan melibatkan feedback dari personel terkait.

9. Referensi

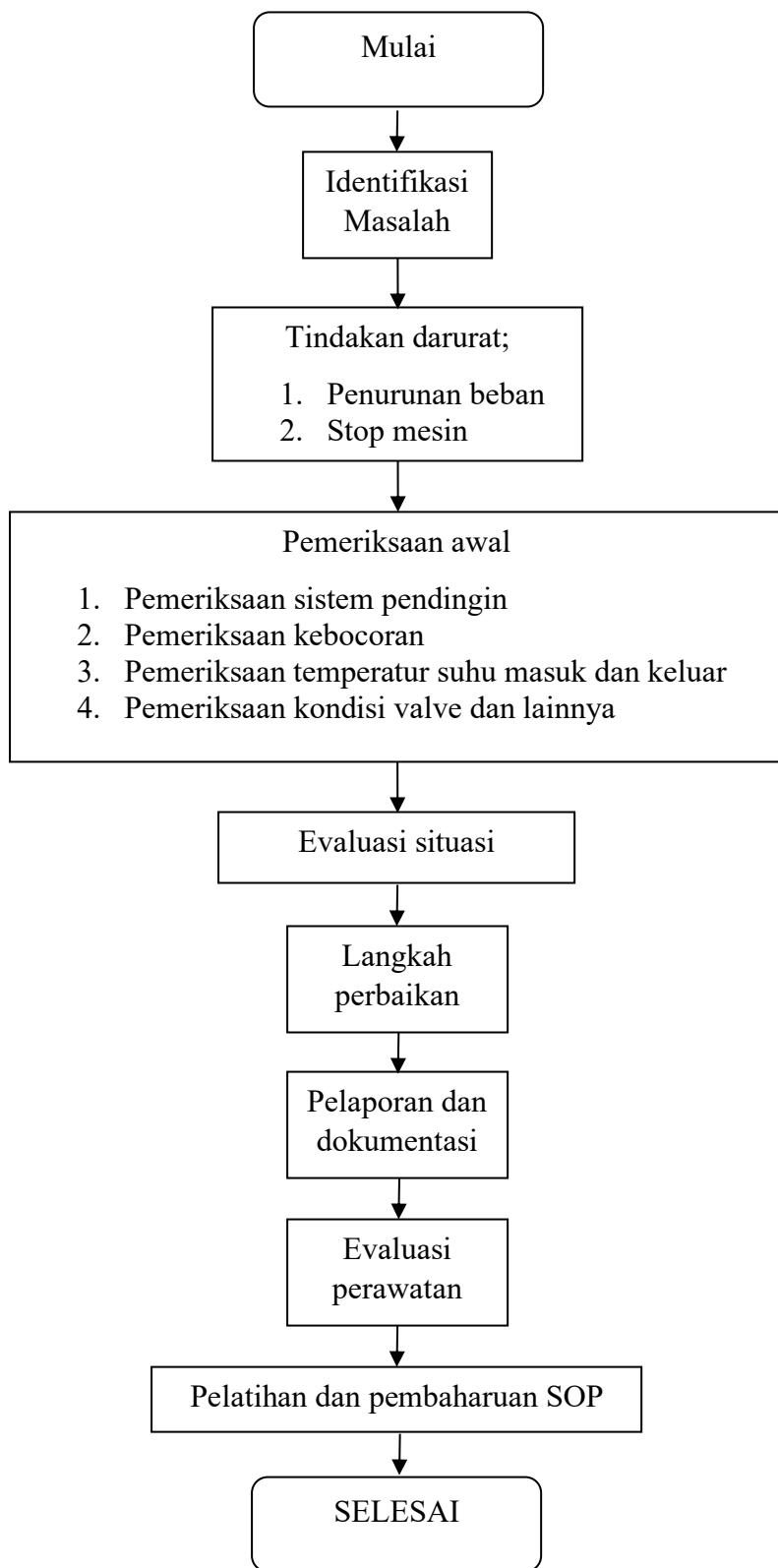
- 1) General Electric Manual Book
- 2) IEEE Standard 979-2022 "Guide for Substation Fire Protection"
- 3) NFPA 850 "Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations"

10. Persetujuan

SOP ini Di setujui oleh Manager unit

11. Diagram alir

Diagram alir SOP dapat dilihat pada gambar 4.61 sebagai berikut:



Gambar 4. 61 Diagram Alir SOP

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah, hasil penelitian dan analisis data pada heat exchanger di UP-PLTG Tello PT.PLN INDONESIA POWER UBP Tello, disimpulkan beberapa hal berikut;

1. Analisa dampak penurunan kinerja heat exchanger terdapat hubungan positif antara beban dan suhu pelumas yaitu kenaikan beban secara signifikan dapat meningkatkan suhu pelumas yang menyebabkan fluktuasi pada beban, yang seharusnya dapat memaksimalkan dan mengamankan daya output dari *General Electric*
2. Analisa kualitas air fluida sebagai air pendingin yaitu tingkat kekeruhan (turbidity) pada sampel sangat tinggi, dengan drain air radiator GE#1 mencapai 24,77 NTU dan drain air radiator GE#2 mencapai 15.84 NTU, melebihi batas standar 5 NTU dapat disimpulkan terdapat kandungan kontaminan berupa karat yang tercampur pada air pendingin cukup besar.
3. Untuk dapat mengatasi setiap permasalahan pada heat exchanger dengan Langkah awal yang harus dilakukan adalah identifikasi setiap permasalahan dengan pedoman pada Standar Operasional Prosedur(SOP) yang telah ditetapkan

5.2. Saran

Direkomendasikan kedepannya bahwa penelitian ini dapat dilanjutkan dengan analisis dan perhitungan untuk mengetahui efektivitas dari HEAT EXCHANGER untuk dapat memaksimalkan kinerja generator

DAFTAR PUSTAKA

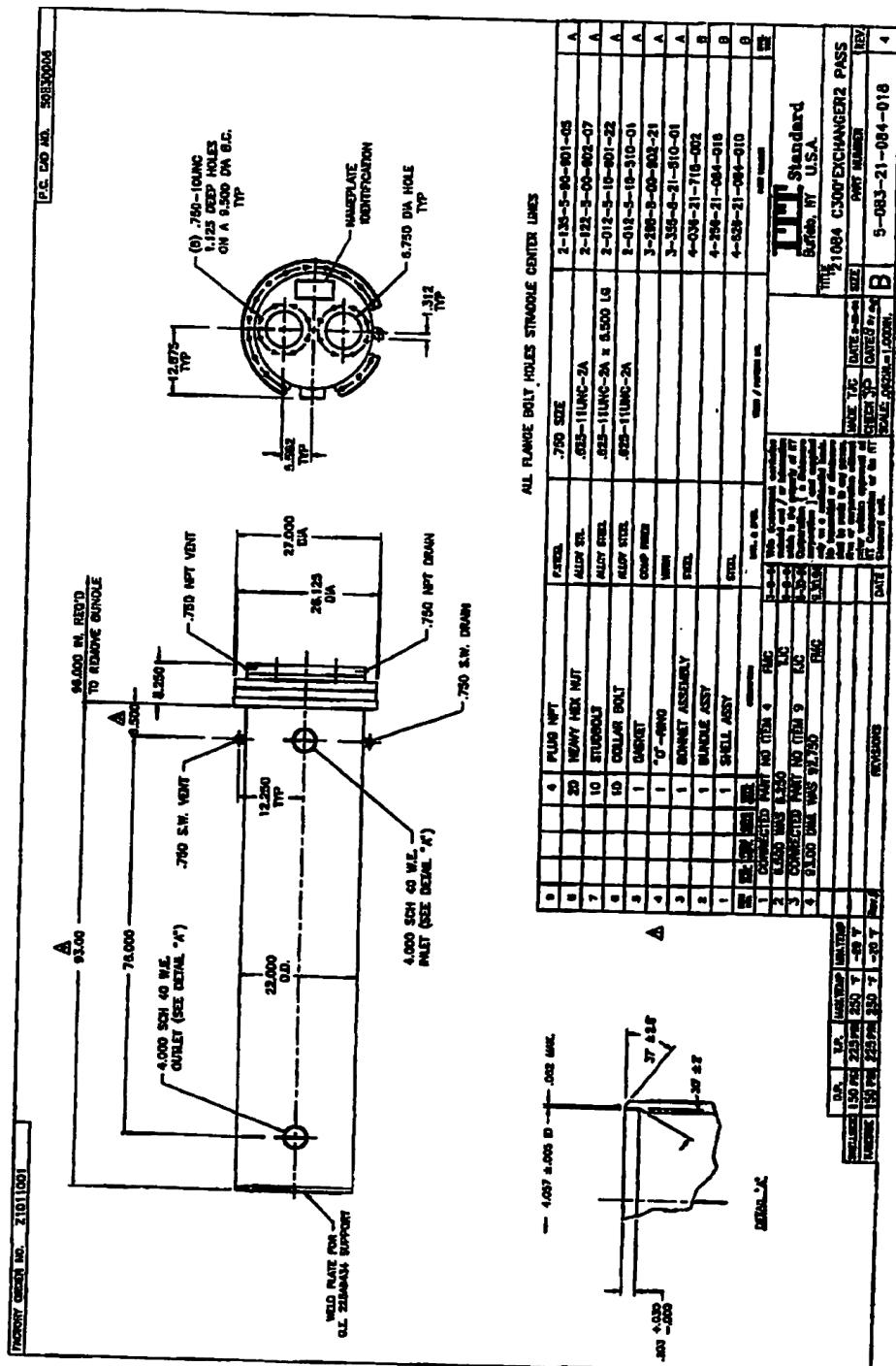
- Chandrasa soekardi. 2019. Teknik Perpindahan Energi Panas Penerapan Pada Sistem Termal Instalasi Industri. Penerbit ANDI
- Ibrahim, H., Hermawan, I., & Hutasuhut, M. I. (2020). Analisa Dampak Penurunan Kinerja Lube Oil Cooler Pada Turbin di PLTU Belawan. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 4(1), 10-23.
- Rizal, M. (2017). Analisa Dampak Penurunan Kinerja Lube Oil Cooler pada Turbin di PLTU Belawan.
- Hendri, Prayudi,Roswati Nurhasanah,Bagus Amiadi (2018). *Analisis Pengaruh Penurunan Temperatur Lmtd Terhadap Unjuk Kerja Hrsg Pada Pltgu. Jurnal Powerplant*, 6(2), 48-55.
- Andrian Nurul Saputra, Angky Puspawan,Nurul Iman Supardi (2021). Analisis Kinerja Lube Oil Coolerpadamaintenace Outage Di Pltgu. *Rekayasa Mekanika*, 5(2).
- SEPTIAN, B., Rey, P. D., & AZIZ, A. (2021). Desain dan rancang bangun alat penukar kalor (heat exchanger) jenis shell dan tube. *Baut dan Manufaktur*, 3(01), 52-60
- Fricilla Dwi Saputri., & Hasnira (2023). Pengaruh Perubahan Temperature Demin Water Terhadap Heat Transfer Lube Oil System Before And After Maintenance Heat Exchanger Type Plate Pltgu Panaran. *Jurnal Rekayasa Energi (Jre)*, 2(1), 33-39
- Tengku Muhammad Amin, Usaha Situmeang, Abrar Tanjung (2023). Analisis Kinerja Cooling Fanterhadap Temperatur Air Untuk Meningkatkan Kinerja Generator Di Pltg Balai Pungut. *Sainetin (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, 7(2),25 -32.

- Permanajati, A. S., Nurrohmah, E., & Nainggolan, B. Analisis Efektivitas Heat Exchanger Generator Thrust Bearing Oil Cooler Unit 7 PLTA Cirata. In Seminar Nasional Teknik Mesin (pp. 382-390).
- SAFITRI, J. F. (2016). Analisa Sistem Eksitasi Generator Sinkron 3 Fasa Di PLTG Borang (Doctoral dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA).
- Sebayang, F. R., & Hasibuan, A. R. (2013). Analisis Perbaikan Faktor Daya Beban Resistif, Induktif, Kapasitif Generator Sinkron 3 Fasa Menggunakan Metode Pottier. Singuda Ensikom, 3(2), 76-81.
- Ratu, B. P. (2021). STUDI PERUBAHAN BEBAN LISTRIK TERHADAP EFISIENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS (PLTG) PT. PLN (PERSERI) WILAYAH SULAWESI SELATAN (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Makassar).
- Sakti, A. L. B., Arini, N. R., & Ulum, A. B. (2021, November). ANALISA VARIASI PENDINGINAN TEMPERATUR DAN LAJU ALIRAN MASSA TERHADAP LIFETIME PELUMAS. In Prosiding Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) (Vol. 7, No. 1, pp. 278-285).
- Oktaviani, D. (2021). PENGEMBANGAN SOP (STANDART OPERATING PROCEDURES) PELAPORAN GANGGUAN DENGAN METODE GAP ANALYSIS. *Jurnal Surya Teknika*, 8(2), 310-315.
- Satriawan, D. (2023). BAB 4 PARAMETER KUALITAS AIR. *KIMIA LINGKUNGAN LINGKUNGAN*, 45.
- Addzikri, A. I., & Rosariawari, F. (2023). Analisis Kualitas Air Permukaan Sungai Brantas Berdasarkan Parameter Fisik dan Kimia. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(3), 550-560.

<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/06/13/kapasitas-pembangkit-listrik-pln-tahun-2022-majoritas-dari-pltu>

LAMPIRAN;

Lampiran 1 Sige Diagram Heat Exchanger



Lampiran 2 Hasil sampel air pendingin



Lampiran 3 Surat izin penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS IHSAN GORONTALO LEMBAGA PENELITIAN

Kampus Unisan Gorontalo Lt.3 - Jln. Achmad Nadjamuddin No. 17 Kota Gorontalo
Telp: (0435) 8724466, 829975 E-Mail: lembagapenelitian@unisan.ac.id

Nomor : 5050/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/II/2024

Lampiran : -

Hal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth,

Manager UP-PLTG Tello

di,-

Tempat

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Rahmisyari, ST.,SE.,MM

NIDN : 0929117202

Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian

Meminta kesediannya untuk memberikan izin pengambilan data dalam rangka penyusunan **Proposal / Skripsi**, kepada :

Nama Mahasiswa : Agung Darmawan

NIM : T2120019

Fakultas : Fakultas Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Lokasi Penelitian : PLTG SEKTOR PEMBANGKIT TELLO KOTA MAKASSAR

Judul Penelitian : ANALISA PENURUNAN KINERJA TURBINE LUBE OIL COOLER PADA DAYA OUTPUT GENERATOR DI PLTG SEKTOR PEMBANGKIT TELLO

Atas kebijakan dan kerja samanya diucapkan banyak terima kasih.



+

Lampiran 4 Surat persetujuan penelitian



UBP TELLO

Nomor : 0229/STH.01.04/PLNIP280000/2024
Lampiran : -
Sifat : Biasa
Hal : Persetujuan Penelitian

15 Maret 2024

Kepada

Yth. Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Ichsan Gorontalo

Kampus Unisan Gorontalo Lt. 3 Jl.
Achmad Nudjamuddin No. 17
Gorontalo

Menindaklanjuti Surat dari **Ketua Lembaga Penelitian Universitas Ichsan Gorontalo** Nomor **5050/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/II/2024** tanggal **20 Februari 2024** Perihal **Permohonan Izin Penelitian** dengan ini disampaikan bahwa kami menerima Mahasiswa/i dari **Universitas Ichsan Gorontalo** untuk melaksanakan **Penelitian** di PT PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello.

Dengan Judul :

ANALISA PENURUNAN KINERJA TURBINE LUB OIL COOLER PADA DAYA OUTPUT GENERATOR DI UP-PLTG TELLO

Mulai Penelitian **25 Maret s.d 25 April 2024**

Mahasiswa/i tersebut adalah :

No	Nama	NIM	Bidang Keahlian	Lokasi
1.	Agung Darmawan	T2120 019	Teknik Elektro	UP-PLTG Tello

1. Mahasiswa/i harus melapor kepada Asman Keuangan dan Umum.
2. Mahasiswa/i harus menyerahkan foto copy kartu Mahasiswa yang berlaku sebanyak 1 lembar.
3. Mahasiswa/i harus menyerahkan pas foto warna ukuran 3 x 4 cm sebanyak 2 lembar (latar merah maron).
4. Mahasiswa/i harus menyerahkan surat keterangan dari Dekan bahwa tidak pernah terlibat perkelahian / tawuran antar Mahasiswa di Kampus
5. Mahasiswa/i wajib menunjukkan sertifikat Vaksin lengkap.
6. Mahasiswa/i harus mengisi dan menandatangani surat pernyataan yang disediakan oleh PT PLN Indonesia Power Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Tello.
7. Mahasiswa/i harus mematuhi K3 menggunakan Safety Shoes memakai Helm warna orange dan peraturan perusahaan yang berlaku saat melaksanakan proses Penelitian / pengambilan data dan segala resiko dan biaya yang timbul dari pelaksanaan Penelitian / pengambilan data menjadi tanggung jawab peserta.

Demikian disampaikan, atas kerjasamanya diucapkan terima kasih.

PLN INDONESIA POWER MANAGER,
HARIADY BAYU AJI
UBP TELLO

Lampiran 5 Surat Rekomendasi Bebas Plagiasi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS IHSAN GORONTALO FAKULTAS TEKNIK

SK MENDIKNAS NOMOR 84/D/O/2001

JL. Ahmad Nadjamuddin No. 17. Telp. (0435) 829975 Fax. (0435) 829976 Gorontalo.

SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI No. 089/FT-UIG/VI/2024

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Ir. Stephan A. Hulukati. ST.,MT.,M.Kom
NIDN : 0917118701
Jabatan : Dekan /Tim Verifikasi Fakultas Teknik

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Agung Dermawan
NIM : T21.20.019
Program Studi : Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Analisa Penurunan Kinerja Heat Exchanger Pada PLTG General Unit Bisnis Pembangkit Tello..

Sesuai hasil pengecekan tingkat kemiripan skripsi melalui aplikasi Turnitin untuk judul skripsi di atas diperoleh hasil *Similarity* sebesar 19%, berdasarkan Peraturan Rektor No. 32 Tahun 2019 tentang Pendekripsi Plagiat pada Setiap Karya Ilmiah di Lingkungan Universitas Ihsan Gorontalo dan persyaratan pemberian surat rekomendasi verifikasi calon wisudawan dari LLDIKTI Wil. XVI, bahwa batas kemiripan skripsi maksimal 30%, untuk itu skripsi tersebut di atas dinyatakan **BEBAS PLAGIASI** dan layak untuk diujangkan.

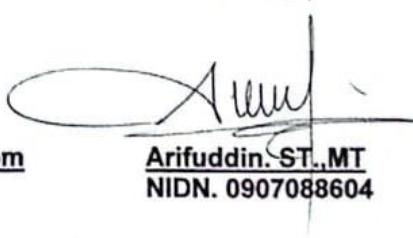
Demikian surat rekomendasi ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.



Dr. Ir. Stephan A. Hulukati. ST.,MT.,M.Kom
NIDN. 0917118701

Gorontalo, 11 Juni 2024

Tim Verifikasi,



Arifuddin. ST.,MT
NIDN. 0907088604

Terlampir :
Hasil Pengecekan Turnitin

Lampiran 6 Rekomendasi SOP

 PLN Indonesia Power UBP TELLO	<table border="1"><tr><td>No.Dokumen</td><td>000/00</td></tr><tr><td>Tanggal</td><td>juni 2024</td></tr><tr><td>Revisi</td><td>00</td></tr><tr><td>Halaman</td><td>1 dari 2 halaman</td></tr></table>	No.Dokumen	000/00	Tanggal	juni 2024	Revisi	00	Halaman	1 dari 2 halaman
No.Dokumen	000/00								
Tanggal	juni 2024								
Revisi	00								
Halaman	1 dari 2 halaman								
SOP Pelaksanaan Overheating Minyak Pelumas Turbin									

1. Tujuan
SOP Ini Bertujuan Sebagai Panduan Kepada Personel Operasional Dalam Mengidentifikasi, Menangani, Dan Mencegah Overheat Pada Minyak Pelumas Turbin Gas Pltg Unit Bisnis Pembangkitan Tello

2. Ruang lingkup
SOP ini berlaku untuk semua mesin dan peralatan yang menggunakan minyak pelumas di dalam power plant, termasuk prosedur identifikasi, tindakan darurat, pelaporan, dan langkah-langkah pencegahan.

3. Definisi overheating minyak pelumas
Overheat pada minyak pelumas adalah kondisi dimana suhu temperatur minyak pelumas melebihi ambang batas yang ditentukan, yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas minyak dan potensi kerusakan pada komponen mesin.

4. Proses identifikasi overheating

- Pengamatan visual yaitu kondisi Dimana operator yang bertugas melakukan memitoring visual terhadap pada panel control untuk memantau indikator suhu minyak pelumas
- Memonitoring suhu yaitu kondisi Dimana operator yang bertugas dapat membaca perangkat pengukur suhu yang terpasang pada unit mesin untuk memantau suhu secara terus-menerus
- Perangkat deteksi otomatis yaitu memastikan system dilengkapi dengan sensor suhu otomatis yang dapat memberikan peringatan dini jika suhu minyak melebihi ambang batas yang di tetapkan

5. Tindakan darurat

- Reaksi Pertama: Segera matikan mesin atau peralatan yang terkena dampak overheating untuk mencegah kerusakan lebih lanjut.
- Pemadaman Sumber Panas: Putuskan pasokan energi atau sumber panas yang mungkin menyebabkan kenaikan suhu.
- Pemeriksaan Awal: Amati kondisi fisik dan operasional mesin atau peralatan untuk mengevaluasi dampak overheating pada minyak pelumas.

- d. Kontak Tim Teknis: Hubungi tim teknis atau supervisor untuk evaluasi lebih lanjut dan instruksi lanjutan.
- 6. Pelaporan dan dokumentasi
 - a. Pelaporan: Laporkan insiden overheating kepada manajemen atau supervisor sesegera mungkin setelah tindakan darurat dilakukan.
 - b. Catatan Pemantauan: Catat semua informasi terkait tindakan yang diambil, termasuk suhu saat terjadinya overheating dan langkah-langkah pemulihannya.
 - c. Simpan Data: Simpan semua data terkait untuk evaluasi dan analisis lebih lanjut, serta untuk referensi masa depan.
- 7. Pencegahan
 - a. Perawatan Preventif: Tetapkan jadwal perawatan rutin untuk penggantian minyak pelumas sesuai dengan rekomendasi produsen.
 - b. Pemantauan Rutin: Lakukan pemantauan suhu secara teratur dan pastikan bahwa parameter operasional tetap dalam batas yang aman.
 - c. Pelatihan Karyawan: Berikan pelatihan kepada personel operasional tentang tanda-tanda dan tindakan pencegahan overheating pada minyak pelumas.
- 8. Peninjauan dan revisi
 - a. Peninjauan Berkala: Review SOP ini secara berkala untuk memastikan keberlanjutannya dan efektivitasnya dalam mengatasi situasi overheating.
 - b. Revisi SOP: Lakukan revisi sesuai dengan perubahan teknologi atau pengalaman operasional, dengan melibatkan feedback dari personel terkait.
- 9. Referensi
 - a. Manual Book General Electric
 - b. IEEE Standard 979-2022 "Guide For Substation Fire Protection"
 - c. NFPA 850 "Recommended Practice For Fire Protection For Electric Generation Plants And High Voltage Direct Current Converter Stations"

Makassar, Juli 2024

Manager

Lampiran 7 Hasil Turnitin



Similarity Report ID: oid:25211:61138156

PAPER NAME

**SKRIPSI_T2120019_AGUNG DERMAWAN
.pdf**

AUTHOR

**Agung dermawan agungdermawan1202
@gmail.com**

WORD COUNT

22129 Words

CHARACTER COUNT

112665 Characters

PAGE COUNT

131 Pages

FILE SIZE

4.2MB

SUBMISSION DATE

Jun 10, 2024 8:15 PM GMT+8

REPORT DATE

Jun 10, 2024 8:17 PM GMT+8

● 19% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 19% Internet database
- 2% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 0% Submitted Works database

● Excluded from Similarity Report

- Bibliographic material
- Quoted material
- Cited material
- Small Matches (Less than 30 words)

Lampiran 8 Daftar Riwayat Hidup

Yang Bertanda Tangan Dibawah ini :

Nama : Agung Dermawan



Tempat/Tanggal Lahir : Padang-Padang/ 12 Februari 2002

Jenis Kelamin : Laki-Laki

Agama : Islam

Email : agungdermawan1202@gmail.com

PENDIDIKAN FORMAL

Sekolah Dasar : 2008-2014

: SDN NEGERI 27 PADANG-PADANG

Sekolah Menengah Pertama :2014-2017

: SMPN NEGERI 01 BAJ0

Sekolah Menengah Kejuruan : 2017-2020

: SMKN 02 LUWU

Perguruan Tinggi Sekarang : 2020-Lulus

: UNIVERSITAS ICHSAN GORONTALO

Gorontalo, Juli 2024

AGUNG DERMAWAN
NIM: T2120019