

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS TEKANAN STEAM TERHADAP PUTARAN DAN DAYA GENERATOR DARI TURBIN UAP**

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh  
Gelara Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

**SUHARDIANSYAH**  
**2007230071**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Suhardiansyah  
NPM : 2007230071  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisis Tekanan Steam Terhadap Putaran dan Daya Generator dari Turbin Uap  
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah diperiksa oleh Dosen Pembimbing dan dinyatakan dapat dilanjutkan untuk mengikuti seminar akhir pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 September  
2024

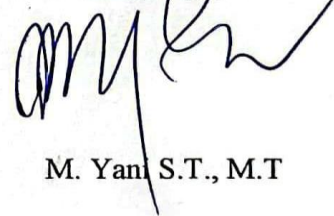
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Ahmad Marabdi Siregar S.T., M.T

Dosen penguji II



M. Yan S.T., M.T

Dosen Penguji III



Muharnif M, S.T., M.Sc.

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Chandra A Siregar, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama lengkap : Suhardiansyah  
Tempat/tanggal lahir : Pangkalan Brandan/14 Juni 2002  
Npm : 2007230071  
Fakultas : Teknik  
Program studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

**“analisa tekanan terhadap putaran dan daya generator dari turbin uap”**,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan materi dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/keserjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 September 2024

Saya Yang Menyatakan:



Suhardiansyah

## ABSTRAK

Turbin merupakan 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 Pada pabrik kelapa sawit PT Mulia Tani Jaya menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) untuk memenuhi kebutuhan listrik yang dibutuhkan pabrik khususnya dalam pengolahan kelapa sawit (TBS) menjadi minyak mentah (*Crude Palm Oil*) dan *Palm Kernel Oil* (PKO) dan kebutuhan listrik perumahan-perumahan yang ada diperkebunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa tekanan terhadap putaran dan daya dari turbin uap. Metode penelitian melibatkan survei dan wawancara dengan operator kamar mesin. Hasil analisis data menunjukkan adanya pengaruh tekanan dan kecepatan putar terhadap tegangan keluaran(daya) *generator* kecepatan stabil dalam kondisi adanya beban. Tegangan tersebut berubah hampir secara linier seiring dengan kenaikan kecepatan putarnya. Dengan daya terendah yaitu pada data ke 6 pada hari senin yaitu hanya 550 KW.

Kata kunci : Tekanan, Putaran, Daya, Turbin.

## **ABSTRACT**

*A turbine is a prime mover that converts potential energy into kinetic energy and this kinetic energy is further converted into mechanical energy in the form of rotation of the turbine shaft. The turbine shaft is directly or with the help of other elements, connected to the driven mechanism. Depending on the type of mechanism driven, steam turbines can be used in various industrial fields, such as for power plants at the PT Mulia Tani Jaya palm oil mill using a steam power generation system (PLTU) to meet the electricity needs needed by the factory, especially in processing palm oil (FFB) into crude oil (Crude Palm Oil) and Palm Kernel Oil (PKO) and the electricity needs of housing in the plantation. This study aims to analyze the pressure on the rotation and power of the steam turbine. The research method involved surveys and interviews with engine room operators. The results of the data analysis showed the effect of pressure and rotational speed on the output voltage (power) of a stable speed generator under load conditions. The voltage changes almost linearly as the rotational speed increases. With the lowest power is at the 6th data on monday which is only 550 KW.*

*Keywords: Pressure, Rotation, Power, Turbine.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul "Analisis Tekanan Steam Terhadap Putaran Dan Daya Genertor Dari Turbin Uap" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Yth. Bapak Chandra A. Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing dan Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Yth. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Yth. Bapak Dr. Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Yth. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Staf di PT. Adibrata Unggul Jaya yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
8. Kepada keluarga tercinta: Ayah, Ibu, yang telah banyak membantu dalam bentuk dukungan moral yang tak henti-hentinya demi kelancaran penyusunan skripsi ini.
9. Kepada teman sekosan sekaligus teman sepermagangan saya, Amriyadi, fadhil pratama terima kasih karena menjadi teman yang selalu ceria dan bahagia. *Happy vibe* Anda membuat hari-hari saya sangat terhibur.

10. Untuk sahabat-sahabat saya : kevin dan lainnya yang tidak mungkin disebutkan satu per satu. Terima kasih telah menyemangati dan menjadi teman setia yang selalu mendorong saya agar percaya bahwa saya bisa sukses. Berkat dukungan dan doa kalian, saya bisa menyelesaikan skripsi ini.
11. Kepada teman-teman seangkatan Fakultas Teknik jurusan Teknik Mesin, terima kasih telah menjadi teman selama 4 tahun di kampus.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dunia Industri Teknik Mesin serta dapat dijadikan pertimbangan pihak-pihak yang berkepentingan.

Medan, 10 September 2024

Suhardiansyah

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<i>ABSTRAK</i>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
11.1 Latar Belakang	1
11.2 Rumusan Masalah	2
11.3 Ruang lingkup Penelitian	3
11.4 Tujuan Peneitian	3
11.5 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Turbin Uap	4
2.1.1 Prinsip Kerja Mesin Uap	5
2.1.2 Komponen Komponen Turbin Uap	6
2.1.3 Identifikasi Kegagalan Turbin Uap	6
2.1.4 Alat Pengaman Turbin Uap	8
2.2 Boiler	13
2.3 Proses Pembentukan Uap	14
2.3.1 Saturated Steam	15
2.3.1 Superheated Steam	16
2.4 Termodinamika	16
2.4.1 Hukum Termodinamika Pertama	16
2.4.2 Hukum Termodinamika Kedua	19
2.5 Efisiensi Turbin	20
2.5.1 Fraksi Turbin	21
2.5.2 Kerja Turbin	21
2.6 Siklus Rankine	21
2.7 Laju Aliran Massa	24
2.8 Torsi	24
2.9 Daya Poros Efektif	24
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	
3.1 Tempat dan Waktu	25
3.1.1 Tempat Penelitian	25
3.1.2 Waktu Penelitian	25
3.2 Bahan dan Alat	25
3.2.1 Bahan	25
3.2.2 Alat	26



3.3	Bagan Alir	31
3.4	Prosedur Penelitian	32
3.5	Variable	32
3.5.1	Variable Bebas	32
3.5.2	Variable Terikat	32
3.6	Pengumpulan Data	32
3.7	Pengolahan Data	32
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Spesifikasi Turbin	33
4.2	Analisa Tekanan dan Putaran	35
4.3	Analisa Tekanan dan Daya	36
4.4	Analisa Delta P dan Daya	37
4.5	Efisiensi Turbin Berdasarkan Data Aktual	38
4.6	Penyelesaian Masalah	41
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		
<b>LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian	25
Tabel 3.2 Spesifikasi Pressure Gauge	26
Tabel 3.3 Spesifikasi Turbin Uap Dan Generator	27
Tabel 4.1 Data dalam seminggu	34
Tabel 4.5 Data hari sabtu	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Uap	5
Gambar 2.2 Skema Turbin Uap	5
Gambar 2.3 Erosi Pada Sudu	8
Gambar 2.4 Carbon Ring	8
Gambar 2.5 Lube Oil Cooler	9
Gambar 2.6 Strainer	9
Gambar 2.7 Steam Separator	10
Gambar 2.8 Steam Trap	10
Gambar 2.9 Governor	12
Gambar 2.10 Overspeed Trip	13
Gambar 2.11 Boiler	14
Gambar 2.12 Diagram Proses Pembentukan Uap	14
Gambar 2.13 Diagram Alir Siklus Rankine	22
Gambar 3.1 Pressure Gauge	26
Gambar 3.2 Tachometer	27
Gambar 3.3 Turbin Uap	28
Gambar 3.4 Generator	28
Gambar 3.5 Control Panel Turbin	28
Gambar 3.6 Ampere Meter	29
Gambar 3.7 Voltase	29
Gambar 3.8 Cos	29
Gambar 3.9 Boiler	29
Gambar 3.10 Panel Parameter Boiler	30
Gambar 3.11 Laju Aliran Massa	30
Gambar 3.12 Temperatur Steam	30
Gambar 3.13 Tekanan Steam	31
Gambar 3.14 Diagram Alir	31
Gambar 4.2 Grafik Tekanan dan Putaran	35
Gambar 4.3 Grafik Tekanan dan Daya	36
Gambar 4.4 Grafik Delta p dan Daya	37

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
WT	Kerja turbin uap	(kJ/kg)
$h_4$	Entalpi uap masuk turbin	(kJ/kg)
$h_5$	Entalpi uap keluar turbin	(kJ/kg)
$h$	Entalpi sistem	(joule)
$u$	Energi internal	(joule)
$p$	Tekanan dari sistem	(Pa)
$v$	Volume Sistem	(m <sup>3</sup> )
$T$	Momen torsi	(N.m)
NT	Daya turbin	(kW)
$n$	Putaran poros	(rpm)
Ne	Daya efektif turbin uap	(kW)
$T$	Momen torsi	(N.m)
Sn	Putaran poros	(rpm)
$\Delta p$	Penurunan Tekanan Uap	(Bar)

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan unsur yang sangat penting dalam usaha meningkatkan kuantitas hidup masyarakat. Seiring dengan meningkatnya taraf hidup atau kuantitas masyarakat kebutuhan terhadap energi sangat diperlukan sekarang ini konsumsi energi sangat berhubungan langsung dengan tingkat kuantitas kehidupan penduduk serta derajat industrialisasi suatu negara. Salah satu energi yang paling banyak digunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari adalah energi listrik sebab sumber energi ini sangat efektif atau efisien untuk dikonversikan menjadi bentuk energi lain seperti pembangkit tenaga listrik yaitu turbin uap penggerak *generator*. Energi listrik merupakan unsur yang sangat penting bagi masyarakat karena energi listrik menyangkut hampir semua aspek kehidupan yang selaludibutuhkan setiap harinya.

Di dalam pabrik, energi listrik dimanfaatkan untuk mengoperasikan peralatan-peralatan mesin yang ada di pabrik. Salah satu mesin konversi energi yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik adalah turbin uap. Turbin uap tersebut digerakkan oleh suatu tenaga mula yang menggunakan tenaga uap di manauap dari *boiler* dimanfaatkan untuk memutar sudu-sudu turbin yang dihubungkan dengan poros untuk memutar *generator*.

Pada pabrik kelapa sawit PT Mulia Tani Jaya, digunakan sistem pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) untuk memenuhi kebutuhan listrik yang dibutuhkan pabrik khususnya dalam pengolahan kelapa sawit (TBS) menjadi minyak mentah (*Crude Palm Oil*) dan *Palm Kernel Oil* (PKO), serta kebutuhan listrik perumahan-perumahan yang ada di perkebunan. Turbin uap pada pabrik kelapa sawit merupakan sumber utama pembangkit tenaga listrik. Turbin tersebut dapat bekerja karena adanya uap yang diperoleh dari *boiler*. Bahan bakar *boiler* yang digunakan untuk menghasilkan uap seperti serabut (*fiber*) dan cangkang (*shell*) sangat mudah diperoleh karena merupakan limbah dari pengolahan sawit sehingga instalasi ini sangat mudah dan hemat biaya operasionalnya (Sinaga et al., 2022).

Agar boiler dapat menghasilkan uap, dibutuhkan air sebagai material untuk menghasilkan uap, dan kebutuhan air umpan *boiler* akan berbanding lurus dengan uap yang dihasilkan oleh *boiler* (Rahardja et al., 2021). Salah satu cara untuk menaikkan efisiensi *boiler* adalah dengan memaksimalkan sistem kerja *boiler* pada tekanan dan temperatur uap.

Tekanan merupakan suatu ukuran yang terdiri dari besarnya gaya yang bekerja pada suatu benda untuk setiap satu satuan luas permukaan bidang tekan. Tekanan dapat dinotasikan sebagai simbol (*pressure*) dan memiliki satuan SI  $\text{Nm}^2$  satuan tekanan yang lain adalah pascal (Pa) dan bar. Tekanan uap adalah tekanan suatu uap pada kesetimbangan dengan fase bukan uapnya. Semua zat padat dan cair memiliki kecenderungan untuk menguap menjadi suatu bentuk gas dan semua gas memiliki kecenderungan untuk mengembun kembali. Pada suatu suhu tertentu, terdapat tekanan parsial yang merupakan titik kesetimbangan dinamis zat tersebut dengan bentuk cair atau padatnya. Titik ini adalah tekanan uap zat tersebut pada suhu tertentu (Zamrodah, 2016).

Energi mekanik berupa putaran dihasilkan dengan memanfaatkan fluida penggerakannya. Fluida penggerak inilah yang menghasilkan torsi sehingga turbin dapat berputar perubahan tekanan uap yang memasuki sudu turbin melalui nosel mempengaruhi putaran pada poros turbin. Semakin rendah tekanan uap yang memasuki turbin semakin rendah pula putaran pada poros turbin. Sebaliknya semakin besar tekanan uap yang memasuki turbin semakin tinggi putaran pada poros turbin (Septianto et al., 2017). Daya teoritis turbin adalah daya yang dihasilkan oleh sebuah turbin tanpa menghitung efisiensi dari turbin tersebut tetapi hanya berdasarkan *head* (H) dan kapasitas air (Q) yang ada.

Dari pemaparan di atas, jelas bahwa sistem pembangkit tenaga uap dengan tekanan yang besar dapat mempengaruhi putaran dan daya pada turbin oleh karena itu, peneliti terinspirasi untuk melaksanakan penelitian dengan judul “ANALISIS TEKINAN TERHADAP PUTARAN DAN DAYA GENERATOR DARI TURBIN UAP.”

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengidentifikasi tekanan terhadap putaran dan daya *generator* dari turbin uap ?

2. Bagaimana menganalisis tekanan terhadap putaran dan daya *generator* dari turbin uap?
3. Bagaimana menemukan solusi masalah agar tekanan terhadap putaran dan daya *generator* pada turbin uap?

### 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

1. Adapun ruang lingkup penelitian tugas akhir sarjana ini meliputi beberapa hal yaitu diantaranya tekanan *steam inlet*, tekanan *steam exhaust* , putaran dan daya *generator*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengidentifikasi tekanan terhadap putaran dan daya *generator* dari turbin uap ?
2. Untuk menganalisis tekanan terhadap putaran dan daya *generator* dari turbin uap ?
3. Untuk menemukan solusi masalah agar tekanan terhadap putaran dan daya generator dari turbin uap ?

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui efisiensi turbin uap.
2. Dapat mengetahui dampak dari tekanan terhadap putaran dan daya *generator* dari turbin uap .
3. Dapat menjadi sumber referensi pembelajaran di bidang pembangkit listrik (turbin uap) dalam menambah bahan ajar bagi pembaca.
4. Dapat memberikan masukan kepada perusahaan untuk dapat memperbaiki sistem pembangkit tenaga dan *meningkatkan preventive maintenance* di perusahaan tersebut.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

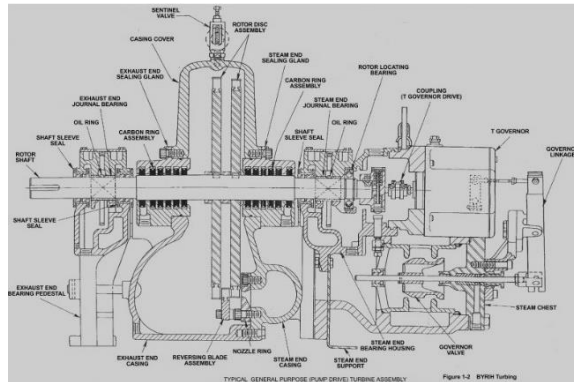
### 2.1 Turbin Uap

Turbin merupakan penggerak mula yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik yang kemudian diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Poros turbin dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan baik langsung maupun melalui elemen lain. Tergantung jenis mekanisme turbin uap dapat digunakan dalam berbagai industri seperti pembangkit listrik. Bagian berputar disebut rotor atau roda turbin sementara bagian yang tidak berputar disebut stator atau rumah turbin. Kombinasi antara rotor dan stator ini memungkinkan turbin beroperasi dengan efisiensi tinggi.

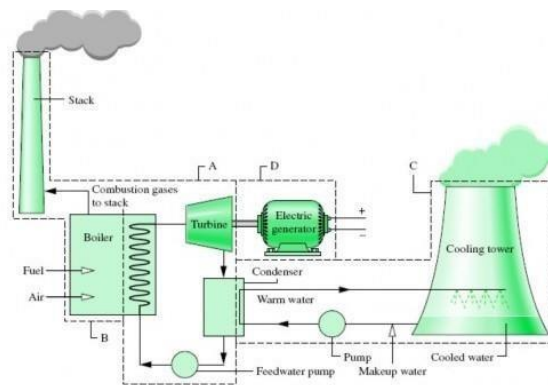
Turbin uap menggunakan uap sebagai fluida kerja dan berfungsi untuk memutar *generator*. Turbin ini terdiri dari turbin tekanan tinggi (*high-pressure*), tekanan menengah (*medium-pressure*) dan tekanan rendah (*low-pressure*). Turbin dan *generator* dilengkapi dengan peralatan pendukung seperti sistem pelumas (*lubricating oil system*) dan sistem pendingin *generator* (*generator cooling system*). Komponen utama dalam sistem ini adalah ketel kondensor pompa air ketel dan turbin. Uap sebagai fluida kerja dihasilkan oleh ketel uap yang mengubah air menjadi uap. Ada beberapa keuntungan dari turbin uap jika dibandingkan dengan mesin uap, yaitu sebagai berikut:

1. Peralatan pada turbin tidak banyak macam ragamnya/lebih sederhana.
2. Gerak yang dihasilkan lebih tenang, karena banyak gerak putar saja.
3. Gerakan putarnya secara langsung tanpa perantara.
4. Torsi yang dihasilkan pada porsi lebih besar.
5. Tidak ada kerugian gesek pada rotasinya.
6. Dibandingkan dengan mesin uap yang horizontal, maka turbin uap tidak memerlukan pondasi yang begitu besar.
7. Dari ukuran turbin uap sama dengan mesin uap, maka turbin uap memperoleh daya yang besar.
8. Akibat banyak timbul gerak putar saja, maka getaran yang ditimbulkan lebih kecil dari pada mesin uap. (Zamrodah, 2016).





Gambar 2.1 Turbin Uap (William E. Forsthoffer, 2022)



Gambar 2.2 Skema Turbin Uap

### 2.1.1 Prinsip Kerja Mesin Uap

Secara singkat prinsip kerja turbin uap adalah sebagai berikut (Zamrodah, 2016):

1. Uap masuk ke dalam turbin melalui *nozzle*. Di dalam *nozzle* energi panas dari uap diubah menjadi energi kinetik, dan uap mengalami ekspansi. Tekanan uap saat keluar dari *nozzle* lebih kecil dibandingkan saat masuk, tetapi kecepatan uap keluar dari *nozzle* lebih besar. Uap yang memancar keluar diarahkan ke sudu-sudu turbin berbentuk lengkung yang dipasang di sekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin dibelokkan mengikuti lengkung sudu. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya dorong yang memutar roda dan poros turbin.
2. Jika uap masih memiliki kecepatan saat meninggalkan sudu turbin, berarti hanya sebagian energi kinetis uap yang diambil oleh sudu-sudu turbin. Untuk memanfaatkan energi kinetis yang tersisa, turbin dilengkapi dengan lebih dari satu baris sudu gerak. Sebelum memasuki

baris kedua sudu gerak dipasang satu baris sudu tetap (*guide blade*) yang berfungsi untuk mengubah arah kecepatan uap sehingga uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat.

3. Kecepatan uap saat meninggalkan sudu gerak terakhir harus dibuat sekecil mungkin agar energi kinetik yang tersedia dapat dimanfaatkan maksimal. Dengan demikian efisiensi turbin meningkat karena kehilangan energi relatif kecil.

### 2.1.2 Komponen-Komponen Turbin Uap

Adapun beberapa komponen utama dari turbin uap adalah sebagai berikut (Zamrodah, 2016):

1. *Stationary Blade* (Sudu Tetap) adalah sudu-sudu yang berfungsi untuk mengarahkan uap yang masuk.
2. *Moving Blade* (Sudu Gerak) adalah sudu-sudu yang berfungsi untuk menerima dan merubah energi kinetik uap menjadi energi mekanik.
3. *Stator* adalah kedudukan dari sudu-sudu tetap.
4. *Rotor* adalah kedudukan sudu gerak apabila sudu-sudu gerak bergerak maka rotor juga ikut bergerak. Rotor terhubung dengan poros turbin.
5. *Shaft* (Poros) berfungsi untuk memindahkan putaran turbin ke beban. Poros terhubung dengan rotor jika rotor berputar maka poros ikut berputar.
6. *Bearing* (Bantalan), adalah sebagai kedudukan poros agar poros bisa berputar dan tetap pada posisinya.
7. *Casing*, adalah sebagai penutup bagian-bagian utama turbin.
8. *Control Valve*, adalah merupakan katup yang berfungsi untuk mengatur steam yang masuk ke dalam turbin sesuai dengan jumlah steam yang diperlukan.
9. *valve* adalah katup yang berfungsi untuk menyalurkan/menghentikan aliran steam yang menuju turbin.

### 2.1.3 Identifikasi Kegagalan Turbin Uap

(Muin, 1993) menegaskan, “Bahaya bukan hanya korosi saja yang menyebabkan sudu erosi atau aus, tetapi menurunnya energi mekanik yang mengakibatkan menurunnya efisiensi turbin serta naiknya kerugian energi.”

(Sibarani, A. I., 2019) menegaskan, Turbin uap sangatlah sensitif terhadap kualitas steam yang digunakan; namun, ini tergantung pada jenis dan tipe turbin yang digunakan. Pada intinya, suplai *steam* (uap), baik tekanan maupun temperatur, haruslah terpenuhi, dan jangan sampai terjadi *carry over* karena hal ini sangat berbahaya. Adapun beberapa kerusakan akibat kualitas steam yang buruk antara lain:

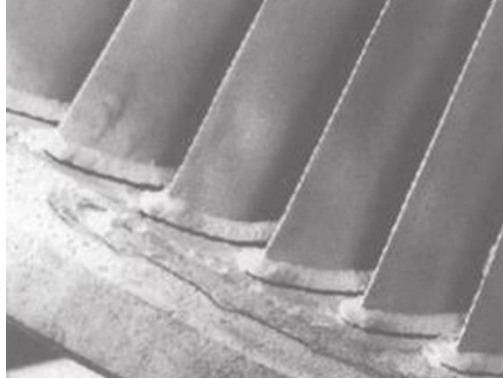
1. Getaran pada turbin uap

Ada berbagai jenis getaran *rotor*, dan produsen serta pengguna turbin telah berupaya untuk mengatasi masalah getaran ini karena secara langsung membatasi operasi turbin. Dua jenis getaran rotor yang sangat khas memiliki ketergantungan kuat pada beban turbin. Yang pertama disebut “pusaran uap” dan disebabkan oleh ketidakseragaman distribusi tekanan dinamis dalam arah melingkar di ujung dan/atau poros daerah labirin; jika dipaksakan, getaran ini bisa fatal (Tanuma, Tadashi, 2017). Umumnya, getaran terjadi pada area *bearing*. (Lubis et al., 2021) menjelaskan bahwa *bearing* merupakan salah satu elemen mesin yang memegang peranan penting karena fungsinya adalah untuk menumpu *shaft* agar *shaft* dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik sesuai fungsinya.

2. Erosi pada Sudu

Sudu merupakan bagian dari turbin di mana konversi energi terjadi; sudu terdiri dari bagian akar sudu, badan sudu, dan ujung sudu, yang kemudian dirangkai membentuk satu lingkaran penuh (Umurani et al., 2020). Masalah uap basah telah menjadi isu penting dalam industri turbin uap. Suhu tinggi dan peningkatan getaran merupakan indikator yang menyebabkan kerusakan sudu turbin (Halimi, 2023). Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi dan erosi air pada sudu (Li et al., 2014). Efek mekanis akibat adanya uap basah di turbin, terutama erosi bilah yang bergerak, menjadi masalah utama (Sector, 2005). Erosi diartikan sebagai pengrusakan oleh gesekan dan sentuhan uap pada sudu; efek ini lebih terasa pada bagian turbin ketika uap mengalami perubahan dari keadaan jenuh menjadi basah. Kerusakan pada sudu turbin terutama disebabkan oleh *carry over*; sudu turbin yang

seharusnya didorong oleh steam kering bercampur dengan air, mengakibatkan kerusakan pada sudu-sudu, mulai dari bintik-bintik lubang kecil hingga keausan yang tinggi (Sibarani, A. I., 2019).



Gambar 2.3 Erosi Pada Sudu (Sector, 2005)

### 3. Keausan pada carbon Ring

(Thamrin, 1986) menegaskan bahwa bahan packing berbentuk cincin-cincin terbuat dari campuran zat arang dan grafit. Bahan karbon memiliki sifat negatif dibandingkan dengan bahan-bahan lain; dalam keadaan panas, bahan ini malah menyusut dan semakin rapat pada poros, sehingga timbul gesekan. Meskipun bahan karbon tahan terhadap suhu tinggi, bahan ini cukup lunak terhadap porosnya, sehingga mengalami keausan. Oleh karena itu, bahan ini memerlukan banyak pemeliharaan.



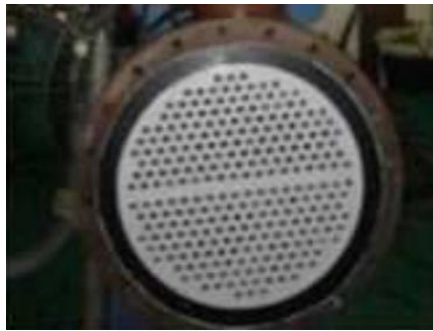
Gambar 2.4 Carbon Ring (Thamrin, 1986)

#### 2.1.4 Alat Pengaman Turbin Uap

##### 1. *Lube Oil Cooler*

Turbin uap berfungsi mengubah energi panas dari uap menjadi gerak putar pada poros, yang dikopel dengan *generator* untuk menghasilkan listrik. Gesekan antara poros turbin dan bantalan menimbulkan panas yang

berlebihan dan dapat merusak material, sehingga memerlukan sistem pelumasan. *Lube oil cooler*, sebagai peralatan tambahan dalam sistem pelumasan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), mendinginkan temperatur *lube oil* yang membawa energi panas dari gesekan. Temperatur *lube oil* harus di bawah 131 °F (55 °C) untuk mencegah alarm dan otomatisasi *shutdown*; kondisi normalnya berkisar antara 116,6 °F – 131 °F (49-57 °C). Jika temperatur melebihi batas, hal ini bisa disebabkan oleh *fouling* atau desain *lube oil cooler* yang kurang optimal (Caron & Markusen, 2016). Pendinginan terjadi melalui aliran minyak pelumas di sisi *shell* dan air pendingin di sisi *tube*, tanpa bersinggungan langsung, sehingga proses penyerapan panas terjadi secara konveksi (Saputra et al., 2021).



Gambar 2.5 *Lube Oil Cooler* (Saputra Et Al., 2021)

## 2. *Strainer Steam*

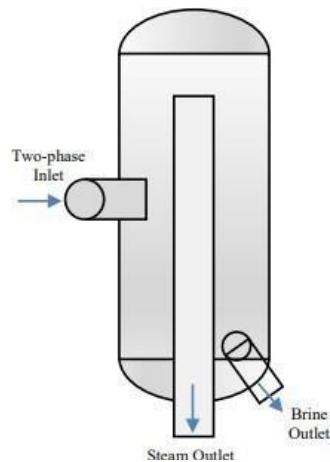
Setiap ESV dikelilingi oleh strainer berbentuk silinder; saringan ini memiliki banyak lubang dengan diameter 2-5 mm. Ini mencegah partikel padat atau benda asing agar tidak masuk bersama uap ke dalam turbin. Partikel-partikel ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada turbin jika memasuki turbin. Sangat penting untuk melakukan steam blow menyeluruh dari semua pipa sebelum *commissioning* pabrik (Mustangin, 2018).



Gambar 2.6 *Strainer* (Panuška Et Al., 2018)

### 3. *Steam Separator*

*Separator* adalah peralatan utama untuk memisahkan air uap di lapangan panas bumi basah. Dalam panas bumi uap kering pemisah bidang tidak diperlukan, meskipun kelembaban *removal system* (MRS) diperlukan di dekat pembangkit listrik untuk memastikan kekeringan dan kebersihan uap masuk turbin (Rizaldy et al., 2016).



Gambar 2.7 *Steam Separator* (Rizaldy Et Al., 2016)

### 4. *Steam trap*

Walaupun kantong kotoran dapat menangkap sebagian dari kotoran, namun akibat pengaruh kecepatan aliran uap dan kondensat, maka sebagian dari kotoran yang berada di bagian atas kantong kotoran tak dapat dielakan akan terbawa ke trap uap. Oleh sebab itu maka kantong perlu sering-sering dibersihkan. Untuk mengatasi problema tersebut di atas, maka sebelum steam trap, di pasang alat penyaring (*Strainer*) (Muin, 1993).



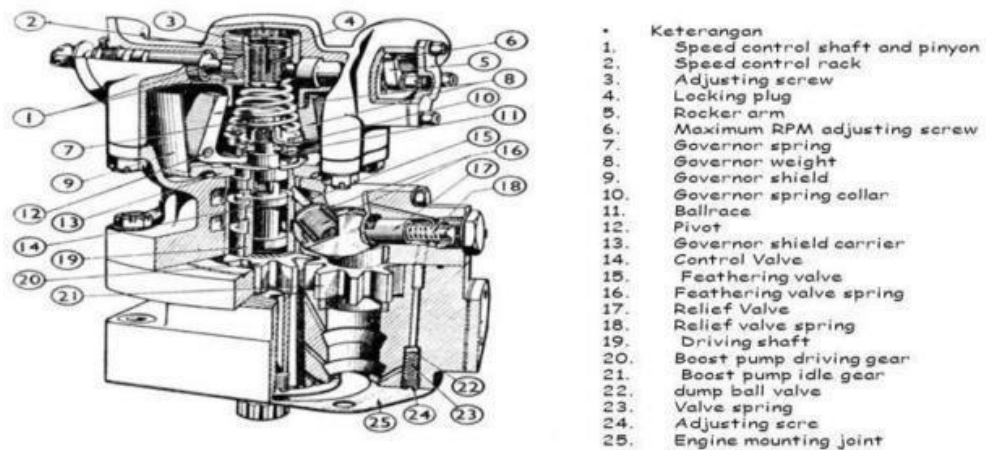
Gambar 2.8 *Steam Trap* (Muin, 1993)

## 5. *Governor*

Empat fungsi utama sistem *governor* adalah sebagai berikut:

- a. Membatasi kenaikan kecepatan ke batas yang dapat diterima pada variasi beban (saat unit terputus secara tiba – tiba dari beban).
- b. Mengontrol daya yang dihasilkan dengan mengontrol posisi pengaturan uap katup *governing* (atau katup bahan bakar dalam turbin uap).
- c. Mengontrol kecepatan *turbo generator* selama awal berjalan dan sinkronisasi.
- d. Mencocokkan daya yang dihasilkan dengan daya yang dibutuhkan oleh beban menanggapi perubahan frekuensi hanya ketika *generator* beroperasi di *islanding mode* (mis., sendiri), terpisah dari jaringan.

Fungsi pertama sangat penting untuk keselamatan dan ketersediaan pabrik. Jika pemutus hubungan *generator* ke jaringan terbuka selama operasi normal, kecepatan poros akan meningkat secara signifikan karena penghapusan *countertorque* yang dihasilkan oleh *generator*; aliran uap harus dikurangi secara instan untuk membatasi kenaikan kecepatan. Sebagian besar mesin memiliki *separate overspeed trip* untuk memastikan keselamatan instalasi dan personel setelah kegagalan sistem *governor*. Sistem ini terdiri dari baut *overspeed* yang menonjol keluar dari poros dan menggerakkan tuas ketika kecepatan melebihi titik yang ditentukan; ini menghasilkan penurunan tekanan hidrolik oli dari sistem *governor*, yang mengarah ke penutupan katup pengatur. Saat *load rejection* (pembukaan pemutus hubungan *generator* ke jaringan), sensor akselerasi mengatur katup uap dengan percepatan tinggi, berfungsi mengatur cara kerja katup turbin agar putaran turbin dapat stabil (Sibarani, A. I., 2019).



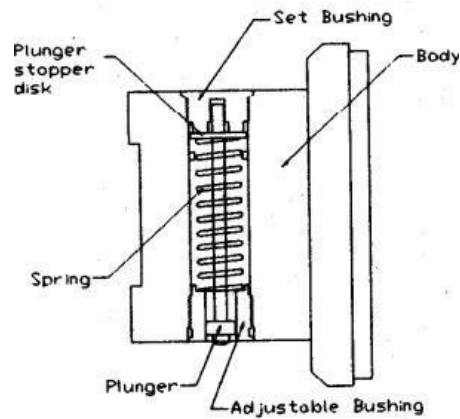
Gambar 2.9 Governor (Sibarani. A. I., 2019)

#### 6. *Overspeed Trip*

*Overspeed trip* diaktifkan ketika sistem *governor* gagal membatasi kenaikan kecepatan poros turbin, berfungsi sebagai garis pertahanan terakhir untuk mencegah kegagalan besar. Turbin *overspeed* dapat terjadi setelah *load rejection* atau ketika unit beroperasi dalam kondisi *islanding*. Jika sistem *governor* gagal, aliran uap yang lebih tinggi dapat menyebabkan *overspeed*. Ketika kecepatan mendekati 100 persen, gaya sentrifugal pada bagian yang berputar menjadi sangat tinggi, sehingga sudu bisa pecah dan menembus *casing*. Pabrikan biasanya melakukan tes pada kecepatan lebih dari 120 persen dari kecepatan nominal, jauh lebih rendah dari batas desain pecah sudu yang bisa terjadi pada 180 hingga 200 persen kecepatan. *Trip overspeed* biasanya diatur dalam kisaran kecepatan 110 hingga 112,5 persen (Mustangin, 2018).

*Overspeed trip* dipasang pada ujung *rotor*; saat kecepatan *rotor* meningkat, gaya sentrifugal menarik pendorong keluar melawan pegas. Ketika gaya sentrifugal melebihi gaya pegas, pendorong menonjol dan memukul tuas *stasioner*. Tuas ini adalah bagian integral dari perangkat perjalanan mekanis darurat; saat digerakkan, oli hidrolik dibuang ke saluran pembuangan, mengakibatkan penutupan katup rak dan *trip* (Rutan et al., 1973).





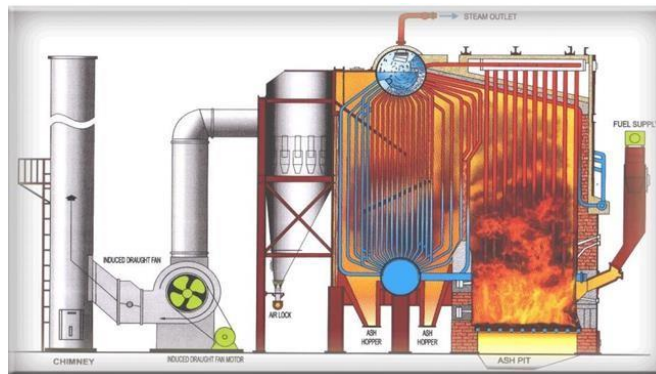
Gambar 2.10 Overspeed Trip (Rutan Et Al., 1973)

## 2.2 Boiler

Para insinyur Yunani dan Romawi memiliki pengetahuan tentang uap dan air panas, tetapi tidak mengaplikasikannya. Hero dari Iskandariah mengembangkan prinsip turbin reaksi dan mesin jet dalam bentuk sederhana sebagai permainan. Pada tahun 1606, Giovanni Battista Porta merancang laboratorium percobaan tentang tenaga uap dan kondensasi. Galileo pada 1641 menyatakan bahwa air hanya bisa dipompa dari kedalaman 28 kaki; setelah kematiannya, Evangelista Torricelli menemukan pada 1643 bahwa tekanan atmosfer dapat menahan kolom air setinggi 32 kaki di atas vakum.

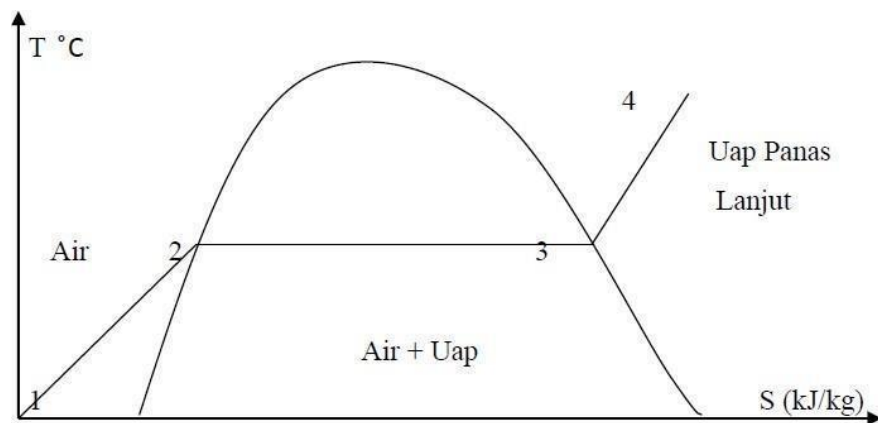
Pada 1698, Thomas Savery memperoleh paten untuk mesin pompa dengan sistem vakum menggunakan ketel uap dan kondensor. Pada 1712, Thomas Newcomen dan John Calley menciptakan mesin uap pertama yang mengangkat *piston*. James Watt merevisi mesin Newcomen pada 1764, merancang mesin uap dengan silinder dan *piston*, dan memperoleh paten lima tahun kemudian. Sejak saat itu, ketel uap (*boiler*) terus berevolusi.

*Boiler* adalah bejana tertutup yang mengalirkan panas ke air untuk menghasilkan uap atau air panas. Komponen pentingnya termasuk *burner*, ruang bakar, penukar panas, dan sistem kontrol. Pembakaran yang sempurna dihasilkan dari campuran bahan bakar dan udara yang tepat; panas yang dihasilkan dipindahkan ke air melalui penukar panas. Air panas atau uap pada tekanan tertentu digunakan dalam berbagai proses industri (Aswan et al., 2017). Pengoperasian *boiler* harus sesuai dengan standar operasi untuk menjamin keamanan, kehandalan, dan efisiensi, serta menekan biaya operasional (Sugiharto, 2016).



Gambar 2.11 *Boiler* (Mustangin, 2018)

### 2.3 Proses Pembentukan Uap



Gambar 2.12 Diagram Proses Pembentukan Uap (Prasojo. F. F., 2022)

Pembentukan uap bergantung pada tekanan dan temperatur, dan diupayakan agar berada pada tekanan konstan. Bila 1 kg air pada temperatur  $200^{\circ}\text{C}$  dipanaskan dalam bejana tertutup dengan tekanan konstan 1 atm, uap mulai terbentuk saat titik didih tercapai; uap ini disebut uap basah karena masih bercampur dengan butiran air. Jika dipanaskan lebih lanjut, uap basah berubah menjadi uap jenuh, di mana uap sudah dalam wujud gas sepenuhnya. Jumlah panas yang dibutuhkan untuk mengubah 1 kg air mendidih menjadi uap jenuh pada tekanan konstan disebut panas laten. Jika pemanasan dilanjutkan, temperatur uap jenuh meningkat menjadi uap panas lanjut (*superheated vapor*).

Proses pembentukan uap di *boiler* dimulai dengan pembakaran udara dan bahan bakar di dapur, diikuti oleh aliran gas hasil pembakaran melalui evaporator, *superheater*, *air heater*, dan akhirnya dibuang ke atmosfer melalui cerobong asap (*chimney*). Air pengisi ketel diproses di stasiun *water treatment*, dimasukkan ke

*daerator* untuk dipanaskan, lalu ke *evaporator*, dan selanjutnya dipanaskan pada *superheater* untuk menghasilkan uap panas lanjut. Molekul-molekul air pada permukaan logam bergerak bebas dengan kecepatan tertentu dan tetap dalam lingkungan air karena adanya gaya tarik-menarik antara molekul air (Murni, Buku ajar ketel uap, 2019).

Proses terbentuknya uap melibatkan perubahan energi panas dari pembakaran bahan bakar menjadi energi panas dalam bentuk uap, yang menaikkan entalpi air hingga membentuk uap dengan energi panas dan tekanan. Titik didih zat cair bergantung pada tekanan, dan ketel uap digunakan untuk menghasilkan uap lebih besar, dengan air sebagai fluida kerja (El-Wakil, 2015).

(Prasojo. F. F., 2022) menegaskan bahwa kelebihan penggunaan air sebagai fluida kerja adalah:

1. Mudah diperoleh dengan biaya yang murah.
2. Air dapat bersifat netral ( $\text{pH} = 7$ ), sehingga sifat korosif yang merusak logam dapat diatasi.
3. Air tidak dapat terbakar.
4. Mampu menerima kalor dalam jumlah besar.
5. Dapat bekerja pada tekanan yang tinggi.

### 2.3.1 Saturated Steam

*Saturated steam* (uap saturasi) adalah kondisi di mana uap air berada pada *ekuilibrium* tekanan dan temperatur yang sama dengan air fase cair. Uap saturasi adalah fase transisi antara air fase cair dan air fase gas murni, atau uap panas lanjut (*superheated steam*). Pada fase transisi ini, terjadi pencampuran antara air fase cair (*saturated water*) dan air fase gas (*saturated steam*) sesuai dengan jumlah panas laten yang diserap fluida.

*Saturated steam* mulai terbentuk saat air mencapai titik didihnya (*saturated water*), hingga semua energi dari panas laten diserap oleh air. Ketika seluruh panas laten telah diserap dan fase uap hampir mencapai 100% dibandingkan dengan fase cair, itulah batas akhir fase uap saturasi. Proses ini terjadi pada tekanan dan temperatur konstan. Jika energi panas terus diberikan, temperatur fluida akan meningkat dan uap saturasi akan berubah menjadi uap panas lanjut (*superheated steam*) (Polsri, 2019).

### 2.3.2 *Superheated Steam*

*Superheater* adalah alat untuk memanaskan uap jenuh menjadi uap panas lanjut. Uap panas lanjut yang digunakan dalam turbin uap tidak akan mengembun segera, mengurangi risiko bahaya seperti pukulan balik (*back stroke*) akibat pengembunan uap yang tidak tepat waktu, yang dapat menyebabkan vakum pada daerah ekspansi yang tidak diinginkan. *Superheater* konveksi dibagi menjadi dua jenis berdasarkan aliran gas asap dan uap, antara lain:

1. Arus Searah: Uap jenuh masuk dan keluar dari superheater di lokasi yang sama dengan gas asap.
2. Arus Berlawanan: Gas asap masuk ke superheater di lokasi yang sama dengan uap panas lanjut keluar, sedangkan uap jenuh masuk dari lokasi gas asap keluar. Perbedaan temperatur antara gas masuk dan uap keluar menyebabkan perbedaan suhu pipa, yang dapat menimbulkan tegangan dan cepat merusak pipa superheater, menjadikannya kurang awet (Murni, Buku ajar ketel uap, 2019).

## 2.4 Termodinamika

Termodinamika adalah ilmu tentang energi, yang secara spesifik membahas tentang hubungan antara energi panas dengan kerja. Seperti telah diketahui bahwa energi di dalam alam dapat terwujud dalam berbagai bentuk, selain energi panas dan kerja, yaitu energi kimia, energi listrik, energi nuklir, energi gelombang elektromagnetik, energi akibat gaya magnetik, dan lain-lain .

Energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk lain, baik secara alami maupun hasil rekayasa teknologi. Selain itu energi di alam semesta bersifat kekal, tidak dapat dibangkitkan atau dihilangkan, yang terjadi adalah perubahan energi dari satu bentuk menjadi bentuk lain tanpa ada pengurangan atau penambahan. Prinsip ini disebut sebagai prinsip konservasi atau kekekalan energi. Dalam ilmu termodinamika, berbagai penemuan ini dinyatakan dalam suatu bentuk hukum termodinamika yang pertama, kedua dan ketiga (Raihan, 2022).

### 2.4.1 Hukum termodinamika pertama

Termodinamika berasal dari Bahasa Yunani, yaitu *thermos* yang berarti panas, dan *dynamic* yang berarti perubahan. Sehingga termodinamika merupakan ilmu

yang mempelajari hukum-hukum yang mengatur perubahan energi dari suatu bentuk ke bentuk lain, aliran, dan kemampuan energi melakukan usaha. Termodinamika membahas tentang sistem kesetimbangan (*equilibrium*), yang dapat digunakan untuk mengetahui besarnya energi yang diperlukan untuk mengubah suatu sistem dari keadaan kesetimbangan. Namun demikian, termodinamika tidak dapat digunakan untuk menentukan kecepatan perubahan yang terjadi selama proses saat sistem tidak berada dalam kesetimbangan. Sistem tersebut dapat berubah sebagai akibat dari keadaan lingkungan di sekitarnya. Materi sistem dalam termodinamika dapat menerima energi panas atau energi dalam bentuk yang berbeda-beda.

Dalam termodinamika dikenal sistem termodinamik, yaitu sistem dalam keadaan sembarang (ada perbedaan suhu, ada perbedaan tekanan, ada reaksi kimia) antar bagian-bagian sistem. Bila tidak terjadi perbedaan suhu disebut sistem dalam keadaan kesetimbangan termal. Bila tidak terjadi perbedaan tekanan disebut sistem dalam kesetimbangan mekanik. Bila tidak terjadi reaksi kimia, maka sistem dalam kesetimbangan kimia. Dengan demikian, bila ketiga kesetimbangan telah tercapai dikatakan bahwa sistem dalam kesetimbangan termodinamika.

Menurut hukum Termodinamika I adalah “Energi tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, melainkan hanya dapat diubah bentuknya saja”. Jika selama gas mengalami suatu proses maka ada beberapa peristiwa yang dapat terjadi, seperti (Evalina et al., 2019):

1. Energi dalam yang dimiliki gas berubah.
2. Muncul kerja yang dilakukan oleh gas atau yang dilakukan oleh lingkungan.
3. Ada pertukaran kalor antara gas dan lingkungan. Peristiwa yang terjadi dalam hukum termodinamika pertama menjelaskan bahwa terjadi interaksi antara sistem dan lingkungan.

Hukum pertama tidak menunjukkan apakah suatu perubahan energi dari suatu bentuk ke bentuk yang lain akan berjalan secara sempurna atau tidak, atau apakah beberapa bentuk dari suatu energi dapat dikonversikan secara penuh ke bentuk yang lain. Masalah keterbatasan tersebut akan berlaku dan diserahkan kepada hukum termodinamika kedua (El-Wakil, 2015).

Menurut (El-Wakil, 2015) menjelaskan didalam sistem termodinamika dikenal 4 proses perubahan wujud atau pengukuran energi, yaitu :

1. Proses pada tekanan konstan (isobarik)  
Pada proses tekanan konstan, tekanan awal proses sama dengan tekanan akhir proses atau  $p_1 = p_2$ .
2. Proses pada volume konstan (isokhorik)  
Pada proses isokhorik, volume awal akan sama dengan volume akhir gas atau  $V_1 = V_2$ .
3. Proses pada temperatur konstan (isotermal)  
proses isotermal, temperatur awal proses akan sama dengan temperatur akhir proses atau  $T_1 = T_2$ .
4. Proses adiabatik reversibel (isentropi)  
Proses adiabatik reversibel adalah proses termodinamika dimana tidak ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem (adiabatik) dan proses ini mampu balik (reversibel) artinya tidak ada hambatan atau gesekan.

a. Entalpi

Entalpi adalah istilah dalam termodinamika yang menyatakan jumlah energi internal dari suatu sistem termodinamika ditambah energi yang digunakan untuk melakukan kerja. Dari tinjauan, entalpi tidak bisa diukur namun yang bisa dihitung adalah nilai perubahannya. Secara matematis, perubahan entalpi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$h = u + pv$$

Keterangan :

$h$  = Entalpi sistem (joule)

$u$  = Energi internal (joule)

$p$  = Tekanan dari sistem (Pa)  $v$  = Volume Sistem ( $m^3$ )

Karena energi dalam  $u$  dan perkalian  $pv$  kedua-duanya memiliki satuan energi,  $H$  juga memiliki satuan energi. Lebih dari itu, karena  $u$ ,  $p$  dan  $v$  merupakan sifat-sifat sistem, maka  $h$  juga sebuah sifat system (El-Wakil, 2015).

b. Mencari Nilai Entalpi Steam Masuk ( $h_1$ )

Mencari nilai entalpi dengan cara interpolasi dengan menggunakan table uap (Smith et al., 2022). Untuk menemukan nilai h dapat dilakukan dengan interpolasi seperti :

$$E = D + \frac{(F - D) \times (B - A)}{(C - A)}$$

Dimana :

T	h
A=T1°C	D=h1 kJ/kg
B=T	E=hx ?
C=T2°C	F=h2 kJ/kg

c. Mencari nilai entalpi keluar (h2)

Untuk menentukan nilai entalpi keluar pada turbin uap digunakan persamaan sebagai berikut :

$$h2 = h2f + (X \times h2 fg)$$

d. Perubahan entalpi ( Δh )

Perubahan entalpi ( Δh) merupakan selisih antara entalpi masuk dengan entalpi keluar (Prasojo. F. F., 2022)

#### 2.4.2 Hukum termodinamika kedua

Hukum kedua termodinamika dinyatakan dengan entropi. Pada hukum pertama, energi dalam digunakan untuk mengenali perubahan yang diperbolehkan sedangkan pada hukum kedua entropi digunakan mengenali perubahan spontan di antara perubahan-perubahan yang diperbolehkan ini. Hukum kedua berbunyi entropi suatu sistem bertambah selama ada perubahan spontan (Evalina et al., 2019). Konsep Hukum II Termodinamika bermula dari pendapat Kelvin-Planck, yang menyatakan tidak mungkin membuat mesin yang menyerap kalor dari reservoir panas dan mengubah seluruhnya menjadi kerja. Demikian juga dengan pernyataan Clausius, yang menyatakan bahwa tidak mungkin membuat mesin pendingin yang menyerap kalor dari reservoir bersuhu rendah dan membuang ke reservoir bersuhu tinggi tanpa bantuan kerja dari luar.

a. Entropi

Entropi adalah salah satu besaran termodinamika yang mengukur energi dalam sistem per-satuan temperatur yang tidak dapat digunakan untuk melakukan usaha. Mungkin kata lain yang paling umum untuk menjelaskan apa itu entropi (berdasarkan hukum termodinamika), entropi dari sebuah sistem tertutup selalu naik dan pada kondisi perpindahan panas, energi panas berpindah dari komponen yang bersuhu tinggi ke komponen yang bersuhu lebih rendah. Pada suatu sistem yang panasnya terisolasi, entropi hanya berjalan satu arah (bukan sistem reversibel atau bolak-balik). Entropi suatu sistem perlu diukur untuk menentukan bahwa energi tidak dapat dipakai untuk melakukan kerja pada proses-proses termodinamika. Proses-proses ini hanya bisa dilakukan oleh energi yang sudah dirubah bentuknya dan ketika energi dirubah menjadi kerja atau usaha, maka secara teoritis mempunyai efisiensi maksimum tertentu. Selama kerja atau usaha tersebut, entropi akan terkumpul pada sistem, yang lalu terdisipasi dalam bentuk panas buangan (Merle C Potter & Craig W. Somerton, 2011).

$$E = D + (F - D) \times \frac{(B - A)}{(C - A)}$$

Dimana :

T	s
A=T1°C	D=s1 Kj/KG.k
B=T	E=sx?
C=T2°C	F=s2 Kj/kg.K

## 2.5 Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau sistem turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan persen (%) (Prasojo. F. F., 2022). Efisiensi turbin merupakan perbandingan antara kinerja aktual pada suatu peralatan dengan kinerja yang dapat diperoleh dibawah keadaan ideal untuk keadaan masuk yang sama dan tekanan keluar yang sama (Jaya, 2020).



$$\eta \text{ Turbin} = W_{\text{aktual}} / W_{\text{isentropis}} \times 100\%$$

Dalam menentukan efisiensi turbin uap, terlebih dahulu dapat menentukan beberapa hal antara lain:

### 2.5.1 Fraksi Uap

Fraksi uap merupakan banyaknya cairan yang terdapat dalam uap keluar pada turbin. Nilai fraksi digunakan untuk menghitung entalpi keluar turbin (Jaya, 2020). Dalam menentukan efisiensi turbin uap fraksi uap dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$X = ((S1 - Sf2)) / Sfg$$

### 2.5.2 Kerja Turbin

Kerja turbin beroperasi dengan cara nozzle menyembrotkan uap (steam) ke sudu-sudu gerak turbin sehingga sudu turbin tersebut berputar yang mengakibatkan proses energi kinetik menjadi energi mekanik, dan dapat dinyatakan dalam satuan (kJ/kg) (Evalina et al., 2019).

$$W_T = h_4 - h_5$$

Dimana:

$W_T$  = Kerja turbin uap (kJ/kg)

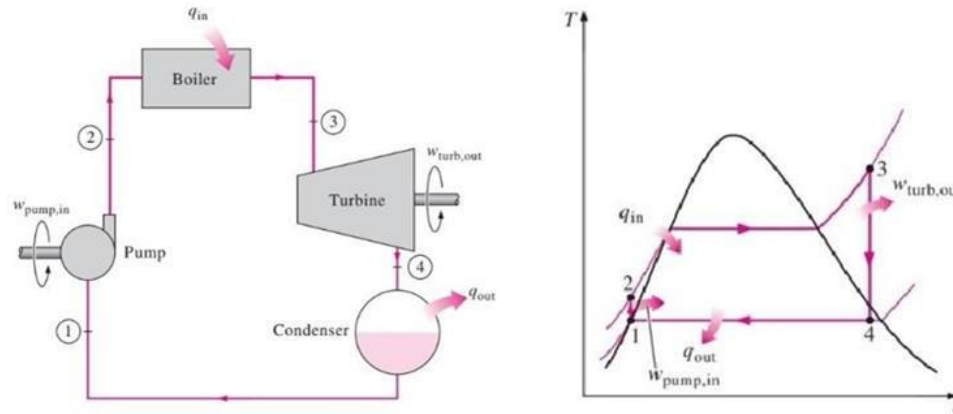
$h_4$  = Entalpi uap masuk turbin (kJ/kg)

$h_5$  = Entalpi uap keluar turbin (kJ/kg)

## 2.6 Siklus Rankine

Siklus Rankine adalah siklus teoritis yang mendasari siklus kerja dari suatu pembangkit daya uap. Siklus Rankine berbeda dengan siklus-siklus udara ditinjau dari fluida kerjanya yang mengalami perubahan fase selama siklus pada saat evaporasi dan kondensasi, oleh karena itu fluida kerja untuk siklus Rankine harus merupakan uap. Siklus Rankine ideal tidak melibatkan beberapa masalah *irreversibilitas internal*. *Irreversibilitas internal* dihasilkan dari gesekan fluida, *throttling*, dan pencampuran, yang paling penting adalah *irreversibilitas* dalam turbin dan pompa dan kerugian-kerugian tekanan dalam penukar-penukar panas, pipa-pipa, bengkokan-bengkokan, dan katup-katup. Siklus Rankine merupakan

siklus ideal untuk sistem pusat listrik tenaga uap. Gambar (a) dan (b) menunjukkan diagram untuk proses-proses yang terjadi pada siklus Rankine ideal sederhana untuk teknologi *subcritical boiler* (Sinaga et al., 2022).



Gambar 2.13 (a) Diagram Alir Siklus Rankine Sederhana (b) Diagram T-S Siklus Rankine Sederhana (Boles, M. A., Dan Cengel Y. A., 2014)

Dimana:

1 – 2 Kompresi isentropis pada pompa

2 – 3 Penambahan kalor pada tekanan konstan di

boiler

3 – 4 Ekspansi isentropis pada turbin

4 – 1 Pelepasan kalor pada tekanan konstan pada kondensor

Selanjutnya, siklus Rankine sederhana dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan 1 yang dikemukakan oleh yaitu:

$$(q_{in} - q_{out}) + (w_{in} - w_{out}) = h_e - h_i$$

Persamaan 1 merupakan penyederhanaan dari *steady-flow energy equation* persatuan massa dengan menganggap bahwa perubahan energi kinetik dan potensial dari uap sangat kecil dan dapat diabaikan. Pada kondisi 1, air masuk ke pompa sebagai cairan jenuh yang kemudian dikompresi secara isentropis hingga tekanannya naik menjadi tekanan kerja boiler. Penambahan tekanan tersebut menyebabkan volume spesifik dan temperatur air naik, seperti ditunjukkan pada diagram T-s persamaan 2 dan 3:

$$w_{Pump,in} = h_2 - h_1$$

$$w_{Pump,in} = v(P_2 - P_1)$$

Pada kondisi 2, air masuk ke *boiler* masih dalam kondisi cair jenuh. *Boiler* merupakan tempat berpindahnya kalor dari reaksi pembakaran *boiler* ke air, dimana air akan berubah fasanya dari kondisi cair jenuh menjadi *superheated vapor* (uap jenuh). Kalor tersebut berasal dari reaksi pembakaran bahan bakar yang biasanya berupa batubara, gas, minyak, atau biomassa pada persamaan 4:

$$q_{in} = h_3 - h_2 \text{ (Boiler)}$$

Pada kondisi 3, air keluar dari *boiler* dan menuju ke turbin dalam kondisi *superheated*. Pada turbin, uap akan berekspansi secara isentropis dan menabrak sudu-sudu turbin hingga berputar sehingga menghasilkan kerja. Kerja tersebut dapat digunakan untuk membangkitkan listrik dengan menghubungkannya dengan *generator*. Ketika berekspansi dan memutar turbin, tekanan uap akan turun dan kondisi uap berubah dari uap jenuh menjadi fasa campuran (dengan kualitas yang masih cukup tinggi) persamaan 5:

$$w_{turbine\ out} = h_3 - h_4 \text{ (Turbin)}$$

Pada kondisi 4, uap masuk ke kondensor. Pada kondensor, terjadi pelepasan kalor dari uap menuju ke media pendingin pada tekanan konstan. Pelepasan panas tersebut menyebabkan fasa uap berubah menjadi air dengan kondisi cair jenuh. Air tersebut kemudian akan masuk kembali ke pompa pada kondisi 1 dan melengkapi siklus persamaan 6:

$$q_{out} = h_4 - h_1 \text{ (Kondensor)}$$

Pada diagram T-s, kurva kondisi 2 – 3 merupakan daerah penambahan kalor ke air pada boiler dan kurva kondisi titik 4 – 1 merupakan daerah pelepasan kalor pada kondensor. Selisih antara keduanya (daerah yang dilingkupi kurva siklus) merupakan kerja bersih atau netto yang dihasilkan dari siklus. Efisiensi thermal siklus Rankine pada persamaan 7 dan 8 adalah:

$$\eta = \frac{w_{net}}{q_{in}} = 1 - \frac{q_{out}}{q_{in}}$$

## 2.7 Laju Aliran Massa

Laju alir massa adalah massa suatu substansi yang mengalir per satuan waktu. Satuan SI-nya adalah kilogram per detik, sedangkan di Amerika digunakan pound per detik. Sebagai besaran skalar, laju alir massa tidak hanya melibatkan perbedaan antara massa yang masuk dan keluar, tetapi perubahan massa yang mengalir melalui boundary dalam waktu tertentu. Jika aliran stabil (steady), perubahan massa akan bernilai nol. Laju alir massa dinyatakan sebagai berikut: Dengan:  $\rho$ =kerapatan massa  $\text{kg}/(\text{m}^3)=1/v$

## 2.8 Torsi

Torsi adalah gaya pada sumbu putar yang menyebabkan benda bergerak melingkar atau berputar. Juga dikenal sebagai momen gaya, torsi dinyatakan positif jika menyebabkan putaran searah jarum jam dan negatif jika sebaliknya. Gaya yang tidak berpusat pada sumbu putar memberikan torsi pada benda tersebut. Dalam fisika, torsi atau momen awalnya dikembangkan oleh Archimedes dan bisa dianggap sebagai gaya rotasional. Nilai torsi dapat dihitung dengan persamaan berikut (Zamrodah, 2016):

$$T = 9,74 \times 10^5 \text{ NT}$$

Dimana :

T = Momen torsi (N.m)

NT = Daya turbin (kW)

N = Putaran poros (rpm)

## 2.9 Daya Poros Efektif

Pada turbin, daya yang berguna ialah daya poros, karena daya poros itulah menggerakkan beban. Daya poros itu sendiri dibangkitkan oleh daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik, misalnya gesekan poros dan bantalannya.

$$eN = 2\pi \cdot n \cdot T e 60 p \times 1000$$

Dimana :

Ne= Daya efektif turbin uap (kW)

T= Momen torsi (N.m)

sn= Putaran poros (rpm)

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

Berikut adalah tempat dan waktu penelitian yang dilakukan oleh penulis pada penelitian Analisis Tekanan Terhadap Putaran Dan Daya Generator Dari Turbin Uap.

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Mulia Tani Jaya Stasiun *Power House* dan Stasiun *Boiler*.

#### 3.1.2 Waktu Penelitian

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan Judul	■					
2	Studi Kasus	■	■				
3	Pengambilan Data	■	■	■			
4	Pembuatan Proposal		■	■	■		
5	Analisa Data			■	■	■	
6	Penyusunan Laporan				■	■	■
7	Seminar Hasil					■	■

### 3.2 Instrument Dan Peralatan

Berikut merupakan bahan dan alat yang digunakan pada penelitian Analisis Tekanan Terhadap Putaran Dan Daya Generator Dari Turbin Uap.

#### 3.2.1 Instrument Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Primer yang digunakan adalah wawancara dan dokumentasi.

2. Data Sekunder yang digunakan adalah pengukur putaran, data tekanan di turbin, *Log sheet* operator dan daya *generator*.

### 3.2.2 Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. *Pressure gauge*

*Pressure Gauge* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur tingkat tekanan dalam suatu cairan atau gas, lintas industri. tingkat tekanan dalam suatu cairan atau gas, lintas industri.

Tabel 3.2 Spesifikasi *Pressure Gauge*

Scale Range	Pressure 0..600 bar; Vacuum -1 bar..0; Compound -1..24 bar
Tube Element Shape	$P \leq 100$ bar in C tube; $P > 100$ bar in helicoid
Operating Temperature	Ambient temperature $-10^{\circ}..+70^{\circ}\text{C}$ ; Medium temperature $70^{\circ}\text{C}$ Max
Temperature Error	Additional error when pressure element temperature deviates from reference temperature $+ 20^{\circ}\text{C}$ ( $+68^{\circ}\text{F}$ ), is $\pm 0.4\%$ / $10^{\circ}\text{C}$ ( $50^{\circ}\text{F}$ ) rising or falling
Over Pressure Limit	130% of F.S.P $\leq 100$ bar; 115% of F.S.P $> 100$ bar



Gambar 3.1 *Pressure Gauge*

## 2. Tachometer

Tachometer adalah alat ukur genggam yang digunakan untuk mengukur kecepatan benda yang berputar seperti operasi mesin, dalam satuan putaran permenit (RPM). Tachometer hadir dalam bentuk analog dan digital yang memainkan peran penting dalam menentukan output daya mesin.



Gambar 3.2 Tachometer

## 3. Turbin

Turbin yang di gunakan di PT. Mulia Tani Jaya adalah Merk Shinko Tipe RB5/1131386 Kapasitas Daya 1800 Kilowatt dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.3 Spesifikasi Turbin Uap Dan Generator

Nama	Spesifikasi
Model/Serial	Shinko RB4/1099730
Daya Output	1000 KW
Tekanan Masuk	20 Bar
Temperatur Kerja Uap	260°C
Tekanan Keluar	3,2 Bar
Turbin Speed	5294 Rpm
Output Shaft Speed	1500 Rpm

Turbin adalah mesin penggerak, dimana energi fluida kerja dipergunakan langsung untuk memutar sudu turbin. Jadi, berbeda dengan yang terjadi pada mesin torak, pada turbin tidak terdapat bagian mesin yang bergerak translasi. Bagian turbin yang berputar dinamakan *rotor* atau sudu turbin, sedangkan bagian yang tidak bergerak dinamakan *stator* atau rumah



turbin. Sudu turbin terletak didalam rumah turbin dan sudu turbin memutar poros daya yang menggerakkan atau memutar bebannya (baling-baling, generator listrik, pompa, kompresor, atau mesin lainnya).



Gambar 3.3 Turbin uap

## 2. *Generator*

*Generator* merupakan salah satu komponen utama yang mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. *Generator* yang dikopel langsung dengan turbin akan menghasilkan tegangan listrik ketika turbin berputar.



Gambar 3.4 Generator

## 3. *Control Panel Turbin uap*

*Control Panel* turbin uap yang digunakan di PT. Mulia Tani Jaya



Gambar 3.5 Control Panel Turbine

Pada Control panel turbin uap, terdapat parameter-parameter seperti :



Gambar 3.6 Ampere meter



Gambar 3.7 Voltase



Gambar 3.8 Cos

#### 4. Boiler

Boiler yang digunakan pada PT. Mulia Tani Jaya Merk Takuma Water Tube Boiler Type : N 1000 R.



Gambar 3.9 Boiler

5. Panel Parameter boiler

Panel parameter untuk membaca tekanan steam, laju aliran fluida dan parameter lainnya pada boiler takuma.



Gambar 3.10 Panel Parameter boiler

Panel parameter pada boiler berupa :



Gambar 3.11 Laju aliran massa



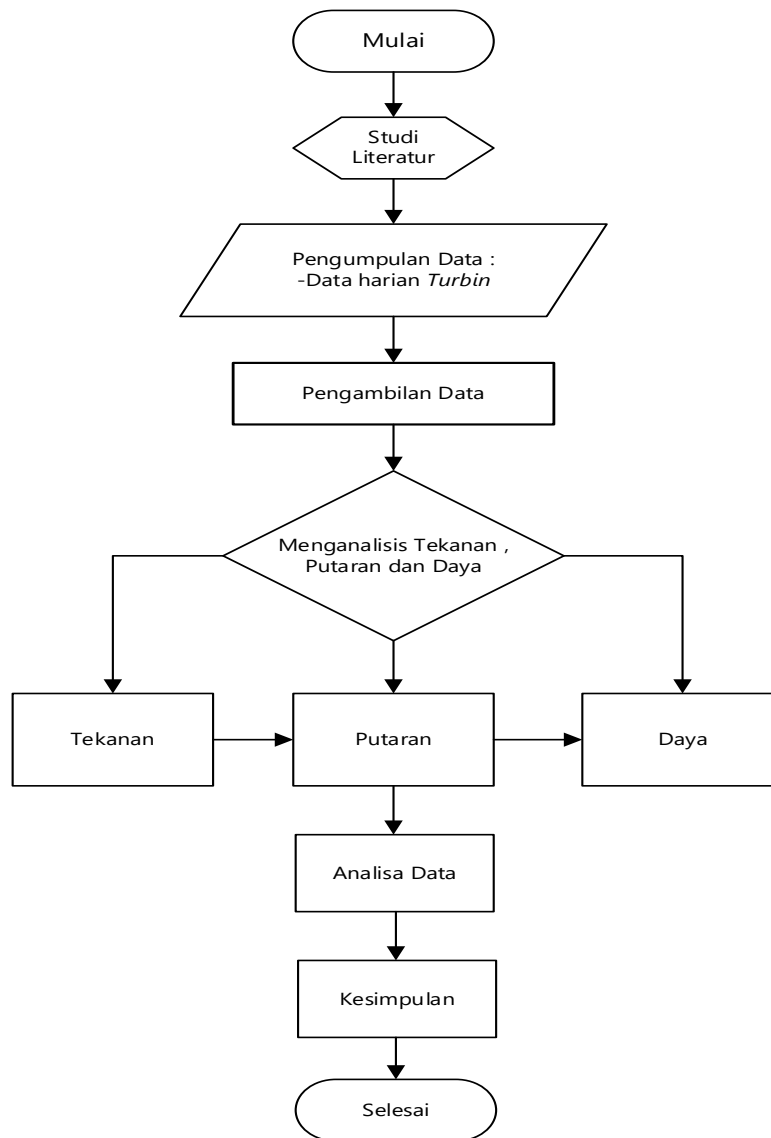
Gambar 3.12 Temperatur Steam



Gambar 3.13 Tekanan Steam

### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar skematik di berikut ini:



Gambar 3.14 Diagram Alir

### 3.4 Prosedur penelitian

1. Mencatat *log sheet* harian operator Stasiun *Power House* dan *log sheet* harian stasiun boiler dan melakukan wawancara dengan Operator serta pembimbing lapangan yang mengerti tentang stasiun pembangkit tenaga listrik (*power house*).
2. Mencatat putaran turbin, pengukuran data tekanan dan daya.
3. Kemudian melakukan perhitungan hasil dan saran.

### 3.5 Variable Penelitian

#### 3.5.1 Variabel Bebas

1. Tekanan steam masuk Turbin (Kg/cm<sup>2</sup>)
2. Tekanan steam keluar Turbin (Kg/cm<sup>2</sup>)
3. Temperatur steam masuk Turbin (°C)
4. Temperatur steam keluar Turbin (°C)

#### 3.5.2 Variabel Terikat

1. Laju aliran massa Turbin ( Ton/jam)
2. Putaran Turbin (rpm)
3. Daya turbin uap (kW)

### 3.6 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama 7 hari di PT Mulia Tani Jaya.

### 3.7 Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu Pengolahan terkait kajian efisiensi turbin uap. Pengolahan data untuk melihat keberhasilan atau sistem kerja turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan persen (%).

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### 4.1 Spesifikasi Turbin

Pada pabrik kelapa sawit PT. Mulia Tani Jaya menggunakan sistem pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) untuk memenuhi kebutuhan listrik yang dibutuhkan pabrik khususnya dalam pengolahan kelapa sawit (TBS) menjadi minyak mentah (*Crude Palm Oil*) dan *Palm Kernel Oil* (PKO) dan kebutuhan listrik perumahan-perumahan yang ada diperkebunan. Perawatan dan perbaikan mesin menjadi aspek penting yang harus diperhatikan oleh Kepala Kamar Mesin dan operator boiler untuk mendukung kelancaran operasional turbin uap serta proses pengolahan yang lainnya. Proses pengolahan minyak memerlukan penggunaan steam dengan penggerak elektro motor yang dayanya didukung oleh turbin generator oleh karena itu optimasi kinerja turbin generator menjadi hal yang sangat penting.

##### Spesifikasi Turbin

Model/Serial	:Shinko RB4/1099730
Daya Output	:1000 KW
Tekanan Masuk	:20 Bar
Temperatur Kerja Uap	:280°C
Tekanan Keluar	:3,2 Bar
Turbin Speed	:5294 Rpm
Output Shaft Speed	:1500 Rpm

Pada penelitian ini, penulis berusaha untuk menguraikan pengalaman pribadi yang diperoleh selama menjalani magang selama satu tahun di PT Adibrata Unggul Jaya sebagai Helper Teknisi turbin. Fokus utama dari penguraian tersebut adalah masalah-masalah yang terkait dengan tekanan pada turbin uap di PT MULIA TANIJAYA .

1. Tidak Optimalnya steam pada Turbin Uap Generator Setelah di identifikasi Berdasarkan laporan dari Operator saat turbin sudah beroperasi di PT Mulia Tani Jaya, ditemukan bahwa turbin generator nomor 1 mengalami penurunan steam saat melakukan operasional di PT Mulia Tani Jaya pada tanggal 21 Agustus- 3 september 2024. Operator melaporkan adanya penurunan pada turbin generator nomor 1 saat melakukan operasional. Setelah dilakukan pemeriksaan, ternyata masalah tersebut disebabkan oleh penyumbatan pada saluran air pada boiler.

Tabel 4.1 Data dalam seminggu

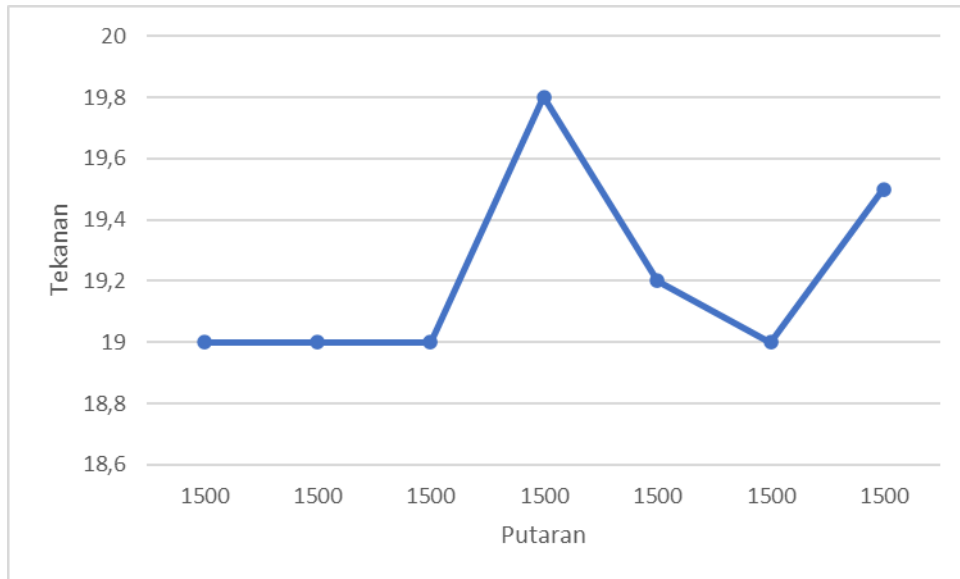
NO	Hari	Tekanan (Bar)			Putaran (RPM)	Daya (KW)
		$P_{in}$	$P_{out}$	$\Delta p$		
1	Rabu	19	3,0	16	1500	595
2	Kamis	19	2,3	16,7	1500	585
3	Jumat	19	3,3	15,7	1500	624
4	Sabtu	19,8	2,1	16,9	1500	591
5	Minggu	19,2	2,2	17	1500	589
6	Senin	19	3,1	15,9	1500	550
7	Selasa	19,5	2,3	17,2	1500	583

2. Perhitungan  $\Delta P$  (Delta P)

$$\Delta P = P_{in} - P_{out}$$

- a. Rabu = 19-3,0 = 16 Bar
- b. Kamis = 19-2,3 = 16,7 Bar
- c. Jumat = 19-3,3 = 15,7 Bar
- d. Sabtu = 19-2,1 = 16,9 Bar
- e. Minggu = 19,2- 2,2 = 17 Bar
- f. Senin = 19-3,1 = 15,9 Bar
- g. Selasa = 19,5-2,3 = 17,2 Bar

## 4.2 Analisa Tekanan dan Putaran



Gambar 4.2 Grafik Tekanan dan Putaran

Berdasarkan Gambar 4.2 yang telah diuraikan penulis pada penjelasan data di atas, diketahui bahwa data tekanan paling besar yaitu pada data ke 4 dan 5 pada hari sabtu, minggu dan selasa yaitu 19,8, 19,2 dan 19,5 Bar. dan tekanan terendah yaitu pada data ke 1,2,3 dan 6 pada hari minggu yaitu hanya 19 Bar. Dapat dianalisa bahwa tekanan pada turbin rendah dan putarannya tetap pada turbin Shinko RB4/1099730 disebabkan oleh faktor- faktor teknis, yaitu: yang menyebabkan adalah karena tekanan steam pada turbin tersebut tidak turun sampai 15 bar lebih sehingga putaran masih stabil karena semakin tinggi steam diturbin semakin stabil Rpm nya.

Dari pengalaman saya magang di PT ADIBRATA UNGGUL JAYA Turbin uap sudah dilengkapi dengan pengatur yang secara otomatis menyesuaikan aliran uap untuk mempertahankan kecepatan yang konstan. Saat beban meningkat, pengatur merasakan penurunan RPM dan membuka katup uap untuk memasok lebih banyak uap, mengimbangi peningkatan permintaan sekaligus menjaga kecepatan tetap stabil.

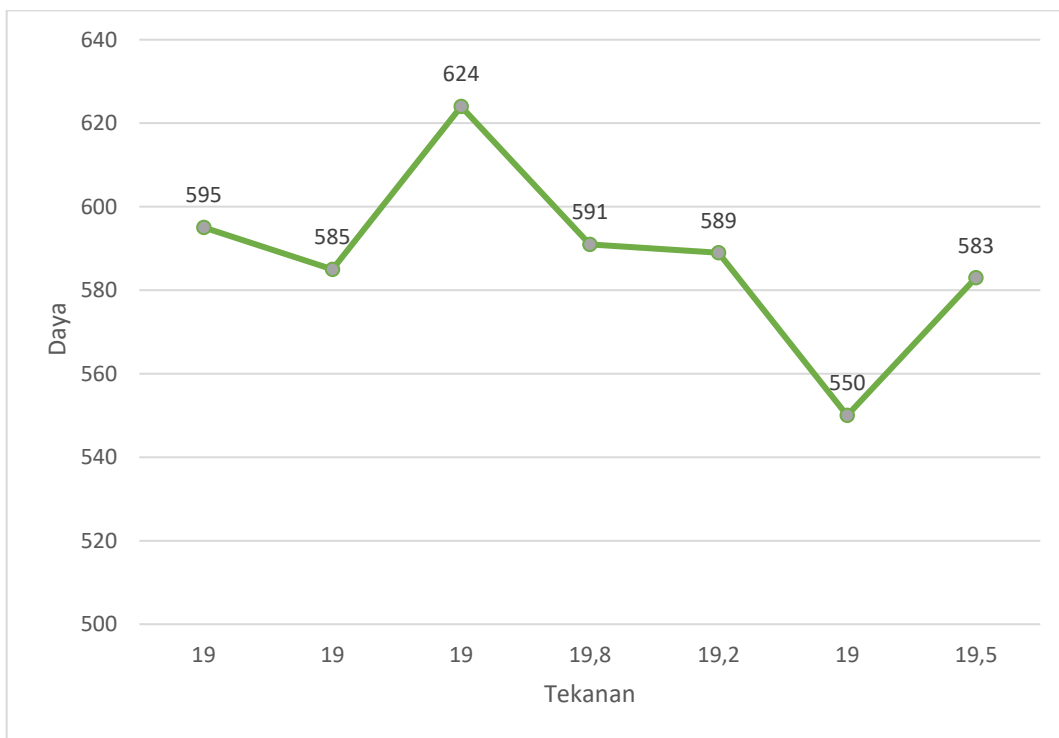
Berdasarkan teori Inersia : inersia adalah sifat benda yang menolak perubahan keadaan geraknya, baik dalam hal posisi, diam, maupun arah. Inersia juga dapat diartikan sebagai gaya yang menahan benda yang diam agar tetap diam atau benda yang bergerak agar tetap bergerak dengan kecepatan konstan. Massa turbin yang besar dan berputar memberikan inersia, yang membantu menstabilkan kecepatan terhadap fluktuasi yang disebabkan oleh perubahan beban. Oleh karena itu kenapa tekanan pada



turbin berubah tetapi putaran tetap disebabkan adanya inersia ini memungkinkan turbin mempertahankan RPM yang konsisten bahkan saat tekanan berubah-ubah.

Singkatnya, kombinasi kontrol pengatur, desain turbin untuk operasi kecepatan konstan, dan inersia komponen yang berputar bekerja sama untuk memastikan bahwa RPM tetap stabil bahkan ketika beban meningkat.

#### 4.3 Analisa Tekanan dan Daya



Gambar 4.3 Grafik Tekanan dan Daya

Berdasarkan Gambar 4.3 diatas diketahui bahwa data tekanan paling besar yaitu pada data ke 4 dan 7 pada hari sabtu dan selasa yaitu 19,8 dan 19,5 Bar dan tekanan terendah yaitu pada data ke 1,2,3 dan 6 pada hari minggu yaitu hanya 19 Bar. Gambar 4.3 menunjukkan adanya pengaruh tekanan dan kecepatan putar terhadap keluaran (daya) generator kecepatan stabil dalam kondisi adanya beban. Dengan daya terendah yaitu pada data ke 6 pada hari senin yaitu hanya 550 KW.

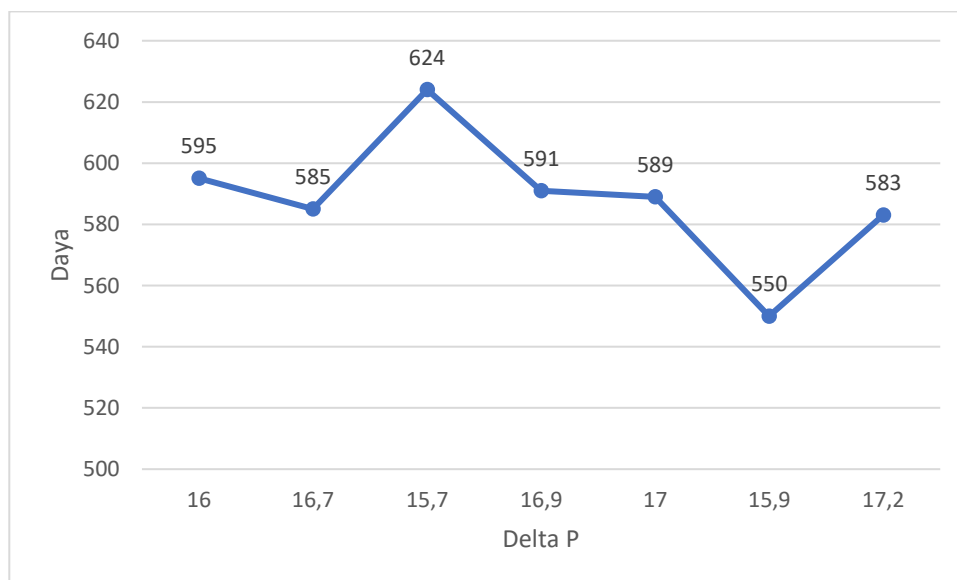
Rata- rata naik turunnya daya turbin dan efisiensi turbin tidak mengalami perubahan yang signifikan yaitu sebesar  $\pm 588,1429$  Kw untuk daya turbin dan sedangkan untuk kebutuhan daya pada pabrik adalah 600 Kw, jadi hasil perhitungan dan analisa tersebut bahwa daya turbin dan efisiensi turbin masih berada batas normal sesuai data yang diambil di PT Mulia Tani Jaya selama satu minggu.

Menurut artikel yang saya baca hal ini disebabkan jika ingin menghasilkan lebih banyak listrik berarti menghasilkan lebih banyak daya untuk memenuhi permintaan

beban. Dalam Generator, dua parameter utama terlibat untuk menghasilkan daya, yaitu Torsi Penggerak Utama dan Hambatan Elektromagnetik. Secara sederhana, jika Anda menjaga keseimbangan antara Torsi Penggerak Utama dan Hambatan Elektromagnetik, maka hanya kecepatan rotor Anda yang akan tetap konstan. Torsi Penggerak Utama divariasikan dengan mengubah Pasokan Uap ke Turbin dan Hambatan Elektro Magnetik tidak lain adalah torsi yang bekerja dalam arah yang berlawanan dengan Torsi Penggerak Utama. Hambatan Elektro Magnetik berbanding lurus dengan Persyaratan Beban, Dengan meningkatkan Pasokan Uap, kita telah meningkatkan Torsi Penggerak Utama agar sesuai dengan Hambatan Elektro Magnetik.

#### 4.4 Analisa $\Delta p$ dan Daya

Berdasarkan gambar 4.4 data yang diambil pada tanggal 21 sampai 3 September 2024 yang menunjukkan bahwa daya terendah terdapat pada hari ke6 yaitu sebesar 550 KW dengan nilai delta p uap yang rendah yaitu 15,9. Hal tersebut disebabkan oleh frekuensi yang tinggi sehingga dilakukan penurunan beban. Pengolahan data hasil perhitungan ditunjukkan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4 Grafik Delta p dan Daya

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa delta p uap berbanding lurus dengan daya output generator, artinya semakin tinggi delta p maka daya yang dihasilkan oleh generator juga semakin besar. dalam beberapa parameter yang diambil antara delta p turbin, daya generator, dapat kita analisa bahwa parameter lainpun memiliki pengaruh terhadap daya turbin hal ini dapat kita lihat dari grafik diatas dan sebelumnya bagaimana putaran dan tekanan juga berpengaruh terhadap daya namun hal yang paling berpengaruh adalah tekanan pada turbin.

Dari artikel yang saya baca, selama uap cukup panas sehingga tidak akan mengembun di mana pun di dalam turbin, pengoperasiannya memungkinkan tetapi tidak direkomendasikan. Tekanan uap masuk yang rendah juga menyebabkan kecepatan rendah pada tahap pertama turbin. Karena tahap tersebut biasanya berjenis impuls, Anda mungkin memperoleh daya lebih besar dengan rak masuk yang tertutup sebagian karena dapat meningkatkan tekanan uap dan meningkatkan kecepatan uap di nosel tahap pertama.

Anda kemungkinan besar memperoleh daya yang lebih kecil daripada saat uap agak dibatasi. Tahap pertama biasanya adalah roda Curtis. Roda Curtis adalah tahap impuls. Dengan kata lain, efisiensi bergantung pada kecepatan uap yang memasuki roda dari nosel. Jika katup masuk terbuka penuh menyebabkan tekanan uap turun. Oleh karena itu, kecepatan uap dari nosel rendah dan roda menghasilkan daya yang lebih kecil. Itulah sebabnya beberapa turbin ekstraksi/induksi mengendalikan kecepatan dengan turbin tekanan rendah dan turbin tekanan tinggi berjalan pada kendali tekanan. Dengan kata lain, turbin tekanan tinggi selalu menghasilkan daya maksimum pada pasokan uap yang diberikan.

#### 4.5 Efisiensi Turbin Berdasarkan Data Aktual

Untuk mencari nilai efisiensi turbin dapat menggunakan data *sample* yang di ambil selama 7 hari dari tanggal 21 sampai dengan tanggal 3 September 2024, di unit 1 turbin uap PT Mulia Tani Jaya , berikut adalah data harian turbin uap pada tanggal Sabtu 24 September 2024.

Tabel 4.5 Data hari sabtu

<b>Data Turbin Aktual</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
Tekanan Uap Masuk $P_1$	19,9	Bar
Temperatur Uap Masuk $T_1$	256,5	°C
Laju Uap Masuk $m_1$	78,426	TPH
Entalpi Uap Masuk $h_1$	3371,71	kJ/kg
Entropi Uap Masuk $S_1$	6,80797	kJ/(kg°C)
Tekanan Turbin Intermediet $P_2$	19,8	Bar
Temperatur Turbin Intermediet $T_2$	341,657	°C
Laju Uap Turbin Intermediet $m_2$	19,238	TPH
Entalpi Turbin Intermediet $h_2$	3128,43	kJ/kg

Tekanan Turbin Rendah $P_3$	2,1	Bar
Temperatur Turbin Tekanan Rendah $T_3$	209,439	°C
Laju Uap Turbin Tekanan Rendah $m_3$	40,434	TPH
Entalpi Turbin Tekanan Rendah $h_3$	2888,84	kJ/kg
Temperatur Keluar $T_4$	140	°C
Daya Turbin	1000	KW

- a. Efisiensi turbin berdasarkan daya output dan input dapat dikalkulasikan dengan persamaan berikut :

$$n = \frac{\text{daya out}}{\text{daya in}} \times 100\%$$

Menghitung kinerja turbin dengan mengambil rata-rata data harian diperoleh pada tanggal 24 September 2024.

1. *Input*

Daya listrik (*daya output*) = 1000 KW

Tekanan masuk *boiler* = 19,9 Bar

Temperature masuk = 256,5 °C

Laju aliran uap = 78,426 T/h = 21,785 kg/s

Entalpi = 3371,71 KJ/kg

$E_{in} = m \times h$

$E_{in} = 21,785 \times 3371,71$

$E_{in} = 73.452,70235 \text{ KW}$

$E_{in} = 73,4 \text{ MW}$

2. *Ekstraksi*

Tekanan masuk *turbin* = 19,8 Bar

Temperature masuk = 220 °C

Laju aliran uap = 19,238 T/h = 5,3 kg/s

$$\begin{aligned} \text{Entalpi} &= 3128,43 \text{ Kj/kg} \\ E_{in} &= m \times h \\ E_{in} &= 5,3 \times 3128,43 \\ E_{in} &= 16580,67 \text{ KW} \\ E_{in} &= 16,5 \text{ MW} \end{aligned}$$

### 3. *Low Pressure*

$$\begin{aligned} \text{Tekanan masuk turbin} &= 16,9 \text{ Bar} \\ \text{Temperature masuk} &= 209 \text{ }^\circ\text{C} \\ \text{Laju aliran uap} &= 40,434 \text{ T/h} = 11,23 \text{ kg/s} \\ \text{Entalpi} &= 2888,84 \text{ Kj/kg} \\ E_{in} &= m \times h \\ E_{in} &= 11,23 \times 2888,84 \\ E_{in} &= 32441,67 \text{ KW} \\ E_{in} &= 32,4 \text{ MW} \end{aligned}$$

### 4 Efisiensi Turbin

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{\text{daya output}}{\text{daya input}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{1000}{73,4 - 16,5 - 32,4} \times 100\% \\ \eta &= \frac{1000}{24,5} \times 100\% \\ \eta &= 40,816 \times 100\% \\ \eta &= 40,816\% \end{aligned}$$

Maka efisiensi turbin berdasarkan perhitungan data aktual hari keempat sebesar 40,816 % kinerja turbin dipengaruhi oleh massa dan entalpi dari *steam* yang digunakan.

#### 4.6 Penyelesaian Masalah

Berdasarkan analisis data dan fakta terkait, terdapat beberapa alternatif solusi yang telah diidentifikasi untuk mengatasi masalah tekanan terhadap putaran dan daya generator dari turbin uap.

##### 1. Menerapkan kembali PMS dengan baik

Pelaksanaan perawatan yang rutin akan membuat performa turbin generator optimal. Dalam rangka meningkatkan kinerja tekanan yang tidak optimal, langkah penting yang diambil adalah mengoptimalkan kembali pelaksanaan PMS (Planned Maintenance System). Dengan melakukan pembenahan pada sistem ini, diharapkan dapat memperbaiki efektivitas perawatan dan pemeliharaan, serta memastikan bahwa tekanan dan komponen mesin lainnya dapat beroperasi dengan optimal sesuai dengan standar yang ditetapkan.

##### 2. Menjaga level ketinggian air pada boiler

Level ketinggian air yang tepat akan menghasilkan steam saturated yang mencapai target pada tekanan 5 bar. Level ketinggian air pada boiler mengindikasikan volume air yang terisi di dalam drum. Pressure steam yang dihasilkan boiler dikendalikan dengan menjaga kestabilan level air yang masuk ke boiler. Jika terlalu banyak air di boiler maka steam yang dihasilkan tidak maksimal menyebabkan adanya kandungan air pada steam dan temperatur keluaran boiler turun, sedangkan jika air di boiler terlalu sedikit akan menyebabkan steam kering dan temperatur keluaran boiler naik sehingga dalam keadaan darurat perlu untuk menurunkan pressure dengan membuang steam melalui drain atau safety valve hingga kebutuhan proses tetap terpenuhi.

##### 3. Pembersihan Saluran Air

Dalam menanggulangi tidak optimalnya tekanan yang disebabkan oleh kotornya saluran air, tindakan pembersihan saluran air menjadi langkah penting dalam menjaga performa turbin uap. Saluran air yang terawat dengan baik dapat mencegah masuknya partikel-partikel yang dapat mengganggu kinerja turbin, seperti lumpur, sedimen dan kerak, yang dapat menyebabkan penyumbatan atau pengurangan aliran air. Melalui pembersihan saluran secara teratur, dapat dipastikan bahwa aliran steam ke turbin tetap lancar, menjaga performa mesin pada tingkat optimal, dan mengurangi risiko kerusakan atau gangguan operasional

yang tidak diinginkan. Dengan demikian, pembersihan saluran air menjadi bagian integral dari strategi pemeliharaan yang efektif dalam mengatasi permasalahan tekanan steam dan menjaga Kesehatan komponen mesin.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil Analisa yang dilakukan di peroleh beberapa kesimpulan:

1. Proses turbin uap di pabrik PT. Mulia Tani Jaya menggunakan bahan bakar dari uap boiler yang dipanaskan, menghasilkan tekanan yang bervariasi: 19 Bar, 19 Bar, 19 Bar, 19,8 Bar, 19,2 Bar, 19 Bar dan 19,5 Bar . Penelitian dilakukan dari hari Rabu hingga Selasa.
2. Tekanan turbin masuk 19 Bar dan keluaran 3,0 Bar menghasilkan daya sebesar 595 kW, tekanan masuk 19 Bar dan keluaran 2,3 Bar menghasilkan daya 585 kW, dan tekanan masuk 19 Bar dengan keluaran 3,3 Bar menghasilkan daya 624 kW. Pada tekanan masuk 19,8 Bar dan keluaran 2,1 Bar, daya yang dihasilkan adalah 591 kW. Sementara itu, pada tekanan masuk 19,2 Bar dan keluaran 2,2 Bar, daya yang dihasilkan sebesar 589 kW. Pada tekanan masuk 19 Bar dan keluaran 3,1 Bar, daya yang dihasilkan sebesar 550 Kw dan pada tekanan masuk 19,5 Bar dan keluaran 2,3 Bar , daya yang dihasilkan sebesar 583 Kw. Dari hasil ini, rata-rata daya selama seminggu adalah 588,1429 kW.
3. Perbandingan naik-turunnya tekanan, putaran, dan daya tidak mengalami perubahan signifikan, yaitu  $\pm 588,1429$  kW untuk daya turbin. Jadi, hasil perhitungan dan analisis menunjukkan bahwa tekanan, putaran, daya turbin dan efisiensi turbin sebesar 40,816 % masih berada dalam batas normal sesuai data yang diambil di PT. Mulia Tani Jaya selama tujuh hari.

#### 5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk operator boiler pastikan tekanan buang yang lebih tinggi/vakum yang lebih rendah ,menjaga semua parameter pengoperasian lainnya tetap konstan. Diharapkan penambahan tekanan uap pada boiler untuk memutar turbin agar menghasilkan efisiensi turbin yang baik.
2. Selalu melakukan pengecekan secara berkala pada turbin sehingga setiap kerusakan yang terjadi dapat diketahui secara dini. Pada saat penumpukan massa pembakaran di ruang bakar boiler. Perlunya pembersihan massa pembakaran tersebut. Guna mengoptimalkan tekanan uap sesuai dengan kebutuhan dari industry kelapa sawit tersebut.



## DAFTAR PUSTAKA

- Manggala, A., Pujiastuti Lestari, S., Muhammad Naim, B., & Sastama, N. (2020). Pengaruh Level Ketinggian Air Terhadap Saturated Steam Pada Cross Section Water Tube Boiler Menggunakan Bahan Bakar Gas Dan Solar. *Jurnal Kinetika*, 11(02), 26–30. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- Muin, I. S. A. (1993). (*PESAWAT-PESAWAT KONVERSI ENERGI II (Turbin Uap)*).
- Sibarani, A. I. (2019). Identifikasi Keandalan Turbin Uap Berdasarkan. In *Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara Medan*. <https://repositori.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/16067/130401099.pdf>  
f?sequence=1&isAllowed=y
- (Tanuma, Tadashi. (2017)
- Lubis, F., Pane, R., Lubis, S., Siregar, M. A., & Kusuma, B. S. (2021). Analisa Kekuatan Bearing Pada Prototype Belt Conveyor. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(2), 51–57. <https://doi.org/10.53695/jm.v2i2.584>
- Umurani, K., Siregar, A. M., & Al-Amin, S. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 103–111. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5272>
- Li, L., Li, Y., Xie, X., & Li, J. (2014). Quantitative evaluation of wetness losses in steam turbines based on three-dimensional simulations of non-equilibrium condensing flows. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 228(6), 708–716. <https://doi.org/10.1177/0957650914534838>
- Sector, P. T. (2005). *Effects of wetness in steam turbines*. 219(August), 1301–1314. <https://doi.org/10.1243/095440605X32110>
- Thamrin, R. (1986). Teori Turbin Uap. In *Tarsito*. Tarsito- Bandung.
- Panuška, M., Tajč, L., & Kollross, P. (2018). The effect of a strainer in the control valve of the steam turbine. *AIP Conference Proceedings*, 2047. <https://doi.org/10.1063/1.5081648>
- Rizaldy, R., Zarrouk, S. J., & Morris, C. (2016). Liquid carryover in geothermal steam-water separators. *Proceedings the 38th New Zealand Geothermal Workshop*, November. <https://www.researchgate.net/publication/310818568> **LIQUID CARRYOVER IN GEOTHERMAL STEAM-WATER SEPARATORS**
- Manggala, A., Pujiastuti Lestari, S., Muhammad Naim, B., & Sastama, N. (2020). Pengaruh Level Ketinggian Air Terhadap Saturated Steam Pada Cross Section Water Tube Boiler

Menggunakan Bahan Bakar Gas Dan Solar. *Jurnal Kinetika*, 11(02), 26–30.

<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

<https://pustaka.ut.ac.id/lib/wp-content/uploads/pdfmk/PANG4112-M1.pdf>

<https://katadata.co.id/berita/nasional/63440b58ebf39/momen-inersia-adalah-kelembaman-benda-ini-rumus-dan-contoh-soalnya>

[https://www.google.com/search?q=teori+inersia&oq=teor&gs\\_lcrp=EgZjaHJvbWUqBggAEEUYOzIGCAAQRrg7MgYIARBFGEAyBggCEEUYOTIMCAMQIXgnGIAEGIoFMgYIBBAjGCcyEAgFEAAygwEYsQMYgAQYigUyDQgGEAAygwEYsQMYgAQyBwgHEAAyGATSAQoxMDYzMgGowajElqAIIIsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=teori+inersia&oq=teor&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqBggAEEUYOzIGCAAQRrg7MgYIARBFGEAyBggCEEUYOTIMCAMQIXgnGIAEGIoFMgYIBBAjGCcyEAgFEAAygwEYsQMYgAQYigUyDQgGEAAygwEYsQMYgAQyBwgHEAAyGATSAQoxMDYzMgGowajElqAIIIsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

<https://www.quora.com/What-are-the-problems-that-can-occur-while-running-a-steam-turbine-at-low-inlet-steam-pressure-for-long-periods>  
<https://www.quora.com/How-does-a-steam-turbine-generator-produce-more-electricity-even-though-the-frequency-is-kept-constant>

Manggala, A., Pujiastuti Lestari, S., Muhammad Naim, B., & Sastama, N. (2020). Pengaruh Level Ketinggian Air Terhadap Saturated Steam Pada Cross Section Water Tube Boiler Menggunakan Bahan Bakar Gas Dan Solar. *Jurnal Kinetika*, 11(02), 26–30.  
<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>



ngkungan 1 Bukit Tua Kel. Tanjung Selamat Kec. Padang Tualang Kab. Langkat

Turbine Model : SHINKO  
 Turbine No : 1  
 Tanggal : Sabtu, 23-08-2024

TURBINE LOG SHEET

Waktu	Steam Flow Boiler	Inlet Pressure	Nozzle Pressure	Exhaust Pressure	Lub. Oil Inlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Pressure	Bearing Oil Temperature (°C)				Amper R	Amper Y	Amper B	HZ	RPM	Volt	P.F.	KW	KWH / HM	Governor Load Limit			
								Main		Buff Gear Bear														
								Steam End	Output Shaft End	Steam End	Output Shaft End													
7.00	19.5	19	3.3	60	62	112								580	886	930	50	1580	393	0.9	628	11462	10	
8.00																								
9.00																								
10.00																								
11.00																								
12.00																								
13.00																								
14.00																								
15.00																								
16.00																								
17.00																								
18.00																								
19.00																								
20.00																								
21.00																								
22.00																								
23.00																								
24.00																								
25.00																								
26.00																								
27.00																								
28.00																								
29.00																								
30.00																								

Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 KWH : Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 Dilapor Oleh \_\_\_\_\_ Dicheck Oleh \_\_\_\_\_ Diketahui Oleh \_\_\_\_\_  
 (Operator) (Staff) (Manager)

ngkungan 1 Bukit Tua Kel. Tanjung Selamat Kec. Padang Tualang Kab. Langkat

Turbine Model : SHINKO  
 Turbine No : 1  
 Tanggal : 24-08-2024 Sabtu

TURBINE LOG SHEET

Waktu	Steam Flow Boiler	Inlet Pressure	Nozzle Pressure	Exhaust Pressure	Lub. Oil Inlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Pressure	Bearing Oil Temperature (°C)				Amper R	Amper Y	Amper B	HZ	RPM	Volt	P.F.	KW	KWH / HM	Governor Load Limit			
								Main		Buff Gear Bear														
								Steam End	Output Shaft End	Steam End	Output Shaft End													
7.00	20	19.8	2.1	60	62	112								650	828	847	50	1500	393	0.9	628	11462	10	
8.00																								
9.00																								
10.00																								
11.00																								
12.00																								
13.00																								
14.00																								
15.00																								
16.00																								
17.00																								
18.00																								
19.00																								
20.00																								
21.00																								
22.00																								
23.00																								
24.00																								
25.00																								
26.00																								
27.00																								
28.00																								
29.00																								
30.00																								

Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 KWH : Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 Dilapor Oleh \_\_\_\_\_ Dicheck Oleh \_\_\_\_\_ Diketahui Oleh \_\_\_\_\_  
 (Operator) (Staff) (Manager)



Turbine Model : SHINKO  
 Turbine No : 1  
 Tanggal : Minggu, 25-08-2024

TURBINE LOG SHEET

Waktu	Steam Flow Boiler	Inlet Pressure	Nozzle Pressure	Exhaust Pressure	Lub. Oil Inlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Pressure	Steering Oil Temperature				Ampas X	Ampas Y	Ampas Z	HZ	RPM	Volt	P.F.	KWH	KWH / Jam	Governor Load				
								Main		Buff Steam															
								Steam End	Output Shaft End	Steam End	Output Shaft End														
7.00	12.20	19.2	2.2	60	62	112								975	260	270	50	1500	245	4.9	629	320	10		
8.00																									
9.00																									
10.00																									
11.00																									
12.00																									
13.00																									
14.00																									
15.00																									
16.00																									
17.00																									
18.00																									
19.00																									
20.00																									

Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 KWH: Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 Dilapor Oleh (Operator)      Dicheck Oleh (Staff)      Ditatah Oleh (Manager)

Turbine Model : SHINKO  
 Turbine No : 1  
 Tanggal : 31-08-2024

TURBINE LOG SHEET

Waktu	Steam Flow Boiler	Inlet Pressure	Nozzle Pressure	Exhaust Pressure	Lub. Oil Inlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Pressure	Steering Oil Temperature				Ampas X	Ampas Y	Ampas Z	HZ	RPM	Volt	P.F.	KWH	KWH / Jam	Governor Load					
								Main		Buff Steam																
								Steam End	Output Shaft End	Steam End	Output Shaft End															
7.00	20	19	3.1	60	62	112								912	295	290	50	1500	320	4.9	550	320	10			
8.00																										
9.00																										
10.00																										
11.00																										
12.00																										
13.00																										
14.00																										
15.00																										
16.00																										
17.00																										
18.00																										
19.00																										
20.00																										

Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 KWH: Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 Dilapor Oleh (Operator)      Dicheck Oleh (Staff)      Ditatah Oleh (Manager)

Perusahaan PT. ...  
 Pabrik 1 Bukit Tus Kel. Tanjung Selamat Kec. Padang Tualang Kab. Langkat






















TURBINE LOG SHEET

Turbine Model : SKNKO  
 Turbine No : 1  
 Tanggal : 1-08-2024

Waktu	Steam Flow Boiler	Inlet Pressure	Nozzle Pressure	Exhaust Pressure	Lub. Oil Inlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Temperatur	Lub. Oil Outlet Pressure	Bearing Oil Temperature °C				Amps R	Amps Y	Amps B	HZ	RPM	VOLT	P.F.	KWH	Governor Load Unit		
								Fusion		Ball Gear Bear												
								Steam End	Output Shaft End	Steam End	Output Shaft End											
7.00	20	19,5	2,3	60	62	72					950	931	936	50	1500	398	0,5	993	119	10		
8.00																						
9.00																						
10.00																						
11.00																						
12.00																						
13.00																						
14.00																						
15.00																						
16.00																						
17.00																						
18.00																						
19.00																						
20.00																						
21.00																						
22.00																						
23.00																						
24.00																						

Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 KWH: Awal = \_\_\_\_\_ Akhir = \_\_\_\_\_ Total = \_\_\_\_\_  
 Dilapor Oleh: \_\_\_\_\_ (Operator)  
 Dicheck Oleh: \_\_\_\_\_ (Staff)  
 Ditatahul Oleh: \_\_\_\_\_ (Manager)

# LAMPIRAN DATA

Hari	Pin	pout	kwh
Rabu			
Kamis			
Jumat			
Sabtu			
Minggu			
Senin			
Selasa			





**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003  
<https://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [f umsumedan](#) [ig umsumedan](#) [t umsumedan](#) [y umsumedan](#)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor :1034/II.3AU/UMSU-07/F/2024**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 30 Agustus 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama : SUHARDIANSYAH  
Npm : 2007230071  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : 8 (DELAPAN )  
Judul Tugas Akhir : ANALISIS TEKANAN STEAM TERHADAP PUTARAN DAN DAYA GENERATOR DARI TURBIN UAP  
Pembimbing : H. MUHARNIF ST.M.Sc

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan, 22 Shafar 1446 H  
30 Agustus 2024 M



Munawar Abansury Siregar, ST.,MT  
NIDN: 0101017202







**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Rita mengabdikan diri di agar diwujudkan nomor dan bergengsi

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

# UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

## FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAH-PT/Ak.KP/PT/XI/2022

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<https://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

Nomor : 1105 / II.3.AU/UMSU-07/B/2024  
Lamp : -  
Hal : Pengambilan Data

Medan, 02: Shafar 1446 H  
06 Agustus 2024 M

Kepada Yth. : Bapak / Ibu Pimpinan  
PT. Mulia Tani Jaya

Di -  
Tempat

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan hormat,

Kami memohon kesediaan Bapak untuk menerima dan memberikan izin bagi Mahasiswa kami yang akan melakukan Pengambilan data di PT. Mulia Tani Jaya, untuk penulisan Tugas Akhir, guna menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S-1) di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Adapun nama mahasiswa kami tersebut adalah :

Nama : Suhardiansyah  
Npm : 2007230071  
Jurusan : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Analisis Tekanan Terhadap Putaran dan Daya Generator Dari Turbin Uap

Pembimbing I: Muharnif, ST., M.Sc.

- Data yang di cari :
1. Data Laju Aliran Massa Turbin
  2. Data Log Sheet Harian Boiler dan Turbin
  3. Data Putaran Turbin (RPM)
  4. Data Tekanan di Boiler dan Turbin Uap
  5. Data Daya Masuk dan Daya Keluar Generator

Demikianlah harapan kami atas bantuan dan kerjasama yang bapak/ibu berikan kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.



Cc. File



Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT.  
NIDN : 0101017202





MULIA TANI JAYA

# PT. MULIA TANI JAYA

Link. I Bukit Tua Kel. Tanjung Selamat Kec. Padang Tualang, Langkat

Sumut - Indonesia

Phone. 085373275367

E-mail : ptmuliatanijaya@yahoo.com

Nomor : 001/MTJ/VIII/2024  
Hal : Konfirmasi Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth  
Bapak Dekan Munawar Alfansury Siregar, ST., MT.  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik

Dengan Hormat,

Berdasarkan Surat Nomor 1105/II.3AU/UMSU-07/B/2024 Tanggal 06 Agustus 2024 Perihal,  
Permohonan Izin Penelitian Kepada Mahasiswa :

I. Nama : Suhardiansyah  
Npm : 2007230071  
Jurusan : Teknik Mesin

Berdasarkan dengan surat ini kami sampaikan bahwa mahasiswa tersebut diatas dapat kami terima untuk melaksanakan izin penelitian di perusahaan kami terhitung mulai 06 Agustus 2024

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerja samanya kami ucapkan terima kasih.

Bukit Tua, 31 Agustus 2024

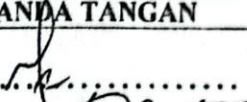
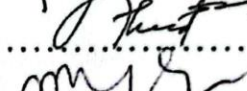
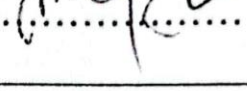


SUWANDI  
MANAGER

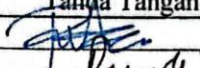
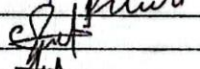
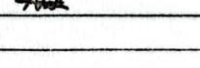
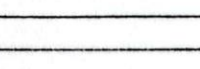
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2023 – 2024**

**Peserta seminar**

Nama : Suhardiansyah  
 NPM : 2007230071  
 Judul Tugas Akhir : Analisis Tekanan Steam Terhadap Putaran Dan Daya Generator Dari Turbin Uap

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: H. Muharnif, ST, M.Sc	: 
Pemanding – I	: Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT	: 
Pemanding – II	: M. Yani, ST, MT	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2007230083	Rizky Syahputra Panggabean	
2	2007230090	Rivaldo Rival Riansyah	
3	2007230046	Andi Kurniawan	
4	1907230095	OKTA RIANSYAH	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 05 Rabi'ul Awal 1446 H  
09 September 2024 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Suhardiansyah  
NPM : 2007230071  
Judul Tugas Akhir : Analisis Tekanan Steam Terhadap Putaran Dan Daya Generator Dari Turbin Uap

Dosen Pembanding – I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : H. Muhamrif, ST, M.Sc

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :  
..... - *Lihat laporan singkat!*.....  
..... - *Lengkapi dokumentasi pengujian*.....  
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :  
.....  
.....  
.....  
.....

Medan, 05 Rabi'ul Awal 1446 H  
09 September 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- I



Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Suhardiansyah  
NPM : 2007230071  
Judul Tugas Akhir : Analisis Tekanan Steam Terhadap Putaran Dan Daya Generator Dari Turbin Uap

Dosen Pembanding – I : Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : M. Yani, ST, MT  
Dosen Pembimbing – I : H. Muharnif, ST, M.Sc

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*ket bagian yang harus direvisi !*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

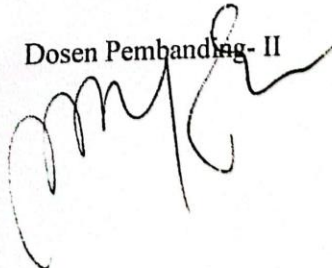
Medan 05 Rabi'ul Awal 1446 H  
09 September 2024 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pembanding- II



M. Yani, ST, MT



**PT. ADIBRATA**  
UNGGUL JAYA



# CERTIFICATE OF APPRECIATION

THIS CERTIFICATE OF ACHIEVEMENT IS PRESENTED TO

**SUHARDIANSYAH**

Dengan ini menyatakan bahwa benar telah mengikuti magang di PT. Adibrata Unggul Jaya mulai 24 Desember 2022 – 24 Desember 2023 dengan:

**“SANGAT BAIK”**

**01 Januari 2024**

DATE



**Ektaria Sinuhaji**  
HRD & System

SIGNATURE



### LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Tekanan Steam Terhadap Putaran Dan Daya Generator Dari Turbin Uap

Nama : SUHARDIANSYAH  
NPM : 2007230071

Dosen Pembimbing 1 : Muharnif M, S.T., M.Sc

Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
Senin, 19-02-2024	Revisi Bab 3	f
Rabu, 27-03-2024	ACC seminar Proposal	f
Selasa, 20 Agustus	Perbaiki bab IV	f
Jumat, 30 Agustus	Perbaiki bab IV dan V	f
Sabtu, 31 Agustus	Perbaiki bab V	f
Senin, 2 September	ACC Seminar Hasil	f
Rabu, 11 September	ACC Sidang ACC sidang	f



## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. DATA PRIBADI

Nama : Suhardiansyah  
Jenis Kelamin : Laki – Laki  
Tempat , Tanggal Lahir : Pangkalan Brandan, 14 Juni 2002  
Alamat : LINGK 1 TEGAL REJO  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Email : [dian85056@gmail.com](mailto:dian85056@gmail.com)  
No HP : 0812-6242-0048

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Negeri 054942 Tegal Rejo Tahun 2008-2014
2. SMP Negeri 1 Gebang Tahun 2014-2017
3. SMA Negeri 1 Gebang Tahun 2017-2020
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020-2024