



**ANALISIS KINERJA STEAM TURBIN GENERATOR
DENGAN KAPASITAS 10 MW DI PT. SINARMAS
OLEOCHEMICAL INTERNASIONAL KIM 1 MABAR**

Disusun dan Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Akhir Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan

SKRIPSI

OLEH

NAMA : WIDA APRILLA
NPM : 1924210249
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN
PANCA BUDI MEDAN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KINERJA STEAM TURBIN GENERATOR DENGAN KAPASITAS 10 MW DI PT. SINARMAS OLEOCHEMICAL INTERNASIONAL KIM 1 MABAR

Disusun Oleh:

NAMA : WIDA APRILLA
NPM : 1924210249
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
KONSENTRASI : TEKNIK ENERGI LISTRIK

**Skripsi Telah Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Skripsi
Pada Tanggal**

Dosen Pembimbing I



Hj. ZURAIDAH THARO, ST., MT

Dosen Pembimbing II



SITI ANISAH, ST., MT

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi



Ketua Program Studi



SITI ANISAH, ST., MT

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wida Aprilla

NPM : 1924210249

Fakultas : Sains & Teknologi

Program Studi : Teknik Elektro

Judul : **“ ANALISIS KINERJA STEAM TURBIN GENERATOR
KAPASITAS 10 MW DI PT. SINARMAS
OLEOCHEMICAL KIM 1 MABAR “**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan atau kegiatan pengambilan data lapangan. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

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, sesuai dengan peraturan yang ada di Universitas Pembangunan Panca Budi. Dengan ini saya ucapkan Terima Kasih.

Medan, Juni 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Wida Aprilla

1924210249

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wida Aprilla
NPM : 1924210249
Fakultas : Sains & Teknologi
Program Studi : Teknik Elektro

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi dengan judul **“ANALISIS KINERJA STEAM TURBIN GENERATOR KAPASITAS 10MW DI PT. SINARMAS OLEOCHEMICAL KIM 1 MABAR “**

Berupa *hard copy* dan *soft copy*. Sebagai hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelolanya, dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas dan mempublikasinya diinternet atau media lain untuk kepentingan akademik tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini saya buat agar dapat digunakan sebagai mana mestinya.

Medan, Juni 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Wida Aprilla

1924210249



UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI

FAKULTAS SAINS & TEKNOLOGI

Jl. Jend. Gatot Subroto Km 4,5 Medan Fax. 061-8458077 PO.BOX : 1099 MEDAN

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI ARSITEKTUR	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI SISTEM KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI	(TERAKREDITASI)
PROGRAM STUDI PETERNAKAN	(TERAKREDITASI)

PERMOHONAN JUDUL TESIS / SKRIPSI / TUGAS AKHIR*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : WIDA APRILLA
 Tempat/Tgl. Lahir : SEI Rampah / 08 April 1996
 Nomor Pokok Mahasiswa : 1924210249
 Program Studi : Teknik Elektro
 Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
 Jumlah Kredit yang telah dicapai : 128 SKS, IPK 3.55
 Nomor Hp : 081367469083
 Dengan ini mengajukan judul sesuai bidang ilmu sebagai berikut

No	Judul
1.	Analisa Kinerja Steam Turbin Generator 10 MW di PT. Sinarmas Oleochemical Kim 1 Mabar0

Catatan: Diisi Oleh Dosen Jika Ada Perubahan Judul

*Corer Yang Tidak Perlu



Medan, 21 September 2020

Wida Aprilla

Tanggal



Tanggal

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing I

(Hi Nurhidayah Haro, ST., MT)

Tanggal

Disetujui oleh:
Ka. Prodi Teknik Elektro

(Siti Anisah, ST., MT)

Tanggal

Disetujui oleh:
Dosen Pembimbing II:

(Siti Anisah, ST., MT)

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : WIDA APRILLA
 NPM : 1924210249
 Program Studi : Teknik Elektro
 Jenjang Pendidikan : Strata Satu
 Dosen Pembimbing : Hj Zuraidah Tharo, ST., MT
 Judul Skripsi : Analisis Kinerja Steam Turbin Generator dengan Kapasitas 10 MW di PT. Sinarmas Oleochemical Internasional KIM 1 Mabar

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
08 September 2020	Acc seminar proposal	Disetujui	
16 Desember 2020	Perbaiki Flowchart	Revisi	
16 Desember 2020	ACC Seminar Hasil	Disetujui	
16 Desember 2020	ACC seminar hasil	Disetujui	
25 Februari 2021	daftar pustaka masih kurang banyak, minimal 10 referensi	Revisi	
02 Maret 2021	Filenya kenapa kosong	Revisi	
02 Maret 2021	tambahkan referensi dari buku minimal 3 judul	Revisi	
04 Maret 2021	ACC Sidang Meja Hijau	Disetujui	
03 Juni 2021	tidak ada tulisan di filenya Kirim kembali keseluruhan skripsinya untuk diperiksa kembali	Revisi	
07 Juni 2021	ACC Jilid	Disetujui	

Medan, 05 Agustus 2021
 Dosen Pembimbing.



Hj Zuraidah Tharo, ST., MT

LEMBAR BUKTI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa : WIDA APRILLA
NPM : 1924210249
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang Pendidikan : Strata Satu
Dosen Pembimbing : Siti Anisah, ST., MT

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Steam Turbin Generator dengan Kapasitas 10 MW di PT. Sinarmas Oleochemical Internasional KIM 1 Mabar

Tanggal	Pembahasan Materi	Status	Keterangan
09 September 2020	Acc seminar Proposal	Disetujui	
18 Desember 2020	Acc seminar hasil	Disetujui	
10 Maret 2021	Acc Sidang Meja Hijau	Disetujui	
12 Juli 2021	ACC JILID	Disetujui	

Medan, 05 Agustus 2021
Dosen Pembimbing.



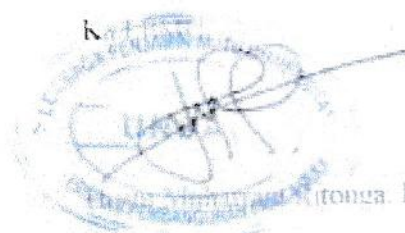
Siti Anisah, ST., MT

SURAT KETERANGAN PLAGIAT CHECKER

Dengan ini saya Ka LPMU UNPAB menerangkan bahwa surat ini adalah bukti pemsesahan dari LPMU sebagai pengesah proses plagiat checker Tugas Akhir Skripsi Tesis selama masa pandemi *Covid-19* sesuai dengan edaran rektor Nomor 7594/13/R/2020 Tentang Pemberitahuan Perpanjangan PBT Online

Demikian disampaikan

NB. Segala penyalahgunaan pelanggaran atas surat ini akan di proses sesuai ketentuan yang berlaku UNPAB



(tonga BA. MSc

No Dokumen : PM-LJMA-06-02

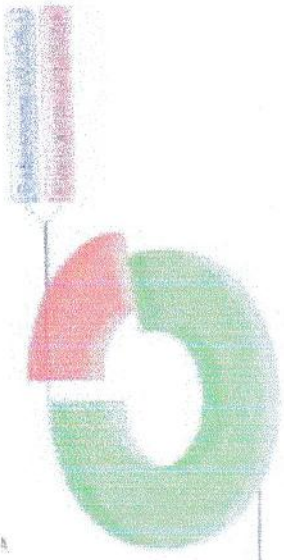
Revisi : 001

Tgl Eff

23 Jan 2019

Rewrite

Internet Check



- 100% 4339 1. <https://www.ingrid-uan.de/gspol.com/2015/03/1/dasidraa-artin-Labo-K25-L2057.html>
- 11% 933 2. <https://www.splendore.net/PancaBudi47c038-0an.html>
- 1% 311 3. [https://www.splendore.net/PancaBudi47c038-0an.html](#)



SURAT BEBAS PUSTAKA
NOMOR: 3835/PERP/BP/2021

Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi menerangkan bahwa berdasarkan data pengguna perpustakaan nama saudara/i:

Nama : WIDA APRILLA
NIM : 1924210249
Kelas/Semester : Akhir
Jurusan : SAINS & TEKNOLOGI
Program Studi : Teknik Elektro

Wajibannya terhitung sejak tanggal 10 Maret 2021, dinyatakan tidak memiliki tanggungan dan atau pinjaman buku sekiranya telah terdaftar sebagai anggota Perpustakaan Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.

Medan, 10 Maret 2021
Diketahui oleh,
Kepala Perpustakaan



Sugiarjo, S.Sos., S Pd I

No. Dokumen : FM-PERPUS-06-01
Revisi : 01
Tgl. Efektif : 04 Juni 2015

Hal : Permohonan Meja Hijau

Medan, 13 Juli 2021
Kepada Yth : Bapak/Ibu Dekan
Fakultas SAINS & TEKNOLOGI
UNPAB Medan
Di -
Tempat

Dengan hormat, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : WIDA APRILLA
Tempat/Tgl. Lahir : Sei Rampah / 8 April 1996
Nama Orang Tua : SUHARDI
N. P. M : 1924210249
Fakultas : SAINS & TEKNOLOGI
Program Studi : Teknik Elektro
No. HP : 081367469083
Alamat : Jln. Karya Gg Cirebon No.10 Medan

Datang bermohon kepada Bapak/Ibu untuk dapat diterima mengikuti Ujian Meja Hijau dengan judul **Analisa Kinerja Steam Turbin Generator dengan Kapasitas 10 MW di PT. Sinarmas Oleochemical Internasional KIM 1 Mabur**, Selanjutnya saya menyatakan :

1. Melampirkan KKM yang telah disahkan oleh Ka. Prodi dan Dekan
2. Tidak akan menuntut ujian perbaikan nilai mata kuliah untuk perbaikan indek prestasi (IP), dan mohon diterbitkan ijazahnya setelah lulus ujian meja hijau.
3. Telah tercap keterangan bebas pustaka
4. Terlampir surat keterangan bebas laboratorium
5. Terlampir pas photo untuk Ijazah ukuran 4x6 = 5 lembar dan 3x4 = 5 lembar Hitam Putih
6. Terlampir foto copy STTB SLTA dilegalisir 1 (satu) lembar dan bagi mahasiswa yang lanjutan D3 ke S1 lampirkan ijazah dan transkripnya sebanyak 1 lembar.
7. Terlampir pelunasan kwintasi pembayaran uang kuliah berjalan dan wisuda sebanyak 1 lembar
8. Skripsi sudah dijilid lux 2 exemplar (1 untuk perpustakaan, 1 untuk mahasiswa) dan jilid kertas jeruk 5 exemplar untuk penguji (bentuk dan warna penjiilidan diserahkan berdasarkan ketentuan fakultas yang berlaku) dan lembar persetujuan sudah di tandatangi dosen pembimbing, prodi dan dekan
9. Soft Copy Skripsi disimpan di CD sebanyak 2 disc (Sesuai dengan Judul Skripsinya)
10. Terlampir surat keterangan BKKOL (pada saat pengambilan ijazah)
11. Setelah menyelesaikan persyaratan point-point diatas berkas di masukan kedalam MAP
12. Bersedia melunaskan biaya-biaya yang dibebankan untuk memproses pelaksanaan ujian dimaksud, dengan rincian sbb :

1. [102] Ujian Meja Hijau	= Rp.	1,000,000
2. [170] Administrasi Wisuda	= Rp.	1,750,000
Total Biaya	= Rp.	2,750,000

Ukuran Toga :

M

Diketahui/Disetujui oleh :



Hamdani, ST., MT.
Dekan Fakultas SAINS & TEKNOLOGI

Hormat saya



WIDA APRILLA
1924210249

Lampiran :

- 1. Surat permohonan ini sah dan bertaku bila ;
 - a. Telah dicap Bukti Pelunasan dari UPT Perpustakaan UNPAB Medan.
 - b. Melampirkan Bukti Pembayaran Uang Kuliah aktif semester berjalan
- 2. Dibuat Rangkap 3 (tiga), untuk - Fakultas - untuk BPAA (asli) - Mhs.ybs.

ABSTRAK

PT. Sinarmas *Oleochemical* Internasional merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan hasil minyak sawit, RBDPS, dan RPDPO menjadi asam lemak dan gliserine. Ide pendirian pabrik ini didasarkan pada peluang pasar dari *Oleochemical* sangat besar dan bahan baku untuk pembuatan *Oleochemical* ini sangat banyak di Indonesia. PT Sinarmas *Oleochemical* Internasional memiliki pembangkit sendiri yang berada di *Power Plant*, yang membangkitkan *power* 10 MW, yang akan disuplai ke *Plant* 1 maupun *Plant* 2 dan seluruh kantor-kantor yang luasnya berkisar 14 Hektare. Skripsi ini memaparkan tentang bagaimana kinerja dari *Steam Turbin Generator* dalam menyuplai daya keluaran yang akan dialirkan ke seluruh *Plant*. Dengan mengetahui nilai efisiensi dalam 5 hari berturut-turut kita bisa mengetahui rata-rata nilai efisiensi dan mengetahui dihari apa efisiensi tersebut bernilai sangat tinggi. Didalam skripsi ini dapat disimpulkan, penulis mencari nilai efisiensi yang dikeluarkan pada generator dan akan didistribusikan ke *main plant*, berdasarkan data yang diambil dari lapangan. Dan dalam skripsi ini juga terlampir *maintenance* nya dan data *overhaull*. Nilai efisiensi terendah terjadi pada hari kelima 05 Desember 2020 55,48578 %, sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada hari kedua 02 Desember 2020 yaitu 58,12892 %. Efisiensi pada generator tidak bisa mencapai 100%, hal ini disebabkan oleh rugi-rugi yang ada pada generator tersebut. Dan rata-rata efisiensinya adalah 56,788652%. Data tersebut didapat sebelum dilakukan *overhaull* pada bulan Desember 2020. Setelah dilakukan *overhaull* efisiensi meningkat yaitu dengan rata-rata 77,8 %.

Kata kunci : *Steam Turbin Generator, Breakdown, Efisiensi Berkala, Preventif Maintenance, Overhaull.*

ABSTRACT

PT. Sinarmas Oleochemical International is a company engaged in processing palm oil, RBDPS and RPDPO into fatty acids and glycerine. The idea of establishing this factory is based on the market opportunity of Oleochemical which is very large and the raw materials for making Oleochemical are very much in Indonesia. PT Sinarmas Oleochemical Internasional has its own power plant located in the Power Plant, which generates 10 MW of power, which will be supplied to Plant 1 and Plant 2 and all offices covering an area of around 14 hectares. This final project describes how the performance of the Steam Turbine Generator in supplying the output power that will be distributed to the entire Plant. By knowing the value of efficiency in 5 consecutive days we can find out the average value of efficiency and find out what day the efficiency is very high. By knowing the value of efficiency in 5 consecutive days we can find out the average value of efficiency and find out what day the efficiency is very high. In this thesis it can be concluded, the author is looking for the efficiency value that is issued to the generator and will be distributed to the main plant, based on data taken from the field. And in this thesis, the maintenance and overhaull data are also attached. The lowest efficiency value occurred on the fifth day, December 5, 2020, 55,48578%, while the highest efficiency value occurred on the second day, December 2, 2020, which was 58,12892%. The efficiency of the generator cannot reach 100%, this is due to the losses that exist in the generator. And the average efficiency is 56.788652%. The data was obtained before the overhaul was carried out in December 2020. After the overhaul, the efficiency increased by an average of 77.8%.

Keywords: Steam Turbine Generator, Breakdown, Periodic Efficiency, Preventive Maintenance, Overhaull.

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur kepada Allah Azza Wa Jalla atas karunia dan kenikmatan berupa kesehatan dan kelapangan waktu yang begitu besar kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan baik.

Skripsi merupakan persyaratan akhir untuk menyelesaikan Pendidikan Program Sarjana atau S1 Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi dengan judul **“ANALISIS KINERJA STEAM TURBINE GENERATOR KAPASITAS 10 MW DI PT. SINARMAS OLEOCHEMICAL KIM 1 MABAR”**.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan pengarahan selama penyusunan laporan Skripsi ini. Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. DR. H. Muhammad Isa Indrawan,SE,M.M. Rektor Universitas Pembangunan Panca Budi
2. Hamdani, ST., MT Dekan Fakultas Teknik Elektro.
3. Siti Anisah, ST., MT Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Hj Zuraidah Tharo, ST., MT Pembimbing Pertama.
5. Siti Anisah, ST., MT Pembimbing Kedua.
6. Seluruh Dosen, Staff dan Karyawan Program Studi Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi yang telah menguji dalam sidang meja hijau dan wali kelas selama 3 semester, juga membantu dalam penyelesaian administrasi.
7. M. Rizal dan Operator di *Power Plant* yang telah membantu dalam pengambilan data ke lapangan, dan memberikan pengarahan dalam penyusunan Skripsi tersebut.

8. Orang Tua Penulis, Ayahanda Suhardi dan Ibunda Lismawati Panjaitan yang telah memberikan motivasi dan kasih sayang yang tiada hentinya, dan saudara-saudari lainnya yang memberikan semangat.
9. Teman-teman Reg II LB J/S yang banyak membantu dalam proses belajar dan kelompok-kelompok ilmiah.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan Skripsi ini dikemudian hari. Penulis mengucapkan terima kasih dan semoga Skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca.

Medan, Juni 2021

Wida Aprilla

NPM. 1924210249

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DATAR GRAFIK	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Sejarah Turbin Uap.....	6
2.2 Pengertian Turbin Uap	7
2.3 Komponen-Komponen Turbin Uap.....	8
2.4 Prinsip Kerja Turbin Uap	9
2.5 Klarifikasi Turbin Uap Berdasarkan Prinsip Kerja (Ekspansi Uap)	10
2.5.1 Turbin Reaksi.....	10
2.5.2 Turbin Impuls.....	11
2.6 Klarifikasi Turbin Berdasarkan Pada Tingkat Penurunan Tekanan Dalam Turbin	
2.6.1 Turbin Tunggal (<i>Single Stage</i>).....	12
2.6.2 Turbin Bertingkat (Aksi dan Reaksi).....	12
2.7 Klarifikasi Turbin Berdasarkan Arah Aliran Uap	13

2.7.1.	Turbin Aksial	13
2.7.2.	Turbin Radial	13
2.7.3.	Turbin Helikal	13
2.8.	Klarifikasi Turbin Berdasarkan Proses Penurunan Tekanan Uap	14
2.8.1.	Turbin Kondensasi	14
2.8.2.	Turbin Tekanan Lawan	14
2.8.3.	Turbin Ekstraksi	15
2.9.	Komponen-Komponen Utama Turbin Uap	15
2.9.1.	<i>Shaft seals</i>	15
2.9.2.	Turbin Bearing	15
2.9.3.	<i>Balance Piston</i>	16
2.9.4.	<i>Emergency Stop Valve</i>	16
2.9.5.	<i>MSV (Main Steam Valve)</i>	17
2.9.6.	<i>Turning Gear/Turning Device</i>	18
2.9.7.	<i>Main oil Pump</i> (Pompa Minyak Utama).....	19
2.9.8.	<i>Auxiliary Oil Pump</i> (Pompa Minyak Bantu).....	19
2.9.9.	<i>Motor Turning Gear</i> (Pompa Minyak Turning Gear).....	20
2.9.10.	<i>Emergency Oil Pump</i> (Pompa Pelumas Darurat).....	20
2.9.11.	<i>Oil Cooler</i>	20
2.9.12.	<i>Oil Filter</i>	21
2.9.13.	<i>Oil Tank</i>	22
2.9.14.	<i>Puriver</i>	22
2.9.15.	Persiapan dan Pemeriksaan Sebelum <i>Start Up</i>	23
2.9.16.	<i>Start Up</i> Rpm dan Skala Waktu Turbin 10 MW	24
2.9.17.	<i>Normal Shutting Down</i> Turbin Uap	24
2.9.18.	<i>Emergency Shutting Down (Turbine Trip Auto)</i>	25
2.10.	Pengertian Generator	26
2.10.1.	Hubungan Antara Frekuensi (f) dengan Kecepatan (rpm).....	27
2.10.2.	Prinsip Kerja Generator AC	30
2.10.3.	Prinsip Kerja Generator DC	31
2.11.	Perawatan pada <i>Steam Turbin Generator</i> dari MF dan EI	33
2.11.1.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja <i>Steam Turbin Generator</i> di PT. Soci Mas.....	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		39

3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	39
3.1.1.	Perawatan Prediktif (PDM).....	41
3.1.2.	Perawatan Preventif (PVM).....	42
3.1.3.	<i>Overhaull</i>	42
3.1.4.	Analisa Data.....	43
3.1.5.	Waktu dan Tempat.....	43
3.1.6.	Bahan dan Perlengkapan Penelitian.....	43
3.1.7.	Metode Pengumpulan Data.....	45
3.1.8.	Variable yang Diamati.....	46
3.1.9.	Pengolahan dan Analisa Data.....	46
BAB IV <u>ANALISA DATA</u>		47
4.1	Analisa Data.....	47
4.1.1	Perhitungan Efisiensi Turbin.....	52
4.1.2	Perhitungan Efisiensi Generator AC 3 Phasa <i>Type QW-W10-2</i>	53
4.2	Data Sesudah Dilakukan <i>Overhaull</i> Pada Februari 2020.....	56
4.2.1	Perhitungan Efisiensi Turbin.....	59
4.3	Tinjauan Efisiensi Generator AC 3 Phasa <i>Type QW-W10-2</i>	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		63
5.1	Kesimpulan.....	63
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....		65

DAFTAR GAMBAR

2.1 Proses Turbin Uap.....	6
2.2 Turbin Uap di PT. Soci Mas	7
2.3 Komponen – komponen Turbin Uap.....	9
2.4 <i>Thurst Bearing</i>	16
2.5 <i>Emergency Stop Valve</i>	17
2.6 <i>Main Steam Valve</i>	18
2.7 <i>Turning Gear / Turning Device</i>	19
2.8 <i>Main Oil Pump</i>	19
2.9 <i>Auxiliary Oil Pump</i>	20
2.10 <i>Oil Filter</i>	21
2.11 <i>Oil Tank</i>	22
2.12 <i>Puriver</i>	22
2.13 Generator di PT. Soci Mas	27
2.14 Prinsip Kerja Generator AC	31
2.15 Bagian – bagian Generator DC	32
2.16 Penggantian <i>Thurst Bearing Team Mechanical</i>	33
2.17 <i>Cleaning Exciter</i> dengan Nitrogen PT. Soci Mas	34
2.18 <i>Megger Rotor Generator STG</i> PT. Soci Mas	35
2.19 <i>Notification</i> di SAP OH Turbin <i>Power Plant</i>	35
2.20 Segitiga Daya	37
3.1 Diagram Penelitian.....	40
3.2 <i>Team Asset Management</i> Menggunakan <i>Vibration Analyzer</i>	41
3.3 <i>Team Asset Management</i> Menggunakan <i>Vibration Fan</i>	41
3.4 PT. HCTI Melakukan <i>Overhaull</i>	42

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Teknik Turbin PT. Soci Mas	44
Tabel 2. Spesifikasi Teknis Generator	45
Tabel 3. Data Beban rata – rata yang dibangkitkan Generator	47
Tabel 4. Rata – rata Laju uap, Tekanan, dan Temperatur pada Turbin di PT. Soci Mas Tanggal 01 Desember sampai 05 Desember 2020	48
Tabel 5. Tabel Uap <i>Saturated Steam</i>	50
Tabel 6. Data Entalpi pada Turbin uap <i>rated power</i> 10 MW.....	52
Tabel 7. Nilai Efisiensi yang dihasilkan turbin generator	55
Tabel 8. Data Beban rata – rata yang dibangkitkan Generator	56
Tabel 9. Rata – rata uap, Tekanan, dan Temperatur pada Turbin di PT. Soci Mas Tanggal 03 Februari – 07 Februari 2020.....	57
Tabel 10. Data Entalpi pada turbin uap <i>rated power</i> 10 MW	59
Tabel 11. Nilai efisiensi yang dihasilkan turbin generator setelah <i>overhaul</i>	62
Tabel 12. Perbandingan Efisiensi sebelum dan sesudah <i>Overhaull</i> pada tahun 2020	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 1. Nilai efisiensi generator dalam 5 hari	55
--	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Turbin uap adalah komponen konversi energi utama dalam sebuah pembangkit listrik. Turbin uap berfungsi untuk mengubah energi panas dari uap menjadi energi mekanik (putaran) sebagai penggerak generator untuk menghasilkan energi listrik. Biasanya turbin uap terkopel dengan generator sehingga sering disebut *Steam Turbin Generator*. Generator yang terkopel langsung dengan poros turbin akan ikut berputar dan menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan yang dikeluarkan dari terminal output generator. Sebuah sistem turbin uap generator yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berfungsi untuk mengkonversi energi panas dari uap *superheater* menjadi energi listrik. Proses yang terjadi adalah energi panas yang ditunjukkan oleh gradien/perubahan temperatur dikonversikan oleh turbin menjadi energi kinetik dan sudu-sudu turbin mengkonversikan energi kinetik ini menjadi energi kinetik ini menjadi energi mekanik pada poros/*shaft*. Dan pada akhirnya generator mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Uap bekas dari turbin dikondensasi menjadi air kondensate melalui pipa-pipa pendingin yang dipompakan kembali ke dearator oleh pompa kondensate.

Kinerja *Steam Turbin Generator* pada PT. Sinarmas *Oleochemical* Internasional dalam menghasilkan daya listrik tergantung pada perawatan (*Maintenance*), baik perawatan dalam penjadwalan maupun perawatan dalam mengantisipasi terjadinya *Breakdown*. Daya yang terbangkitkan berkisar 60% dari *Rated Power*nya 10 MW, maksudnya suplai pasokan energi listrik yang aktif hanya berkisar 60% saja dari 10 MW. Komponen daya aktif MW diatur dengan mengatur kopel penggerak/ pemutar generator, sedangkan komponen daya reaktif

diatur dengan mengatur arus penguat generator. Pengaturan kopel penggerak generator untuk mengatur komponen MW ini dilakukan dengan mengatur kopel yang dihasilkan oleh mesin. Pada mesin penggerak generator yang berupa turbin uap. Pengaturan kopel ini dilakukan dengan mengatur banyaknya uap yang masuk ke turbin uap. Oleh karena itu penulis tertarik dan membuat analisa Kinerja *Steam Turbin Generator* 10 MW di PT. Sinarmas *Oleochemical* Internasional Kim 1 Mabar.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penulisan Analisa Kinerja *Steam Turbin Generator* 10 MW adalah sebagai berikut :

1. Berapa besar nilai efisiensi yang dihasilkan oleh *Steam Turbin Generator*.
2. Faktor- faktor penyebab penurunan efisiensi pada *Steam Turbin Generator*, guna untuk meningkatkan kestabilan kinerja dalam mendistribusikan listrik ke *Plant I* dan *Plant II* PT. Sinarmas *Oleochemical* Internasional Kim 1 Mabar.

1.3 Batasan Masalah

Dalam perancangan dan pembuatan skripsi ini diberikan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Mencari faktor penyebab yang mempengaruhi efisiensi menurun.
2. Hanya membahas efisiensi kerja generator dari hari pertama sampai hari ke lima Bulan Desember 2020 dalam menghasilkan energi listrik, yang akan disuplai keseluruhan *Plant* di PT. Sinarmas *Oleochemical Internasional* Kim 1 Mabar.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui faktor-faktor yang mengakibatkan efisiensi menurun
2. Mengetahui efisiensi kerja dari *Steam Turbin Generator* dalam menghasilkan energi listrik di PT. Sinarmas *Oleochemical Internasional*.
3. Menambah wawasan dalam pembelajaran mengenai Steam Turbin Generator khususnya di PT. Sinarmas *Oleochemical Internasional* Kim 1 Mabbar.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penulisan Skripsi ini adalah :

1. Dapat membantu mengetahui faktor-faktor yang mengakibatkan efisiensi menurun.
2. Dapat mengetahui rata-rata efisiensi yang dihasilkan pada generator dengan pengambilan data selama 5 hari.
3. Menambah pengetahuan penulis sendiri dalam mengambil materi mengenai *Steam Turbin Generator*.

1.6 Metodologi Penelitian

Adapun metodologi yang dilakukan dalam penulisan Skripsi ini adalah :

- a. Metode Observasi

Metode observasi adalah suatu cara pengumpulan data dengan cara pengamatan langsung terhadap peralatan yang dijadikan objek permasalahan, yang mana peralatan yang diamati adalah masalah Kinerja *Steam Turbin Generator* khususnya di PT. Sinarmas *Oleochemical Internasional* Kim 1 Mabbar.

b. Metode Studi Literatur

Metode Studi Literatur adalah mencari literatur yang terdapat pada buku maupun jurnal sebagai referensi data pendukung dalam melakukan penelitian.

c. Pengumpulan Data

Data yang dimaksud adalah data setelah dilakukan penelitian oleh instansi yang berwenang. sebelum pengambilan data harus terlebih dahulu izin kepada pihak area seperti Manager atau SPV area.

d. Analisa Data

Mengetahui rata-rata efisiensi yang dihasilkan oleh generator yang berpengaruh pada kinerjanya, dan mengetahui gejala-gejala yang terjadi agar dilakukan pemeliharaan (perawatan) guna mengoptimalisasi peralatan yang ada di PT. Sinarmas *Oleochemical* Internasional Kim 1 Mabar.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun yang akan menjadi sistematika penulisan yang akan digunakan dalam penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, tujuan, batasan masalah, manfaat, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini dibahas tinjauan pustaka yang berisi mengenai teori-teori yang berkaitan dengan Kinerja *Steam Turbin Generator*.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai metodologi penelitian yang berisi tentang teori Kinerja *Steam Turbin Generator*.

BAB IV : ANALISIS HASIL PENGUJIAN

Pada bab ini dibahas mengenai analisis terhadap data yang dihasilkan dengan mengambil data dilapangan. Data rata-rata laju uap, tekanan dan temperatur pada Turbin di PT. Sinarmas *Oleochemical* Desember 2020.

BAB V : SIMPULAN DAN SARAN

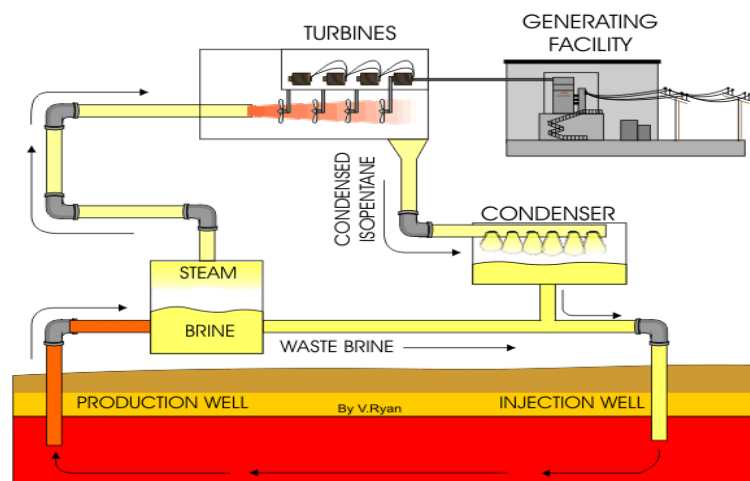
Pada bab ini akan dibahas tentang inti kesimpulan yang didapat dari penelitian dan saran-saran terhadap hasil penelitian selanjutnya mengenai Kinerja *Steam Turbin Generator*.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sejarah Turbin Uap

Ide dari turbin uap mula-mula timbul pada kira-kira 120 BC, oleh orang yang bernama *HERO* dari Alexandria yang pada mulanya membuat *prototype* turbin uap, dengan prinsip turbin reaksi. Instalasi ini terdiri dari sebuah bejana yang berisi air yang dipanaskan dengan dapur pemanas. Uap yang terjadi dimasukkan kedalam bola dapat diputar. Pada bola terdapat beberapa pipa pemancar. Akibat keluarnya uap melalui pipa pemancar tersebut berputarlah bola itu, disebabkan adanya reaksi uap yang keluar.



Gambar 2.1 Proses Turbin Uap

Sumber : (PT. Karya Master Mandiri Indonesia-Turbin Uap)

Pada tahun 1990 turbin ini didemonstrasikan di Amerika. Turbin tersebut mempunyai dua sudu jalan, diantara kedua sudu jalan tersebut dipasang sudu antar yang dipasang mati pada rumah turbin, sehingga putaran sudu antar seakan-akan berlawanan dengan putaran sudu jalan. Untuk turbin dengan dua tingkat kecepatan dan satu tingkat tekanan dibuat pula oleh Lenin Nevsky. Hampir semua turbin dikonstruksi dengan turbin radial, artinya aliran uap dimasukkan sejajar dengan poros turbin.

2.2 Pengertian Turbin Uap

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/*shaft* turbin. Kemudian generator yang terkopel langsung dengan poros turbin akan ikut berputar dan menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan yang dikeluarkan dari terminal output generator.



Gambar 2.2 Turbin Uap di PT. Soci Mas

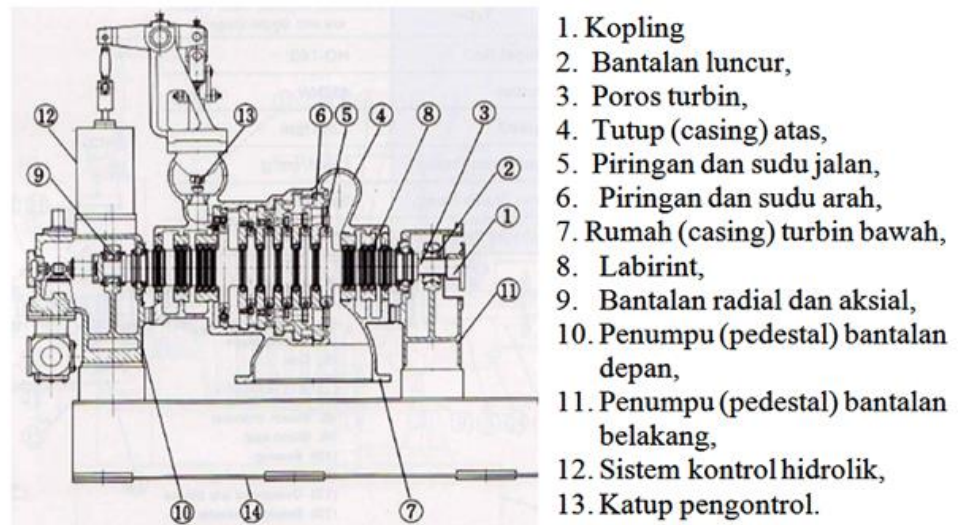
Sumber : (PT. Soci Mas *Power Plant*,2020)

Sebuah sistem turbin uap generator yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berfungsi untuk mengkonversi energi panas dari uap *superheater* menjadi energi listrik. Proses yang terjadi adalah energi panas yang ditunjukkan oleh gradien/ perubahan temperatur dikonversikan oleh turbin menjadi energi kinetik dan sudu-sudu turbin mengkonversikan energi kinetik ini menjadi energi mekanik pada poros/*shaft*. Pada akhirnya generator mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Uap bekas dari turbin dikondensasi menjadi air kondensate melalui pipa-pipa pendingin yang dipompakan kembali ke daerator oleh pompa kondensate.

2.3 Komponen-Komponen Turbin Uap

Berikut merupakan bagian-bagian yang penting dalam penyusunan kinerja Turbin Uap

- a. Kopling
- b. Bantalan Luncur
- c. Poros/*shaft*
- d. Tutup (casing) atas
- e. Piringan atau sudu jalan
- f. Piringan dan sudu arah
- g. Rumah (casing) bawah
- h. *Labirint*
- i. Bantalan radial dan aksial
- j. Penumpu (pedestal) bantalan belakang
- k. Sistem kontrol hidrolik
- l. Katup pengontrol (*Governor*) yang berfungsi sebagai pengontrol putaran turbin ketika sedang *start* dan ketika *overhaull*.



Gambar 2.3 Komponen-komponen Turbin Uap

Sumber :(https://www.academia.edu.KOMPONEN_UTAMA_TURBIN_UAP)

2.4 Prinsip Kerja Turbin Uap

Pada dasarnya kerja turbin uap adalah menerima energi kinetik dari *superheated vapor* (uap kering) yang dikeluarkan oleh *nozzle* sehingga sudu-sudu turbin terdorong secara angular atau bergerak memutar. Berikut secara rinci cara kerja turbin uap :

1. Uap masuk kedalam turbin melalui *nozzle*, didalam *nozzle* energi panas dari uap dirubah menjadi energi kinetis dan uap mengalami pengembangan. Tekanan uap pada saat keluar dari *nozzle* lebih kecil daripada pada saat masuk kedalam *nozzle*, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar *nozzle* lebih besar daripada saat masuk kedalam *nozzle*.

Uap yang memancar keluar dari *nozzle* diarahkan kedalam sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang disekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah anatar sudu turbin itu

dibelokkan kearah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian menutar roda dan poros turbin.

2. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat meninggalkan sudu turbin berarti hanya sebagian yang energi kinetis dan uap yang diambil oleh sudu-sudu turbin yang berjalan. Supaya energi kinetis yang tersisa saat meninggalkan sudu turbin dimanfaatkan maka pada turbin dipasang lebih dari satu baris sudu gerak. Sebelum memasuki baris kedua sudu gerak, maka antara baris pertama dan baris kedua sudu gerak dipasang satu baris sudu tetap (*guide blade*) yang berguna untuk mengubah arah kecepatan uap, supaya uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat.
3. Kecepatan uap saat meninggalkan sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetis yang tersedia dapat dimanfaatkan sebanyak mungkin, dengan demikian efisiensi turbin menjadi lebih tinggi karena kehilangan energi relatif kecil.

2.5 Klarifikasi Turbin Uap Berdasarkan Prinsip Kerja (Ekspansi Uap)

Berikut adalah penjelasan turbin uap berdasarkan prinsip kerjanya (ekspansi uap) :

2.5.1 Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin dengan proses ekspansi (penurunan tekanan) yang terjadi baik didalam baris sudu tetap maupun sudu gerak, energi termal uap diubah menjadi energi kinetik di sudu-sudu penghantar dan sudu-sudujalan, dan kemudian gaya reaksi dan uap akan mendorong sudu-sudu untuk berputar. Turbin reaksi disebut juga turbin Parsons sesuai dengan nama pembuat turbin pertama, yaitu Sir Charles Parsons (Suyanto 2010).

Turbin reaksi mempunyai tiga tahap, yaitu masing-masingnya terdiri dari baris sudu tetap dan dua baris sudu gerak. Sudu bergerak turbin reaksi dapat dibedakan dengan mudah dari sudu impuls karena tidak simetris, karena berfungsi sebagai *nozzle* bentuknya sama dengan sudu tetap walaupun arah lengkungannya berlawanan. Turbin reaksi adalah bertingkat artinya setiap tingkat terdiri dari *nozzle* tetap dan *nozzle* bergerak. Penurunan tekanan terjadi di kedua *nozzle* tersebut. Turbin reaksi merupakan turbin bertingkat dengan *nozzle* tetap dan *nozzle* bergerak silih berganti. Pasangan *nozzle* tetap dan *nozzle* bergerak disebut satu tingkat. Seperti turbin impuls, turbin reaksi bertingkat dapat bekerja pada sudu dengan kecepatan rendah untuk menghasilkan daya maksimum. Ciri-ciri turbin ini adalah :

1. Penurunan tekanan uap sebagian terjadi di *nozzel* dan sudu gerak
2. Adanya perbedaan tekanan didalam turbin sehingga disebut tekanan bertingkat. Contoh dari turbin reaksi ini adalah turbin hero.

2.5.1 Turbin Impuls

Turbin impuls atau turbin tahapan adalah turbin sederhana berotor satu atau banyak (gabungan) yang mempunyai sudu-sudu pada rotor itu. Sudu biasanya simetris dan mempunyai sudut masuk dan sudut keluar. Karena pada sudu gerak tidak terjadi ekspansi maka bentuk sudu turbin tersebut adalah simetris. Uap kering (*superheated vapor*) diekspansikan di nozzle sehingga terjadi perubahan energi potensial maksimal menjadi energi kinetik maksimal. Konversi energi ini ditunjukkan dengan persamaan :

$$C_2 = 2 (h_1 - h_2)$$

Dimana :

C_2 = Kecepatan absolut yang keluar dari *nozzle*

h_1 = Entalpi masuk

h_2 = Entalpi keluar dari *nozzle*

Gas kecepatan tinggi menghantam bilah dimana sebagian besar dari energi kinetik diubah menjadi putaran poros turbin. Untuk mendapatkan transfer energi maksimum maka bilah-bilah turbin harus berotasi 1,5 kali kecepatan semburan uap kering. Turbin impuls dapat merupakan turbin impuls sederhana (bertingkat tunggal), turbin impuls kecepatan bertingkat (turbin curtis) atau turbin impuls tekanan bertingkat (turbin rateau). Keadaan aliran uap dalam turbin tersebut dapat diterangkan dengan menggunakan grafik tekanan dan kecepatan absolut.

2.6 Klarifikasi Turbin Berdasarkan Pada Tingkat Penurunan Tekanan Dalam Turbin

2.6.1 Turbin Tunggal (*Single Stage*)

Uap dari *nozzle* akan mendorong sudu-sudu secara terus menerus sehingga mengakibatkan roda turbin berputar. Ekspansi uap melalui *nozzle* mengubah energi *thermal* entalpi menjadi energi mekanik atau kecepatan tinggi. Kecepatan uap diekspansikan ke sudu gerak.

Kombinasi antara *nozzle* dan sudu gerak dalam turbin paling sederhana adalah turbin satu tingkat (*single stage*). Turbin satu tingkat digunakan pada kebutuhan khusus dan dapat dikenali dengan uap keluar yang masih memiliki banyak energi. Dengan kecepatan satu tingkat atau lebih turbin ini cocok untuk daya kecil, misalnya penggerak kompresor, *blower*.

2.6.2 Turbin Bertingkat (Aksi dan Reaksi)

Disini sudu-sudu turbin dibuat bertingkat, biasanya cocok untuk daya besar. Pada Turbin bertingkat terdapat deretan sudu 2 atau lebih, sehingga turbin tersebut terjadi distribusi kecepatan dan juga tekanan.

Pada turbin dengan 3 tingkat misalnya, terdiri dari 3 sudu gerak yang terdapat pada poros. Uap dari *nozzle* mengenai sudu-sudu yang akan

menggerakkan poros berputar. Ketika uap melewati *nozzle* pertama, kecepatan uap akan menaik dan tekanan uap akan menurun. Penurunan tekanan akan diikuti dengan kenaikan volume spesifik uap. Uap mengekspansi sebagian energi ke sudu gerak dan meninggalkan *nozzle* pertama, serta memasuki *nozzle* kedua, dimana uap mengekspansi sebagian energi lain. Energi diekspansi pada tingkat kedua dan ketiga. Setelah uap melalui tingkat ketiga, dimana uap memberikan energinya untuk menghasilkan gerak, uap akan meninggalkan turbin sebagai uap keluar. Didalam proses turbin, energi thermal entalpi menjadi energi mekanik, terdapat 2 transformasi energi utama, yaitu :

1. Transformasi energi pertama adalah proses termodinamik, yaitu energi thermal diubah ke energi kinetik, yang menghasilkan kecepatan uap yang tinggi dan perubahan momentum.
2. Transformasi energi kedua adalah proses mekanik, yaitu uap menimpa sudu gerak, yang imparting momentum sehingga memutar poros turbin.

2.7 Klarifikasi Turbin Berdasarkan Arah Aliran Uap

2.7.1. Turbin Aksial

Turbin aksial adalah turbin dengan arah uapnya mengalir sejajar terhadap poros (*shaft*) turbin. Pada proses ekspansinya turbin ini dapat dibedakan menjadi turbin impuls dan turbin reaksi.

2.7.2. Turbin Radial

Turbin radial adalah turbin dengan arah uapnya mengalir tegak lurus terhadap sumbu turbin (*shaft*)

2.7.3. Turbin Helikal

Turbin helikal adalah turbin dengan arah uapnya mengalir tangensial

terhadap lingkaran rotor dan menubruk/menimpa sudu gerak. Sudu-sudu dibentuk sedemikian rupa sehingga arah aliran uap berbalik pada setiap sudu. Sebagian turbin helikal digunakan untuk pemanfaatan uap kembali, dimana uap keluar dari sudu akan dikembalikan untuk menubruk sudu gerak melalui kanal diturbin, hal tersebut akan mengekspansi energi uap lebih banyak.

Pembagian aliran uap apakah aliran tunggal atau aliran ganda, tergantung apakah aliran uap dalam satu arah atau dua arah.

- a. Aliran uap tunggal : Uap masuk ke *inlet* turbin dan mengalir sekali jalan melauai sudu dengan arah aksial dan keluar dari turbin.
- b. Aliran uap ganda : Uap masuk melalui tengah turbin dan mengalir melalui sudu menuju masing-masing ujung poros, dan keluar melalui exhaust chambers. Keunggulan dari aliran uap ganda adalah sudu-sudu akan lebih pendek dibandingkan dengan aliran uap tunggal pada kapasitas yang sama dan mengurangi daya dorong aksial.

2.8. Klarifikasi Turbin Berdasarkan Proses Penurunan Tekanan Uap

2.8.1. Turbin Kondensasi

Uap yang keluar dari turbin dikondensasikan dalam kondensor dengan tujuan mendapatkan tekanan lawan yang cukup rendah, sehingga menghasilkan daya yang tinggi. Kemudian air hasil kondensasi dapat disirkulasikan kembali kedalam ketel.

2.8.2. Turbin Tekanan Lawan

Turbin tekanan lawan dipakai bila suatu industri (pabrik) membutuhkan pemakaian uap yang berganda yaitu sebagai sumber energi potensial dan sekaligus sebagai sumber energi untuk keperluan pemrosesan.

Tekanan uap meninggalkan tekanan turbin (tekanan lawan) diatur sesuai dengan tekanan uap pemroses. Dengan demikian tekanan dan temperatur uap dari ketel harus diatur berdasarkan tekanan, temperatur uap pemroses dan daya yang dihasilkan, efisiensi serta konsumsi uap untuk turbin.

2.8.3. Turbin Ekstraksi

Turbin ekstraksi terbagi menjadi dua jenis, yaitu :

- a. Turbin ekstraksi kondensasi
- b. Turbin ekstraksi tekanan lawan

Turbin ekstraksi kondensasi beroperasi dengan penggunaan uap ganda, yaitu untuk pembangkit tenaga (penyediaan daya) dan juga untuk penyediaan uap bagi keperluan-keperluan ekstraksi. Bila tidak ada kebutuhan uap untuk ekstraksi, maka turbin akan bekerja sebagai turbin kondensasi langsung. Didalam turbin ini sebagian uap dalam turbin diekstraksi untuk proses pemanasan lain, misalnya proses industri.

2.9. Komponen-Komponen Utama Turbin Uap

Berikut komponen-komponen yang terdiri pada turbin uap :

2.9.1. Shaft seals

Bagian turbin antara poros dengan casing yang berfungsi untuk mencegah uap air keluar dari dalam turbin melewati sela-sela antara poros dengan casing akibat perbedaan tekanan dan juga untuk mencegah udara masuk kedalam turbin.

2.9.2. Turbin Bearing

Yang terdiri dari 2 yaitu :

a. Journal Bearing

Alarm of max bearing temperature 100°C, trip oleh interlock 110°C.

b. Thrust Bearing

Alarm of max bearing temperature 100°C, trip oleh interlock 110°C.



Gambar 2.4 *Thrust Bearing*

Sumber : (Repair Bearing Juni 2020 PT. Soci Mas)

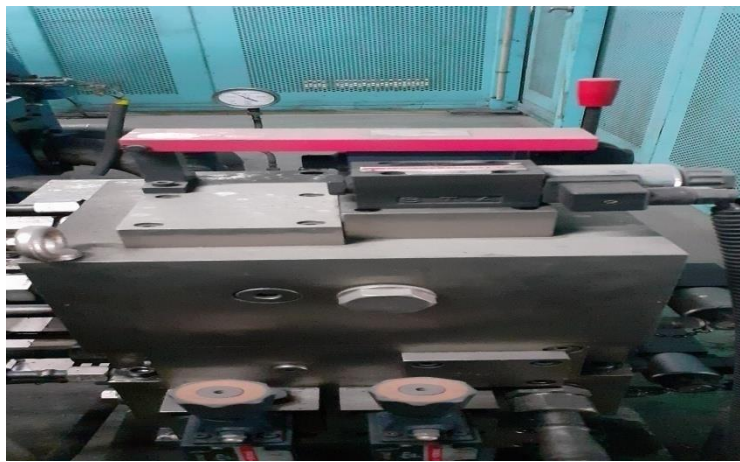
2.9.3. Balance Piston

Pada turbin uap ada 50% gaya reaksi dari sudu yang berputar menghasilkan gaya aksial terhadap sisi belakang dari silinder pertama turbin, gaya inilah yang perlu dilawan oleh sistem *balance piston*.

2.9.4. Emergency Stop Valve

Yang berfungsi mengisolasi turbin dari *supply* uap air pada keadaan darurat untuk Menghindari kerusakan atau juga *overspeed*. Secara cepat *emergency stop valve* akan menutup dalam hitungan sepersekian detik, hal ini

berguna untuk menghindari *overspeed* pada turbin akibat adanya uap air yang masuk kedalam turbin, tetapi tidak ada beban listrik pada generator. Esv ini membuka akibat kerja dari akulator hidrolik dan menutup secara cepat oleh pegas.



Gambar 2.5 *Emergency Stop Valve*

Sumber : (Penulis, 2020)

2.9.5. MSV (*Main Steam Valve*)

MSV adalah katup yang berfungsi untuk mengatur steam yang masuk kedalam Turbin sesuai dengan jumlah *steam* yang diperlukan.



Gambar 2.6 *Main Steam Valve*

Sumber : (Penulis, 2020)

2.9.6. *Turning Gear/Turning Device*

Turning Gear/Turning Device adalah mekanisme untuk memutar rotor dari turbin Pada saat *start* awal, atau pada saat setelah *shutdown* untuk mencegah terjadinya distorsi/bending akibat dari proses pemanasan atau pendinginan yang tidak seragam pada rotor.



Gambar 2.7 *Turning Gear/Turning Device*

Sumber : (Penulis, 2020)

2.9.7. *Main oil Pump (Pompa Minyak Utama)*

Pompa ini dikopel langsung dengan rotor HP trbin. Pada kondisi normal Mengeluarkan minyak bertekanan yang berfungsi mensuplai pelumasan pada bearing-bearing turbin, ketika turbin telah mencapai atau mendekati putaran normalnya.



Gambar 2.8 *Main Oil Pump*

Sumber : (Penulis, 2020)

2.9.8. *Auxiliary Oil Pump (Pompa Minyak Bantu)*

Digerakan oleh motor AC yang berfungsi sebagai suplai pada HP *oil*.



Gambar 2.9 *Auxiliary Oil Pump*

Sumber : (Penulis, 2020)

2.9.9. Motor *Turning Gear* (Pompa Minyak *Turning Gear*)

Motor *Turning Gear* (Pompa Minyak *Turning Gear*) yang digerakan oleh motor AC, yang berfungsi memberi tekanan ke suction main *oil pump* pada saat *start* awal dan mensupla minyak pelumas ketika turbin dalam kondisi *turning gear on*.

2.9.10. *Emergency Oil Pump* (Pompa Pelumas Darurat)

Emergency Oil Pump (Pompa Pelumas Darurat) yang digerakan oleh motor DC Yang disuplai dari baterai. Berfungsi mensuplai minyak pelumas ke turbin dalam kondisi darurat.

2.9.11. *Oil Cooler*

Berfungsi untuk mendinginkan *lube oil* sebelum didistribusikan ke

sistem Pelumasan kembali dan disirkulasi. Selain itu juga menjaga viskositas *oil* agar tetap terjaga saat kondisi turbin panas sehingga pelumasan masih tetap optimal dan komponen didalam turbin yang saling bergesekan dapat terlindungi dengan kekentalan *oil* (*viscositas*), sehingga daya tahan *oil* dan komponen-komponen didalam turbin dapat lebih lama serta mengurangi gejala *over heating*. Gangguan yang sering terjadi (*Trouble Shooting*) adalah sering terjadi penyumbatan pada sirip-sirip pipa dalam *oil cooler* yang disebabkan oleh membekunya *oil* bersamaan dengan gram-gram sehingga aliran *oil* sering tidak bekerja dengan baik.

2.9.12. Oil Filter

Berfungsi menyaring kotoran atau partikel-partikel yang terdapat dalam *oil* Sebelum didistribusikan kembali dan sirkulasi.

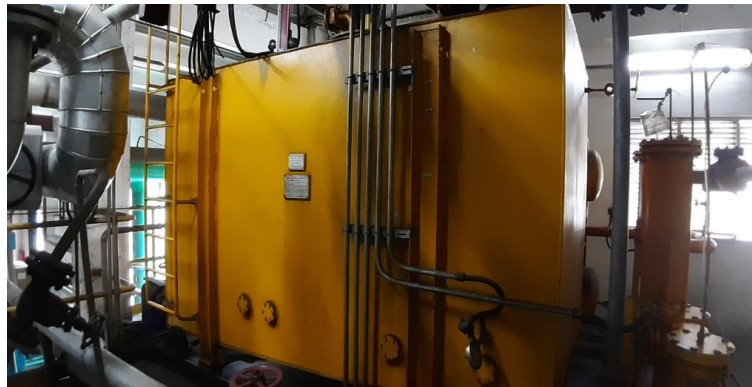


Gambar 2.10 *Oil Filter*

Sumber : (Penulis, 2020)

2.9.13. *Oil Tank*

Yang berfungsi menyimpan *lube oil* dan menampung *oil return*. *Oil tank* levelnya >250 mm.



Gambar 2.11 *Oil Tank*

Sumber : (Penulis, 2020)

2.9.14. *Puriver*

Berfungsi sebagai pemisah *oil* dengan uap oli panas, yang pada akhirnya air pada *oil* akan berpisah.



Gambar 2.12 *Puriver*

Sumber : (Penulis, 2020)

2.9.15. Persiapan dan Pemeriksaan Sebelum *Start Up*

Sebelum turbin uap dijalankan terlebih dahulu kita harus mempersiapkan segala Sesuatu yang berhubungan dengan turbin uap tersebut, baik mengenai minyak pelumas maupun peralatan lain. Persiapan juga meliputi pemeriksaan alat-alat yaitu :

- a. Air pendingin
- b. Pipa air pendingin
- c. Minyak Pelumas
- d. Pengecekan katub uap
- e. Keadaan uap yang akan masuk ke turbin uap

Setelah semua dipastikan, operator bersiap-siap *start up* dan langkahlangkah yang

Yang harus diperhatikan adalah :

- a. Pengecekan *interlock oil sistem*
- b. Pengecekan *interlock* pada pompa kondenser
- c. Pengecekan kondisi *level cooling tower*
- d. *Start AC oil pump* dan *fan oil*
- e. *Start motor turning gear*
- f. Isi air kondenser hingga *level* 500 mm
- g. *Start* pompa kondenser bikin *valve* otomatis dengan *set point* 430-460
- h. *Start* pompa *circulating water* dengan tekanan sekitar 1,6 - 2 bar
- i. Setelah *boiler* punya temperatur 380°C, panaskan jalur pipa ke turbin melalui *by pas* hingga temperatur mencapai 350°C
- j. Lakukan *start vacum* dengan cara buka *valve inlet* untuk *outlet start up ejector* 100%
- k. Setelah *vacum* mencapai -85 Kpa s/d -90 Kpa

- l. Tutup *drain-drain* yang dilantai 2 dan dilantai 1 samping *condensate*
- m. Setelah *boiler* mempunyai *pressure* 4,7-5,0 Mpa
- n. Matikan *turning gear* motor
- o. Buka *valve mainsteam* dengan menekan tombol *open valve* dipanel lantai 2 samping *injector* baru.
- p. Tutup *by pass valve main steam*
- q. Putar *solenoid pump* A dan B kekanan dan engkol ke atas
- r. Tekan dipanel 505
 - *Format* (reset)
 - *Run*
 - Lalu tekan enter

2.9.16. Start Up Rpm dan Skala Waktu Turbin 10 MW

- a. Pertama 600 rpm → 30 menit
- b. Kedua 800 rpm → 30 menit80
- c. Ketiga 1200 rpm → 120 menit
- d. Keempat 2500 rpm → 15 menit
- e. Kelima 3000 rpm → Siap untuk sinkron

2.9.17. Normal Shutting Down Turbin Uap

- a. Periksa beban turbin
- b. Tutup valve ekstraksi
- c. Turunkan beban
- d. Tekan tombol pilot *valve emergency* dan tutup ESV
- e. Pompa auxilliary harus *start auto* saat tekanan oli kurang dari 0,65 MpaG
- f. Buka *steam* ke *gland*

- g. *Stop suplay steam* ke *gland* saat putaran turbin turun dibawah putaran kritis (*critcalspeed*) 1550 rpm
- h. Buka casing dan *valve drain* dari pipa *main steam*
- i. Tutup steam/ *stop valve* ekstraktor setelah *shutdown* turbin
- j. *Start Turning gear* setelah *stop steam* turbin
- k. Saat suhu casing belakang kurang dari $\pm 80^{\circ}\text{C}$, tutup jalur sirkulasi air
- l. Saat suhu oli kurang dari 45°C , *stop turning gear* untuk *stop* sirkulasi air pendingin
- m. Saat *shutdown* turbin jangan lupa mengembalikan posisi tuas handle ke posisi *closed*. Jika tidak maka DCS tidak dapat mengaktifkan kontrol ESV dan sistem kontrol oli

2.9.18. *Emergency Shutting Down (Turbine Trip Auto)*

Emergency shutting down dilakukan jika terjadi kondisi abnormal, sehingga turbin harus segera di *stop*, kondisi tersebut jika terjadi, misalnya yaitu :

- a. *Supply steam* terganggu ($P < 20 \text{ Bar}$; $T = 350^{\circ}\text{C}$) disebabkan karena masalah di HPB
- b. Abnormal *sound/* pada turbin secara tinggi namun sensor tidak berfungsi
- c. Masalah jaringan listrik distribusi dll
- d. Pindahkan pengaturan ke genset segera kurangi beban turbin dari sisi user (pengguna)
- e. Tekan tombol *emergency stop*
- f. Pastikan *auxiliary oil* bekerja untuk sirkulasi *oil* (menggunakan motor DC)

- g. Pastikan *emergency oil pump* bekerja jika *auxiliary oil pump* tidak *start* (menggunakan motor AC)
- h. Putar *turning gear*
- i. Jika *turning gear* tidak bisa *start* maka lakukan putaran manual setiap 15 menit $\pm \frac{1}{2}$ putaran

2.10. Pengertian Generator

Generator AC termaksud jenis mesin serempak (mesin sinkron) dimana Frekuensi listrik yang dihasilkan sebanding dengan jumlah kutub dan putaran yang dimilikinya. Listrik yang dihasilkan adalah listrik arus bolak-balik (listrik AC). Mesin penggerak dari generator AC dapat berasal dari tenaga diesel, tenaga air, tenaga angin, tenaga uap, dan lain sebagainya.

Generator AC banyak kita jumpai pada pusat-pusat listrik dengan kapasitas yang relatif besar. Misalnya pada PLTA, PLTU, PLTD, PLTG maupun PLTGU. Disini pada umumnya generator AC disebut dengan alternator atau generator saja. Generator AC atau generator sinkron adalah mesin listrik yang dinamis terdiri dari generator AC 1 fasa, fasa dan 3 fasa. Dibandingkan dengan generator DC, generator AC lebih cocok untuk pembangkit listrik berkapasitas besar. Hal ini didasarkan atas pertimbangan-pertimbangan, antara lain :

- a. Timbulnya masalah komutasi pada generator DC
- b. Timbulnya persoalan dalam hal menaikkan/ menurunkan tegangan pada listrik DC. Hal ini menimbulkan persoalan untuk hantaran dalam pengiriman tenaga listrik (transmisi atau distribusi), masalah penampang kawat, tiang transmisi rugi-rugi dan sebagainya
- c. Timbulnya persoalan dalam hal menaikkan atau menurunkan tegangan pada listrik DC. Hal ini menimbulkan persoalan untuk hantaran dalam

pengiriman tenaga listrik (transmisi atau distribusi) masalah penampang kawat, tiang transmisi rugi-rugi dan sebagainya.

- d. Listrik AC mudah untuk diubah menjadi listrik DC.
- e. Masalah efisiensi mesin dan lain-lain pertimbangan Generator-generator sinkron pada umumnya dibuat sedemikian rupa, sehingga lilitan Tempat terjadinya GGL tidak bergerak (statis), sedangkan kutub-kutub akan menimbulkan medan magnet berputar. Generator semacam ini disebut generator kutub dalam. Keuntungan generator kutub dalam adalah untuk mengambil arus yang tidak dibutuhkan cincin geser dan sikat arang, hal ini disebabkan lilitan-lilitan tempat terjadinya GGL itu tidak berputar, kemudian generator kutub dalam dapat menghasilkan tenaga listrik yang sebesar-besarnya karena tegangan yang terbentuk dapat langsung diambil dari lilitan statornya.



Gambar 2.13 *Generator* di PT. Soci Mas

Sumber : (Penulis, 2020)

2.10.1. Hubungan Antara Frekuensi (f) dengan Kecepatan (rpm)

Pengertian satu periode adalah waktu yang digunakan untuk menggerakkan dua Buah kutub yang tak senama yang berurutan melalui sebuah kumparan sama dengan satu perioda. Dalam satu perioda tersebut

akan dihasilkan 1 gelombang penuh, jadi 1 periode adalah waktu yang diperlukan untuk terbentuknya satu gelombang penuh. Pada generator berkutub 2, waktu yang digunakan untuk 1 putaran sama dengan 1 periode. Pada generator berkutub 4, waktu yang digunakan untuk 1 putaran sama dengan 1 perioda, kalau pada generator berkutub 2 waktu yang digunakan untuk 1 putaran sama dengan 2 periode.

Pada generator berkutub P, waktu yang digunakan untuk 1 putaran sama dengan p perioda, dimana :

- a. Pada mesin berkutub 2, 1 periode sama dengan 1 putaran
- b. Pada mesin berkutub 4, 1 periode sama dengan $\frac{1}{2}$ putaran
- c. Pada mesin berkutub p, 1 periode sama dengan $\frac{1}{p}$ putaran.

Banyaknya gelombang yang terbentuk setiap detik disebut frekuensi, sedangkan waktu yang diperlukan untuk terbentuknya satu gelombang disebut satu perioda, sehingga antara kedua nilai ini akan diperoleh hubungan:

$n =$ Putaran generator per menit

Jika ditinjau dari hubungan antara generator dan frekuensi listrik yang dihasilkan generator arus bolak-balik, maka dapat dibedakan atas :

- a. Generator Sinkron

Disebut generator sinkron karena besarnya frekuensi listrik yang dihasilkan sebanding

Dengan jumlah kutub dan putaran generator sesuai dengan persamaan :

$$f = \frac{n \cdot P}{120}$$

Dimana :

f = Frekuensi Listrik (Hz)

p = Jumlah kutub (buah)

n = Jumlah putaran rotor (rpm)

Menurut teori listrik, GGL induksi yang dihubungkan pada kumparan dalam medan

Magnet adalah :

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N$$

$$E = 2,22 \cdot f \cdot \phi \cdot Z$$

Dimana :

E = GGL induksi (Volt)

F = Frekuensi listrik (Hz)

Φ = Besarnya fluks magnet (Weber)

W = Jumlah lilitan seluruhnya

Z = Jumlah sisi lilitan seluruhnya

Daya keluaran generator dapat dihitung dengan rumus :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cos \phi \text{ (KW)}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \sin \phi \text{ (KVAR)}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \text{ (KVA)}$$

Rumus tegangan *line*, arus *line*, dan arus phasa hubungan bintang

$$V_L = \sqrt{3} \cdot V_{\text{phasa}}$$

$$I_L = I_{\text{phasa}}$$

$$I_{\text{phasa}} = \frac{V_{\text{phasa}}}{Z_{\text{phasa}}}$$

Pada jenis hubungan bintang, ujung-ujung akhir dari kumparan yang dikeluarkan pada terminal dihubungkan menjadi satu. Jadi ujung-ujung X, Y, dan Z dihubungkan menjadi satu titik.

Rumus tegangan *line*, arus *line*, dan arus fasa hubungan delta

$$V_L = V_{\text{phasa}}$$

$$I_L = \sqrt{3} \cdot I_{\text{phasa}}$$

$$I_{\text{phasa}} = \frac{V_{\text{phasa}}}{Z_{\text{phasa}}}$$

2.10.2. Prinsip Kerja Generator AC

Generator AC (alternator) adalah mesin listrik sinkron yang merupakan suatu Penghasil tenaga listrik dengan berlandaskan hukum faraday, jika pada sekeliling penghantar terjadi perubahan medan magnet, maka pada penghantar tersebut akan dibangkitkan suatu gaya gerak listrik (GGL) yang sifatnya menentang perubahan medan tersebut. Untuk dapat terjadinya gaya gerak listrik (GGL) diperlukan dua katagori masukan, yaitu :

- a. Masukan tenaga mekanis yang akan dihasilkan oleh penggerak mula (*prime mover*)
- b. Arus medan (I_f) yang berupa arus dc atau searah yang akan menghasilkan medan magnet yang dapat diatur dengan mudah.

Apabila rotor generator diputar pada kecepatan nominalnya, dimana putaran tersebut

Diperoleh dari putaran penggerak mulanya (*prime mover*), kemudian pada kumparan medan rotor diberikan arus medan sebesar (I_f), maka garis-garis fluksi yang dihasilkan melalui kutub-kutub inti akan menghasilkan tegangan induksi pada kumparan jangkar stator sebesar :

$$E_a = C n \cdot \phi$$

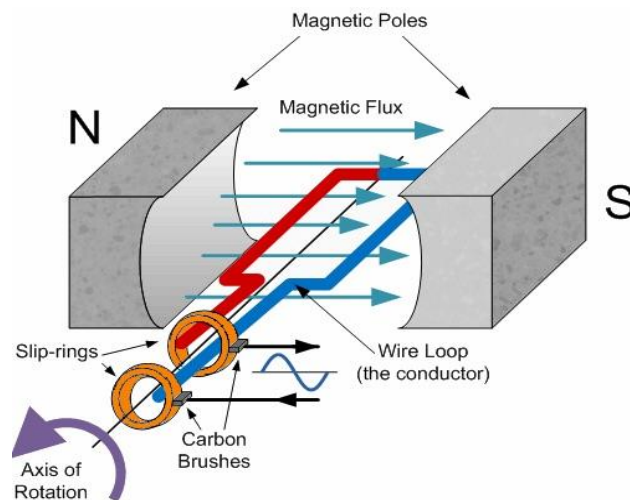
Dimana :

E_a = GGL yang dihasilkan pada jangkar (Volt)

C = Konstanta

n = Putaran generator permenit

Φ = Fluks magnet (*Weber*) dihasilkan oleh arus penguat



Gambar 2.14 Prinsip Kerja Generator AC

Sumber : (Modul EI PT. Soci Mas)

2.10.3. Prinsip Kerja Generator DC

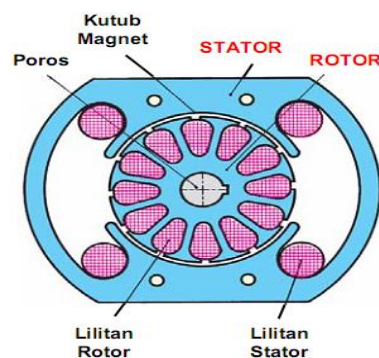
Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis berupa gerak rotasi dari *premotor* menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC/arus searah. Generator DC

mempunyai beberapa jenis dilihat dari rangkaian belitan magnet dan juga penguat eksitasinya terhadap jangkar (*armature*).

Generator DC memiliki 3 bagian utama, yang terdiri atas :

- a. Stator, adalah bagian yang diam, di mana terdapat lilitan medan (*field*) atau lebih dikenal dengan nama Eksitasi. Berfungsi sebagai tempat pembangkitan medan magnet
- b. Rotor, adalah bagian yang berputar, di mana terdapat lilitan jangkar (*Armature*) atau angker, Berfungsi sebagai tempat pembangkitan tegangan induksi GGL
- c. Komutator, adalah alat yang mengubah tegangan arus bolak-balik menjadi arus searah

Pembangkitan energi listrik yang berasal dari konversi energi mekanis, menggunakan prinsip-prinsip hukum Faraday, tentang induksi magnet. Farady dan Lenz mengatakan bahwa tegangan induksi yang dibangkitkan adalah perubahan fluksi magnet setiap satuan waktu.



Gambar 2.15 Bagian-bagian Generator DC

Sumber : (Modul EI PT. Soci Mas)

2.11. Perawatan pada *Steam Turbin Generator* dari MF dan EI

Di PT. Sinarmas *Oleochemical* Internasional perawatan untuk *steam turbin generator* dilakukan oleh departement *Maintenance*, baik dari sisi *mechanical fabrikasi* maupun *electrical instrument*. Berikut perawatan yang dilakukan dari MF dan EI.

a. *Mechanical*

Dari sisi *mechanical* biasanya kerusakannya seperti *sealing leaking*, *abnormal sound* dan rpm tidak sesuai. Dari sisi *fabrikasi* biasanya melakukan penggantian *valve* yang *passing* atau *valve steam*, ataupun *support team mechanical* dalam melakukan pekerjaan. Dari kerusakan terjadi maka operator segera mengganti part yang rusak tergantung pada kerusakan yang terjadi. *Notification* yang masuk melalui *work order* di SAP, maka akan dilakukan pengecekan langsung ke lapangan untuk mengetahui kerusakan yang terjadi. Dan apabila bagian terdalam turbin atau generator yang *abnormal* maka pihak operasional memanggil vendor berkolaborasi untuk melakukan pekerjaan tersebut.



Gambar 2.16 Penggantian *Thrust Bearing Team Mechanical*

Sumber : (Penulis, 2020)

b. Electrical Instrument

Dari sisi *electrical* biasanya melakukan *cleaning exciter*, *magger exciter*, *mager rotor*, Dan *magger generator*. Dari sisi *electrical* biasanya melakukan perawatan disaat *overhaull*, pembongkaran sudu-sudu turbin sekaligus pengecekan elemen-elemen yang lain. Dari sisi instrument biasanya melakukan kalibrasi (*calibration*) alat. Adapun saat dilakukan *overhaull* membersihkan kumparan-kumparan dari debu, minyak, pelumas, serta partikel lain dengan melakukan penyemprotan udara kering atau nitrogen, kemudian di lap.



Gambar 2.17 *Cleaning Exciter* dengan Nitrogen PT. Soci Mas

Sumber : (*Overhaull*, 2020)



Gambar 2.18 *Megger Rotor Generator STG PT. Soci Mas*

Sumber : (*Overhaull, 2020*)

Notification	600014415	W4 OH Turbin Power Plant
Notific. Status	NOCO ORAS	APPR
Order	200030027	

Notification Malfunction, breakdown Location data Items

Reference object	
Functional loc.	SOCM-P2-PG-1100-M... STEAM TURBINE GENERATOR (2G-1101)
Equipment	
Assembly	

Subject	
Description	OH Turbin Power Plant
Subject Long Text	
OH Turbin Plant 2	

Gambar 2.19 *Notification di SAP OH Turbin Power Plant*

Sumber : (SAP, 2020 PT. Soci Mas)

2.11.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kinerja *Steam Turbin Generator* di PT. Soci Mas

Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja steam turbin atau kestabilan *STG* generator di PT. Soci Mas Disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Perawatan (*Maintenance*)

Dalam pengecekan data-data vibrasi komponen-komponen dari *STG* dilakukan oleh *Asset management*, dengan bertindak cepat langsung dilakukan pengambilan data, agar tidak menimbulkan *breakdown*, apabila ada *spareparts* yang harus diganti maka *team maintenance* akan segera reservasi untuk pengambilan barang nya. Faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan dan kinerja *STG* terdiri dari kedua sisi, yaitu sisi *mechanical* dan *electrical*. Berikut terjabar dari kedua sisi tersebut adalah :

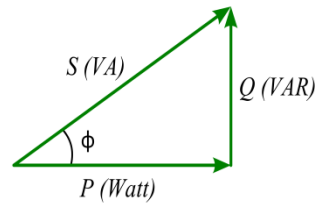
a. Sisi *Mechanical*

- *Sealing leaking* yang berfungsi agar menahan *steam* agar tidak terbuang atau keluar, biasanya memiliki gejala putaran tidak stabil atau sesuai karena ada bagian yang *leaking*.
- *Abnormal sound* yang terjadi karena nilai *vibrasi* yang sudah tinggi dan sudah melewati nilai toleransi.
- Rpm (Putaran) yang sudah tidak sesuai, salah satu diakibatkan ada salah satu *blade* (sudu) yang patah.

b. Sisi *Electrical*

- Beban yang berada di PT. Soci Mas memiliki maksimal 80% dari kapasitas yang terpasang, contohnya kapasitas 10 MW maksimum pemakaian ± 8 MW, dan fluktuasi beban yang tidak stabil.
- Faktor daya ($\cos \phi$) yang rendah akan mempengaruhi beban, $\cos \phi$ yang bagus bernilai 0,8-0,9. Dan untuk pengaturannya dapat

dipasang kapasitor bank dan bisa dituning di generator panel agar tidak kebanyakan beban yang induktif. Faktor daya dapat digambarkan berupa segitiga daya.



Gambar 2.20 Segitiga Daya

Sumber : (*Manual Book Electrical*)

Dimana :

VAR (Q) = Rugi-rugi daya

VA (S) = Daya yang tersedia

Watt (P) = Daya yang terpakai

Dari penjabaran diatas jika $\cos \phi$ rendah maka daya yang tersedia sedikit dan daya yang bisa terpakai juga sedikit, dan mengakibatkan rugi-rugi daya, dan jika menambah beban dengan $\cos \phi$ yang rendah maka generator atau pembangkit akan bekerja semakin berat dan menyebabkan efisiensi berkurang.

Dapat dirumuskan :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cos \phi \text{ (KW)}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \sin \phi \text{ (KVAR)}$$

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \text{ (KVA)}$$

- Arus eksitasi adalah sistem pasokan listrik DC sebagai penguatan pada generator atau sebagai pembangkit medan sehingga suatu generator dapat menghasilkan energi listrik. Contohnya arus eksitasi semakin besar sehingga *output* tegangan semakin besar.

2. Kelalaian Operator dalam pengoperasiannya

Kelalaian operator saat mengoperasikan *STG*, misalnya salah menekan tombol yang akan mengakibatkan komponen lain mati, dan akan menimbulkan *breakdown*. Kesalahan dalam memberikan informasi juga mengakibatkan operator salah saat menaikkan atau menurunkan *breaker*.

3. Kandungan kalori yang terdapat di bahan bakar batu bara

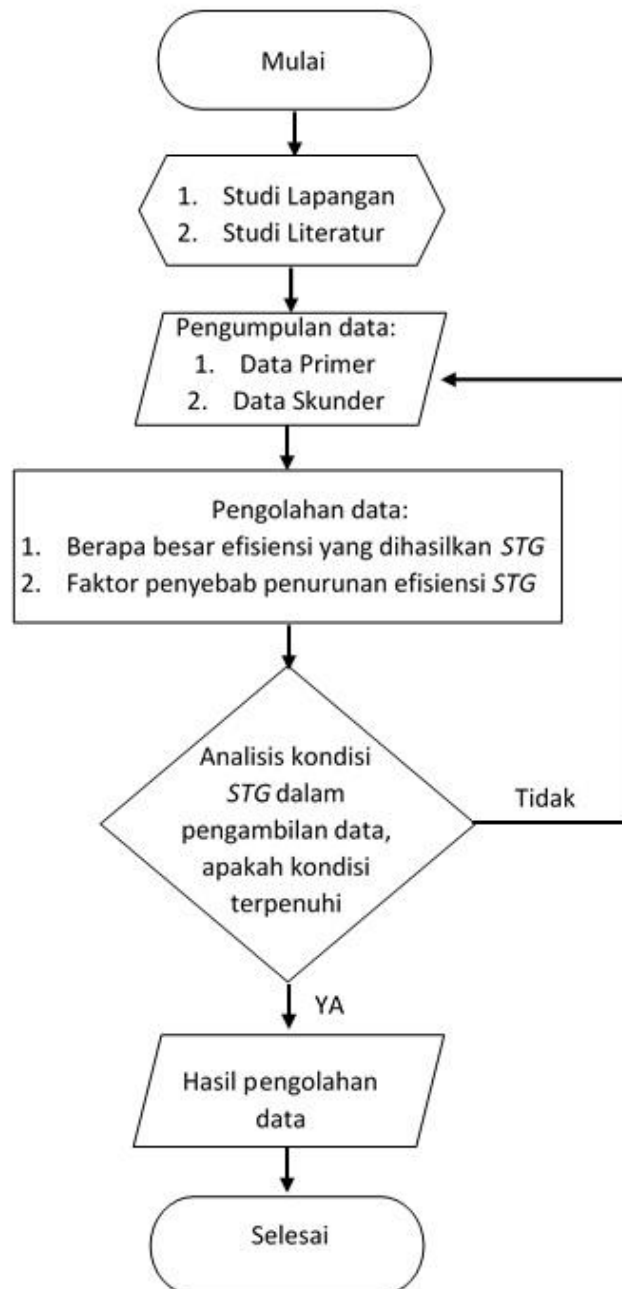
Kalori yang terkandung pada bahan bakar yaitu batu bara memiliki kalori yang berbeda-beda setiap harinya, kandungan sulfur yang sangat rendah dan kadar abu yang sangat rendah. Dalam proses ini mengakibatkan bahan bakar akan bertahan lama, selain itu juga tergantung pada nilai moisturi dan ash nya. Kandungan kalori yang terdapat di PT. Soci Mas rata-rata 4500 cal/gar, jika yang *high* bisa mencapai 6000 cal/gar.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa tahap mengenai perawatan yang akan mempengaruhi kinerja *steam* turbin generator, dimana perawatan yang dilakukan oleh *departement Maintenance* akan berpengaruh pada efisiensi keluaran yang dihasilkan generator. Sebelum itu akan dilakukan studi literatur, pengumpulan data dan analisa data.



Gambar 3.1. Diagram Penelitian

Sumber : (Penulis, 2020)

3.1.1. Perawatan Prediktif (PDM)

Perawatan prediktif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau Kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Di PT. Soci Mas perawatan prediktif dilakukan oleh *Team Asset Management*, dimana dengan bantuan *vibration fan*, *vibration analyzer*. Jika indikasi sudah harus di *repair* maka team *mechanic* akan melakukan *repair*.



Gambar 3.2 *Team Asset Management* Menggunakan *Vibration Analyzer*

Sumber : (Penulis, 2020)



Gambar 3.3 *Team Asset Management* Menggunakan *Vibration fan*

Sumber : (Penulis, 2020)

3.1.2. Perawatan Preventif (PVM)

Perawatan preventif dilakukan jika komponen tersebut sudah mencapai *running hours*, jika sudah mencapai maka tindakan yang dilakukan adalah mengganti *spareparts* yang sudah tidak layak atau pecah. Tindakan ini dilakukan agar komponen-komponen dapat bekerja dengan normal tanpa menimbulkan *breakdown* yang lama. Informasi dalam mengetahui *running hours* yang sudah mencapai, dilakukan oleh *team asset management* di PT. Soci Mas.

3.1.3. Overhaull

Untuk perawatan ini di PT. Soci Mas memakai pihak ke tiga (*Vendor*) yaitu PT. HCTI (*Hangzhou Chinen Turbine Indonesia*). Perawatan ini dilakukan 1 tahun sekali, dan apabila ada *trouble shooting* bisa 1 tahun 2 kali perawatan. *Overhaull* dilakukan dengan penggantian hampir seluruh *spareparts* pada komponen-komponen tersebut, agar efisiensi kerja yang dihasilkan STG dapat berjalan dengan normal.



Gambar 3.4PT. HCTI Melakukan *Overhaull*

Sumber : (Penulis, 2020)

3.1.4. Analisa Data

Data yang diperoleh dari pengambilan data lapangan, daily record perbulan *Power plant*, dan modul-modul *Electric Instrument Maintenance*. Dan untuk mendukung data-data juga diambil dari SAP (*work order*) dengan judul “ *Overhaull Turbin*” di PT. Soci Mas.

3.1.5. Waktu dan Tempat

Kegiatan pengambilan data langsung ke lapangan, dan tempat Pelaksanaan Penelitian yaitu di *Power Plant* PT. Sinarmas *Oleochemical* Internasional. Waktu yang dilakukan saat melakukan penelitian yaitu bulan juni sampai agustus 2020.

3.1.6. Bahan dan Perlengkapan Penelitian

a. Bahan Analisa

Turbin yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap di PLTU PT. Sinarmas *Oleochemical* Internasional hanya terdiri dari suatu *step pressure* yaitu HP (*High Pressure*), turbin dengan *type Condensing Turbine* model HS5676 N.10 -4,9. Generator yang digunakan adalah *type Brushless Excitation* model QW-W10-2.

b. Berikut spesifikasi teknis Turbin PT. Soci Mas

1	<i>Product code</i>		HS5676
2	<i>Product type</i>		N10-4.9
3	<i>Type</i>		<i>Condensing Turbine</i>
4	<i>Rated Power</i>	MW	10
5	<i>Max Power</i>	MW	12
6	<i>Rated Speed</i>	r/min	3000
7	<i>Direction of rotation</i>		<i>Clockwise (watch along with steam flow direction)</i>
8	<i>Rated inlet pressure and range</i>	Mpa (a)	4,9
9	<i>Rated inlet temperature and range</i>	C°	470
10	<i>Cooling water temperature</i>	Normal (°C)	28
		Max (°C)	33
11	<i>Rated exhaust pressure</i>	Mpa (a)	0,008
12	<i>Feedwater backheating series</i>		<i>1 Daerator + 1 Lower heater</i>
13	<i>Feedwater temperature</i>	C°	104
14	<i>make-up water temperature</i>	C°	40
15	<i>make-up water flow</i>	t/h	35
16	<i>Critical speed</i>	r/min	~1550
17	<i>Emergency trip speed</i>	r/min	3270 ~ 3330 (3200 - 350)
18	<i>The vibration value of bearing pedestal of critical speed (total amplitude)</i>	mm	≤ 0,15
19	<i>Weight of turbine body</i>	t	~ 53
20	<i>Max weight parts of maintenance</i>	t	16
21	<i>Weight of rotor</i>	t	7,4
22	<i>Out dimension of turbine (above running floor)</i>	m	5,7 x 4 x 3,5 (L x W x H)
23	<i>Weight of hook (above running floor)</i>	m	6,0

Tabel 1 : Spesifikasi Teknis Turbin PT. Soci Mas**Sumber** : (*Manual Book Power Plant*)

a. Spesifikasi Teknis *Generator*

1	<i>Type</i>		QW-W 10-2
2	<i>Rated Power</i>	MW	10
3	<i>Rated Voltage</i>	V	11.000
4	<i>Rated Current</i>	A	656,1
5	<i>Rated Speed</i>	r/min	3000
6	<i>Rated Frequency</i>	Hz	50
7	<i>Phases</i>		3
8	<i>Connection</i>		Y
9	<i>Power factor</i>		0,8 (Lag)
10	<i>Fly Wheel Torque</i>		20.000 Nm ²
11	<i>Insulation Class</i>		F/F
12	<i>Excitation mode</i>		<i>Brushless Excitation</i>
13	<i>Vnetilating</i>		<i>Two-way enclosed self-cyrcular ventilation air cooling</i>
14	<i>Effisiensi</i>	%	97

Tabel 2 : Spesifikasi Teknis Generator**Sumber** : (*Manual Book Power Plant*)**3.1.7. Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data yang dilakukan adalah pengamatan langsung Kelengkapan, dan berdiskusi langsung bersama operator yang bekerja. Pengambilan data yang dilakukan dalam 5 hari secara berturut-turut, dimana dengan nilai tersebut kita dapat mengetahui dihari keberapa efisiensi kerja STG yang paling rendah dan yang paling tinggi.

3.1.8. Variable yang Diamati

Variable yang diamati dalam penelitian ini pada PLTU di Soci Mas adalah :

- a. Laju aliran massa *steam* (T/h)
- b. Tekanan P3 (Mpa)
- c. Temperatur T3 (°C)
- d. Tekanan P4 (Kpa)
- e. Temperatur T4 (°C)
- f. Efisiensi yang dihasilkan

3.1.9. Pengolahan dan Analisa Data

Data yang diperoleh dari pengambilan data dilapangan, akan dihitung efisiensi Kerjanya. Sesudah mempelajari permasalahan tersebut, data yang diambil dalam setiap harinya memiliki nilai yang berbeda-beda. Agar efisiensi kerja STG tidak jauh beda, maka penulis mempertimbangkan solusi yang akan diambil. Solusi tersebut adalah memberlakukan perawatan pada STG di PT. Soci Mas pengecekan *running hours*, dan indikasi *abnormal sound* dilakukan oleh *asset managemenet*. Dengan pengambilan data maka dapat diambil tindakan cepat untuk memperbaikinya, baik dari sisi *mechanical*, *fabrikasi* maupun *electrical instrument*. Kasus yang terjadi dilapangan berbeda-beda, tergantung kerusakan yang terjadi.

BAB IV

ANALISA DATA

4.1 Analisa Data

Dalam pengambilan data kelapangan diperoleh hasilnya sebagai berikut:

No	Tanggal	Rata-Rata Beban Generator 24 Jam
1	01-Des-20	5,0 MW
2	02-Des-20	5,0 MW
3	03-Des-20	5,1 MW
4	04-Des-20	5,0 MW
5	05-Des-20	5,3 MW

Tabel 3 : Data Beban rata-rata yang dibangkitkan Generator

No	Tanggal	Laju Aliran Masa <i>Steam</i> (T/h)	Tekanan P3(Mpa)	Temperatur T3 (°C)	Tekanan P4 (Kpa)	Temperatur T4 (°C)
1	01-Des-20	27,8	4,8	466	-87,5	67,1
2	02-Des-20	27,4	4,5	463	-87	67,1
3	03-Des-20	27,5	4,9	465	-86,9	68,1
4	04-Des-20	26,8	4,9	476	-87,6	68,6
5	05-Des-20	28,7	4,96	476	-87	69,7

Tabel 4 : Rata-rata Laju uap, Tekanan, dan Temperatur pada Turbin di PT. Soci Mas Tanggal 01 Desember sampai 05 Desember 2020.

1 (T/h) = 1000 (kg/h)

1 Mpa = 10^6 bar

1 Pa = 10^{-5} bar

Maka keterangan tabel :

Laju aliran massa steam turbin (T/h) : adalah *make up water flow* turbin

Tekanan P3 (Mpa) : adalah *inlet pressure* dan *range* HP turbin.

Temperatur T3 (°C) : adalah *inlet temperature* dan *range* HP turbin.

Tekanan P4 (Kpa) : adalah *pressure exhaust* HP turbin.

Temperatur T4 (°C) : adalah *temperature exhaust* HP turbin.

Berdasarkan data tekanan dan *temperature* diatas maka entalpi h_4 , h_3 dapat diperoleh dengan menggunakan tabel uap air saturasi (saturated), uap air super panas (*Superheated*). Referensinya adalah *temperature* , karena tidak adanya nilai yang cocok berdasarkan tabel, maka metode yang dilakukan adalah metode dengan cara interpolasi.

Mencari entalpi h_3 :

Tekanan = 4,8 Mpa = 48 bar

Temperatur = 466°C

Dengan cara interpolasi maka entalpi h_3 , dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\frac{466-450}{500-450} = \frac{h_3-3316}{3433-3316}$$

$$h_3 - 3316 \times (50) = 16 \times 117$$

$$h_3 - 3316 = \frac{1872}{50}$$

$$h_3 = 37,44 + 3316$$

$$h_3 = 3353,44 \text{ Kj/kg}$$

Mencari entalpi h_4

Tekanan = -93,28 Kpa = 0,93 (Data dari PT. Soci Mas Manual *Book*)

Temperature = 67,1°C

Karena keadaan isentropi, maka entropi (S_4 dan S_3) adalah sama dan h_4 dapat diperoleh sebagai berikut :

$$P_{gauge} = P_{absolute} - P_{atmospheric}$$

$$P_{absolute} = P_g + P_{atm}$$


P_g adalah tekanan P_4 = Tekanan *exhaust* HP turbin = -87,5 Kpa = -0,875 bar

$P_{atmospheric} = 1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$

$$P_{\text{abs}} = -0,875 + 1,01325$$

$$P_{\text{abs}} = 0,13825 \text{ bar}$$

Oleh karena nilai P_{abs} 0,13825 bar maka dilakukan interpolasi, nilai yang hendak diinterpolasi adalah antara 0,100 dan 0,125 bar, maka :



Press MPa P	Sat. Temp. °C T_{sat}	Specific volume m^3/kg		Internal energy kJ/kg			Enthalpy kJ/kg			Entropy $\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$		
	liquid v_f	Sat. vapour v_g	Sat. liquid u_f	Evap. u_{fg}	Sat. vapour u_g	Sat. liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. vapour h_g	Sat. liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. vapour s_g	
0.100	99.63	0.001043	1.6940	417.36	2088.7	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	6.0568	7.3594
0.125	105.99	0.001048	1.3749	444.19	2069.3	2513.5	444.32	2241.0	2685.4	1.3740	5.9104	7.2844
0.150	111.37	0.001053	1.1593	466.94	2052.7	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	5.7897	7.2233
0.175	116.06	0.001057	1.0036	486.80	2038.1	2524.9	486.99	2213.6	2700.6	1.4849	5.6868	7.1717
0.200	120.23	0.001061	0.8857	504.49	2025.0	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	5.5970	7.1271
0.225	124.00	0.001064	0.7933	520.47	2013.1	2533.6	520.72	2191.3	2712.1	1.5706	5.5173	7.0878
0.250	127.44	0.001067	0.7187	535.10	2002.1	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	5.4455	7.0527
0.275	130.60	0.001070	0.6573	548.59	1991.9	2540.5	548.89	2172.3	2721.3	1.6408	5.3801	7.0209
0.300	133.55	0.001073	0.6058	561.15	1982.4	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	5.3201	6.9919
0.325	136.30	0.001076	0.5620	572.90	1973.5	2546.4	573.25	2155.8	2729.0	1.7006	5.2646	6.9652
0.350	138.88	0.001079	0.5243	583.95	1965.0	2548.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	5.2130	6.9405
0.375	141.32	0.001081	0.4914	594.40	1956.9	2551.3	594.81	2140.8	2735.6	1.7528	5.1647	6.9175
0.40	143.63	0.001084	0.4625	604.31	1949.3	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	5.1193	6.8959
0.45	147.93	0.001088	0.4140	622.77	1934.9	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	5.0359	6.8565
0.50	151.86	0.001093	0.3749	639.68	1921.6	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	4.9606	6.8213
0.55	155.48	0.001097	0.3427	655.32	1909.2	2564.5	665.93	2097.0	2753.0	1.8973	4.8920	6.7893
0.60	158.85	0.001101	0.3157	669.90	1897.5	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	4.8288	6.7600
0.65	162.01	0.001104	0.2927	683.56	1886.5	2570.1	684.28	2076.0	2760.3	1.9627	4.7703	6.7331
0.70	164.97	0.001108	0.2729	696.44	1876.1	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	4.7158	6.7080
0.75	167.78	0.001112	0.2556	708.64	1866.1	2574.7	709.47	2057.0	2766.4	2.0200	4.6647	6.6847
0.80	170.43	0.001115	0.2404	720.22	1856.6	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	4.6166	6.6628
0.85	172.96	0.001118	0.2270	731.27	1847.4	2578.7	732.22	2039.4	2771.6	2.0710	4.5711	6.6421
0.90	175.38	0.001121	0.2150	741.83	1838.6	2580.5	742.83	2031.0	2773.9	2.0946	4.5280	6.6226
0.95	177.69	0.001124	0.2042	751.95	1830.2	2582.1	753.02	2023.1	2776.1	2.1172	4.4869	6.6041
1.00	179.91	0.001127	0.19444	761.68	1822.0	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	4.4478	6.5865
1.10	184.09	0.001133	0.17753	780.09	1806.3	2586.4	781.34	2000.4	2781.7	2.1792	4.3744	6.5536
1.20	187.99	0.001139	0.16333	797.29	1791.5	2588.8	798.65	1986.2	2784.8	2.2166	4.3067	6.5233
1.30	191.64	0.001144	0.15125	813.44	1777.5	2591.0	814.93	1972.7	2787.6	2.2515	4.2438	6.4953
1.40	195.07	0.001149	0.14084	828.70	1764.1	2592.8	830.30	1959.7	2790.0	2.2842	4.1850	6.4693
1.50	198.32	0.001154	0.13177	843.16	1751.3	2594.5	844.89	1947.3	2792.2	2.3150	4.1298	6.4448
1.75	205.76	0.001166	0.11349	876.46	1721.4	2597.8	878.50	1917.9	2796.4	2.3851	4.0044	6.3896
2.00	212.42	0.001177	0.09963	906.44	1693.8	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	3.8935	6.3409
2.25	218.45	0.001187	0.08875	933.83	1668.2	2602.0	936.49	1865.2	2801.7	2.5035	3.7937	6.2972
2.5	223.99	0.001197	0.07998	959.11	1644.0	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	3.7028	6.2573
3.0	233.90	0.001217	0.06668	1004.78	1599.3	2604.1	1008.42	1795.7	2804.2	2.6457	3.5412	6.1869
3.5	242.60	0.001235	0.05707	1045.43	1558.3	2603.7	1049.75	1753.7	2803.4	2.7253	3.4000	6.1253
4	250.40	0.001252	0.04978	1082.31	1520.0	2602.3	1087.31	1741.1	2801.4	2.7964	3.2737	6.0701
5	263.99	0.001286	0.03944	1147.81	1449.3	2597.1	1154.23	1640.1	2794.3	2.9202	3.0532	5.9734
6	275.64	0.001319	0.03244	1205.44	1384.3	2589.7	1213.35	1571.0	2784.3	3.0267	2.8625	5.8892
7	285.88	0.001351	0.02737	1257.55	1323.0	2580.5	1267.00	1505.1	2772.1	3.1211	2.6922	5.8133
8	295.06	0.001384	0.02352	1305.57	1264.2	2569.8	1316.64	1441.3	2758.0	3.2068	2.5364	5.7432
9	303.40	0.001418	0.02048	1350.51	1207.3	2557.8	1363.26	1378.9	2742.1	3.2858	2.3915	5.6722
10	311.06	0.001452	0.018026	1393.04	1151.4	2544.4	1407.56	1317.1	2724.7	3.3596	2.2544	5.6144

Σ

Tabel 5 : Tabel Uap Saturated Steam

$$= S_4 = S_3 = 6,894 \text{ Kj/kg K}$$

$$S_{f0,13825} = 1,3026 \text{ Kj/kg K}$$

$$S_{fg0,13825} = 6,0568 \text{ Kj/kg K}$$

$$S_{g0,13825} = 7,3594 \text{ Kj/kg K}$$

$$h_{f0,13825} = 417,46 \text{ Kj/kg}$$

$$h_{fg0,13825} = 2258,0 \text{ Kj/kg}$$

$$h_{g0,13825} = 2675,5 \text{ Kj/kg}$$

$S_g > S_4$ maka upayanya adalah uap campuran

$$x = \frac{S_4 - S_{f0,13825}}{S_{fg0,13825}} = \frac{(6,894 - 1,3026) \text{ Kj/kg K}}{6,0568 \text{ Kj/kg K}}$$

$$x = 0,9231$$


$$h_4 = x \cdot h_{fg0,13825} + h_{f0,13825}$$

$$= 0,9231 \times 2258,0 + 417,46$$

$$= 2501,956 \text{ Kj/kg}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapat nilai entalpi h_3 dan h_4 sebagai berikut :

Data Entalpi pada turbin uap *rated power* 10 MW :



Parameter	Tanggal yang diperoleh				
	01-Des-20	02-Des-20	03-Des-20	04-Des-20	05-Des-20
Entalpi h_3 (Kj/kg)	3380,81	3385,8	3384,8	3380,7	3374
Entalpi h_4 (Kj/kg)	2175,5	2170,6	2209,5	2175,8	2169,1
$h_3 - h_4$	1205,31	1215,2	1175,3	1204,9	1198,2

Tabel 6 : Data Entalpi pada turbin uap *rated power* 10 MW

4.1.1 Perhitungan Efisiensi Turbin

Perhitungan daya *Turbin Type Condensing Turbine Rated Power* 10 MW, daya yang dihasilkan oleh turbin uap dapat dihitung menggunakan metode penurunan entalpi. Berikut adalah contoh perhitungan menggunakan sample data pada hari pertama pada tanggal 01 Desember 2020 adalah :

$$WT_{\text{actual}} = WT \times \eta \text{ Turbin}$$

Dimana :

WT_{actual} adalah daya aktual turbin (MW)

η Turbin adalah efisiensi turbin (%)

$WT = W$ HP turbin

$WT = \dot{m} \times (h_3 - h_4)$

$WT = 27,8 \text{ T/h} \times (3380,81 \text{ Kj/kg} - 2175,5 \text{ Kj/kg})$

$WT = 27800 \text{ Kg/h} \times (1205,31 \text{ Kj/Kg})$

$WT = 33507618 \text{ Kj/h}$

$WT = 9307,6716667 \text{ KW}$

$WT = 9,30767 \text{ MW}$

$WT_{\text{actual}} = WT \times \eta \text{ Turbin}$

$WT_{\text{actual}} = 9,30767 \times 93\%$

$WT_{\text{actua}} = 8,6561331 \text{ MW}$

Dari contoh perhitungan pada hari pertama (01 Desember 2020) seperti yang tampak diatas didapatkan nilai daya aktual yang dihasilkan oleh turbin uap sebesar **8,6561331 MW**

4.1.2 Perhitungan Efisiensi Generator AC 3 Phasa *Type QW-W10-2*

Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran dan daya masukan generator, dimana daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin, seperti persamaan dibawah ini :

$$\eta_{\text{gen}} = \frac{\text{Beban}}{\text{WT}_{\text{actual}}} \times 100\%$$

dimana :

η_{gen} = Efisiensi generator

Beban = Daya keluaran generator (MW)

$\text{WT}_{\text{actual}}$ = Daya aktual turbin (MW)

$$\eta_{\text{gen}} = \frac{\text{Beban}}{\text{WT}_{\text{actual}}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{gen}} = \frac{5,0 \text{ MW}}{8,6561331 \text{ MW}} \times 100\%$$

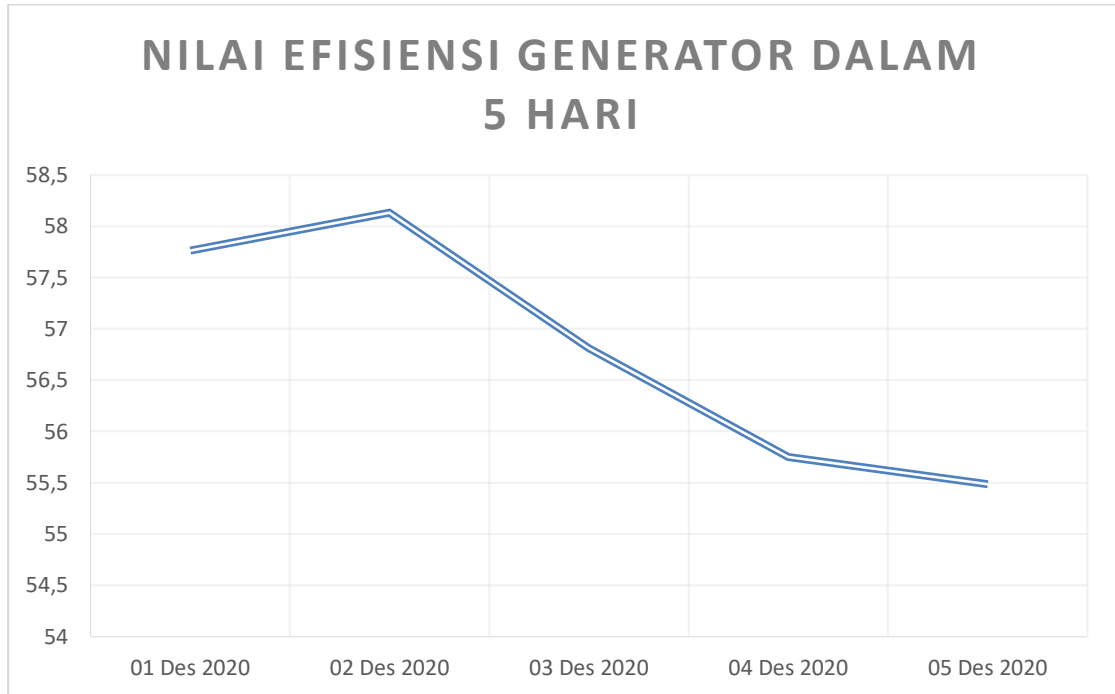
$$\eta_{\text{gen}} = 57,76251 \%$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapatkan nilai efisiensi yang dihasilkan *turbin generator* adalah sebagai berikut



No	Tanggal	Efisiensi Generator
1	01 Des 2020	57,76251 %
2	02 Des 2020	58,12892 %
3	03 Des 2020	56,81185 %
4	04 Des 2020	55,74757%
5	05 Des 2020	55,48576%
Rata-rata		56,788652%

Tabel 7 : Nilai efisiensi yang dihasilkan *turbin generator*



Grafik 1 : Nilai efisiensi *generator* dalam 5 hari

4.2 Data Sesudah Dilakukan *Overhaull* Pada Februari 2020

No	Tanggal	Rata-Rata Beban Generator 24 Jam
1	03 Feb 2020	5,91MW
2	04 Feb 2020	6,058 MW
3	05 Feb 2020	5,958 MW
4	06 Feb 2020	5,983MW
5	07 Feb 2020	5,7583 MW

Tabel 8 : Data Beban rata-rata yang dibangkitkan Generator

No	Tanggal	Laju Aliran Masa Steam (T/h)	Tekanan P3(Mpa)	Temperatur T3 (°C)	Tekanan P4 (Kpa)	Temperatur T4 (°C)
1	03 Feb 20	24,89	5,048	474,4	-93,29	39,91
2	04 Feb 20	25,35	4,96	475,5	-93,38	39,95
3	05 Feb 20	24,98	5	460,9	-93,08	40,13
4	06 Feb 20	24,93	4,97	476,3	-93,15	39,8
5	07 Feb 20	24,24	4,98	476,3	-93,12	39,57

Tabel 9 : Rata-rata Laju uap, Tekanan, dan Temperatur pada Turbin di PT. Soci Mas Tanggal 03 Feb-07 Feb 2020

Mencari entalpi h_3 :

Tekanan = 5,048 Mpa = 50, 48 bar

Temperatur = 466°C

Dengan cara interpolasi maka entalpi h_3 , dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\frac{474,4-450}{500-450} = \frac{h_3-3316}{3433-3316}$$

$$h_3 - 3316 \times (50) = 24,4 \times 117$$

$$h_3 - 3316 = \frac{2854,80}{50}$$

$$h_3 = 57,096 + 3316$$

$$h_3 = 3353,096 \text{ Kj/kg}$$

Mencari entalpi h_4

Tekanan = -93,28 Kpa = 0,93 (Data dari PT. Soci Mas Manual Book)

Temperature = 39,91°C

Karena keadaan isentropi, maka entropi (S_4 dan S_3) adalah sama dan h_4 dapat diperoleh sebagai berikut :

$$P_{gauge} = P_{absolute} - P_{atmospheric}$$

$$P_{absolute} = P_g + P_{atm}$$

P_g adalah tekanan P_4 = Tekanan *exhaust* HP turbin = -93,29 Kpa = -0,9329 bar

$$P_{atmospheric} = 1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$$

$$P_{abs} = -0,9329 + 1,01325$$

$$P_{abs} = 0,08035 \text{ bar}$$

Oleh karena nilai P_{abs} 0,08035 bar maka dilakukan interpolasi, nilai yang hendak diinterpolasi adalah antara 0,080 dan 0,085 bar, maka :

$$= S_4 = S_3 = 6,894 \text{ Kj/kg K}$$

$$S_{f0,08035} = 0,59405 \text{ Kj/kg K}$$

$$S_{fg0,08035} = 7,63148 \text{ Kj/kg K}$$

$$S_{g0,08035} = 8,2255 \text{ Kj/kg K}$$

$$h_{f0,08035} = 174,35 \text{ Kj/kg}$$

$$h_{fg0,08035} = 2401,86 \text{ Kj/kg}$$

$$h_{g0,08035} = 2576,21 \text{ Kj/kg}$$

$S_g > S_4$ maka upayanya adalah uap campuran


$$x = \frac{S_4 - S_{f0,08035}}{S_{fg0,08035}} = \frac{(6,894 - 0,59405) \text{ Kj/kg K}}{7,63148 \text{ Kj/kg K}}$$

$$x = 0,825521$$

$$\begin{aligned}
 h_4 &= x \cdot h_{fg0,08035} + h_{f0,08035} \\
 &= 0,8255 \times 2401,86 + 174,35 \\
 &= 2157,13 \text{ Kj/kg}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapat nilai entalpi h_3 dan h_4 sebagai berikut :

Data Entalpi pada turbin uap *rated power* 10 MW :



Parameter	Tanggal yang diperoleh				
	03 Feb 20	04 Feb -20	05 Feb-20	06 Feb 20	07 Feb-20
Entalpi h_3 (Kj/kg)	3373	3376,38	3341,5	3377,5	3377,5
Entalpi h_4 (Kj/kg)	2157,13	2160,97	2149,81	2178,6	2163,98
$h_3 - h_4$	1215,87	1215,41	1191,69	1198,9	1213,52

Tabel 10 : Data Entalpi pada turbin uap *rated power* 10 MW

4.2.1 Perhitungan Efisiensi Turbin

Perhitungan daya *Turbin Type Condensing Turbine Rated Power* 10 MW, daya yang dihasilkan oleh turbin uap dapat dihitung menggunakan metode penurunan entalpi. Berikut adalah contoh perhitungan menggunakan sample data pada *Overhaull* Februari 2020 adalah :

$$W_{T_{\text{actual}}} = W_T \times \eta_{\text{Turbin}}$$

Dimana :

WT_{actual} adalah daya aktual turbin (MW)

η Turbin adalah efisiensi turbin (%)

$WT = W_{HP}$ turbin

$WT = \dot{m} \times (h_3 - h_4)$

$WT = 24,89 \text{ T/h} \times (3373 \text{ Kj/kg} - 2157,13 \text{ Kj/kg})$

$WT = 24890 \text{ Kg/h} \times (1215,87 \text{ Kj/Kg})$

$WT = 30263004,3 \text{ Kj/h}$

$WT = 84073,05675 \text{ KW}$

$WT = 8,407305 \text{ MW}$

$WT_{actual} = WT \times \eta_{Turbin}$

$WT_{actual} = 8,407305 \times 93\%$

$WT_{actua} = 7,81879 \text{ MW}$

Dari contoh perhitungan pada hari pertama (Februari 2020) seperti yang tampak diatas didapatkan nilai daya aktual yang dihasilkan oleh turbin uap sebesar **7,81879 MW**.

Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran dan daya masukan generator, dimana daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin, seperti persamaan dibawah ini :

$$\eta_{gen} = \frac{\text{Beban}}{WT_{actual}} \times 100\%$$

dimana :

η_{gen} = Efisiensi generator

Beban = Daya keluaran generator (MW)

WT_{actual} = Daya aktual turbin (MW)

$$\eta_{gen} = \frac{\text{Beban}}{WT_{actual}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{gen}} = \frac{5,91 \text{ MW}}{7,81879 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{gen}} = 75,5871 \%$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapatkan nilai efisiensi yang dihasilkan *turbin generator* adalah sebagai berikut



No	Tanggal	Efisiensi Generator
1	03 Februari 2020	75,5871%
2	04 Februari 2020	76,11 %
3	05 Februari 2020	77,47 %
4	06 Februari 2020	77,48%
5	07 Februari 2020	75,74%
Rata-rata		77,48 %

Tabel 11 : Nilai efisiensi yang dihasilkan *turbin generator* setelah *overhaull*

4.3 Tinjauan Efisiensi Generator AC 3 Phasa *Type* QW-W10-2

Berdasarkan tabel diatas terlihat efisiensi turbin generator *type* QW-W10-2 mengalami perubahan yang fluktuatif, selama 5 hari dan pengamatan yang didapatkan nilai efisiensi terendah terjadi pada hari kelima (05 Desember 2020) 55,48578 %, sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada hari kedua (02 Desember 2020) yaitu 58,12892 %. Efisiensi pada generator tidak bisa mencapai 100%, hal ini disebabkan oleh rugi-rugi yang ada pada generator tersebut. Data tersebut didapat sebelum dilakukan *overhaull* pada bulan Desember 2020. Setelah dilakukan *Overhaull* efisiensi meningkat yaitu dengan rata-rata 76,47742 %.

No	Sebelum <i>Overhaull</i> Desember 2020	Sesudah <i>Overhaull</i> Februari 2020
1	57,76251%	75,59%
2	58,12892%	76,11%
3	56,81184%	77,47%
4	55,74757%	77,48%
5	55,4858%	75,74%
Rata-Rata	56,79%	76,48%

Tabel 12: Perbandingan Efisiensi Sebelum dan Sesudah *Overhaull* pada tahun 2020

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Proses pembangkitan listrik khususnya pada PLTU PT.Sinarmas *Oleochemical* Internasional terdiri dari urutan konversi energi yaitu energi kimia/fosil, energi kalor (panas), energi potensial, energi kinetik, energi mekanik, energi listrik yang didistribusikan ke *main plant*.
2. *Type* Turbin yang terdapat pada PLTU PT.Sinarmas *Oleochemical* Internasional adalah Turbin Uap (*Condensing Turbine*).
 - a. Bahan bakar pada ketel uap (*Boiler*) pada PLTU PT.Sinarmas *Oleochemical* Internasional adalah batu bara, yang kualitasnya dianalisa dilaboratorium dengan mesin bom kalori meter, sehingga kita dapat mengetahui nilai yang terkandung pada batu bara tersebut.
 - b. Didalam skripsi ini dapat disimpulkan, penulis mencari nilai efisiensi yang dikeluarkan pada generator dan akan didistribusikan ke *main plant* , berdasarkan data yang diambil dari lapangan. Dan dalam skripsi ini juga terlampir *maintenance* nya dan data *overhaull*.
 - c. Nilai efisiensi terendah terjadi pada hari kelima (05 Desember 2020) 55,48578 %, sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada hari kedua (02 Desember 2020) yaitu 58,12892 %. Efisiensi pada generator tidak bisa mencapai 100%, hal ini disebabkan oleh rugi-

rugi yang ada pada generator tersebut. Dan rata-rata efisiensinya adalah 56,788652%. Data tersebut didapat sebelum dilakukan *overhaull* pada bulan Desember 2020. Setelah dilakukan *Overhaull* efisiensi meningkat yaitu dengan rata-rata 77,8 %.

- d. Semakin banyak jumlah *steam* yang masuk dalam satuan (T/h) maka semakin besar pula daya yang dihasilkan oleh generator.
- e. Kestabilan generator dapat dipengaruhi oleh beberapa hal adalah yaitu :
 - a). Sisi *Mechanical* (*sealing leaking, abnormal sound* dan rpm tidak sesuai).
 - b). Sisi *Electrical* (beban, arus eksitasi, faktor daya, jumlah putaran generator).

5.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian tersebut adalah :

1. Diharapkan dilakukan penambahan sensor alat ukur pada beberapa komponen unit agar dalam pengambilan data bisa lebih akurat dan lengkap. Seperti pada sensor *flow steam* pada HP turbin, sensor inlet dan *pressure* HP turbin.
2. Kebersihan area harus tetap terjaga agar tidak menjadi temuan 5R
3. Setiap kondisi yang *abnormal* harap segera konsultasi atau lapor *team maintenance*, agar mendapat solusi.
4. Diharapkan pada Asset Management agar melakukan pengambilan data vibrasi 6 bulan sekali pada *shaft* turbin., agar kita dapat mengetahui nilai vibrasi agar tidak terjadi *abnormal sound*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryza, S., Irwanto, M., Lubis, Z., Siahaan, A. P. U., Rahim, R., & Furqan, M. (2018). A Novelty Design Of Minimization Of Electrical Losses In A Vector Controlled Induction Machine Drive. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 300, No. 1, p. 012067). IOP Publishing.
- Dr. Cahyadi. 2015. *PLTU Batu Bara Superkritikal yang Efisiensi*. Jakarta : Balai Besar Teknologi Energi.
- Muthohar, Doni. 2012. *Sistem Maintenance dan Efisiensi Turbin*. Program Studi Teknik Mesin Politeknik LPP. Yogyakarta.
- Sitepu, Tekad. 2010. *Kajian Penggunaan Heat Recovery Steam Generator*. Sumatra : Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- Djokosetyardjo, Ir. MJ. 1990. *Ketel Uap*. Jakarta:Pradnya Paramita.
- Hamdani, H., Tharo, Z., & Anisah, S. (2019, May). Perbandingan Performansi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Antara Daerah Pegunungan Dengan Daerah Pesisir. In Seminar Nasional Teknik (Semnastek) Uisu (Vol. 2, No. 1, pp. 190-195).
- Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Putri, M., Wibowo, P., Aryza, S., & Utama Siahaan, A. P. Rusiadi.(2018). An implementation of a filter design passive lc in reduce a current harmonisa. International Journal of Civil Engineering and Technology, 9(7), 867-873.
- Rahmaniar, R. (2019). Model flash-nr Pada Analisis Sistem Tenaga Listrik (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Padang).
- Report PKL Daya Terbangkit pada Generator PT. Soci Mas, 2017.*
Politeknik Negeri Medan.
- Report PKL Turbin Uap PT. Soci Mas, 2017.* Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Report PKL Analisa Efisiensi Boiler PT. Soci Mas, 2017.* Politeknik

Negeri Medan.

Rujukan Artikel Web

PT. Karya Master Mandiri Indonesia-Turbin Uap. Diunduh 05 Juli 2020.
<http://kmmi.co.id/training-pesawat-tenaga-produksi/training-turbin-uap/amp/>

Rujukan Artikel Web

EB, Heriyadi. 2006. Faktor Daya. Diunduh 20 Februari 2021.
<http://eprints.uny.ac.id/62068/14/14.%20Bab%202.pdf>

Socimas, 1993. *Manual Book Power Plant*.

Socimas, 1993. *Manual Book Maintenance Mechanical and Electric Instrument*.

Socimas, 2019. *Tranning Kapasitor Bank Asset Management Manual Book*.

Socimas, 2020. *Report Overhaull Mecanical Fabrication Maintenance*.

Socimas, 2020. *Report Overhaull Electrical Instrument Maintenance*.

Socimas, 2020. *Daily Record book Power Plant*.