

Perbandingan Efisiensi Thermal Sebelum dan Setelah Pergantian Unit Lube Oil  
Cooler pada PLTU di PT. HUAYUE NICKEL COBALT



LAPORAN TUGAS AKHIR

MUH. NUR FITRAH MADHANA

34221019

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

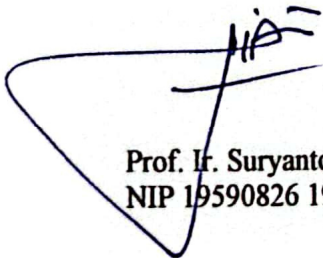
2024

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “Perbandingan Efisiensi Thermal Sebelum dan Setelah Pergantian Unit Lube Oil Cooler pada PLTU di PT. HUAYUE NICKEL COBALT” oleh MUH. NUR FITRAH MADHANA NIM 342 21 019 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (AM.d) pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

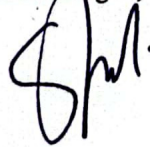
Makassar, 17 Juni 2024

Pembimbing I,



Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19590826 198803 1 003

Pembimbing II,



Sri Suwasti, S.ST., M.T.  
NIP 197411232001122001

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,  
  
Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.  
NIP 19801051994031001



## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Senin tanggal 22 Juli 2024, tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir telah menerima dengan baik laporan Tugas Akhir oleh MUH. NUR FITRAH MADHANA NIM 342 21 019 dengan judul "Perbandingan Efisiensi Thermal Sebelum dan Setelah Pergantian Unit Lube Oil Cooler pada PLTU di PT. HUAYUE NICKEL COBALT"

Makassar, Juli 2024

Tim Penguji Seminar Proposal Tugas Akhir:

1. Abdul Rahman, S.T., M.T.
2. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.
3. Ir. Chandra Bhuana, M.T.
4. Yiyin Klistafani, S.T., M.T.
5. Prof. Suryanto, M.Sc., Ph.D.
6. Sri Suwasti, S.T., M.T.

Ketua

(.....)  22/07/24

Sekretaris

(.....) 

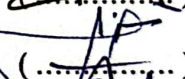
Anggota

(.....) 

Anggota

(.....) 

Anggota

(.....) 

Anggota

(.....) 

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum wr.wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang selalu memberikan nikmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul: **Perbandingan Efisiensi Thermal Sebelum dan Setelah Pergantian Unit Lube Oil Cooler pada PLTU di PT. HUAYUE NICKEL COBALT.**

Laporan Tugas Akhir ini penulis laksanakan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Politeknik Negeri Ujung Pandang dan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi DIII-Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bimbingan, petunjuk, masukan dan bantuan dari berbagai pihak. Mengingat ruang yang tersedia terbatas, dan tidak mungkin disebutkan satu persatu, perkenankanlah penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua atas dukungan doa, semangat dan kasih sayang.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku direktur Politeknik negeri ujung pandang
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku ketua jurusan teknik mesin Politeknik negeri ujung pandang.



4. Ibu Sri Suwasti, ST., M.T. selaku ketua program studi teknik konversi energi Politeknik negeri ujung pandang
5. Bapak Abdul Rahman, ST., M.T. selaku wali kelas III-A teknik konversi energi Politeknik negeri ujung pandang
6. Bapak Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing 1 dan juga Ibu Sri Suwasti, ST., M.T. selaku pembimbing 2 penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Segenap dosen jurusan teknik mesin terkhusus program studi DIII teknik konversi energi yang telah mendidik dan membimbing penulis, serta para staf dan teknisi program studi teknik konversi energi.
8. Segenap karyawan PT. Huayue Nickelt Cobalt yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini,
9. Rekan-rekan mahasiswa politeknik negeri ujung pandang, khususnya kelas III-A teknik konversi energi yang telah 3 tahun lamanya bersama-sama dalam menimba ilmu di Politeknik negeri ujung pandang.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini demi perbaikan pada masa mendatang.

Makassar, Juli 2024

Penulis



Muh. Nur Fitrah Madhana

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
RINGKASAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	4
1.3    Ruang Lingkup Masalah.....	4
1.4    Tujuan Kegiatan dan Manfaat Kegiatan.....	5
1.4.1.    Tujuan Kegiatan.....	5
1.4.2.    Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7

2.1	Profil Perusahaan.....	7
2.2	Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).....	7
2.2.1.	Komponen utama yang digunakan dalam PLTU sebagai berikut:....	9
2.3	<i>Heat Exchanger Lube Oil Cooler</i> .....	15
2.3.1.	Jenis-jenis Lubrication Oil Cooler.....	16
2.4	Alat Penukar Kalor <i>Tube Dan Shell</i> .....	17
2.4.1.	Komponen Lube Oil Cooler tube and shell.....	19
2.5	Cara Kerja Tube and Shell.....	22
2.6	Efektifitas Lube Oil Cooler.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.2	Prosedur penelitian.....	24
3.2.1	Studi Literatur.....	24
3.2.2	Pengumpulan Data.....	24
3.2.3	Pengolahan Data dan Analisa Data.....	25
3.3	Skema Sistem Pelumasn <i>Lube Oil Cooler</i> .....	26
3.4	Diagram Alir.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1	Pengumpulan Data.....	30
4.2	Analisis Data.....	32

4.2.1.	Data percobaan pada <i>lube oil cooler</i> sebelum dilakukan pergantian unit (11/15/2023).....	32
4.2.2.	Data percobaan pada <i>lube oil cooler</i> setelah dilakukan pergantian unit (2/24/2024).....	35
4.3	Tabel Hasil Analisa.....	38
4.4	Grafik dan Pembahasan.....	39
4.4.1.	Perbandingan nilai <i>Logaritmic Mean Temperature Difference</i> (LMTD) dan waktu operasi.....	39
4.4.2.	Perbandingan nilai laju perpindahan aktual ( $Q_{act}$ ) dengan waktu operasi .....	40
4.4.3.	Perbandingan Nilai Efektifitas <i>lube oil cooler</i> terhadap <i>Logaritmic Mean Temperatur Difference</i> (LMTD).....	41
BAB V KESIMPULAN.....		42
DAFTAR PUSTAKA.....		43
L A M P I R A N.....		45

## DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 2. 1 Skema PLTU .....	8
Gambar 2. 2 Boiler .....	9
Gambar 2. 3 Pompa .....	10
Gambar 2. 4 Turbin Uap .....	12
Gambar 2. 5 Generator .....	13
Gambar 2. 6 Kondensor .....	14
Gambar 2. 7 Tube Oil Cooler .....	18
Gambar 3. 1 Skema Sistem Pelumasan Lube Oil Cooler .....	26
Gambar 3. 2 Skema Lube Oil Cooler .....	26
Gambar 3. 3 Skema Output Heat Exchanger .....	27
Gambar 3. 4 Diagram Alir .....	29
Gambar 4. 1 Grafik perbandingan suhu fluida (oli dan air) sebelum pergantian unit. .....	31
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan suhu fluida (oli dan air) setelah pergantian unit. .....	32
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan nilai Logaritmic Mean Temperature Design (LMTD) dan waktu operasi .....	39
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan nilai kalor aktual (Qact) terhadap waktu operasi .....	41

Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Nilai Efektifitas lube oil cooler terhadap  
Logaritmatic Mean Temperatur Difference (LMTD) .....42



## DAFTAR SIMBOL

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
$T_{in}$	°C	Temperatur fluida masukan
$T_{out}$	°C	Temperatur fluida keluaran
$\varepsilon_{HE}$	%	Efektifitas
$T_{LMTD}$	°C	perbandingan logaritmik pertukaran panas
$Q_{act}$	W	Laju perpindahan panas aktual
$Q_{max}$	W	Laju perpindahan panas maksimum
$C_{min}$	$\frac{W}{\text{°C}}$	Kapasitas panas minimum
$C_h$	$\frac{W}{\text{°C}}$	Kapasitas panas minyak pelumas



## DAFTAR LAMPIRAN

hlm.

Lampiran 1	Data Pengamatan Sebelum Pergantian Unit.....	48
Lampiran 2	Dokumentasi Tabel Data Pengamatan Sebelum Pergantian Unit.....	55
Lampiran 3	Data Pengamatan Setelah Pergantian Unit.....	59
Lampiran 4	Dokumentasi Tabel Data Pengamatan Setelah Pergantian.....	66
Lampiran 5	Mesin Pendingin Lube Oil Cooler Sebelum Pergantian.....	70
Lampiran 6	Mesin Pendingin Lube Oil Cooler Setelah Pergantian.....	70



## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUH. NUR FITRAH MADHANA

NIM : 34221019

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini yang berjudul “Perbandingan Efisiensi Thermal Sebelum dan Setelah Pergantian Unit Lube Oil Cooler pada PLTU di PT. HUAYUE NICKEL COBALT” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, penulis siap menanggung resiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, Agustus 2024



MUH. NUR FITRAH MADHANA  
34221019

## **Perbandingan Efisiensi Thermal Sebelum dan Setelah Pergantian Unit Lube Oil Cooler pada PLTU di PT. HUAYUE NICKEL COBALT**

### **RINGKASAN**

*Lube Oil Cooler* merupakan salah satu peralatan bantu dalam sistem pelumasan turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Lube Oil Cooler* memiliki fungsi untuk mendinginkan temperatur lube oil yang telah membawa energi panas dari gesekan-gesekan komponen turbin uap yang di distribusikan pada bearing-bearing turbin dan generator. Proses pendinginan terjadi dengan cara minyak pelumas mengalir melalui sisi shell sedangkan aliran air pendingin mengalir melalui sisi tube sehingga masing-masing fluida tidak bersinggungan langsung didalam *Lube Oil Cooler*. PT. Huayue melakukan pergantian unit pada *Lube Oil Cooler* apabila ditemukan masalah yang terjadi pada unit atau kurang efektifnya unit dalam menurunkan suhu atau menjaga suhu ideal.

Dalam kegiatan ini unit yang digunakan berasal dari PLTU di perusahaan PT. Huayue Nickel Cobalt, data yang digunakan ialah temperatur masuk dan keluar dari fluida dingin (air) dan panas (oli) pada mesin *heat exchanger lube oil cooler*. Data-data tersebut diperoleh dengan teknik wawancara dan studi pustaka sedangkan analisis data dilakukan dengan cara membandingkan efsisiensi kinerja dari mesin penukar panas sebelum dan setelah pergantian.

Berdasarkan hasil kegiatan dan deskripsi diketahui bahwa nilai LMTD rata-rata keseluruhan dari mesin penukar panas sebelum pergantian sebesar, 12.26 °C sedangkan setelah dilakukan pergantian nilai LMTD turun menjadi 10.74 °C dan nilai efektifitas sebelum dilakukannya pergantian unit *lube oil cooler* adalah sebesar 37.06 % sedangkan nilai efektifitas setelah dilakukan pergantian unit adalah sebesar 44.62 %. dikarenakan usia unit yang sudah tua dan penumpukan lumpur pada pipa, membuat pihak perusahaan memutuskan untuk mengganti unit dengan ukuran yang lebih besar dan mekanisme kerja yang lebih efektif.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam kehidupan sehari-hari penggunaan listrik menjadi kebutuhan utama. Konsumsi listrik di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya seiring dengan peningkatan ekonomi nasional. Berdasarkan data yang dikeluarkan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) pada tahun 2014, produksi listrik di Indonesia diperkirakan mengalami peningkatan sebesar 8,6% per tahun, dengan produksi listrik nasional mencapai 1.328 TWh pada tahun 2035. Masalah yang dihadapi oleh Negara ini adalah masih banyaknya daerah yang belum tersentuh jaringan listrik. Dimana, 24,8% dari total masyarakat Indonesia masih belum menikmati jaringan listrik (Purba, J. 202).

Huayue Nickel Cobalt saat ini merupakan proyek HPAL terbesar di dunia. Proyek ini mengadopsi teknologi HPAL Generasi ke-3, yang memiliki karakteristik ambang teknis tinggi, berdampak signifikan dalam perkembangan industri, menerapkan konservasi ramah lingkungan, konservasi sumber daya, dan pemurnian yang komprehensif untuk berbagai logam bernilai. Huayue Nickel Cobalt di anugrahi rekor dunia untuk *smelter* dengan skala terbesar, paling ramah lingkungan, konstruksi tercepat, dan periode ramp-up terpendek di antara proyek serupa. PT Huayue Nickel Cobalt (PT HYNC) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan dan pemurnian laterit nikel dengan metode hidrometalurgi pertama di Indonesia. Saat ini, PT HYNC memiliki 147 sumber radioaktif dan 2 peralatan XRF (*X-Ray Fluorescence*) (HYNC, n.d.).

PT HYNC memiliki beberapa departemen salah satunya yaitu *Acid Plant*. Departemen *Acid Plant* memproduksi listrik yang kemudian dialirkan ke seluruh perusahaan untuk dikonsumsi. Pembangkit listrik yang berada di Departemen *Acid Plant* berbeda dengan pembangkit listrik tenaga uap pada umumnya yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakarnya mereka menggunakan asam untuk memanaskan *boiler*. Departemen *Acid Plant* memiliki 2 divisi yaitu Produksi Asam dan unit kerja listrik dan WTP. Divisi produksi asam bertugas memproses produksi asam sampai asam dapat digunakan untuk memanaskan *boiler* yang kemudian dari *boiler* menghasilkan uap untuk menggerakkan turbin dan memutar generator. Sedangkan pada unit kerja listrik dan WTP bertugas sebagai Operator Turbin dan bertanggung jawab atas proses pembangkitan listrik dan penjernihan air yang digunakan pada pltu (HYNC, n.d.).

Mesin Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT HYNC dapat menghasilkan listrik sebesar 50 MW dengan menggunakan 2 generator, setiap generator menghasilkan listrik sebesar 25 MW. Generator sendiri digerakkan menggunakan turbin sebagai *prime mover* atau penggerak utama dimana ketika unit turbin beroperasi, setiap gesekan dan juga kenaikan temperatur kerja turbin yang terjadi akan sangat mempengaruhi temperatur minyak pelumas dan juga *performance* turbin. Sistem pelumasan digunakan untuk memasok minyak pelumas bersih bertekanan dan suhu tertentu ke dalam bearing turbin, *bearing alternator*, *bearing* kompresor, *bearing Load Gear*, sistem kontrol, sistem pengaman dan lain-lain. Selain untuk melumasi seluruh komponen mesin, minyak pelumas juga berfungsi sebagai media pendingin. Temperatur komponen akan

diserap dan dibawa mengalir bersama dengan aliran minyak pelumas (HYNC, n.d.).

Penelitian dengan judul “ANALISIS KINERJA *LUBE OIL COOLER* PADA MAINTENANCE OUTAGE DI PLTGU”. Berdasarkan hasil penelitian Perawatan sangat membantu untuk meningkatkan penyerapan panas pada *Lube Oil Cooler* Dari data yang telah di dapatkan nilai efektifitas sebelum dilakukan maintenace outage sebesar 50,62 %, sedangkan ketika proses maintenance sudah dilakukan outage nilai rata-rata naik sebesar 59,61%. Sehingga kinerja yang baik yaitu pada kondisi sesudah dilakukannya maintenance outage (Andrian Nurul Saputra, 2021).

*Lube Oil Cooler* merupakan salah satu peralatan bantu dalam sistem pelumasan turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap. *Lube Oil Cooler* memiliki fungsi untuk mendinginkan temperatur lube oil yang telah membawa energi panas dari gesekan-gesekan komponen turbin uap yang di distribusikan pada bearing-bearing turbin dan generator. Proses pendinginan terjadi dengan cara minyak pelumas mengalir melalui sisi shell sedangkan aliran air pendingin mengalir melalui sisi tube sehingga masing-masing fluida tidak bersinggungan langsung didalam *Lube Oil Cooler*. PT. Huayue melakukan pergantian unit pada *Lube Oil Cooler* apabila ditemukan masalah yang terjadi pada unit atau kurang efektifnya unit dalam menurunkan suhu atau menjaga suhu ideal. Hal ini mendorong penulis untuk mengetahui perbandingan apakah nilai efisiensi *Lube Oil Cooler* akan lebih bagus ketika sebelum melakukan pergantian atau sebelum melakukan pergantian unit.

Pergantian di PLTU PT. HUAYUE Nickel Cobalt dilakukan dengan cara mengganti unit secara keseluruhan, dengan ukuran yang lebih besar dari ukuran sebelumnya agar proses pendinginan lebih efektif daripada sebelumnya.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis akan melakukan penelitian dengan judul **“Perbandingan Efisiensi Thermal Sebelum dan Setelah Pergantian Unit Lube Oil Cooler pada PLTU di PT. HUAYUE NICKEL COBALT”**

### **1.2 Rumusan Masalah**

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa *Lube Oil Cooler* berfungsi untuk mendinginkan minyak pelumas yang berada didalam *reservoir oil tank* untuk kemudian dialirkan kembali dalam operasional unit-unit yang membutuhkan. Maka rumusan masalah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Perbandingan efektifitas Sebelum dan Setelah Pergantian Unit *Lube Oil Cooler* Di PT. Huayue Nickel Cobalt?
2. Apa permasalahan dan penyebab dilakukannya penggantian unit *Lube Oil Cooler*?

### **1.3 Ruang Lingkup Masalah**

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah agar pelaksanaan serta hasil yang diperoleh sesuai yang diharapkan. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut:



1. Penelitian dilakukan di PLTU PT HYNC yang difokuskan pada sistem pendingin *oil cooler* pada unit PLTU kapasitas terpasang 50 MW dengan fluida pendingin *demin water* sedangkan fluida yang didinginkan adalah minyak pelumas turbin. Fluida yang melewati pipa-pipa *tube* adalah *demin water* sedangkan fluida yang melewati *shell* adalah minyak pelumas.
2. Menghitung efektifitas dari alat penukar kalor sebelum dan setelah dilakukannya pergantian unit dan mengidentifikasi permasalahan dan penyebab dilakukannya penggantian unit pada *Lube Oil Cooler*.

#### **1.4 Tujuan Kegiatan dan Manfaat Kegiatan**

##### **1.4.1. Tujuan Kegiatan**

Tujuan penulis melalui hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu memberikan feedback kepada PT HYNC departemen *Acid Plant* PLTU dalam:

1. Untuk mengetahui perbandingan nilai efektifitas pada *Lube Oil Cooler* sebelum dan setelah pergantian unit.
2. Untuk mengetahui permasalahan dan penyebab dilakukannya penggantian unit *Lube Oil Cooler*.

##### **1.4.2. Manfaat Penelitian**

Diharapkan pada penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan kepada penulis serta pihak yang terkait didalamnya, yaitu sebagai berikut:

1. Bagi Penulis: mengetahui sistem kerja *Lube Oil Cooler* dan menghitung

perbandingan efektifitas *Lube Oil Cooler* sebelum dan setelah pergantian unit dan mengidentifikasi permasalahan pada *Lube Oil Cooler*.

2. Bagi Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang: hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi tambahan bagi civitas akademik khususnya Program Studi Teknik Konversi Energi.
3. Bagi PT HYNC departemen *Acid Plant*: mendapat *feedback* dalam memonitor kinerja *system oil cooler* pada turbin di PLTU PT HYNC.



## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Profil Perusahaan**

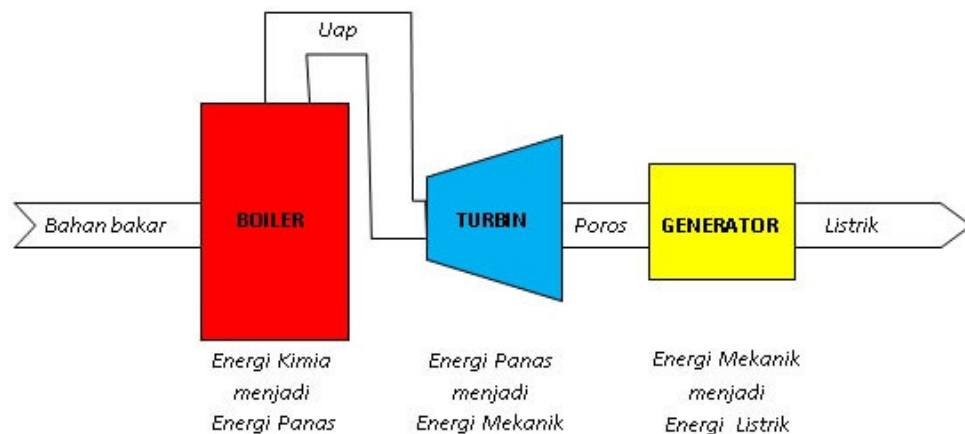
PT. Huayue Nickel Cobalt adalah perusahaan teknologi baru yang berlokasi di Kawasan IMIP Kab. Morowali Prov. Sulteng. Nilai Investasi 1,28 M US\$ untuk membangun proyek Hidrometalurgi Nikel Laterit. Proyek ini mengadopsi proses HPAL generasi ke 3 terancang di dunia yang dapat memanfaatkan semua komposisi logam berharga dari, mengekstrak nikel, kobalt dan mangan secara bersamaan dan terintegrasi menjadi bahan baterai terner energi terbaru. PT. Huayue bijih nikel laterit untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya Nickel Cobalt (disebut sebagai HYNC) adalah perusahaan join venture antara Zhejiang Huayou Cobalt Co.,Ltd. dan China Molybdenum Co.,Ltd. serta Tshingshan Stainless Steel pada Oktober 2018, Lingkup bisnis meliputi pengembangan sumber daya, ekstraksi logam nikel-kobalt, serta terintegrasi sampai dengan proses pengolahan produk jadi. Kelebihan dari Perusahaan ini adalah memperkenalkan proses produksi Hidrometalurgi teknologi baru yakni pelindian tinggi asam bijih nikel laterit bertekanan tinggi (HPAL) generasi ketiga dan teknologi tambahan. Perusahaan saat ini telah berintegrasi dengan perusahaan besar lainnya seperti Ford, Volkswagen serta Tesla (HYNC, n.d.).

### **2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)**

Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah pembangkit yang mengendalikan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama

pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang di hubungkan ke turbin dimana untuk memutar turbin diperlukan energi kinetik dari uap panas atau kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batu-bara dan minyak bakar serta MFO untuk start awal. Kelebihan dari PLTU adalah daya yang dihasilkan sangat besar. Konsumsi energi pada peralatan PLTU adalah daya yang dihasilkan sangat besar. Konsumsi energi pada peralatan PLTU bersumber dari putaran turbin uap. PLTU adalah suatu pembangkit yang menggunakan uap sebagai penggerak utama (prime mover) (Indonesia RE, 2022).

Untuk menghasilkan uap, maka ada proses pembakaran untuk memanaskan air. PLTU merupakan suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan uap air sebagai fluida kerjanya, yaitu dengan memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan proses sudu-sudu turbin menggerakkan poros turbin, untuk selanjutnya poros turbin menggerakkan generator (Indonesia RE, 2022).

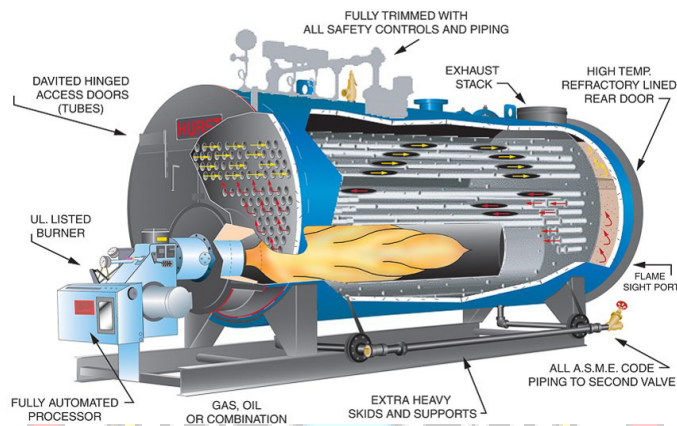


Gambar 2. 1 Skema PLTU

Sumber : (Rakhman, 2013).

## 2.2.1. Komponen utama yang digunakan dalam PLTU sebagai berikut:

### A. Boiler



Gambar 2. 2 Boiler

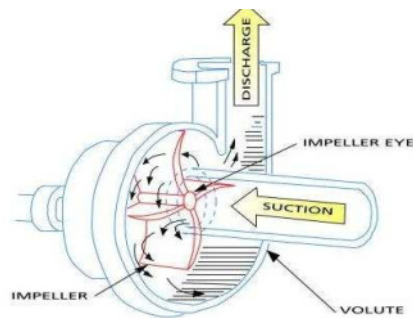
Sumber: (Haikal & Reza, 2023).

*Boiler* atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar (Haikal & Reza, 2023).

Uap yang dihasilkan oleh *boiler* merupakan berjenis uap *superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan bejana *boiler*, laju aliran panas, serta panas pembakaran dari bahan bakar yang diberikan. Untuk mempercepat proses pembakaran di ruang bakar dipasang pula berbagai komponen yang berfungsi meningkatkan temperatur dan tekanan uap, yaitu dengan menambahkan *economizer*, *superheater*, dan *reheater*.

Dengan menambahkan salah satu dari komponen tersebut menghasilkan efisiensi boiler yang lebih tinggi (Haikal & Reza, 2023).

## B. Pompa



Gambar 2. 3 Pompa

Sumber : (Rizki et al., 2021).

Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang digerakan oleh suatu sumber tenaga yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat lain, dimana cairan tersebut hanya mengalir apabila terdapat perbedaan tekanan. Selain dapat memindahkan cairan, pompa juga berfungsi untuk meningkatkan kecepatan, tekanan, dan ketinggian cairan. Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui media pipa (saluran) dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (suction) dan bagian tekan (discharge). Perbedaan tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme misalkan putaran roda impeler yang membuat keadaan sisi hisap nyaris vakum. Perbedaan tekanan inilah yang mengisap cairan sehingga dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain (Unimar Amni, 2021).

Menurut B.Nekrasov (1969: 1) bahwa pompa adalah suatu mesin untuk memindahkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain dengan jalan merubah kenaikan zat cair. Pompa tidak dapat bekerja sendiri, untuk memindahkan atau mengangkut zat cair itu. Melainkan harus ada pesawat tenaga atau pesawat pembangkit tenaga. Menurut L.W.P. Bianchi dan P. Bustraan (1983: 1) bahwa pompa adalah pesawat pengangkut zat-zat cair. Pengangkutan atau pemindah zat cair itu dilakukan dengan pekerjaan gaya tekan, yang gunanya mengatasi hambatan, yang dialami oleh zat cair itu di waktu pemindahan.

Menurut Ir. Sularso, MSME (2006:4), pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari bagian rendah ke bagian tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar dari pompa.

### C. Turbin Uap

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energikinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan.





Gambar 2. 4 Turbin Uap

Sumber: (Purba, J. 2021).

Tergantung pada jenis mekanisme yang digunakan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang seperti pada bidang industri, untuk pembangkit tenaga listrik dan untuk transportasi. Pada proses perubahan energi potensial menjadi energi mekanisnya yaitu dalam bentuk putaran poros dilakukan dengan berbagai cara (Purba, J. 2021).

Pada dasarnya turbin uap terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang merupakan komponen utama pada turbin kemudian di tambah komponen lainnya yang meliputi pendukungnya seperti bantalan, kopling dan sistem bantu lainnya agar kerja turbin dapat lebih baik. Sebuah turbin uap memanfaatkan energi kinetik dari fluida kerjanya yang bertambah akibat penambahan energi termal (Purba, J.(2021)).

Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan

elemen lain, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung dari jenis mekanisme yang digerakkan turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, seperti untuk pembangkit listrik (Purba, J. 2021).

#### D. Generator



Gambar 2. 5 Generator

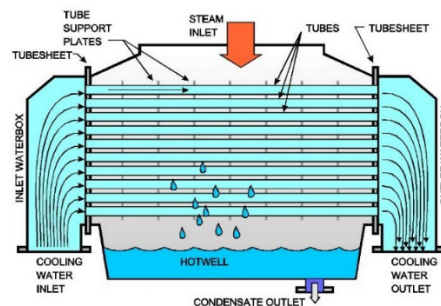
Sumber : PT. Huayue Nickel Cobalt

Secara umum generator adalah sebuah mesin yang dapat mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik). Biasanya generator disebut juga “genset” yang berarti generator set. Generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu engine dan generator atau alternator engine sebagai perangkat pemutar, sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik (Susilo, 2016).

Generator sendiri sumbernya bermacam macam. Pada generator listrik memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, Biasanya menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Pada

pembangkit listrik gerak dari generator didapatkan dari proses pembakaran bahan bakar diesel. Jika disimpulkan dari beberapa di atas diesel generator berarti sebuah mesin diesel yang berfungsi untuk menggerakkan generator/alternator sebagai pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar diesel atau yang biasa disebut solar. Terdapat dua jenis generator, yaitu (AC) arus bolak balik dan generator (DC) arus searah. Pada generator (AC) arus bolak balik kumparan yang diletakkan pada batang diputar dalam medan magnet yang diam sehingga menghasilkan tenaga induksi (Susilo, 2016).

#### E. Kondensor



Gambar 2. 6 Kondensor

Sumber : (STIKOM Yos Sudarso 2020).

Kondensor adalah salah satu alat penukar panas (*heat exchanger*) yang dapat mengembunkan fasa uap menjadi fasa cair atau fluida. Pada kondensor, uap gas dengan temperatur tinggi masuk melalui dinding kondensor dan melewati ruang kondensasi dimana uap tersebut di dinginkan dengan aliran fluida bersuhu rendah pada sistem kondensor sehingga uap panas yang masuk dapat mengembun menjadi cairan. Cara kerja dari kondensor sendiri adalah kalor yang ditangkap

oleh evaporator dibuang ke lingkungan dengan wujud cairan sehingga biasanya kondensor diletakkan di luar ruangan. Cairan pendingin (refrigerant) diberikan tekanan tinggi di evaporator sehingga menguap, kemudian uap didinginkan di kondensor menjadi fasa cair. Kalor yang dihasilkan dari sistem pendinginan dibuang ke lingkungan oleh kondensor (STIKOM Yos Sudarso 2020).

Berdasarkan media zat yang digunakan sebagai pendingin, kondensor dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. *Air cooled condensor*, menggunakan udara sebagai zat pendingin
2. *Water cooled condensor*, menggunakan air sebagai zat pendingin
3. *Evaporative condensor*, menggunakan campuran air dan udara sebagai zat pendingin.

### **2.3 Heat Exchanger Lube Oil Cooler**

Dalam praktek fungsi penukar kalor yang dipergunakan di industri lebih diutamakan untuk menukarkan energi dua fluida (boleh sama zatnya) yang berbeda temperaturnya. Pertukaran energi dapat berlangsung melalui bidang atau permukaan perpindahan kalor yang memisahkan kedua fluida atau secara kontak langsung (fluida bercampur). Energi yang dipertukarkan akan menyebabkan perubahan temperature fluida (kalor sensible) atau kadang dipergunakan untuk berubah fasa (kalor laten). Laju perpindahan energi dalam penukar kalor dipengaruhi oleh banyak faktor seperti kecepatan aliran fluida, sifat-sifat fisik (viskositas, konduktivitas termal, kapasitas kalor spesifik, dan lain-lain), beda temperature antara kedua fluida, dan sifat permukaan bidang perpindahan kalor

yang memisahkan kedua fluida. Walaupun fungsi penukar kalor adalah untuk menukarkan energi dua fluida atau dua zat, namun jenisnya banyak sekali. Hal ini terjadi karena biasanya desain penukar kalor harus menunjang fungsi utama proses yang akan terjadi didalamnya (Çengel, Y. A., Dan Ghajar, A. J. 2015).

*Lube Oil Cooler* adalah *cross flow compact heat exchanger* yang berfungsi untuk melepaskan panas yang dibawa oleh minyak pelumas dialirkan melalui sisi *shell* menuju sisi *tube* dengan fluida pendingin air demin dimana masing-masing cairan dipisahkan di dalam *Lube Oil Cooler*. PLTU merupakan unit pembangkit tenaga listrik yang kinerja dan keandalannya sangat penting untuk menjamin kelangsungan pasokan listrik. Dari penelitian ini, nilai perbandingan efisiensi sebelum dan setelah pergantian unit dan penyebab penggantian unit dilakukan dapat diketahui dengan menganalisa temperatur masuk dan keluar aliran air pendingin dan minyak pelumas. Selain itu dampak dan penyebab penurunan kinerja *Lube Oil Cooler* dapat diketahui (Hidayat. 2018).

### **2.3.1. Jenis-jenis Lubrication Oil Cooler**

#### **a. *Lubrication oil cooler type shell and tube***

Adalah alat penukar panas tipe *shell and tube* merupakan salah satu jenis alat penukar panas berdasarkan konstruksinya. *L.O cooler* tipe *shell and tube* menjadi satu tipe yang mudah di kenal. Pipa-pipa *tube* didesain berada di dalam sebuah ruang berbentuk silinder yang disebut *shell* (Hidayat. 2018).

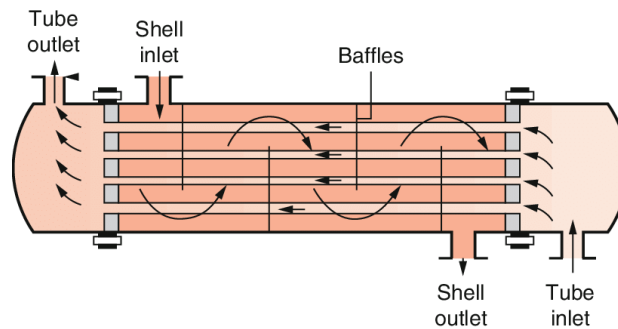
### **b. *L.O cooler type plate***

*L.O cooler type plates* adalah salah satu jenis alat penukar panas yang terdiri dari paket plat (*plate*) dan rangka (*frame*), yang dipisahkan antara satu dengan yang lain oleh sekat-sekat lunak. Plat ini dipersatukan oleh satu perangkat penekan dan jarak antara plat di tentukan oleh sekat tersebut. Pada setiap sudut plat yang berbentuk empat persegi panjang terdapat lubang, melalui lubang ini fluida dialirkan masuk dan keluar pada sisi yang lain. (Hidayat, 2018).

### **2.4 Alat Penukar Kalor *Tube Dan Shell***

Tipe tabung dan pipa merupakan jenis penukar kalor yang paling banyak digunakan di industri khususnya industri perminyakan. Jenis ini terdiri dari suatu tabung dengan diameter cukup besar yang didalamnya berisi seberkas pipa dengan diameter relative kecil seperti. Salah satu fluida yang dipertukarkan energinya dilewatkan didalam pipa atau berkas pipa sedang fluida yang lainnya dilewatkan diluar pipa atau didalam tabung (Industrial Quick Search 2024).

Pada gambar 7 Nampak bahwa diameter tabung tidak sama sepanjang penukar kalor. Pebesar diameter di maksudkan untuk menampung perubahan fasa dari fluida yang berada diluar pipa dan di dalam tabung. Alat ini di aplikasikan untuk proses penguapan atau pendidihan fluida diluar pipa. Jenis ini sering disebut dengan jenis ketel (*kettle*) (Syarief, A., Dan Mahesa, R. 2021).



Gambar 2. 7 Tube Oil Cooler

Sumber : (Çengel, Y. A., Dan Ghajar, A. J. 2015.)

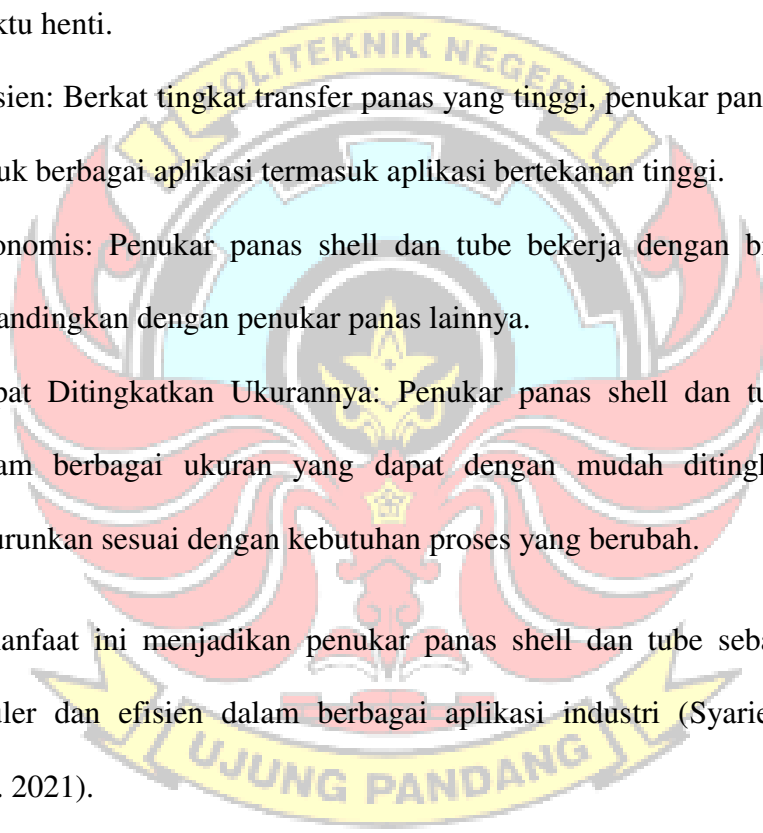
Berikut adalah beberapa aplikasi umum dari penukar panas shell dan tube:

1. Pengolahan Kimia: Penukar panas shell dan tube digunakan dalam pabrik pengolahan kimia. Mereka membantu dalam mentransfer panas antara fluida proses seperti aliran proses dan air pendingin.
2. Pembangkit Listrik: Di pembangkit listrik, penukar panas shell dan tube digunakan untuk mentransfer panas antara uap dan air pendingin dalam proses pembangkitan listrik.
3. Pengolahan Minyak dan Gas: Penukar panas shell dan tube digunakan dalam pabrik pengolahan minyak dan gas untuk memanaskan atau mendinginkan minyak mentah, gas alam, dan fluida proses lainnya.

Penerapan ini menyoroti peran penting penukar panas shell dan tube di berbagai industri, yang memberikan kontribusi besar terhadap operasi yang efisien dan efektif dari berbagai proses (Syarieff, A., Dan Mahesa, R. 2021).

Berikut adalah beberapa manfaat penukar panas shell dan tube:



- 
- a) Tahan Lama: Penukar panas shell dan tube dibuat menggunakan bahan yang kuat dan tahan lama yang dapat bertahan dalam berbagai kondisi.
  - b) Fleksibel: Penukar panas ini mampu menangani berbagai jenis fluida termasuk yang bersifat kental dan korosif.
  - c) Pengurangan Waktu Henti: Dengan penukar panas shell dan tube, terdapat pembersihan dan pemeliharaan yang lebih baik sehingga mengurangi waktu henti.
  - d) Efisien: Berkat tingkat transfer panas yang tinggi, penukar panas ini cocok untuk berbagai aplikasi termasuk aplikasi bertekanan tinggi.
  - e) Ekonomis: Penukar panas shell dan tube bekerja dengan biaya rendah dibandingkan dengan penukar panas lainnya.
  - f) Dapat Ditingkatkan Ukurannya: Penukar panas shell dan tube tersedia dalam berbagai ukuran yang dapat dengan mudah ditingkatkan atau diturunkan sesuai dengan kebutuhan proses yang berubah.

Manfaat-manfaat ini menjadikan penukar panas shell dan tube sebagai pilihan yang populer dan efisien dalam berbagai aplikasi industri (Syarief, A., Dan Mahesa, R. 2021).

#### **2.4.1. Komponen Lube Oil Cooler tube and shell**

Penukar panas shell dan tube adalah jenis penukar panas yang umum digunakan untuk mentransfer panas antara dua fluida, biasanya satu mengalir di dalam tabung (sisi tabung) dan yang lainnya mengelilingi tabung di dalam

selongsong (sisi selongsong). Penukar panas ini terdiri dari beberapa komponen kunci:

- a) Selongsong (*Shell*): Selongsong merupakan penutup luar atau perumahan penukar panas. Biasanya memiliki bentuk silinder atau persegi panjang dan memberikan dukungan struktural untuk komponen internal. Selongsong berisi saluran masuk dan keluar fluida baik dari sisi tabung maupun sisi selongsong.
- b) Tabung (*Tubes*): Tabung adalah komponen inti dari penukar panas di mana terjadi transfer panas. Biasanya terbuat dari bahan seperti tembaga, stainless steel, atau berbagai paduan logam. Fluida sisi tabung mengalir melalui tabung-tabung ini, dan panas ditransfer melalui dinding tabung ke fluida sisi selongsong.
- c) Lembaran Tabung (*Tube Sheets*): Lembaran tabung adalah pelat datar tebal di ujung selongsong di mana tabung-tabung dipasang. Mereka berfungsi untuk mendukung dan mengamankan tabung-tabung di dalam selongsong serta menciptakan segel untuk mencegah kebocoran antara fluida sisi tabung dan sisi selongsong.
- d) Pembatas (*Baffles*): Pembatas adalah komponen internal, sering berupa pelat logam atau batang, yang ditempatkan di dalam selongsong. Tujuan utama mereka adalah untuk mengarahkan aliran fluida sisi selongsong dan meningkatkan transfer panas dengan menciptakan turbulensi. Pembatas memastikan bahwa fluida sisi selongsong melewati dan mengelilingi tabung-tabung untuk memaksimalkan efisiensi pertukaran panas.

- e) Bungkus Tabung (*Tube Bundle*): Kumpulan tabung, lembaran tabung, dan pembatas sering disebut sebagai bungkus tabung. Ini merupakan bagian inti dari transfer panas dalam penukar panas, dan dapat dilepas untuk tujuan pemeliharaan dan pembersihan.
- f) Tutup Ujung dan Penutup Saluran (*End Caps and Channel Covers*): Ujung selongsong ditutup dengan tutup ujung atau penutup saluran. Komponen ini mencegah fluida sisi selongsong melewati bungkus tabung dan memastikan bahwa fluida tersebut mengalir di atas seluruh permukaan tabung.
- g) Pipa Masuk dan Keluar (*Inlet and Outlet Nozzles*): Ini adalah lubang-lubang pada selongsong tempat fluida panas dan dingin masuk dan keluar dari penukar panas. Biasanya terhubung ke pipa untuk pasokan dan pembuangan fluida.
- h) Pendukung (*Supports*): Penukar panas shell dan tube sering dipasang pada struktur penyangga, yang bisa berupa kaki atau mekanisme penyangga lainnya. Pendukung ini menjaga penukar panas dalam posisi stabil dan memungkinkan untuk penyesuaian yang tepat dengan sambungan pipa.
- i) Lubang Akses (*Access Ports*): Penukar panas sering memiliki lubang akses atau lobang inspeksi, yang memungkinkan untuk pemeriksaan, pemeliharaan, dan pembersihan bagian dalam, terutama bungkus tabung.
- j) Gasket dan Segel (*Gaskets and Seals*): Gasket, *O-ring*, atau bahan segel lainnya digunakan untuk memastikan tidak ada kebocoran antara fluida

sisi tabung dan sisi selongsong. Segel yang tepat sangat penting untuk efisiensi dan keamanan penukar panas.

- k) Koneksi Penghawaan dan Pembuangan (*Vent dan Drain Connections*): Koneksi penghawaan dan pembuangan digunakan untuk mengeluarkan udara dari sistem dan menguras fluida saat diperlukan.

## 2.5 Cara Kerja Tube and Shell

Konsep dan pengoperasian penukar panas shell and tube cukup sederhana dan didasarkan pada aliran dan kontak termal dua cairan. Nama shell and tube heat exchanger berfungsi untuk menjelaskan proses pertukaran suhu antara dua fluida. Pada alat penukar panas, suatu fluida yang dipanaskan atau panas akan mengalir mengelilingi fluida dingin dan memindahkan panas searah dengan aliran fluida dingin tersebut (Septian, B., Aziz, A., Dan Rey, P. D. 2021).

Dalam situasi apa pun di mana dua potong bahan bersentuhan, akan terjadi pertukaran atau perpindahan panas melalui permukaan konduktif. Proses penukar panas shell and tube menyediakan tempat bagi dua fluida untuk bertukar atau memindahkan panas melalui logam konduktif (Septian, B., Aziz, A., Dan Rey, P. D. 2021).

Pada proses penukar panas shell and tube, satu fluida mengalir melalui tube sedangkan fluida lainnya mengalir melalui shell. Pada diagram di bawah, yaitu penukar panas shell and tube tabung lurus, saluran masuk shell untuk masuknya fluida shell ada di atas dengan saluran masuk untuk fluida tabung di kanan bawah. Penukar panas shell and tube memiliki dua kompartemen atau bagian: sisi shell

dan sisi tabung. Saat bekerja dengan penukar panas shell and tube, penting untuk memutuskan sisi mana cairan panas akan masuk dan sisi mana cairan dingin akan masuk; keputusan ini disebut sebagai alokasi cairan (Septian, B., Aziz, A., Dan Rey, P. D. 2021),

## 2.6 Efektifitas Lube Oil Cooler

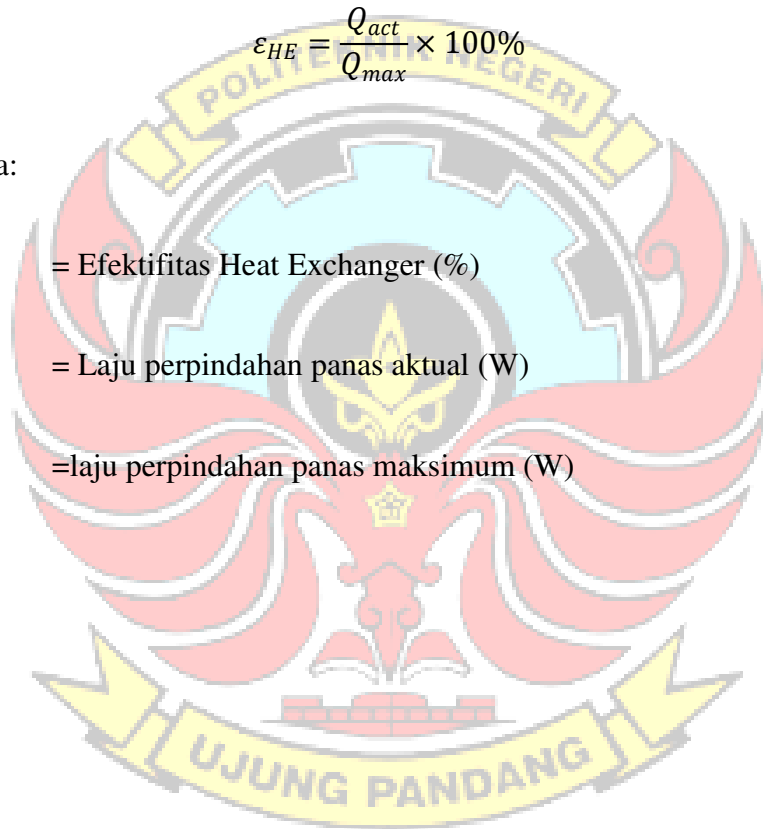
$$\varepsilon_{HE} = \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \times 100\%$$

Dimana:

$\varepsilon_{HE}$  = Efektifitas Heat Exchanger (%)

$Q_{act}$  = Laju perpindahan panas aktual (W)

$Q_{max}$  = laju perpindahan panas maksimum (W)



## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Huayue Nickel Cobalt di kawasan PT. Indonesia Morowali Industrial Park (IMIP) Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah. Waktu penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2024 sampai dengan bulan Juli 2024.

### **3.2 Prosedur penelitian**

#### **3.2.1 Studi Literatur**

Studi Literatur ini dilakukan dengan tujuan mengumpulkan informasi agar memudahkan dalam mengetahui nilai perbandingan efisiensi *Lube Oil Cooler*. Referensi dikumpulkan dari berbagai jurnal, tugas akhir, buku dan halaman web yang dapat menunjang dan membantu proses penyelesaian tugas akhir.

#### **3.2.2 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mempermudah dalam menghitung nilai perbandingan efisiensi pada penelitian ini. Data-data yang diambil dalam penelitian ini yaitu:

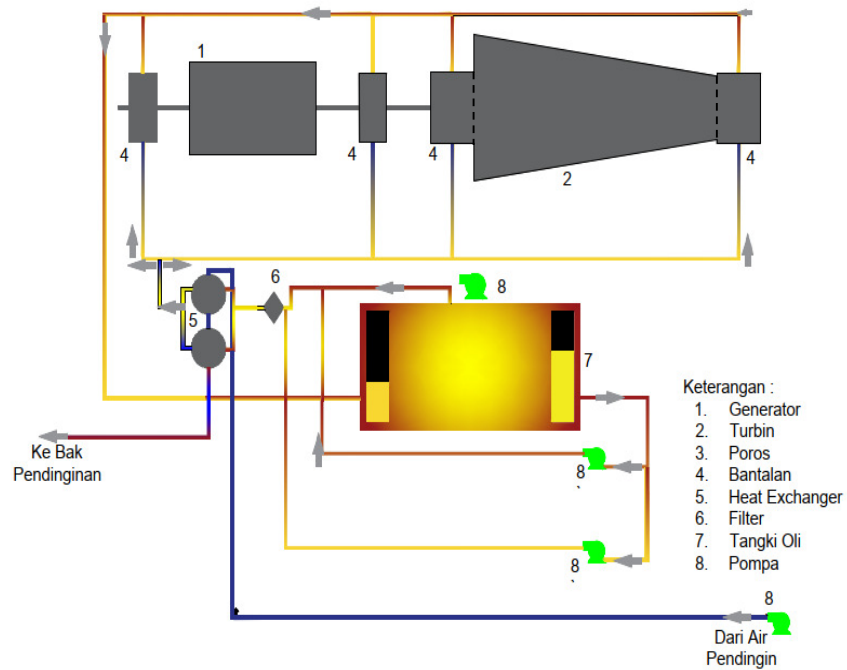
1. Data Temperaur cairan pelumas masuk
2. Data Temperature cairan pelumas keluar
3. Data Temperaur cairan Air masuk
4. Data Temperaur cairan Air Keluar

### 3.2.3 Pengolahan Data dan Analisa Data

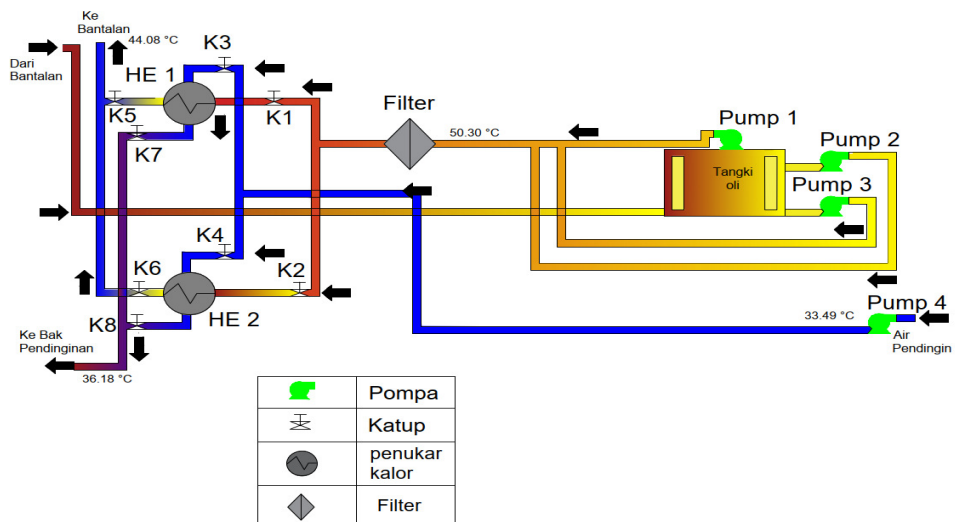
Setelah mengumpulkan berbagai jenis data, kemudian data yang diperoleh akan diolah untuk melihat perbandingan nilai efisiensi dan mengetahui apa saja penyebab dilakukannya pergantian unit. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan analisa data dan kegiatan sebagai berikut:

1. Menghitung nilai *Logaritmic Mean Temperature Different* (LMTD)
2. Menghitung nilai efektifitas *Lube Oil Cooler* sebelum pergantian unit.
3. Menghitung nilai efektifitas *Lube Oil Cooler* setelah pergantian unit.
4. Membandingkan hasil yang didapatkan dari perhitungan nilai efisiensi sebelum dan setelah dilakukannya pergantian unit.
5. Mengidentifikasi masalah yang terjadi sebelum pergantian unit.
6. Mengidentifikasi kerusakan atau alasan lain yang terjadi pada unit sehingga harus dilakukan pergantian unit.
7. Menyajikan hasil perbandingan nilai Efektifitas dalam bentuk grafik.

### 3.3 Skema Sistem Pelumasn *Lube Oil Cooler*

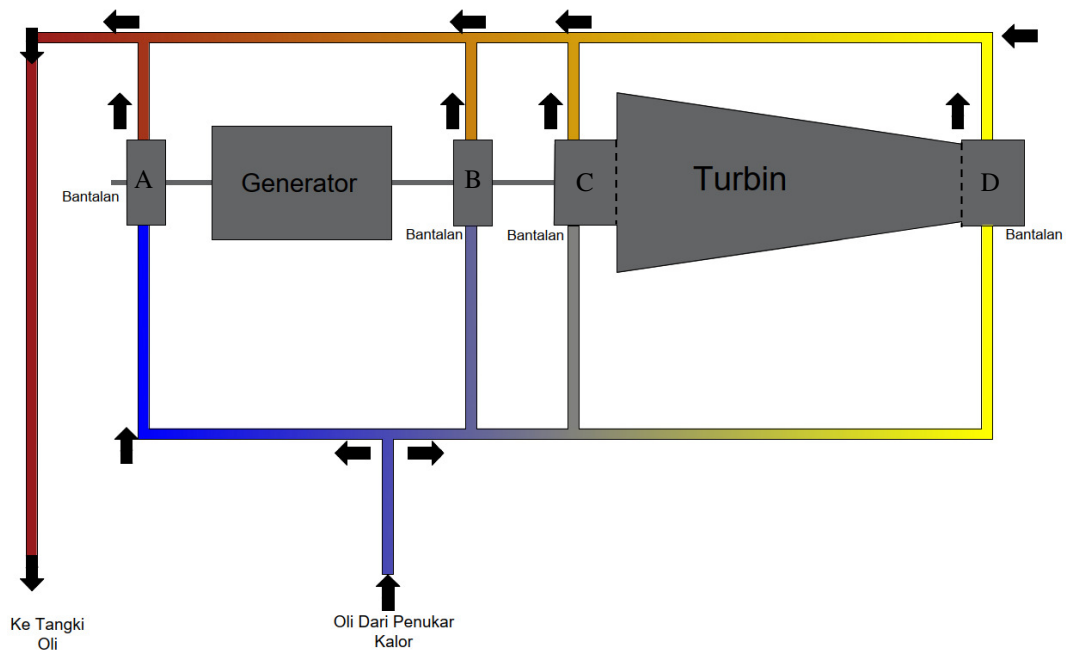


Gambar 3. 1 Skema Sistem Pelumasan Lube Oil Cooler



Gambar 3. 2 Skema *Lube Oil Cooler*





Gambar 3. 3 Skema *Output Heat Exchanger*

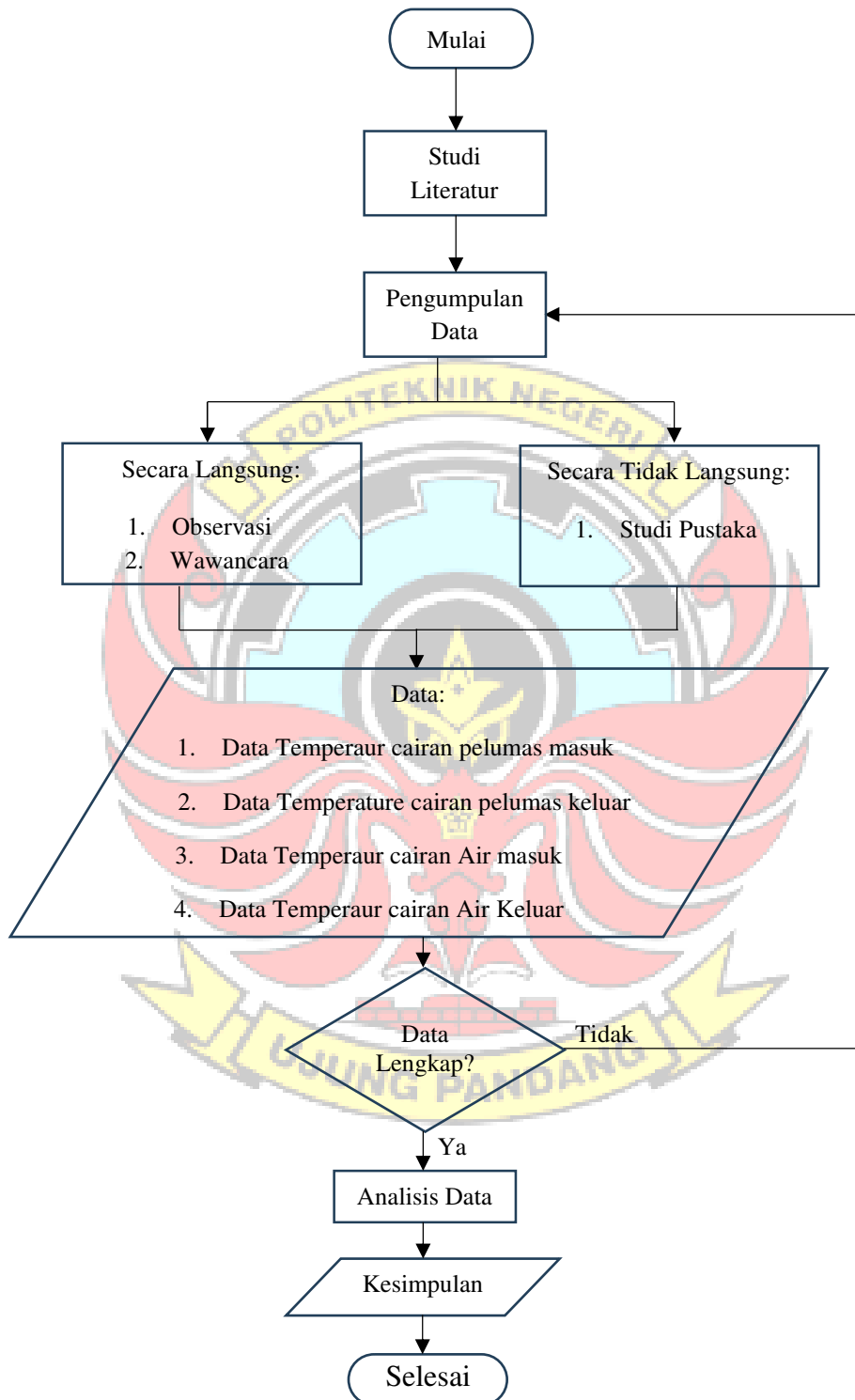
Keterangan :

- Pompa 1 dan Pompa 2 (pompa 3) mensirkulasikan oli dari tangki oli menuju filter oli.
- Setelah memasuki filter, oli akan memasuki salah satu *heat exchanger lube oil cooler* yang beroperasi He ( $He_1$  dan  $He_2$  bergantian beroperasi).
- Didalam *heat exchanger lube oil cooler* oli akan didinginkan menggunakan fluida air yang suhunya lebih rendah dari suhu oli, air yang digunakan dalam proses pendinginan merupakan air sirkulasi yang digunakan juga untuk mendinginkan uap yang ada dalam kondensor.
- Proses pendinginan terjadi dengan cara penyerapan energi panas yang ada pada cairan pelumas (oli), air yang telah menyerap energi panas dari oli akan langsung keluar menuju ke bak pendinginan sehingga proses penyerapan panas dapat maksimal.

- e) Didalam *heat exchanger lube oil cooler* dan bagian, yang ditempati oleh cairan pelumas yang dinamakan *shells* dan yang ditempati oleh air dinamakan *tube*.
- f) Setelah didinginkan oli akan menuju ke empat bantalan yang ada pada turbin dan generator untuk melumasi dan menjaga perputaran poros tetap lancar.
- g) Setelah memasuki bantalan, oli akan bersirkulasi kedalam tangki oli untuk digunakan secara terus menerus.



### 3.4 Diagram Alir



Gambar 3. 4 Diagram Alir

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data yang pertama yaitu dengan mengumpulkan data *in* dan *out* dari oli dan air yang masuk dari *lube oil cooler*. Pada proses yang telah diamati terdapat data hasil operasi *lube oil cooler* sebelum dan setelah dilakukannya pergantian unit. Seperti yang ditampilkan pada table dibawah ini.

Tabel 4. 1 Data Sebelum Dilakaukan Pergantian Unit

No	Waktu Operasi	Suhu Oli Masuk (°C)	Suhu Oli Keluar (°C)	Suhu Air Masuk (°C)	Suhu Air Keluar (°C)
1	11/15/2023	50.91	44.94	34.75	37.31
2	11/16/2023	50.51	44.53	34.06	36.71
3	11/17/2023	50.72	42.99	34.28	36.80
4	11/18/2023	49.07	43.08	30.80	31.37
5	11/19/2023	50.16	44.29	33.23	38.02
6	11/20/2023	50.33	44.34	33.83	36.77
7	11/21/2023	50.40	44.41	33.46	36.24
Rata - Rata		50.30	44.08	33.49	36.18

Tabel 4. 2 Data Setelah Dilakukan Pergantian Unit

No	Waktu Operasi	Suhu Oli Masuk (°C)	Suhu Oli Keluar (°C)	Suhu Air Masuk (°C)	Suhu Air Keluar (°C)
1	2/24/2024	46.96	40.04	31.70	33.83
2	2/25/2024	45.96	39.01	30.57	32.39
3	2/26/2024	46.36	39.38	30.93	33.10
4	2/27/2024	46.67	41.45	31.43	33.68
5	2/28/2024	47.65	40.25	31.90	34.20
6	2/29/2024	47.96	40.30	32.10	34.53
7	3/1/2024	47.85	40.49	32.23	34.92
Rata - Rata		47.06	40.13	31.55	33.81

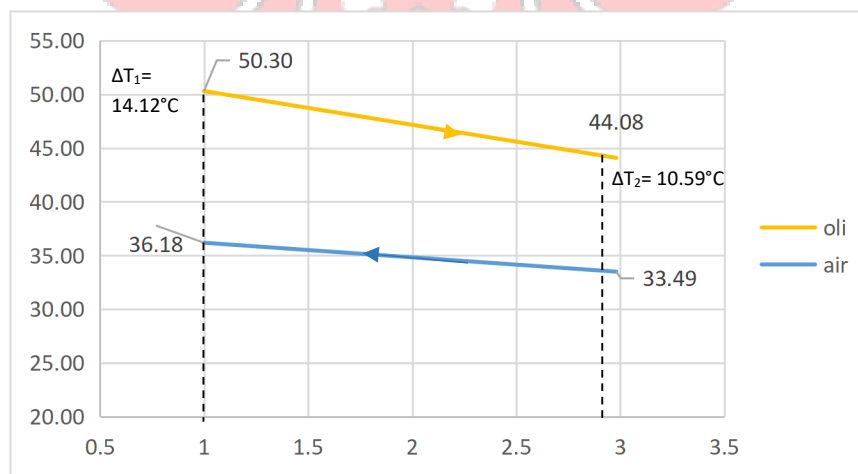
Tabel 4. 3 Dimensi Alat Heat Exchanger Lube Oil Cooler Sebelum pergantian

No	Dimensi	Ukuran (mm)
1	Panjang	2980
2	Diameter	350

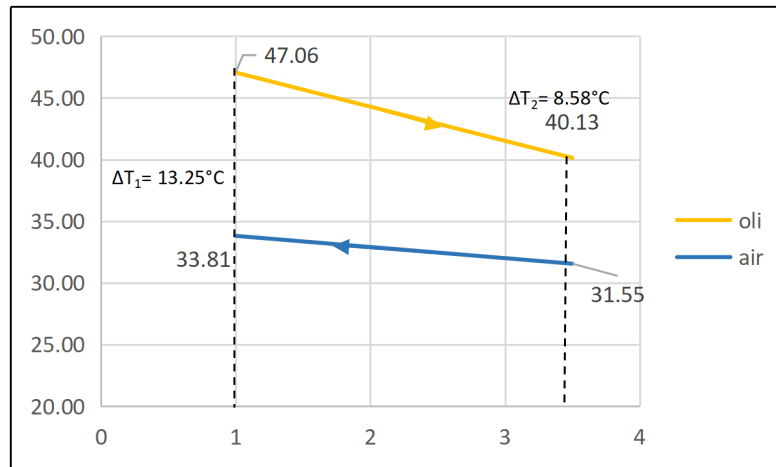
Tabel 4. 4 Dimensi Alat Heat Exchanger Lube Oil Cooler Setelah pergantian

No	Dimensi	Ukuran (mm)
1	Panjang	3556
2	Diameter	420

#### 4.1.1 Grafik perbandingan temperatur aliran tidak searah



Gambar 4. 1 Grafik perbandingan suhu fluida (oli dan air) sebelum pergantian unit.



Gambar 4. 2 Grafik perbandingan suhu fluida (oli dan air) setelah pergantian unit.

#### 4.2 Analisis Data

Pada tahap ini data yang didapatkan akan dihitung untuk mendapatkan nilai efisiensi dari masing-masing alat, sebelum dan setelah pergantian selama 7 hari berturut-turut.

##### 4.2.1. Data percobaan pada *lube oil cooler* sebelum dilakukan pergantian unit (11/15/2023)

Diketahui :

- $T_{in(oil)}$  : 50.91°C
- $T_{out(oil)}$  : 44.94°C
- $T_{in(water)}$  : 34.75°C
- $T_{out(water)}$  : 37.31°C

1. Mencari nilai LMTD

Nilai LMTD atau perbandingan logaritmatik pertukaran panas yang di gunakan yaitu dengan aliran tipe berlawanan (counter curren/flow), yaitu :

$$T_{LMTD} = \frac{(T_{in(oil)} - T_{out(water)}) - (T_{out(oil)} - T_{in(water)})}{\ln \frac{T_{in(oil)} - T_{out(water)}}{T_{out(oil)} - T_{in(water)}}$$

$$T_{LMTD} = \frac{(50.91 \text{ } ^\circ\text{C} - 37.31 \text{ } ^\circ\text{C}) - (44.94 \text{ } ^\circ\text{C} - 34.75 \text{ } ^\circ\text{C})}{\ln \left( \frac{50.91 \text{ } ^\circ\text{C} - 37.31 \text{ } ^\circ\text{C}}{44.94 \text{ } ^\circ\text{C} - 34.75 \text{ } ^\circ\text{C}} \right)}$$

$$T_{LMTD} = \frac{3.4 \text{ } ^\circ\text{C}}{0.29}$$

$$T_{LMTD} = 11.81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Perhitungan data Operasi dan kinerja

Pada data operasi dan kinerja yang telah di dapatkan maka akan dihitung dari laju perpindahan panas yang telah ada, untuk nilai dari kapasitas panas minyak pelumas dan kapasitas panas minimum didapatkan dari referensi dikarenakan data untuk menghitung nilai tersebut tidak dapat diakses, untuk mendapatkan nilai efektifitas dari heat exchanger, yaitu:

1) Perhitungan perpindahan panas maksimal ( $Q_{max}$ )

Laju perpindahan panas maksimal merupakan nilai perpindahan panas yang terbesar yang mungkin terjadi pada heat exchanger, yaitu.

$$Q_{max} = C_{min}(T_{in(oil)} - T_{in(water)})$$

$$Q_{max} = 295.94 \frac{W}{^{\circ}C} (50.91^{\circ}C - 34.75^{\circ}C)$$

$$Q_{max} = 4781.90 \text{ W}$$

2) Perhitungan perpindahan panas aktual ( $Q_{act}$ )

Laju perpindahan panas maksimal merupakan nilai perpindahan panas yang terbesar yang mungkin terjadi pada heat exchanger, yaitu.

$$Q_{act} = C_h (T_{in(oil)} - T_{out(oil)})$$

$$Q_{act} = 295.94 \frac{W}{^{\circ}C} (50.91^{\circ}C - 44.94^{\circ}C)$$

$$Q_{act} = 1765.78 \text{ W}$$

3) Perhitungan Eektifitas kinerja ( $\epsilon_{HE}$ )

Eektifitas kinerja dari heat exchanger yang di dapatkan, yaitu :

$$\epsilon_{HE} = \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \times 100\%$$

$$\epsilon_{HE} = \frac{1765.78 \text{ W}}{4781.90 \text{ W}} \times 100\%$$

$$\epsilon_{HE} = 36.93 \%$$

Jadi nilai efisiensi thermal fluida oli setelah membandingkan suhu actual dan maksimum dari lube oil cooler pada 11/15/2023 sebelum dilakukannya pergantian adalah sebesar 36.93 %



**4.2.2. Data percobaan pada lube oil cooler setelah dilakukan pergantian unit (2/24/2024)**

Diketahui :

- $T_{in(oil)}$  : 46.96°C
- $T_{out(oil)}$  : 40.04°C
- $T_{in(water)}$  : 31.70°C
- $T_{out(water)}$  : 33.83°C

1. Mencari nilai LMTD

Nilai LMTD atau perbandingan logaritmatik pertukaran panas yang di gunakan yaitu dengan aliran tipe berlawanan (counter curren/flow), yaitu :

$$T_{LMTD} = \frac{(T_{in(oil)} - T_{out(water)}) - (T_{out(oil)} - T_{in(water)})}{\ln \frac{T_{in(oil)} - T_{out(water)}}{T_{out(oil)} - T_{in(water)}}}$$
$$T_{LMTD} = \frac{(46.96 \text{ °C} - 33.83 \text{ °C}) - (40.04 \text{ °C} - 31.70 \text{ °C})}{\ln \left( \frac{46.96 \text{ °C} - 33.83 \text{ °C}}{40.04 \text{ °C} - 31.70 \text{ °C}} \right)}$$
$$T_{LMTD} = \frac{4.8 \text{ °C}}{0.45}$$

$$T_{LMTD} = 10.55 \text{ °C}$$

## 2. Perhitungan data Operasi dan kinerja

Pada data operasi dan kinerja yang telah di dapatkan maka akan dihitung dari laju perpindahan panas yang telah ada, untuk nilai dari kapasitas panas minyak pelumas dan kapasitas panas minimum didapatkan dari referensi dikarenakan data untuk menghitung nilai nilai tersebut tidak dapat diakses, untuk mendapatkan nilai efektifitas dari heat exchanger, yaitu :

### 1) Perhitungan perpindahan panas maksimal ( $Q_{max}$ )

Laju perpindahan panas maksimal merupakan nilai perpindahan panas yang terbesar yang mungkin terjadi pada heat exchanger, yaitu.

$$Q_{max} = C_{min}(T_{in(oil)} - T_{in(water)})$$

$$Q_{max} = 295.94 \frac{W}{^{\circ}C} (46.96^{\circ}C - 31.70^{\circ}C)$$

$$Q_{max} = 4516.04 \text{ W}$$

### 2) Perhitungan perpindahan panas aktual ( $Q_{act}$ )

Laju perpindahan panas aktual yaitu panas yang dilepas dari fluida panas atau diserap oleh fluida dingin, yaitu.

$$Q_{act} = C_h(T_{in(oil)} - T_{out(oil)})$$

$$Q_{act} = 295.94 \frac{W}{^{\circ}C} (46.96^{\circ}C - 40.04^{\circ}C)$$

$$Q_{act} = 2047.90 \text{ W}$$

### 3) Perhitungan Eektifitas kinerja ( $\epsilon_{HE}$ )

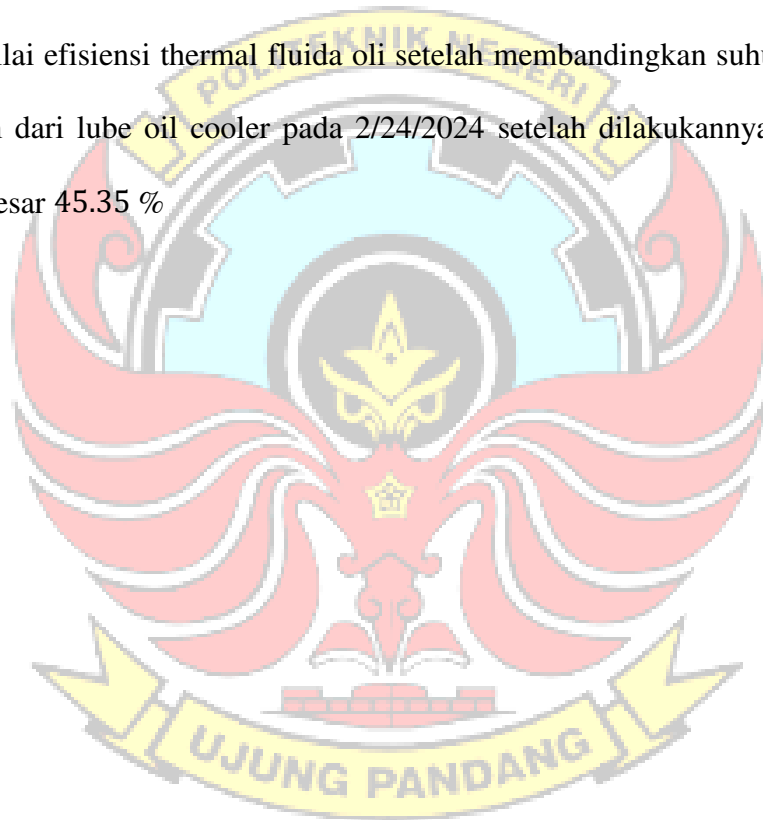
Eektifitas kinerja dari heat exchanger yang di dapatkan, yaitu :

$$\varepsilon_{HE} = \frac{Q_{act}}{Q_{max}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_{HE} = \frac{2047.90 \text{ W}}{4516.04 \text{ W}} \times 100\%$$

$$\varepsilon_{HE} = 45.35 \%$$

Jadi nilai efisiensi thermal fluida oli setelah membandingkan suhu actual dan maksimum dari lube oil cooler pada 2/24/2024 setelah dilakukannya pergantian adalah sebesar 45.35 %



### 4.3 Tabel Hasil Analisa

Tabel 4. 5 Hasil Analisa Sebelum Pergantian

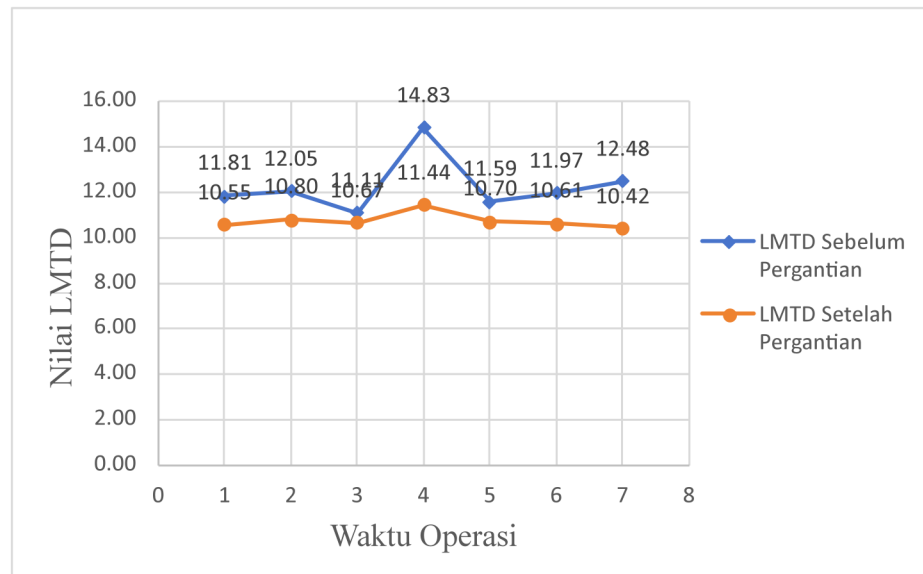
No	Waktu Operasi	LMTD °C	$Q_{max}$ W	$Q_{act}$ W	$\epsilon_{HE}$ %
1	11/15/2023	11.81	4781.90	1765.78	36.93
2	11/16/2023	12.05	4868.21	1770.71	36.37
3	11/17/2023	11.11	4864.51	2287.37	47.02
4	11/18/2023	14.83	5408.30	1771.94	32.76
5	11/19/2023	11.59	5009.77	1736.18	34.66
6	11/20/2023	11.97	4881.78	1771.94	36.30
7	11/21/2023	12.48	5012.48	1771.94	35.35
Rata - Rata		12.26	4975.28	1839.41	37.06

Tabel 4. 6 Hasil Analisa Seteleah Pergantian

No	Waktu Operasi	LMTD °C	$Q_{max}$ W	$Q_{act}$ W	$\epsilon_{HE}$ %
1	2/24/2024	10.55	4516.04	2047.90	45.35
2	2/25/2024	10.80	4554.52	2056.78	45.16
3	2/26/2024	10.67	4566.35	2065.66	45.24
4	2/27/2024	11.44	4508.16	1543.83	34.25
5	2/28/2024	10.70	4659.82	2188.72	46.97
6	2/29/2024	10.61	4695.88	2266.70	48.27
7	3/1/2024	10.42	4621.60	2178.12	47.13
Rata - Rata		10.74	4588.91	2049.67	44.62

## 4.4 Grafik dan Pembahasan

### 4.4.1. Perbandingan nilai *Logaritmik Mean Temperature Difference* (LMTD)



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan nilai Logaritmik Mean Temperature Design (LMTD) dan waktu operasi

#### dan waktu operasi

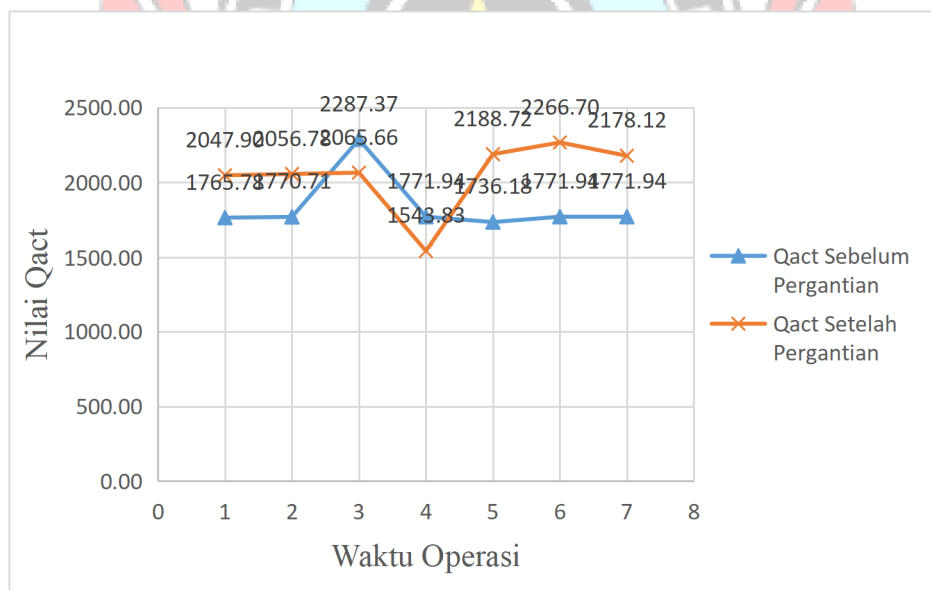
Berdasarkan grafik LMTD diatas terdapat perbedaan yang signifikan, nilai LMTD yang didapatkan dari *heat exchanger lube oil cooler* sebelum dilakukan pergantian unit memiliki nilai yang lebih besar dan cenderung tidak stabil, berbanding terbalik dengan nilai LMTD yang didapatkan dari *heat exchanger lube oil cooler* setelah dilakukan pergantian yang cenderung lebih kecil dan stabil. Nilai rata rata yang didapatkan dari *heat exchanger lube oil cooler* memiliki selisih yang lumayan tinggi, nilai rata rata dari *heat exchangers lube oil cooler* sebelum dilakukan pergantian adalah sebesar 12.26 °C sedangkan nilai LMTD setelah dilakukan pergantian adalah sebesar 10.74 °C, memiliki selisih sebesar

1.52 °C. Dari nilai yang telah diperoleh menunjukkan *heat exchangers lube oil cooler* setelah dilakukan pergantian lebih bagus daripada sebelum dilakukan pergantian. Hal ini dikarenakan semakin besar nilai dari LMTD sebuah *heat exchanger* maka semakin tidak efisien alat bekerja.

#### 4.4.2. Perbandingan nilai laju perpindahan aktual ( $Q_{act}$ ) dengan waktu operasi



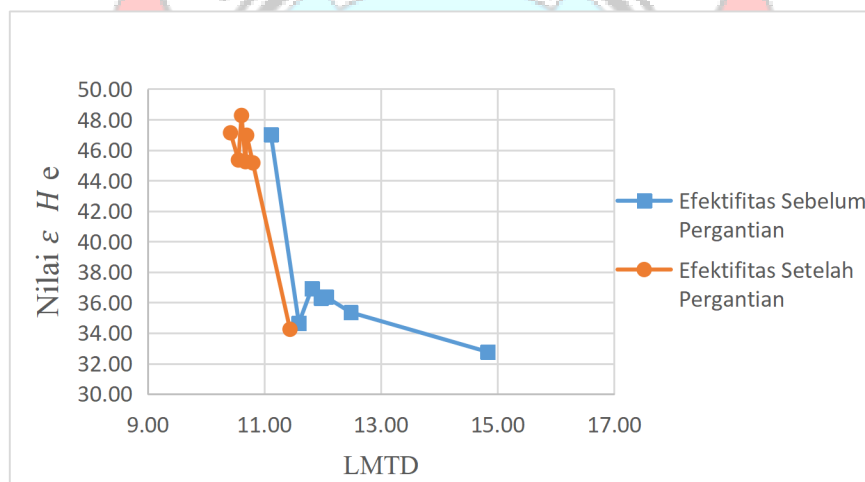
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan nilai kalor aktual ( $Q_{act}$ ) terhadap waktu operasi



Berdasarkan grafik perbandingan diatas nilai  $Q_{act}$  *heat exchanger lube oil cooler* setelah dilakukan pergantian lebih tinggi dibandingkan sebelum dilakukannya pergantian. Walaupun pada hari ke 3 dan ke 4 nilai  $Q_{act}$  lebih besar, tetapi secara keseluruhan nilai  $Q_{act}$  setelah dilakukan pergantian lebih baik

dibandingkan sebelum dilakukannya pergantian dengan nilai rata rata yang didapatkan dari *heat exchanger lube oil cooler* sebelum dilakukan pergantian adalah sebesar 1839.41 W dan setelah dilakukannya pergantian adalah sebesar 2049.67 W. Walaupun tidak terlalu jauh tapi nilai  $Q_{act}$  setelah dilakukan pergantian secara keseluruhan dari hari ke hari lebih bagus dengan selisih 210.27 W.

#### 4.4.3. Perbandingan Nilai Efektifitas *lube oil cooler* terhadap *Logaritmic Mean Temperatur Difference (LMTD)*



Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Nilai Efektifitas *lube oil cooler* terhadap Logaritmic Mean Temperatur Difference (*LMTD*)

Berdasarkan grafik perbandingan diatas dapat dilihat semakin kecil nilai LMTD maka semakin besar nilai efektifitas yang didapatkan dan semakin besar nilai LMTD maka semakin kecil nilai efektifitas yang didapatkan, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai efektifitas dengan nilai LMTD berbanding terbalik, dengan nilai efektifitas tertinggi berada pada setelah pergantian dengan nilai sebesar



48.27 % dan LMTD sebesar 10.61 °C dan nilai efektifitas terendah berada pada sebelum pergantian dengan nilai sebesar 32.76 % dan LMTD sebesar 14.83 °C Sehingga berdasarkan data, *heat exchanger lube oil cooler* setelah dilakukan pergantian lebih efektif dalam menurunkan suhu.



## BAB V KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian pada PLTU PT. HUAYUE Nickel Cobalt adalah sebagai berikut :

1. Dari data yang telah didapatkan dari perbandingan *Logaritmik Mean Temperature Difference* (LMTD), sebelum dilakukannya pergantian unit nilai rata-rata secara keseluruhan yang di dapatkan sebesar 12.26 °C sedangkan setelah dilakukan pergantian nilai LMTD turun menjadi 10.74 °C dan nilai efektifitas sebelum dilakukannya pergantian unit *lube oil cooler* adalah sebesar 37.06 % sedangkan nilai efektifitas setelah dilakukan pergantian unit adalah sebesar 44.62 %.
2. Penyebab dilakukannya pergantian unit *lube oil cooler* di PT. Huayue Nickel Cobalt, yaitu:
  - a) Usia unit yang sudah tua
  - b) Penumpukan lumpur pada pipa

Berdasarkan beberapa alasan yang menjadi penyebab dilakukannya pergantian diatas, perusahaan memilih alat yang lebih baru dengan ukuran yang lebih besar dan mekanisme kerja yang lebih efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Çengel, Y. A., Dan Ghajar, A. J. (2015). *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications*. McGraw-Hill Education.
- Haikal & Reza, 2023 Analisis Pengaruh Uap Boiler Pipa Api Kapasitas 6 Ton Pada Proses Produksi V-Belt di PT Bando Indonesia.
- Hidayat. (2018). Heat exchanger cross flow rectangular fin: Pengaruh mass flow rate fluida dingin terhadap kinerja dan efisiensi.
- Indonesia RE. (2022). *Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)*.  
<https://indonesiare.co.id/id/article/pembangkit-listrik-tenaga-uap-pltu>
- Industrial Quick Search (2024). Shell And Tube Heat Exchangers
- PT Huayue Nickel Cobalt. Profil Perusahaan di LinkedIn. Diakses pada 2024
- Purba, J. (2021). "Turbin Uap: Pengertian, Prinsip Kerja, dan Aplikasi." HYNC. (n.d.). *PT. Huayue Nickel Cobalt*. <https://id.linkedin.com/company/pt-huayue-nickel-cobalt>
- Rakhman, A. (2013). Fungsi dan Prinsip Kerja PLTU. *Power Plant & Electrical Engineering*, 8. <https://rakhman.net/2013/04/fungsi-dan-prinsip-kerja-pltu.html/proses-konversi-energi-pada-pltu#main>
- Rizki, M. M., Nalahuddin, M., & Muharni, R. (2021). Analisis Kebutuhan Debit Air Di Gedung C RSUD Kota Bukittinggi. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(2), 94–98. <https://doi.org/10.30630/jtm.14.2.657>
- Unimar Amni. (2021). *No Title*. <http://repository.unimaramni.ac.id/3268/2/3.BAB2.pdf>
- Saputra, A. N., Puspawan, A., Dan Supardi, N. I. (2021). Analisis Kinerja *Lube Oil Cooler* Pada Maintenance Outage di PLTGU
- Septian, B., Aziz, A., Dan Rey, P. D. (2021). Desain dan Rancang Bangun Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger) Jenis Shell dan Tube
- STIKOM Yos Sudarso. (2020). "Kondensor."

Susilo, J. (2016). Penggunaan Minyak Atsiri Sebagai Aditif Dispersan Untuk Mengatasi Deposit Pada Ruang Bakar Mesin Diesel Berbahan Bakar B20. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1–37.

Syarief, A., Dan Mahesa, R. (2021). Analisis Performa Turbine Oil Cooler di PLTU Asam-Asam Uni



**L**

**A**

**M**

**P**

**I**

**R**

**A**

**N**



## Lampiran 1

### Data Pengamatan Sebelum Pergantian Unit

11/15/2023				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	51.1	45.3	34.6	37.4
2	51.2	45.4	34.6	37.4
3	51	45	34.4	37.1
4	51	45	34.4	37.1
5	50.7	45	34.3	37
6	50.7	45	34.3	37
7	50.8	45	34.6	37
8	50.9	45	34.8	37.3
9	51	44.9	34.8	37.4
10	51	45	34.9	37.5
11	51.1	45.1	35.1	37.5
12	51	45	35.1	37.5
13	51.1	45	35.1	37.5
14	51	44.9	35.2	37.7
15	51	44.9	35.1	37.7
16	51	45	35.2	37.6
17	50.9	45	35.1	37.6
18	50.9	44.9	35	37.5
19	50.9	44.9	35	37.5
20	50.9	44.7	35	37.4
21	50.9	44.7	34.6	37.1
22	50.6	44.6	34.3	37
23	50.6	44.7	34.3	36.9
24	50.5	44.6	34.0	36.8

11/16/2023				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	50.5	44.6	34	36.8
2	50.6	44.6	33.7	36.4
3	50.1	44.2	33	36
4	50.1	44.2	33	36
5	50.1	44.2	33	36
6	50.2	44.1	33	36.1
7	50.2	44.2	33.7	36.6
8	50.1	44.3	33.8	36.4
9	50.4	44.3	34.3	36.9
10	50.5	44.6	34.6	37.1
11	50.6	44.7	34.8	37.4
12	50.7	44.6	34.8	37.4
13	50.7	44.7	34.8	37.3
14	50.2	44.3	34.4	36.5
15	50.3	44.2	34.3	36.7
16	50.3	44.1	34.3	36.8
17	51.2	44.1	34.4	36.8
18	50.6	44.8	34.4	36.9
19	50.8	44.7	34.4	37
20	50.8	45.1	34.5	37
21	50.8	45	34.1	36.7
22	50.8	45.1	34	36.7
23	50.9	45	34	36.9
24	50.7	44.9	34.1	36.7

11/17/2023				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	50.7	44.9	34.1	36.8
2	50.7	44.8	33.8	36.4
3	50.3	44.5	33.2	35.8
4	50.5	44.7	33.8	36.4
5	50.5	44.7	33.7	36.5
6	50.6	44.7	33.4	36.1
7	50.6	44.7	33.4	36.1
8	50.7	45	34.2	36.8
9	51.1	45.2	34.7	37.2
10	51.2	45.4	34.8	37.3
11	51.0	44.9	35	37.4
12	51	45.1	34.8	37.2
13	51	45	34.8	37.2
14	50.9	44.9	34.7	37
15	51	44.8	34.7	37.3
16	50.9	44.8	34.8	37.3
17	51.7	45	35.1	37.7
18	51	45.1	34.9	37.3
19	50.1	45.1	34.8	37.4
20	50.4	44.7	34.2	36.9
21	50.2	44.6	33.7	36.3
22	50.3	44.7	33.7	36.2
23	50.4	44.8	33.6	36.1
24	50.5	44.7	33.9	36.5



11/18/2023				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	50.7	45	34	36.5
2	50.7	45	33.9	36.5
3	50.7	44.7	33.8	36.4
4	50.6	44.7	34	36.6
5	50.6	44.6	34.1	36.7
6	50	43.9	31.6	33.1
7	49.1	43.1	30.4	31.8
8	49	43.1	30	31.9
9	48.7	42.6	29.7	31.4
10	48.5	42.7	29.9	31.9
11	49.1	42.9	30.2	32.1
12	49	42.9	30.4	32.2
13	49	43	30.3	32.2
14	49.1	43.1	30.7	32.4
15	49.1	43.1	30.5	32.2
16	49.2	43.2	30.8	32.6
17	49.3	43.4	30.7	32.4
18	48.4	42.4	30	31.7
19	48.3	42.2	30	31.4
20	47.8	41.6	28.7	30.1
21	47.6	41.6	28.5	29.6
22	47.6	41.6	28.7	29.9
23	47.7	41.7	28.8	30
24	47.9	41.9	29.4	30.6

11/19/2023				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	48.3	42.4	29.6	30.6
2	48.2	41.9	28.8	30.5
3	47.8	42.1	29.3	32.1
4	49.4	43.9	31.9	35.1
5	50	44.2	32.5	35.1
6	50	44.6	32.8	36.6
7	50.2	44.6	33.2	36.7
8	50.6	45	33.4	37.2
9	50.7	45	34.2	38
10	50.7	45	34.3	37.7
11	50.6	44.7	34.3	37.9
12	50.5	44.4	33.8	36.8
13	50.5	44.5	33.9	37.7
14	50.6	44.4	34	37.2
15	50.6	44.6	34	37.2
16	50.4	44.3	33.9	37.4
17	50.3	44.3	34	37
18	50.2	44.2	34	37
19	50.4	44.4	34.4	37.6
20	50.6	44.8	34.7	38.3
21	50.8	44.9	34.5	38
22	50.8	45	34.5	38.1
23	50.8	45	34.3	37.7
24	50.8	44.8	34.1	37.6

11/20/2023				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	50.6	44.7	34.1	37.2
2	50.6	44.6	34	37.2
3	50.4	44.4	33.8	37
4	50.2	44.4	33.7	36.9
5	50.2	44.3	33.7	36.9
6	50.2	44.2	33.8	37
7	50.2	44.3	33.7	37.2
8	50.3	44.2	33.3	36.3
9	50.2	44.1	33.2	36.4
10	50.4	44.4	34.2	37.1
11	50.5	44.4	34.3	37.2
12	50.3	44.2	34	36.7
13	50.3	44.3	33.8	36.7
14	50.3	44.2	33.9	34.5
15	50.3	44.3	33.9	36.8
16	50.4	44.3	33.9	36.8
17	50.3	44.2	33.9	36.7
18	50.3	44.3	33.9	36.6
19	50.3	44.3	34	37.1
20	50.4	44.5	34	37
21	50.3	44.4	33.8	36.9
22	50.4	44.4	33.7	36.9
23	50.2	44.4	33.7	36.7
24	50.3	44.4	33.7	36.7

11/21/2023				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	50.2	44	33.6	36.6
2	50	44	33.4	36.4
3	50	44	33.2	36.2
4	50	44	33.2	36.2
5	50	44	33.1	36.2
6	50	44	33.2	36.1
7	50	44	33.2	36.4
8	50.1	44	33.7	36.2
9	50	44.1	33.5	36.4
10	50.3	44.2	33.7	36.5
11	50.5	44.4	33.4	36.4
12	50.5	44.4	33.4	35.4
13	50.4	44.3	33.2	35.4
14	50.4	44.2	33.3	35.7
15	50.6	44.6	33.5	36.1
16	50.8	44.6	33.3	35.8
17	50.7	44.7	33.5	35.8
18	50.9	45	33.8	36.5
19	50.9	44.9	33.7	36.2
20	50.7	44.7	33.6	36.3
21	50.7	44.7	33.7	36.3
22	50.7	45	33.7	36.7
23	50.4	45	33.4	36.7
24	50.7	45	33.4	36.7

## Lampiran 2

### Dokumentasi Tabel Data Pengamatan Sebelum Pergantian Unit

1#

2023年11月15日

时间	项目	主汽压力		抽汽压力		调节压力	真空值	冷油器入口温度		冷油器出口温度		循环水入口温度		循环水出口温度	
		MPa	°C	MPa	°C			MPa	KPa	°C	°C	°C	°C	°C	°C
		PT-812 101	TE-812 103	PT-812 102	TE-812 109		PS-812 101	TIS-812 101	TIS-812 102	TE-812 111	TE-812 112				
1:00		15.03	577	4.26	436	2	80.1	51.1	45.3	34.6	37.9				
2:00		14.7	571	4.26	436	2	80.1	51.2	45.4	34.6	37.9				
3:00		14.8	578	4.26	436	2	81.1	51	45	34.4	37.1				
4:00		14.8	572	4.26	436	2	80.7	51	45	34.4	37.1				
5:00		17.1	572	4.26	436	2	81.1	51.1	45	34.7	37.1				
6:00		16.4	570	4.26	436	2	80.7	50.7	45	34.3	37.1				
7:00		14.6	570	4.26	436	2	80	50.9	45	34.6	37.1				
8:00		13.08	578	4.26	436	2.5	80.3	50.9	45	34.5	37.3				
9:00		13.78	576	4.26	436	2.5	80.7	51	44.9	34.8	37.4				
10:00		14.7	575	4.26	436	2.5	80.8	51	45	34.9	37.5				
11:00		14.2	573	4.26	436	2.5	80.6	51.1	45.1	35.1	37.5				
12:00		13.82	574	4.26	436	2.5	80.5	51	45	35.1	37.5				
13:00		14.37	571	4.26	436	2.5	80.9	51.1	45	35.1	37.5				
14:00		14.4	570	4.26	436	2.5	80.7	51	44.9	35.2	37.7				
15:00		14.7	573	4.26	436	2.5	81.1	51	44.9	35.1	37.7				
16:00		14.74	571	4.26	436	2.5	80.7	51	45	35.2	37.6				
17:00		14.7	576	4.26	436	2.5	80.4	50.9	45	35.1	37.6				
18:00		14.6	570	4.26	436	2.5	80.6	50.9	44.9	35	37.5				
19:00		14.37	578	4.26	436	2.5	80.1	50.7	44.7	35	37.5				
20:00		14.5	578	4.26	436	2.3	80.7	50.9	44.7	35	37.4				
21:00		14.12	578	4.26	436	2.3	80.3	50.8	44.7	34.6	37.1				
22:00		14.08	577	4.26	436	2.2	80.4	50.6	44.6	34.9	37.2				
23:00		14.04	579	4.26	436	2.2	80.9	50.6	44.7	34.3	36.9				
24:00		14.04	576	4.26	436	2.2	80.3	50.5	44.4	34.0	36.8				

1#

2023年11月16日

时间	项目	主汽压力		抽汽压力		调节压力	真空值	冷油器入口温度		冷油器出口温度		循环水入口温度		循环水出口温度	
		MPa	°C	MPa	°C			MPa	KPa	°C	°C	°C	°C	°C	°C
		PT-812 101	TE-812 103	PT-812 102	TE-812 109		PS-812 101	TIS-812 101	TIS-812 102	TE-812 111	TE-812 112				
1:00		15.03	577	4.26	436	2.3	80.7	50.5	44.5	34.0	36.8				
2:00		15.2	578	4.26	436	2.4	80.4	50.6	44.6	33.7	36.4				
3:00		16.1	575	4.26	436	2.3	80.8	50.4	44.2	33	36				
4:00		15.3	578	4.26	436	2.3	80.4	50.1	44.2	33	36				
5:00		15.2	571	4.26	436	2.3	80.6	50.1	44.2	33	36				
6:00		15.4	577	4.26	436	2.3	80.2	50.2	44.1	33	36.1				
7:00		16.6	570	4.26	436	2.3	80.2	50.2	44.2	33.7	36.6				
8:00		15.28	572	4.26	436	2.1	80.3	50.1	44.3	33.8	36.4				
9:00		14.02	570	4.26	436	2.1	80.3	50.4	44.5	34.3	36.9				
10:00		14.4	570	4.26	436	2.1	80.6	50.4	44.6	34.6	37.1				
11:00		14.57	573	4.26	436	2.1	80.8	50.1	44.7	34.8	37.4				
12:00		15.69	578	4.26	436	2.1	80.9	50.7	44.6	34.8	37.6				
13:00		13.96	574	4.26	436	2.1	80.8	50.7	44.5	34.8	37.7				
14:00		12.11	570	4.26	436	2.1	80.7	50.2	44.3	34.4	36.5				
15:00		14.02	573	4.26	436	2.1	80.3	50.3	44.2	34.3	36.7				
16:00		14.51	572	4.26	436	2.1	80.4	50.3	44.1	34.3	36.8				
17:00		14.21	570	4.26	436	2.1	80.9	51.2	44.1	34.4	36.8				
18:00		14.08	570	4.26	436	2.1	80.7	50.6	44.8	34.4	36.9				
19:00		14.57	575	4.26	436	2.1	80.8	50.8	44.3	34.4	37.0				
20:00		14.55	571	4.26	436	2.1	80.8	50.8	44.1	34.5	37				
21:00		14.1	577	4.26	436	2.1	80.8	50.8	44	34.1	36.7				
22:00		14.62	578	4.26	436	2.1	80.1	50.8	44.1	34	36.7				
23:00		14.23	578	4.26	436	2.1	80.3	50.9	44	34	36.9				
24:00		14.34	576	4.26	436	2.1	80.8	50.7	44.9	34.1	36.6				

1#

2023年11月17日

项目	电负荷	主汽		抽汽		调节级压力	真空值	冷油器		循环水		循环水出口水温
		压力	温度	压力	温度			入口油温	出口油温	入口水温	出口水温	
		PT-812 101	TE-812 103	PT-812 102	TE-812 109		PS-812 101	TIS-812 101	TIS-812 102	TIS-812 111	TIS-812 112	
时间		MPa	°C	MPa	°C	MPa	KPa	°C	°C	°C	°C	°C
1:00	1612	5.79	436.6			2.0	87.4	56.7	49.9	34.1	36.8	4
2:00	4.51	5.78	435.5			2.0	88.5	55.7	44.8	33.8	36.4	3
3:00	4.60	5.79	436.1			2.0	88.6	55.0	44.5	33.2	35.8	3
4:00	4.15	5.75	433.0			2.0	88.5	55.5	44.7	33.8	36.4	3
5:00	4.51	5.73	436.2			2.0	88.3	55.5	44.7	33.7	36.5	3
6:00	3.56	5.77	436.0			2.0	88.7	55.6	44.7	33.4	36.1	3
7:00	3.79	5.79	436.7			2.0	88.4	55.6	44.7	31.4	36.1	4
8:00	4.10	5.76	435.9			1.8	88.5	55.7	45.0	30.2	36.8	3
9:00	3.14	5.73	435.3			1.8	88.7	55.1	45.2	31.7	37.2	3
10:00	4.05	5.79	435.1			1.8	88.4	55.2	45.4	30.8	37.3	3
11:00	4.23	5.76	434.2			1.8	88.0	55.0	44.9	35	37.4	3
12:00	4.00	5.80	435.5			1.8	88.9	55.1	45.1	37.8	37.2	3
13:00	4.03	5.80	435.5			1.8	88.9	55.1	45	36.8	37.2	3
14:00	3.21	5.73	435.3			1.9	89.5	55.9	44.9	38.7	37.7	3
15:00	4.00	5.74	435.1			1.9	88.7	55.1	44.8	36.7	37.3	3
16:00	4.27	5.81	436.4			1.9	87.8	55.2	44.8	36.8	37.3	3
17:00	4.05	5.80	436.8			2	88.6	55.7	44.5	35.1	37.7	3
18:00	4.03	5.80	436.4			1.9	88.8	55.1	45.1	34.9	37.3	3
19:00	4.60	5.79	435.9			1.9	88.7	55.1	45.1	34.8	37.4	3
20:00	4.74	5.79	435.9			1.9	88.7	55.4	44.7	34.2	36.9	3
21:00	4.79	5.79	436.2			1.9	87.9	55.2	44.6	33.7	36.3	3
22:00	3.79	5.71	434.9			1.9	88.2	55.3	44.7	33.7	36.2	3
23:00	3.27	5.80	434.8			1.9	88.6	55.4	44.8	33.6	36.1	3
24:00	4.40	5.77	435.2			1.9	88.3	55.5	44.7	33.9	36.5	3

1#

2023年11月18日

项目	电负荷	主汽		抽汽		调节级压力	真空值	冷油器		循环水		循环水出口水温
		压力	温度	压力	温度			入口油温	出口油温	入口水温	出口水温	
		PT-812 101	TE-812 103	PT-812 102	TE-812 109		PS-812 101	TIS-812 101	TIS-812 102	TIS-812 111	TIS-812 112	
时间		MPa	°C	MPa	°C	MPa	KPa	°C	°C	°C	°C	°C
1:00	1444	5.79	437.6			1.9	88.3	55.0	44.5	34	36.5	3
2:00	1576	5.80	438.4			1.9	88.1	55.7	44.5	33.9	36.5	3
3:00	13.62	5.76	436.8			1.9	88.6	55.7	44.7	33.3	36.4	3
4:00	4.31	5.80	437.6			1.9	88.4	55.6	44.7	34	36.6	3
5:00	4.97	5.76	436.4			1.9	88.3	55.6	44.6	34.4	36.7	3
6:00	5.77	5.64	436.7			1.9	89.0	55.0	43.9	31.6	33.1	2
7:00	5.62	5.64	436.3			1.9	89.6	49.4	43.1	30.4	31.8	2
8:00	7.9	5.55	431.1			1.9	89.1	49.1	43.1	30	31.9	2
9:00	6.6	5.59	431			2	89.7	48.7	42.6	29.7	31.4	2
10:00	7.2	5.57	432			2	89.4	48.5	42.7	29.9	31.9	2
11:00	6.7	5.53	432			2	89.7	49.1	42.9	30.2	32.1	2
12:00	6.1	5.55	431			2	89.9	49	42.9	30.4	32.2	2
13:00	7.2	5.58	430.1			2	89.3	49	43	30.3	32.2	2
14:00	5.88	5.6	432.2			2	90	49.1	43.1	30.7	32.4	2
15:00	5.33	5.57	430			2	89.7	49.1	43.1	30.5	32.2	2
16:00	4.7	5.64	430.1			2	89.7	49.2	43.2	30.8	32.6	2
17:00	5.2	5.68	431			2	89.1	49.3	43.4	30.7	32.4	2
18:00	6.2	5.69	434			2	88.8	48.4	42.9	30	31.7	2
19:00	8	5.4	428			2	87.8	48.3	42.2	30	31.4	2
20:00	4.10	5.44	425.2			1	88.7	47.9	42.1	28.1	30.1	1
21:00	2.25	5.43	424.1			1	88.1	47.6	41.6	28.6	30.1	1
22:00	2.8	5.44	422.4			0.9	88.2	47.6	41.6	28.2	29.9	1
23:00	2.7	5.33	422.7			0.9	87.9	47.7	41.7	28.8	30.1	1
24:00	2.1	5.55	424.1			0.9	87.2	47.9	41.9	27.4	30.6	1



1#

2023年11月19日

时间	项目	主汽		抽汽		调节级压力	真空值	冷油器入口油温		冷油器出口油温		循环水入口水温		循环水出口水温	
		压力	温度	压力	温度			入口	出口	入口	出口	入口	出口		
		MPa	°C	MPa	°C			°C	°C	°C	°C	°C	°C		
1:00		1.0	432	1.0	432	0.9	59	42.3	42.0	28.6	30.1				
2:00		1.0	429	1.0	429	1.0	58	41.2	41.9	28.8	30.5				
3:00		1.0	428	1.0	428	1.0	58	41.4	42.1	28.5	32.1				
4:00		1.0	425	1.0	425	1.0	58	41.9	42.9	28.9	33.1				
5:00		1.0	423	1.0	423	1.0	58	42.0	43.0	28.9	33.1				
6:00		2.0	420	2.0	420	2.0	58	42.0	42.8	28.8	32.6				
7:00		2.1	418	2.1	418	2.1	58	42.2	42.8	28.7	32.7				
8:00		2.1	416	2.1	416	2.1	58	42.1	42.8	28.7	32.7				
9:00		2.1	415	2.1	415	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
10:00		2.1	414	2.1	414	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
11:00		2.1	413	2.1	413	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
12:00		2.1	412	2.1	412	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
13:00		2.1	411	2.1	411	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
14:00		2.1	410	2.1	410	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
15:00		2.1	409	2.1	409	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
16:00		2.1	408	2.1	408	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
17:00		2.1	407	2.1	407	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
18:00		2.1	406	2.1	406	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
19:00		2.1	405	2.1	405	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
20:00		2.1	404	2.1	404	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
21:00		2.1	403	2.1	403	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
22:00		2.1	402	2.1	402	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
23:00		2.1	401	2.1	401	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				
24:00		2.1	400	2.1	400	2.1	57	42.1	42.8	28.7	32.7				

1#

2023年11月20日

时间	项目	主汽		抽汽		调节级压力	真空值	冷油器入口油温		冷油器出口油温		循环水入口水温		循环水出口水温	
		压力	温度	压力	温度			入口	出口	入口	出口	入口	出口		
		MPa	°C	MPa	°C			°C	°C	°C	°C	°C	°C		
1:00		2.4	428	2.4	428	2.4	59	42.3	42.0	28.6	30.1				
2:00		2.2	425	2.2	425	2.2	58	41.2	41.9	28.8	30.5				
3:00		2.2	423	2.2	423	2.2	58	41.4	42.1	28.5	32.1				
4:00		2.2	420	2.2	420	2.2	58	41.9	42.9	28.9	33.1				
5:00		2.2	418	2.2	418	2.2	58	42.0	43.0	28.9	33.1				
6:00		2.2	416	2.2	416	2.2	58	42.1	42.8	28.8	32.6				
7:00		2.1	414	2.1	414	2.1	58	42.2	42.8	28.7	32.7				
8:00		2.1	412	2.1	412	2.1	58	42.3	42.8	28.7	32.7				
9:00		2.1	410	2.1	410	2.1	57	42.4	42.8	28.7	32.7				
10:00		2.1	408	2.1	408	2.1	57	42.5	42.8	28.7	32.7				
11:00		2.1	406	2.1	406	2.1	57	42.6	42.8	28.7	32.7				
12:00		2.1	404	2.1	404	2.1	57	42.7	42.8	28.7	32.7				
13:00		2.1	402	2.1	402	2.1	57	42.8	42.8	28.7	32.7				
14:00		2.1	400	2.1	400	2.1	57	42.9	42.8	28.7	32.7				
15:00		2.1	398	2.1	398	2.1	57	43.0	42.8	28.7	32.7				
16:00		2.1	396	2.1	396	2.1	57	43.1	42.8	28.7	32.7				
17:00		2.1	394	2.1	394	2.1	57	43.2	42.8	28.7	32.7				
18:00		2.1	392	2.1	392	2.1	57	43.3	42.8	28.7	32.7				
19:00		2.1	390	2.1	390	2.1	57	43.4	42.8	28.7	32.7				
20:00		2.1	388	2.1	388	2.1	57	43.5	42.8	28.7	32.7				
21:00		2.1	386	2.1	386	2.1	57	43.6	42.8	28.7	32.7				
22:00		2.1	384	2.1	384	2.1	57	43.7	42.8	28.7	32.7				
23:00		2.1	382	2.1	382	2.1	57	43.8	42.8	28.7	32.7				
24:00		2.1	380	2.1	380	2.1	57	43.9	42.8	28.7	32.7				

1# 汽

2023年11月21日

时间	项目	电负荷 W	主汽压力 MPa	主汽温度 ℃	抽汽压力 MPa	抽汽温度 ℃	调节级压力 MPa	真空值 KPa	冷油器入口温度 ℃	冷油器出口温度 ℃	循环水入口温度 ℃	循环水出口温度 ℃	高炉水出口温度 ℃
1:00		15.1	5.2	433			2.4	-87.4	50.2	44	32.6	36.6	38
2:00		15.2	5.2	433			2.4	-87.4	50.1	44	32.4	36.4	44
3:00		15.4	5.2	434			2.4	-87.2	50	44	32.2	36.2	44
4:00		14.7	5.2	434			2.4	-87.4	50	44	32.2	36.2	38
5:00		16.9	5.2	434			2.4	-87.6	50	44	32.1	36.2	46
6:00		14.4	5.8	434			2.4	-87.6	50	44	32.2	36.1	38
7:00		15.2	5.7	433			2.4	-87.4	50	44	32.2	36.4	38
8:00		15.0	5.8	434			2.0	-87.4	50.1	44	32.7	36.7	70
9:00		13.6	5.2	434			2.0	-87.5	50	44.1	32.5	36.4	34
10:00		12.7	5.8	433			2.0	-87.8	50.3	44.2	32.7	36.5	38
11:00		14.2	5.7	433			2.0	-87.7	50.5	44.1	32.7	36.4	33
12:00		9.8	5.7	433			2.0	-87.4	50.5	44.4	32.4	35.4	24
13:00		14.3	5.7	433			2.0	-87.1	50.4	44.3	32.2	35.4	27
14:00		13.8	5.8	433			2.0	-87.3	50.4	44.2	32.3	35.7	35
15:00		12.3	5.7	433			2.0	-87.1	50.6	44.6	32.5	35.1	27
16:00		12.8	5.7	433			2.0	-87.2	50.6	44.6	32.3	35.8	44
17:00		12.5	5.7	433			2.0	-87.8	50.7	44.7	32.5	35.8	29
18:00		12.4	5.8	432			2.0	-87.6	50.9	44.8	32.8	36.5	33
19:00		14.7	5.7	433			2.0	-87.9	50.9	44.9	32.7	36.2	29
20:00		14.2	5.7	434			2	-87.0	50.7	44.7	32.6	36.3	37
21:00		14.7	5.7	433			2	-87.4	50.7	44.7	32.7	36.3	30
22:00		14.3	5.7	433			2	-87.4	50.7	44.5	32.7	36.7	38
23:00		14.3	5.7	434			2	-87.1	50.4	44.5	32.4	36.7	44
24:00		14.9	5.7	434			2	-87.0	50.7	44.5	32.4	36.7	44



### Lampiran 3

#### Data Pengamatan Setelah Pergantian Unit

2/24/2024				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	47.5	40.8	32.6	35.2
2	47.4	40.6	32.5	35.2
3	47.4	40.6	32.4	35
4	47.5	40.9	32.58	35.3
5	47.6	41	32.8	35.3
6	47.6	40.9	33	35.6
7	47.6	41	33.1	35.6
8	47.9	41.2	32.9	34.8
9	47.2	31.8	31.3	33.6
10	47.1	40	31.4	33.7
11	47.2	40.1	31.8	34.4
12	47.2	40.6	32.5	35.2
13	47.4	39.9	31.1	35.2
14	46.6	39.2	30.5	32.8
15	46.9	39.1	30.5	32.2
16	46.2	38.9	30.2	32
17	46.1	38.8	30.2	31.8
18	46	38.9	30.2	31.7
19	46.3	39.6	31.4	31.7
20	46.8	40	31.7	33.3
21	46.8	39.8	31.5	33.6
22	46.7	39.9	31.6	33.7
23	46.8	39.9	31.7	33.7
24	46.5	39.4	31	33

2/25/2024				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	46.1	39	30.3	32.5
2	45.9	38.9	30.6	32.6
3	45.4	38.4	29.8	31.8
4	45.1	38.2	39.6	31.5
5	45.1	38.3	29.7	30
6	45.1	38.4	30	32
7	45.5	38.7	30.2	32
8	45.9	38.7	30.2	31.8
9	45.8	39	30.5	32.2
10	45.9	39.1	30.4	32.1
11	46.0	39.1	30.2	32.3
12	46.2	39.9	30.9	32.4
13	46.7	39.7	31.5	32.3
14	46.9	39.8	31.3	32.8
15	46.8	39.7	31.4	33.2
16	46.9	39.8	31.5	33.4
17	46.9	40	31.6	33.3
18	47	39.9	31.6	33.5
19	46.4	39.7	31.4	33.4
20	45.6	38.6	30	32
21	45.3	38.3	29.7	31.8
22	45.4	38.2	29	32
23	45.3	38.7	30	32.6
24	45.8	38.9	30.3	32.5

2/26/2024				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	45.8	38.8	30.2	32.3
2	45.8	38.7	30.1	32.1
3	45.6	38.7	30	32.1
4	45.6	38.7	30	32.1
5	45.7	38.7	30	32
6	45.9	39	30.4	32.7
7	46	39	30.5	33
8	46.2	39.3	30.9	33.2
9	46.4	39.4	30.8	32.8
10	48.9	39.7	31.4	33.5
11	46.4	39.9	31.6	34
12	46.8	40.1	31.9	34.1
13	46.8	40	31.8	34.1
14	46.9	40.2	31.9	34.2
15	47	40.2	31.9	34.3
16	46.9	40.3	31.9	34.1
17	46.4	39.4	30.7	32.8
18	46.1	39.3	30.8	33.1
19	46.2	39.6	31.2	33.6
20	46.4	39.7	31.1	33.4
21	46.4	39.2	31.1	33.2
22	46.2	39.3	30.7	32.2
23	46.1	39.2	30.7	33
24	46	39.2	30.6	32.6

2/27/2024

JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	45.8	39.4	31	33
2	45.6	39.1	30.6	32.8
3	46.8	39.1	30.6	32.5
4	46.8	38.9	30.3	32.5
5	45.5	39	30.5	32.7
6	45.6	39.1	30.7	32.9
7	45.8	39.2	30.6	32.7
8	45.9	39.2	30.6	32.8
9	45.9	39.2	30.4	32.5
10	46.3	39.7	31.4	33.5
11	46.7	39.9	31.7	33.7
12	46.8	40.1	1.8	33.58
13	47	40.3	32	34.3
14	46.9	40.1	31.8	34
15	46.8	40	31.8	33.9
16	46.9	40.1	31.8	34.3
17	47	40.2	31.9	34.2
18	47	40.2	32	34.9
19	48	40.2	32.6	35.3
20	47.3	40.8	32.6	35
21	47.3	40.6	32.3	34.8
22	46.9	40.1	31.8	34.1
23	46.8	40.1	31.6	33.7
24	48.6	50.1	31.7	34.3

2/28/2024				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	2/15/1900	40.3	31.9	34.3
2	46.6	39.9	31.6	34.1
3	46.3	39.7	31.4	33.7
4	46.3	39.8	31.4	33.7
5	46.4	39.7	31.5	33.9
6	46.5	40.1	31.7	34.3
7	46.6	40.1	31.8	34.6
8	47	39.8	31.6	33.8
9	47.9	40	31.4	33.7
10	48	39.9	31.4	33.6
11	48	39.9	31.6	33.7
12	48.4	40.4	32.6	34.2
13	48.6	40.6	32.4	34.8
14	48.8	40.7	32.6	34.7
15	48.7	40.7	32.4	34.7
16	48.7	40.7	32.3	34.8
17	48.7	40.6	32.2	34.6
18	48.6	40.3	31.8	34.7
19	47.7	40.9	32.1	34.3
20	48.4	40.7	32.3	34.4
21	48.4	40.4	31.9	34
22	47.7	40.3	31.8	33.8
23	47.2	40.3	31.9	34.1
24	47.2	40.3	32	34.2

2/29/2024				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	47.2	40.4	31.9	34.3
2	46.1	38.6	29.8	31.4
3	45.4	38.2	29.5	30.9
4	45.4	38.4	29.8	31.2
5	45.5	38.5	29.8	31.3
6	45.6	39	30.6	32.5
7	46.9	39.6	31.3	33.6
8	47.6	40	31.7	33.9
9	48.2	40.5	32.1	34.3
10	48.6	40.9	32.6	35.4
11	48.9	41.1	32.9	35.6
12	49.2	41.5	33.3	35.8
13	49.3	41.7	33.5	36.5
14	49.4	41.6	33.4	36.4
15	49.4	41.5	33.4	36.6
16	49.4	41.4	33.4	35.8
17	49.2	41.4	33.1	35.4
18	49.2	41.4	33.2	36.4
19	48.6	41	33.2	36.1
20	49	41.1	32.8	35.9
21	48.7	40.7	32.4	34.9
22	48.4	40.6	32.3	35
23	47.6	40.6	32.2	35
24	47.5	40.5	31.2	34.5

3/1/2024				
JAM	TABEL DATA TEMPERATUR OLI		TABEL DATA TEMPERATUR AIR	
	T Oil In (°C)	T Oil Out (°C)	T Water In (°C)	T Water Out (°C)
1	50.2	44	31.9	34.6
2	50	44	31.6	34.1
3	50	44	31.5	34
4	50	44	31.4	33.7
5	50	44	31.5	33.7
6	50	44	31.9	34.3
7	50	44	32.2	35
8	50.1	44	32.2	34.3
9	50	44.1	32	34.6
10	50.3	44.2	32	34.1
11	50.5	44.4	32	34.5
12	50.5	44.4	32.4	34.8
13	50.4	44.3	32.1	35.7
14	50.4	44.2	33.4	35.7
15	50.6	44.6	33.3	36.2
16	50.8	44.6	32.8	35.4
17	50.7	44.7	32.7	35.2
18	50.9	45	32.6	35.2
19	50.9	44.9	32.7	35.3
20	50.7	44.7	33.1	39.1
21	50.7	44.7	32.1	37.1
22	50.7	45	32	34.3
23	50.4	45	31.5	33.5
24	50.7	45	31.5	33.7

## Lampiran 4

### Dokumentasi Tabel Data Pengamatan Setelah Pergantian

2024年2月24日

时间	项目	电负荷 kW	主汽 压力 MPa	主汽 温度 °C	抽汽 压力 MPa	抽汽 温度 °C	调节 级压力 MPa	真空 值 kPa	冷油器 入口油 温 °C	冷油器 出口油 温 °C	循环水 入口水 温 °C	循环水 出口水 温 °C
1:00		1120	5.82	444		1.6	-91.2	47.5	40.8	32.6	35.2	
2:00		1012	5.85	444		1.6	-91.4	47.4	40.6	32.5	35.2	
3:00		1183	5.87	444		1.6	-91.4	47.4	40.6	32.4	35.2	
4:00		969	5.82	434.6		1.6	-91.5	47.5	40.9	32.8	35.3	
5:00		894	5.78	434.3		1.6	-91.9	47.6	41	32.8	35.3	
6:00		974	5.77	434.9		1.6	-91.4	47.6	40.9	33	35.6	
7:00		905	5.85	434.3		1.6	-91.7	47.6	41	33.1	35.6	
8:00		645	5.83	432.6		1.6	-92.7	47.7	41.2	32.9	34.8	
9:00		875	5.87	437.9		1.6	-92.5	47.2	39.8	31.3	33.6	
10:00		855	5.86	438.1		1.6	-92.7	47.1	40	31.4	33.7	
11:00		1044	5.85	438.3		1.6	-91.7	47.2	40.1	31.8	34.4	
12:00		1176	5.86	437.7		1.6	-91.7	47.2	40.6	31.5	35.7	
13:00		679	5.87	430		1.6	-92.7	47.4	39.9	31.1	32.8	
14:00		1500	5.83	430.8		1.6	-92.6	46.6	39.2	30.5	33.2	
15:00		605	5.86	431.7		1.6	-92.6	46.9	39.1	30.5	32.0	
16:00		507	5.81	430.4		1.6	-93.8	46.2	38.9	30.2	31.8	
17:00		568	5.84	428.9		1.6	-93.8	46.1	38.8	30.2	31.7	
18:00		576	5.81	428.7		1.6	-93.9	46.0	38.9	30.2	31.7	
19:00		627	5.80	428.0		1.6	-93.8	46.3	39.6	30.4	31.3	
20:00		752	5.73	430.6		1.6	-93.0	46.8	40.0	31.7	33.6	
21:00		800	5.80	430.4		1.6	-92.6	46.8	39.8	31.5	33.6	
22:00		911	5.84	437		1.7	-92	46.7	39.9	31.6	33.7	
23:00		811	5.8	438		1.8	-93	46.8	39.9	31.7	33.7	
24:00		861	5.82	439.1		1.8	-92.8	46.5	39.4	31.0	33.0	

2025年02月25日

时间	项目	电负荷 kW	主汽 压力 MPa	主汽 温度 °C	抽汽 压力 MPa	抽汽 温度 °C	调节 级压力 MPa	真空 值 kPa	冷油器 入口油 温 °C	冷油器 出口油 温 °C	循环水 入口水 温 °C	循环水 出口水 温 °C
1:00		662	5.86	436		1.8	-92.7	46.1	39.0	30.3	32.5	
2:00		738	5.85	435.6		1.8	-92.4	45.9	38.9	30.6	32.6	
3:00		732	5.90	434.4		1.8	-93.6	45.4	38.9	29.8	31.8	
4:00		871	5.94	436		1.8	-93.4	45.1	38.2	29.6	31.5	
5:00		871	5.94	438		1.8	-93.7	45.1	38.3	29.7	31	
6:00		911	5.94	438		1.8	-93.7	45.1	38.4	30	32	
7:00		760	5.89	437		1.8	-93.1	45.5	38.7	30.2	32	
8:00		567	5.88	436.6		1.8	-92.0	45.3	38.7	30.2	31.8	
9:00		608	5.88	436.9		1.8	-93.8	45.8	39	30.5	32.2	
10:00		677	5.82	435.4		1.8	-93.9	45.9	38.2	30.4	32.1	
11:00		649	6.01	434.7		1.8	-93.8	46.0	37.1	30.2	32.3	
12:00		620	5.90	434.2		1.8	-93.4	46.2	38.3	30.9	32.9	
13:00		627	5.89	435.1		1.8	-92.6	46.7	39.7	31.5	33.3	
14:00		620	5.80	435.1		1.8	-93.2	46.9	39.8	31.3	32.8	
15:00		654	5.89	435.1		1.8	-92.9	46.8	39.7	31.4	32.2	
16:00		668	5.88	433.4		1.8	-92.7	46.9	39.8	31.5	32.4	
17:00		651	5.88	433.5		1.8	-92.9	46.9	40.0	31.6	32.7	
18:00		654	5.87	433.4		1.8	-92.9	47.0	39.9	31.6	32.5	
19:00		648	6.00	432.4		1.8	-92.0	46.4	39.7	31.4	32.4	
20:00		850	5.80	430.7		1.8	-93.1	45.6	38.6	30.0	32.0	
21:00		748	5.84	436.1		1.8	-93.4	45.3	38.3	29.7	31.8	
22:00		78	5.94	436		1.8	-93.4	45.4	38.2	29.7	32	
23:00		89	5.94	436		1.8	-93.7	45.3	38.3	30	32.6	
24:00		827	5.88	434.1		1.8	-92.8	46.0	38.9	30.3	32.5	



1#汽

2024年02月26日

时间	项目	电负荷 MW	主汽 压力 MPa	主汽 温度 °C	抽汽 压力 MPa	抽汽 温度 °C	调节 压力 MPa	真空 值 kPa	冷油器		循环水		凝结 水 出口 温度 °C
									入口 温度 °C	出口 温度 °C	入口 温度 °C	出口 温度 °C	
								TS-812 101	TS-812 102	TE-812 101	TE-812 102	TE-812 111	TE-812 112
1:00		8.76	5.94	472	1.8	38.0	45.8	38.8	30.2	32.3	25		
2:00		7.22	5.84	473.3	1.8	31.4	45.8	38.7	30.1	32.1	24		
3:00		8.36	5.92	473.1	1.8	32.1	45.6	38.7	30.0	32.1	24		
4:00		8.9	5.9	473	1.8	32.1	45.6	38.7	30	32.1	24		
5:00		7.9	5.9	471	1.8	32	45.7	38.7	30	32	24		
6:00		8.2	5.9	472	1.8	32.1	45.7	39	30.8	32.7	24		
7:00		10.7	5.96	477	1.8	32	46	39	30.5	33	24		
8:00		9.46	5.9	473.1	1.0	33	46.2	39.3	30.9	33.2	24		
9:00		7.84	5.91	473.1	1.0	32.2	46.4	39.4	30.8	33.2	24		
10:00		7.46	5.89	473.7	1.0	32.3	46.3	39.7	31.4	33.5	24		
11:00		8.99	5.92	473.2	1.0	32.4	46.4	39.9	31.6	34	24		
12:00		8.41	5.91	473.7	1.0	32.4	46.4	40.1	31.9	34.1	24		
13:00		9.42	5.91	473.5	1.0	31.9	46.8	40	31.6	34.1	24		
14:00		9.45	5.92	473	1.0	31.9	46.9	40.2	31.9	34.2	24		
15:00		8.85	5.92	473	1.2	31.9	47.0	40.2	31.9	34.3	24		
16:00		8.11	5.92	473.6	1.2	32.0	46.9	40.3	31.9	34.1	24		
17:00		8.32	5.92	473.5	1.2	32.1	46.9	40.4	31.9	34.2	24		
18:00		7.16	5.91	473.4	1.2	32.5	46.1	39.3	30.8	33.1	24		
19:00		9.45	5.89	473.5	1.2	32.3	46.2	39.6	31.2	33.6	24		
20:00		9.11	5.88	473.1	1.2	32.4	46.4	39.7	31.1	33.4	24		
21:00		8.88	5.87	472	1.2	32.0	46.4	39.7	31.1	33.2	24		
22:00		8.44	5.87	473.4	1.2	32.0	46.2	39.3	30.7	32.7	24		
23:00		8.70	5.87	473.1	1.2	32.1	46.1	39.2	30.7	33.0	24		
24:00		8.57	5.88	473.7	1.2	32.2	46.0	39.2	30.6	32.6	24		

1#汽

2024年02月27日

时间	项目	电负荷 MW	主汽 压力 MPa	主汽 温度 °C	抽汽 压力 MPa	抽汽 温度 °C	调节 压力 MPa	真空 值 kPa	冷油器		循环水		凝结 水 出口 温度 °C
									入口 温度 °C	出口 温度 °C	入口 温度 °C	出口 温度 °C	
								PS 812 101	TS-812 101	TS-812 102	TE-812 111	TE-812 112	
1:00		8.10	5.88	473.5	1.2	32.4	45.8	39.4	31.0	33.0	24		
2:00		8.29	5.87	473.4	1.2	32.1	45.6	39.1	30.6	32.8	24		
3:00		7.46	5.88	473.1	1.2	32.1	45.8	39.1	30.6	32.8	24		
4:00		7.92	5.88	473.1	1.2	32.2	45.8	38.9	30.8	32.8	24		
5:00		8.25	5.87	473.5	1.2	32.3	45.8	39.0	30.8	32.7	24		
6:00		8.72	5.87	473.5	1.2	32.0	45.6	39.1	30.7	32.9	24		
7:00		9.04	5.86	473.2	1.2	32.0	45.8	39.2	30.6	32.7	24		
8:00		7.35	5.85	473.3	1.1	32.2	45.9	39.2	30.6	32.8	24		
9:00		6.68	5.84	473.4	1.1	32.5	45.9	39.2	30.7	32.8	24		
10:00		8.62	5.87	473.7	1.1	32.6	46.3	39.7	31.4	33.5	24		
11:00		8.15	5.86	473.8	1.1	32.6	46.7	39.9	31.7	33.7	24		
12:00		7.36	5.88	473.6	1.1	32.4	46.8	40.1	31.8	33.6	24		
13:00		8.36	5.9	473.0	1.1	32.2	47	40.3	32	34.3	24		
14:00		8.41	5.88	473.4	1.1	32.3	46.9	40.1	31.8	33.8	24		
15:00		8.40	5.87	473.6	1.1	32.2	46.8	40	31.8	33.8	24		
16:00		8.09	5.87	473.8	1.3	32.4	46.9	40.1	31.8	34.3	24		
17:00		9.77	5.87	473.5	1.3	32.4	47	40.2	31.9	34.2	24		
18:00		10.55	5.88	473.4	1.3	32.1	47	40.2	32	34.9	24		
19:00		11.81	5.88	473.8	1.4	32.3	47	40.2	32.6	35.3	24		
20:00		10.67	5.86	473.8	1.4	32.3	47.3	40.8	32.6	35.1	24		
21:00		9.30	5.88	473.1	1.4	32.5	47.3	40.6	32.9	34.0	24		
22:00		9.25	5.88	473.8	1.4	32.1	46.9	40.1	31.4	34.2	24		
23:00		8.19	5.88	473.9	1.4	32.5	46.8	40.1	31.6	33.7	24		
24:00		9.80	5.87	473.8	1.4	32.7	46.6	40.1	31.7	34.3	24		

1# 汽

2024年12月28日

时间	项目	电炉内 MPa	主汽 温度 ℃	汽压 MPa	汽温 ℃	调节 压力 MPa	真空 值 kPa	冷油器 入口油 温 ℃	冷油器 出口油 温 ℃	循环水 入口水 温 ℃	循环水 出口水 温 ℃	高 温 ℃	调节			
													TS-812 101	TS-812 102	TS-812 111	
1:00	9.16	5.83	458.1	1.4	31.1	46.8	40.3	31.9	34.3	26						
2:00	9.77	5.81	458.1	1.4	31.0	46.6	39.9	31.6	34.1	26						
3:00	9.28	5.80	457.4	1.4	32.2	46.3	39.7	31.4	33.7	26						
4:00	9.02	5.84	458.1	1.4	32.2	46.3	39.8	31.4	33.7	26						
5:00	8.82	5.81	457.6	1.4	32.2	46.4	39.7	31.5	33.9	26						
6:00	10.25	5.81	458.1	1.4	31.5	46.5	40.1	31.7	34.3	26						
7:00	10.35	5.81	458.1	1.4	31.5	46.6	40.1	31.8	34.6	26						
8:00	8.5	5.81	458.1	1.4	32.3	46.7	39.8	31.6	34.8	26						
9:00	8.18	5.88	458.1	1.4	32.4	47.0	40.0	31.4	33.7	26						
10:00	8.73	5.93	458.1	1.4	32.3	47.0	39.9	31.4	33.6	26						
11:00	8.62	5.94	458.1	1.4	32.4	47.0	39.9	31.6	33.7	26						
12:00	8.76	5.98	459.1	1.4	32.0	47.4	40.4	32.0	34.2	26						
13:00	9.05	5.97	459.1	1.4	31.6	47.6	40.6	32.4	34.8	26						
14:00	8.7	5.9	457.1	1.4	31.6	47.8	40.7	32.6	34.7	26						
15:00	9.1	5.91	457.1	1.4	31.5	47.7	40.7	32.4	34.7	26						
16:00	9.2	5.87	457.1	1.4	31.7	47.7	40.7	32.3	34.8	26						
17:00	8.7	5.89	457.0	1.4	31.4	47.7	40.6	32.2	34.6	26						
18:00	8.65	5.91	457.1	1.4	31.2	47.3	40.3	31.8	34.7	26						
19:00	8.90	5.92	457.4	1.4	31.9	47.7	40.5	32.1	34.3	26						
20:00	8.19	5.88	457.1	1.1	32.1	47.9	40.7	32.3	34.4	26						
21:00	8.12	5.88	457.0	1.1	32.4	47.4	40.4	31.9	34.0	26						
22:00	7.5	5.88	457.0	1.1	32.7	47.5	40.3	32.0	33.8	26						
23:00	8.27	5.88	457.5	1.1	32.3	47.2	40.3	32.0	34.1	26						
24:00	8.28	5.88	457.0	1.1	32.1	47.1	40.3	32.0	34.2	26						

1# 汽

2024年12月29日

时间	项目	电炉内 MPa	主汽 温度 ℃	汽压 MPa	汽温 ℃	调节 压力 MPa	真空 值 kPa	冷油器 入口油 温 ℃	冷油器 出口油 温 ℃	循环水 入口水 温 ℃	循环水 出口水 温 ℃	高 温 ℃	调节			
													TS-812 101	TS-812 102	TS-812 111	
1:00	8.35	5.81	457.1	1.1	32.2	47.3	40.4	31.9	34.3	26						
2:00	8.7	5.8	457.1	1.1	32.4	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
3:00	8.16	5.8	457.1	1.1	32.7	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
4:00	8.15	5.8	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
5:00	8.55	5.87	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
6:00	7.84	5.91	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
7:00	9.05	5.85	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
8:00	8.77	5.87	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
9:00	8.90	5.88	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
10:00	10.95	5.90	457.1	1.1	32.0	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
11:00	10.69	5.91	457.1	1.1	32.0	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
12:00	9.08	5.90	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
13:00	12.02	5.91	457.1	1.1	32.0	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
14:00	12.4	5.91	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
15:00	13.6	5.91	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
16:00	13.43	5.91	457.1	1.1	32.0	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
17:00	9.11	5.91	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
18:00	13.2	5.9	457.1	1.1	32.0	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
19:00	10	5.9	457.1	1.1	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
20:00	12.17	5.91	457.1	1.6	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
21:00	11.15	5.88	457.1	1.6	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
22:00	11.21	5.88	457.1	1.6	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
23:00	11.57	5.88	457.1	1.6	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						
24:00	9.63	5.88	457.1	1.6	32.1	47.1	40.4	32.0	34.3	26						

1# 汽

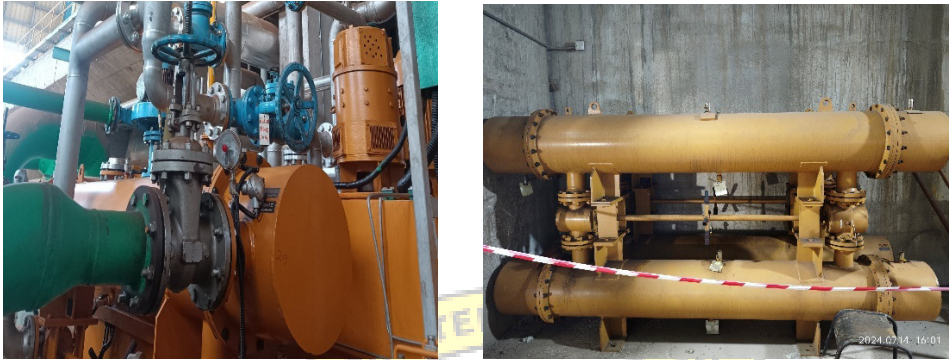
2024年12月11日

项目	电负荷	主汽压力	主汽温度	炉内温度	炉内压力	真空度	冷油器入口温度	冷油器出口温度	循环水入口温度	循环水出口温度	其他	
											TS-812	TS-811
时间	W	MPa	°C	MPa	MPa	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
1:00	9.04	5.80	497.9		1.6	76.1	47.5	36.3	32.9	39.6	1.3	76.1
2:00	9.09	5.80	498.0		1.6	76.0	47.4	36.1	32.6	39.1	1.3	76.0
3:00	9.51	5.80	498.0		1.6	76.0	47.0	36.0	32.5	39.0	1.3	76.0
4:00	8.24	5.80	498.0		1.6	76.0	46.7	35.8	32.4	38.7	1.3	76.0
5:00	8.82	5.80	498.0		1.6	76.0	46.8	35.8	32.5	38.7	1.3	76.0
6:00	10.05	5.90	498.0		1.6	76.0	46.8	36.1	32.9	39.2	1.3	76.0
7:00	10.75	5.90	498.0		1.6	76.0	46.8	36.0	32.9	39.0	1.3	76.0
8:00	10.01	5.90	497.6		1.6	76.0	46.9	36.1	32.2	38.9	1.3	76.0
9:00	10.61	5.90	498.0		1.6	76.0	46.9	36.0	32.0	38.6	1.3	76.0
10:00	7.28	5.90	497.2		1.6	76.0	46.8	36.0	32.0	38.4	1.3	76.0
11:00	9.25	5.80	498.5		1.3	76.0	46.2	36.0	32.0	38.4	1.3	76.0
12:00	9.08	5.80	498.0		1.3	76.0	46.0	36.0	32.4	38.8	1.3	76.0
13:00	11.39	5.80	498.0		1.3	76.0	46.0	36.1	32.1	38.7	1.3	76.0
14:00	10.99	5.90	498.0		1.3	76.0	46.6	36.1	32.4	38.7	1.3	76.0
15:00	10.16	5.80	498.0		1.3	76.0	46.1	36.3	32.3	38.2	1.3	76.0
16:00	9.92	5.80	498.5		1.3	76.0	46.9	36.0	32.0	38.4	1.3	76.0
17:00	10.29	5.80	498.0		1.3	76.0	46.8	36.1	32.7	38.2	1.3	76.0
18:00	10.09	5.80	498.0		1.3	76.0	46.6	36.0	32.6	38.2	1.3	76.0
19:00	10.28	5.80	498.0		1.3	76.0	46.8	36.1	32.1	38.2	1.3	76.0
20:00	8.10	5.80	497.2		1.3	76.0	47.0	36.1	33.1	39.1	1.3	76.0
21:00	8.7	5.80	498.0		1.3	76.0	47.7	36.1	32.1	37.1	1.3	76.0
22:00	8.34	5.80	498.0		1.3	76.0	47.7	36.0	32.0	38.3	1.3	76.0
23:00	8.24	5.80	498.0		1.3	76.0	47.7	36.0	31.5	38.5	1.3	76.0
24:00	9.22	5.80	498.0		1.3	76.0	47.0	36.1	31.5	38.7	1.3	76.0



## Lampiran 5

### Mesin Pendingin Lube Oil Cooler Sebelum Pergantian



## Lampiran 6

### Mesin Pendingin Lube Oil Cooler Setelah Pergantian

