

**ANALISIS EFISIENSI GENERATOR PADA PLTU PABRIK  
GULA PT. KEBON AGUNG TRANGKIL**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan di susun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar S1 pada  
Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Sultan Agung



**Disusun oleh :**

**NUR ANDIANSYAH**

**30601800033**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

**2023**

**FINAL PROJECT**

**ANALYSIS OF GENERATOR EFFICIENCY AT SUGAR  
FACTORY PLTU PT. KEBON AGUNG TRANGKIL**

*Proposed was prepared to fulfill one of the requirements for obtaining an  
undergraduate degree in the Electrical Engineering Study Program, Faculty of  
Industrial Technology Sultan Agung Islamic University*



*Arranged by :*

**NUR ANDIANSYAH**

**30601800033**

**DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING**

**FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY**

**SULTAN AGUNG ISALMIC UNIVERSITY**

**SEMARANG**

**2023**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISIS EFISIENSI GENERATOR PADA PLTU PABRIK GULA PT. KEBON AGUNG TRANGKIL" ini disusun oleh:

Nama : NER ANDIANSYAH

NIM : 30601800033


Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

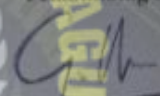
Hari : Senin

Tanggal : 7 Agustus 2023

Pembimbing I


  
Dedi Nugroho, S.T., M.T.  
NIDN : 0617126602

Pembimbing II

  
Gunawan, S.T., M.T.  
NIDN : 0607117101

UNISSULA

Mengetahui,  
Kep. Program Studi Teknik Elektro

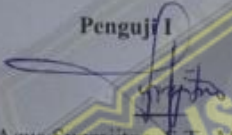
  
Jenny Putri Hapsari, S.T., M.T.  
NIDN : 0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

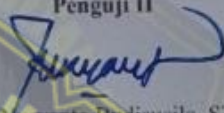
Laporan Tugas Akhir dengan judul "ANALISIS EFISIENSI GENERATOR PADA PLTU PABRIK GULA PT. KEBON AGUNG TRANGKIL" ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Senin  
Tanggal : 7 AGUSTUS 2023

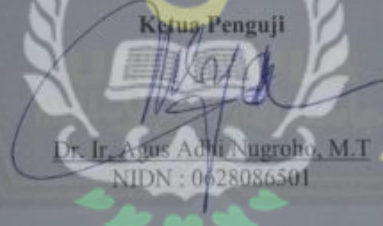
Penguji I

  
Agus Suprajitno, S.T., M.T.  
NIDN : 0619076401

Penguji II

  
Dr. Eka Muryanto Budisusila, ST., M.T.  
NIDN : 0619107301

Ketua Penguji

  
Dr. Ir. Agus Adhi Nugroho, M.T.  
NIDN : 0628086501

**UNISSULA**

جامعة سلطان أبجويج الإسلامية

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Andiansyah  
NIM : 30601800033  
Fakultas : TEKNOLOGI INDUSTRI  
Program Studi : SI TEKNIK ELEKTRO


Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Elektro di Fakultas Teknologi UNISSULA Semarang dengan judul "ANALISIS EFISIENSI GENERATOR PADA PLTU PABRIK GULA PT. KEBON AGUNG TRANGKIL." adalah asli (orisinal) dan bukan menjiplak (plagiat) dan belum pernah diterbitkan/dipublikasikan dimanapun dalam bentuk apapun baik sebagian atau keseluruhan, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian surat pernyataan ini buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab. Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa Karya Tugas Akhir tersebut adalah hasil karya orang lain atau pihak lain, maka bersedia dikenakan sanksi akademis.

Semarang, Agustus 2023

Yang Menyatakan

Mahasiswa

  
Nur Andiansyah

NIM. 30601800033



## PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Andiansyah

NIM : 30601800033

Program studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknologi Industri

Alamat Asal : Pecangaan Kulon Rt. 01 Rw. 06 Pecangaan Jepara

No.HP / Email: 0895410388538 / [nur\\_andiansyah@std.unissula.ac.id](mailto:nur_andiansyah@std.unissula.ac.id)

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul:  
**"ANALISIS EFISIENSI GENERATOR PADA PLTU PABRIK GULA PT.  
KEBON AGUNG TRANGKIL"**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan diinternet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai hak cipta. Pernyataan ini buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, Agustus 2023

Yang Menyatakan,

Mahasiswa



Nur Andiansyah

NIM. 30601800033

## **PERSEMBAHAN**

Pertama,

Tugas Akhir ini akan persembahkan kepada kedua orang tua yang cintai dan yang sudah membesarkan, mendoakan, serta selalu mendukung dalam menyelesaikan studi hingga saat ini. Juga kakak dan adik-adik yang selalu menyemangati dan selalu memberikan motivasi sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.

Kedua,

Untuk diri sendiri terimakasih sudah berjuang, sudah bersemangat dan sudah kuat menyelesaikan studi perkuliahan selama ini dengan baik.

Ketiga,

Untuk Dosen Pembimbing dan seluruh Dosen Teknik Elektro yang selalu memberikan ilmu, saran dan bimbingannya.

Keempat,

Untuk teman – teman Teknik Elektro 2018 yang sudah membantu dan selalu memberikan dukungan. Dan teman iksan, kholis, kahfi, dan faza yang telah ikut serta membantu memberi saran terhadap tugas akhir saya. Serta linatus shifah yang selalu memberi dukungan dan semangat

## MOTTO

“Mulailah untuk mengubah diri sendiri atau tak akan ada yang berubah untukmu”

“Kunci semangat adalah diri sendiri”





## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan begitu banyak Taufik, Rahmat dan Hidayah-Nya kepada kita, sehingga peneliti dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Penulisan Tugas Akhir ini adalah salah satu syarat yang menjadi kewajiban untuk meraih Gelar Sarjana (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang, dengan judul Tugas Akhir yang peneliti ambil yaitu **“ANALISIS EFISIENSI GENERATOR PADA PLTU PABRIK GULA PT. KEBON AGUNG TRANGKIL”**.

Selesainya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan bimbingan serta doa dari berbagai pihak yang telah membantu dalam pembuatan karya ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak, Ibu, serta keluarga yang selalu mendoakan, menyemangati dan mendukung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.
2. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, ST, MT Selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST, MT Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Sultan Agung Semarang
4. Bapak Dedi Nugroho, ST., MT Selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan
5. Bapak Gunawan ST., MT Selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu selama proses bimbingan
6. Saudara M. Khoirul Faza yang telah mengizinkan untuk menganalisis hasil laporan kerja praktiknya
7. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan semangat kepada peneliti hingga Tugas Akhir ini dapat selesai
8. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya pembuatan tugas akhir maupun dalam penyusunan Tugas Akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir penulis menyadari bahwa masih jauh dari kata sempurna karena masih keterbatasan ilmu, pengalaman dan kemampuan peneliti. Oleh itu, saran serta kritik yang membangun dari pembaca akan menjadi masukan yang sangat berharga bagi peneliti. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua. Aamiin.

Semarang, Agustus 2023

**Nur Andiansyah**

**NIM. 30601800033**

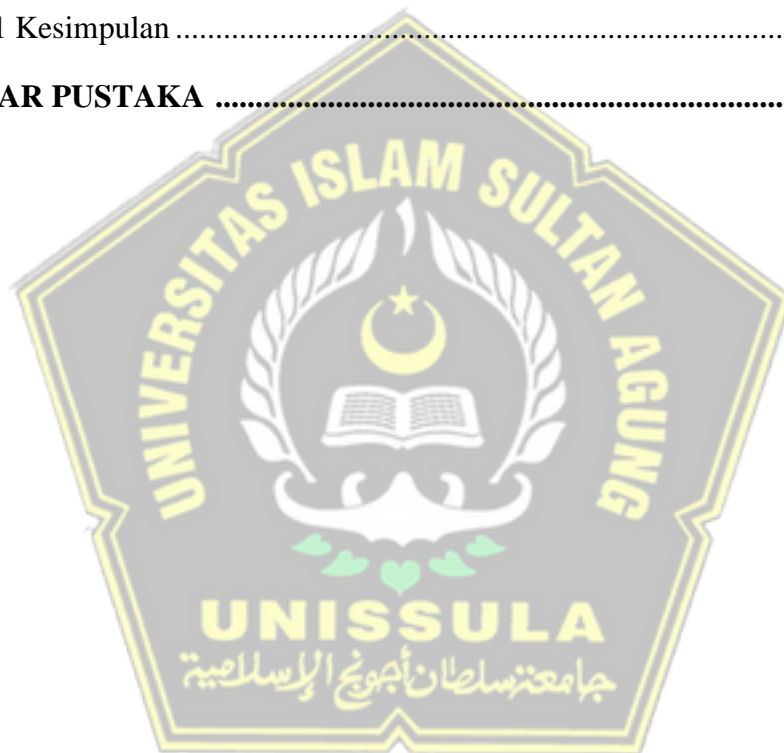


## DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR .....	1
<i>FINAL PROJECT</i> .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN UNGGAH KARYA ILMIAH .....	v
PERSEMBAHAN .....	vi
MOTTO .....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
ABSTRAK .....	xv
ABSTRAC .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	4
1.5 Manfaat .....	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori.....	10

2.2.1	Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) .....	10
2.2.2	Bagian-bagian PLTU.....	10
2.2.3	Komponen Penunjang PLTU .....	14
2.2.4	Segitiga Api.....	16
2.2.5	Ketel Uap.....	17
2.2.6	Nabati .....	18
2.2.7	Uap .....	19
2.2.8	Siklus Rankine.....	20
2.2.9	Putaran Turbin .....	21
2.2.10	Putaran Generator .....	22
2.2.11	Efisiensi Generator .....	22
2.2.12	Entalpi .....	23
2.2.13	Daya listrik .....	24
2.2.14	Energi listrik .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>26</b>
3.1	Model Penelitian .....	26
3.2	Objek Penelitian.....	26
3.3	Alat Dan Peralatan Dalam Penelitian .....	27
3.4	Spesifikasi Turbin Sinko.....	28
3.5	Spesifikasi Generator Sinko.....	29
3.6	Tahapan Penelitian.....	30
3.6.1	Metode Pengumpulan Data .....	30
3.6.2	Tahap Pengolahan Data.....	30
3.6.3	Tahap Validasi.....	30
3.6.4	Tahap Analisa.....	30
3.7	Langkah-langkah Penelitian.....	31
3.8	Flowchart .....	32
<b>BAB IV HASIL PEMBAHASAN .....</b>		<b>33</b>
4.1	Pengoprasian Turbin Uap Pada Generator Shinko .....	33

4.2 Nilai Data Penelitian dan Hasil Penelitian.....	33
4.2.1 Data Nilai Entalpi.....	34
4.2.2 Data Rata-rata Yang Dibangkitkan Generator.....	35
4.3 Perhitungan Daya Masukan Generator .....	36
4.4 Perhitungan Nilai efisiensi Pada Generator .....	38
4.5 Hasil dan Pembahasan .....	39
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>41</b>
5.1 Kesimpulan .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>



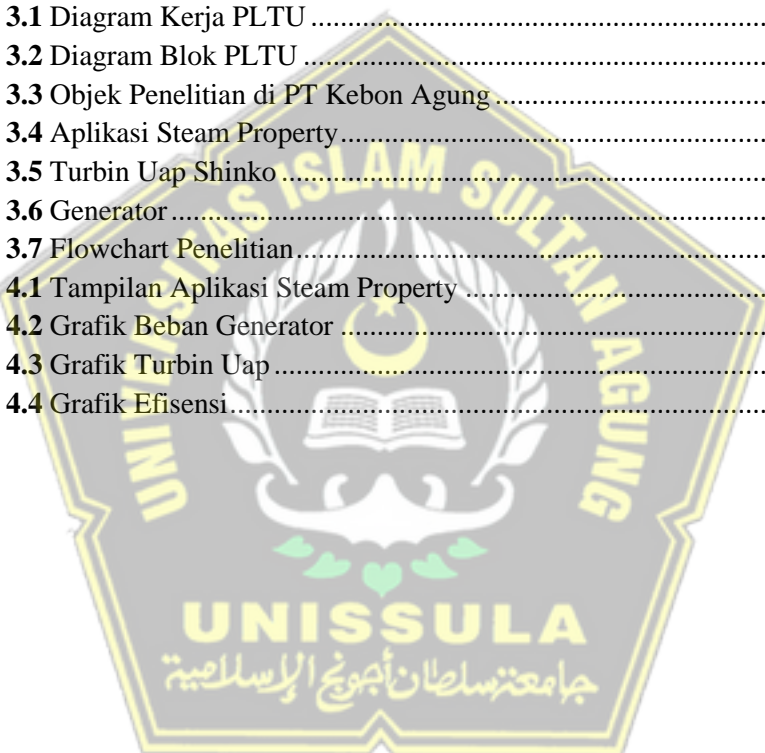
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1</b> Data Penelitian dan Hasil Penelitian .....	33
<b>Tabel 4. 2</b> Lanjutan tabel 4.1.....	34



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Boiler Pipa Air.....	11
<b>Gambar 2. 3</b> Boiler Pipa Api.....	12
<b>Gambar 2. 4</b> Skema rangkaian Turbin dan Generator.....	12
<b>Gambar 2. 5</b> Turbin Implus.....	13
<b>Gambar 2. 6</b> Turbin Reaksi.....	14
<b>Gambar 2. 7</b> Segitiga Api.....	16
<b>Gambar 2. 8</b> Ketel Uap.....	17
<b>Gambar 2. 9</b> Siklus Rankine.....	20
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Kerja PLTU.....	26
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Blok PLTU.....	26
<b>Gambar 3.3</b> Objek Penelitian di PT Kebon Agung.....	27
<b>Gambar 3.4</b> Aplikasi Steam Property.....	28
<b>Gambar 3.5</b> Turbin Uap Shinko.....	28
<b>Gambar 3.6</b> Generator.....	29
<b>Gambar 3.7</b> Flowchart Penelitian.....	32
<b>Gambar 4.1</b> Tampilan Aplikasi Steam Property.....	35
<b>Gambar 4.2</b> Grafik Beban Generator.....	37
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Turbin Uap.....	37
<b>Gambar 4.4</b> Grafik Efisiensi.....	39



## ABSTRAK

*Kebutuhan daya listrik selalu meningkat. Hal ini sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, maka perlu adanya pembangkit listrik salah satunya PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). PLTU sendiri berada di pabrik gula PT. Kebon Agung Trangkil Pati.*

*Dalam proses produksi gula diperlukan suplai daya listrik yang berkualitas, hal ini karena apabila suplai listrik terganggu dapat mempengaruhi kualitas gula yang dihasilkan. Tentunya pada generator yang mensuplai mempengaruhi kinerja PLTU dalam menghasilkan daya listrik. Oleh karena itu perlu dilakukan efisiensi generator apakah generator masih dalam keadaan andal atau tidak.*

*Hasil kajian didapatkan nilai efisiensi Generator Shinko 3 MW tertinggi 98,5% dan penurunan nilai terendah sebesar 94,5% dalam 1 hari atau 24 jam operasi. Perubahan pada beban yang dialami oleh generator dapat mempengaruhi efisiensinya. Jika terjadi fluktuasi beban yang signifikan, generator tidak beroperasi pada titik kerja yang paling efisien, yang dapat mengakibatkan penurunan efisiensi. Stabilitas beban juga penting agar generator dapat menjaga konsistensi dan efisiensi operasinya.*

**Kata kunci:** daya listrik, efisiensi generator, PLTU





## ABSTRAC

*The need for electric power is always increasing. This is very important in meeting the needs of electrical energy, it is necessary to have a power plant, one of which is a PLTU (Steam Power Plant). The PLTU it self is in the sugar factory of PT. Kebon Agung Trangkil Pati.*

*In the process of sugar production, a quality supply of electricity is required, this is because if the electricity supply is disrupted it can affect the quality of the sugar produced. Of course, the generator that supplies it affects the performance of the PLTU in generating electricity. Therefore it is necessary to do generator efficiency whether the generator is still in a reliable state or not.*

*The results of the study obtained the highest efficiency value of the 3 MW Shinko Generator of 98.5% and the lowest decrease in value of 94.5% in 1 day or 24 hours of operation. Changes in the load experienced by the generator can affect its efficiency. In the event of significant load fluctuations, the generator does not operate at its most efficient working point, which can result in reduced efficiency. Load stability is also important so that the generator can maintain its consistent and efficient operation.*

**Keyword:** *electrical energy, generator efficiency, PLTU*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan zaman yang semakin pesat, berbagai kemajuan seperti teknologi yang semakin canggih dan dunia kini menuntut terpenuhinya aspek kecepatan, ketepatan dan efisiensi sehingga semua pihak dituntut untuk terus menghasilkan inovasi terbaru yang mengarah pada peningkatan permintaan energi listrik[1].

Apalagi selama ini energi listrik masih sangat bergantung pada bahan bakar fosil yang jumlahnya semakin hari semakin menipis, maka dari itu dengan kondisi seperti ini sangat perlu energi alternative yang efisien dan ramah lingkungan salah satu contohnya yaitu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar limbah ampas tebu[2].

PT. Kebon Agung Trangkil merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri lebih tepatnya adalah memproduksi gula, Gula menunjukkan komoditas strategis mengingat keberadaannya sebagai salah satu dari Sembilan bahan kebutuhan pokok masyarakat peningkatan jumlah penduduk, beragamnya makanan dan minuman dan pembeda rasa telah memacu existensi kebutuhan gula. PT. Kebon Agung merupakan perusahaan yang memproduksi pada pembuatan bidang pembuatan gula. Kelebihan PT. Kebon Agung yaitu pada pemasaran produk dalam dan luar negeri. Salah satu produk yang paling diminati Gula Kristal Putih (GKP) kualitas 1, Salah satu produk andalan dari PG Trangkil adalah Gula SHS. Kepanjangan SHS adalah Superium Hoofd Suiker (Bahasa Belanda: Gula kepala kelas super). Istilah SHS berasal dari penamaan Belanda karena mayoritas pabrik gula di Indonesia merupakan peninggalan dari kolonial Belanda, sehingga istilah yang diberikan oleh Belanda masih digunakan. Gula yang diproduksi PG Trangkil dikemas dalam bentuk karung dengan berat bersih (netto) 50 kilogram. Kualitas atau mutu gula yang diproduksi sudah melalui uji coba dan sertifikasi Standart Nasional Indonesia (SNI). Selain itu juga telah bersertifikat Halal dari

MUI yang menjadikan produk gula kristal ini benar-benar aman untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Perusahaan yang bergerak pada industri manufaktur ini mampu menghasilkan gula untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dengan rata-rata produksi 1.200 kuintal per hari. Dari data pengamatan yang dilakukan pada tahun 2016 sampai 2018 memproduksi sebesar 920.550 kuintal[3].

PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Komponen utama dalam PLTU adalah turbin uap dan generator. Turbin uap berfungsi mengubah tenaga uap menjadi tenaga mekanis atau gerak berupa putaran untuk memutar poros generator. Sedangkan pada generator berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik dengan mengkonversi energi mekanis menjadi listrik.

Dalam proses produksi gula diperlukan suplai daya listrik yang berkualitas, hal ini karena apabila suplai listrik terganggu dapat mempengaruhi kualitas gula yang dihasilkan. Tentunya pada generator yang mensuplai mempengaruhi kinerja PLTU dalam menghasilkan daya listrik, Karena PLTU kebun agung Trangkil merupakan penyuplai terbesar daya listrik, maka keandalannya harus terjaga. Untuk menjaga kestabilan listrik diperlukan efisiensi guna mengetahui tingkat penggunaan sumber daya dalam suatu proses. Semakin besar efisiensi generasinya maka keandalan sistem juga semakin baik dalam penyaluran daya listrik[4].

Arus listrik mengalir saat generator terhubung ke beban. Besarnya arus listrik yang mengalir tergantung pada besarnya hambatan ke beban. Pengoperasian generator dituntut suatu kestabilan agar dapat bekerja secara optimal. Perubahan beban menyebabkan ketidakstabilan generator yang dapat mempengaruhi efisiensi generator.

Efisiensi dari generator akan mempengaruhi kinerja dari sistem PLTU. Semakin besar efisiensi generasinya maka keandalan sistem juga semakin baik. Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran atau daya yang dibangkitkan generator dengan daya masukan generator. Daya masukan

generator sama dengan daya yang dihasilkan oleh turbin karena turbin dengan generator dikopel dan bekerja bersama[5].

Terkait meningkatkan kinerja PLTU di PT KEBON AGUNG Trangkil diperlukan efisiensi generator guna mengetahui apakah generator tersebut dalam keadaan kondisi baik atau tidak .

### **1.2 Perumusan Masalah**

Dalam penyusunan penelitian ini setelah melakukan observasi, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi pengaruh nilai tekanan dan nilai temperatur terhadap efisiensi generator.
2. Bagaimana mencari nilai entalpi dengan menggunakan *software steam property* guna untuk perhitungan daya turbin uap
3. Bagaimana cara untuk mengetahui efisiensi generator sinko dan pengaruhnya.

### **1.3 Pembatasan Masalah**

Untuk membatasi materi yang akan dibicarakan pada tugas akhir ini, maka dibuat Batasan masalah yang akan diteliti. Hal ini bertujuan agar materi dan cakupan studi dari tugas akhir ini dapat mencapai hasil yang memuaskan. Adapun yang menjadi Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan untuk mengetahui keandalan generator dalam suplai energy listrik yang dihasilkan.
2. Studi kasus tidak dilakukan secara langsung di PT. Kebon Agung Trangkil
3. Tidak membahas proses uap diboiler, hanya membahas uap jadi yang masuk ke turbin generator.

#### 1.4 Tujuan

Adapun Tujuan penelitian yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi variabel-variabel pada Tekanan dan Temperatur turbin pada efisiensi generator.
2. Melakukan pencarian nilai entalpi dengan menggunakan *software steam property* sehubungan perhitungan daya turbin uap .
3. Melakukan efisiensi generator guna mengetahui kondisi generator tersebut.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulis tugas akhir kondisi generator dapat terjaga keandalannya sehingga energy listrik yang dihasilkan generator akan maksimal.

#### 1.6 Sistematika Penelitian

Untuk memudahkan dalam penyusunan tugas akhir ini maka penulis membuat sistematika sebagai berikut :

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Dalam bab ini berisikan latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Membahas secara umum mengenai tinjauan pustaka yang pernah dilakukan, dasar teori dan komponen yang bersangkutan PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) seperti Generator, Turbin uap dan rumus pada perhitungan.

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Menerangkan tentang model penelitian, objek penelitian, data penelitian, dan langkah – langkah dalam penelitian.

**BAB IV : HASIL PEMBAHASAN**

Menjelaskan tentang pembahasan data dan analisa yang didapatkan dari hasil penelitian dan pengolahan data yang diperoleh.

**BAB V : PENUTUP**

Dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai penutup tugas akhir ini.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Beberapa penelitian tentang Analisis Efisiensi Generator telah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, antara lain:

- a. Dilakukan oleh Najamudin dengan judul “Pengaruh Tekanan Masuk Dan Tekanan Keluar Turbin Terhadap Daya Penggerak Generator” penelitian ini dilakukan dengan acuan sistem turbin uap dan siklus termodinamika turbin uap dengan hasil Tekanan uap masuk dan tekanan uap keluar turbin saat operasi lebih kecil dari pada kondisi spesifikasinya akibatnya menimbulkan penurunan enthalpy. Heat Drop pada kondisi operasi lebih kecil dari pada kondisi spesifikasi. Hal ini disebabkan tekanan masuk dan keluar turbin lebih kecil dari pada tekanan pada spesifikasi sehingga proses penurunan enthalpy pada kondisi operasi lebih kecil bila dibandingkan kondisi spesifikasi. Daya efektif yang dihasilkan turbin uap pada kondisi operasi ternyata lebih kecil bila dibandingkan daya efektif turbin pada spesifikasi, hal ini disebabkan kondisi tekanan uap masuk dan uap keluar turbin yang lebih kecil dari spesifikasinya yang menyebabkan penurunan Heat Drop dan akan menimbulkan penurunan daya efektif turbin. Tekanan uap masuk dan tekanan uap keluar turbin sangat besar pengaruhnya terhadap daya yang dihasilkan turbin. Akibat dari penurunan tekanan uap masuk dan tekanan uap keluar turbin pada saat operasi maka hasilnya akan menyebabkan daya efektif turbin menurun juga. Untuk meningkatkan efisiensi dan daya efektif turbin yaitu dengan cara menaikkan tekanan dan temperatur masuk serta menurunkan tekanan dan temperatur keluar turbin[6].
- b. Dilakukan oleh Marlon Hetharia dan Yolanda J Lewerissa Penelitian dilakukan dengan data-data teknis (variable desain) berupa data kesetimbangan eksergi serta data-data untuk kepentingan analisis. Kemudian Membuat pemodelan siklus uap (steam cycle) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan menggunakan program Cycle-Tempo untuk

dapat mengetahui besarnya prestasi (energi) yang dihasilkan oleh siklus Uap (steam cycle) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) pada berbagai kondisi dengan menggunakan program Cycle-Tempo. Perhitungan laju kesetimbangan energi pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Jumlah energi yang dapat ditransfer untuk menghasilkan energi listrik maksimum adalah 8351,95 kW atau sekitar 21,14%. Dengan perhitungan berdasarkan hukum pertama termodinamika dimana daya yang dibangkitkan sebesar 8351,95 kW dan absorpsi energi pada boiler dari hasil pembakaran sebesar 36088,89 kW diperoleh efisiensi termal siklus sebesar 22,44% [7].

- c. Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Sidiq, dengan judul “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Menggunakan Ampas Tebu Dari PT Madu Baru Yogyakarta” Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, diperoleh nilai NPV sebesar Rp. 434.027.530.300, nilai IRR sebesar 24,50 % dan nilai PP (payback period) adalah sebesar 0,43 tahun, artinya tingkat pengembalian investasi awal sangat cepat yaitu sekitar 3 Bulan dan tingkat kelayakan limbah ampas sebagai bahan bakar PLTU sangat tinggi. Menurut data hasil survey di lapangan [1].
- d. Pada penelitian yang dilakukan oleh Annisa Purwati, Prasetyono Eko Pambudi dan Wiwik Handajandi dengan judul “Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) “BAGASSE AS AN ALTERNATIVE FUEL IN STEAM POWER PLANTS” Ampas tebu memiliki kandungan kalori lebih kecil yaitu 4124,272 kal/g dibandingkan dengan bahan bakar lain yang biasa digunakan di Pusat listrik tenaga uap. Perbandingan PLTU Ampas tebu ini lebih ekonomis bila dibandingkan dengan PLTU Batu Bara dalam hal biaya bahan bakar. Sehingga didapatkan, biaya pembangkitan total PLTU Ampas tebu ini adalah Rp. 4.600.000/jam lebih ekonomis bila dibandingkan dengan PLTU Batu bara, yaitu Rp. 14.809.538,7/jam) [2].
- e. Briliana Kurniasari, Ir. Wiwik Handajadi, M. Eng, dan Slamet Hani, S.T., M.T dengan Judul “Analisa Efisiensi Turbin Generator Berdasarkan Kualitas Daya



Pada PLTU Pabrik Gula Madu Kismo” Dari hasil yang telah didapat apabila nilai efisiensi generator mengalami penurunan, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya seperti kemampuan menurunnya kinerja dari generator maupun meningkatnya rugi-rugi yang ada pada generator tersebut seperti rugi-rugi mekanik. Selain itu pada tahun 2016 efisiensi generator terus mengalami penurunan hal ini juga dipengaruhi oleh kualitas ampas tebu yang dihasilkan. Ampas tebu yang dihasilkan tahun 2016 sangat melimpah tetapi memiliki kualitas yang cukup buruk karena ampas tebu basah, hal ini dipengaruhi oleh musim penghujan yang terjadi pada saat itu[8].

- f. M. Chaerul Amin, Arif Johar Taufiq dan Itmi Hidayat Kurniawan. Dengan judul “ Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Pembangkit Listrik Biomassa Di PG. Sragi Pekalongan” Kesimpulan dari hasil penelitian di Pabrik Gula Sragi Pekalongan adalah Potensi biomassa limbah ampas tebu sudah dapat memenuhi kebutuhan energi listrik di Pabrik Gula Sragi Pekalongan dengan konsumsi feedstock biomass atau bahan mentah sebesar 68.445,12 ton/ tahun. Konsumsi energi listrik di PG. Sragi Pekalongan pada musim giling sebesar 481,5 kW perjam dan pada saat PG. Sragi Pekalongan tidak musim energy listrik sebesar 41,3 kW perjam. Hasil dari ampas tebu PG. Sragi Pekalongan setelah melakukan perhitungan mendapatkan daya energy listrik sebesar 30,48 MW per jam. Proses mendapatkan ampas tebu dari bahan tebu untuk menjadi ampas tebu (bagasse) yaitu sebesar 27-30% dari tebu giling. Limbah ampas tebu ini dimanfaatkan oleh PG. Sragi[9].
- g. Priyatno dan Santhi Wilastari dengan judul “Faktor-Faktor Penyebab Menerunya Kinerja Boiler di PT.Papertech Indonesia” Ketel uap (boiler) adalah sebuah alat yang memiliki fungsi untuk menghasilkan uap panas, dimana memiliki dua bagian yang sangat penting yaitu dapur pemanasan yang mana pemanas didapat dari pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar, dan boiler proper yaitu sebuah alat yang mengubah air menjadi uap panas. Uap panas yang dihasilkan kemudian disirkulasikan dari ketel untuk berbagai

proses kebutuhan pabrik. Untuk menjaga kinerja boiler agar tetap stabil dan produksi uap tetap terpenuhi maka dilakukannya perawatan bulanan pada boiler itu sendiri. Karena boiler tersebut adalah boiler batubara pipa api (fire tube boiler) tekanan rendah type ALSTOM dimana gas panas tersebut yang mengalir pada tangki digunakan untuk memanaskan air di tangki[10].

- h. Christian Tallu Karaeng, Iswandi, Firman, Muh. dengan judul "Analisis Kinerja Boiler Pada PLTU Unit 1 PT. Semen Tonasa" Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, maka beberapa hal yang dapat dijadikan kesimpulan yaitu: efisiensi boiler unit 1 PLTU PT. Semen Tonasa mengalami penurunan sebesar 6,04 %, dimana pada kondisi operasi tahun 1997 efisiensi boiler unit 1 sebesar 91 %, sedangkan efisiensi boiler kondisi operasi sekarang (2012) sebesar 84,96 %. Faktor-faktor penyebab penurunan efisiensi boiler di PLTU unit 1 PT. Semen Tonasa ialah: nilai kalor dari batu bara, kandungan air dalam batu bara, temperatur gas buang kering, temperatur udara pembakaran, serta umur pakai (life time) dari boiler. Faktor penurunan efisiensi terbesar terletak pada kehilangan panas yang diakibatkan oleh gas buang kering. Sebagaimana pada kondisi operasi tahun 2004 sebesar 5,59 % dan pada kondisi operasi sekarang (2012) sebesar 5,79% atau meningkat sebesar 0,20 % . Pengurangan atau penambahan beban dari beban rancangan akan menurunkan unjuk[11].
- i. Soelaiman, Sofyan, Novy Priyantod dengan judul "Analisa Prestasi Kerja Turbin Uap Pada Beban Yang Bervariasi" kerja suatu Turbin yang dalam hal ini dilihat dari nilai konsumsi kalor per daya yang dihasilkan terminal generatornya atau Heat Rate Turbin pada variasi titik pembebanan tertentu. Dengan mengetahui prestasi kerja Turbin pada beban yang bervariasi maka dapat mengetahui batas-batas (range) beban yang masih dapat dipikul oleh suatu Turbin uap dengan Heat Rate Turbin yang cukup rendah. Pada kondisi normal Turbin unit 1 - 4 UBP Suralaya memiliki unjuk kerja yang baik pada beban operasi puncak 400 MW atau lebih, dimana pada beban tersebut konsumsi kalor turbin atau Heat Rate Turbin cukup rendah berkisar

antara  $1833,278 \pm 1871,901$  Kcal/kWh. Heat Rate tertinggi terjadi bila turbin dioperasikan pada beban rendah 260 MW dengan nilai Heat Rate mencapai 1958,554 Kcal/kWh[12].

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

Merupakan pembangkit mengandalkan energi kinetik dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah Generator yang seporos dengan turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari uap panas/kering. Pembangkit listrik tenaga uap menggunakan berbagai macam bahan bakar salah satunya ampas tebu dan yang paling banyak digunakan adalah batu bara.



Gambar 2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

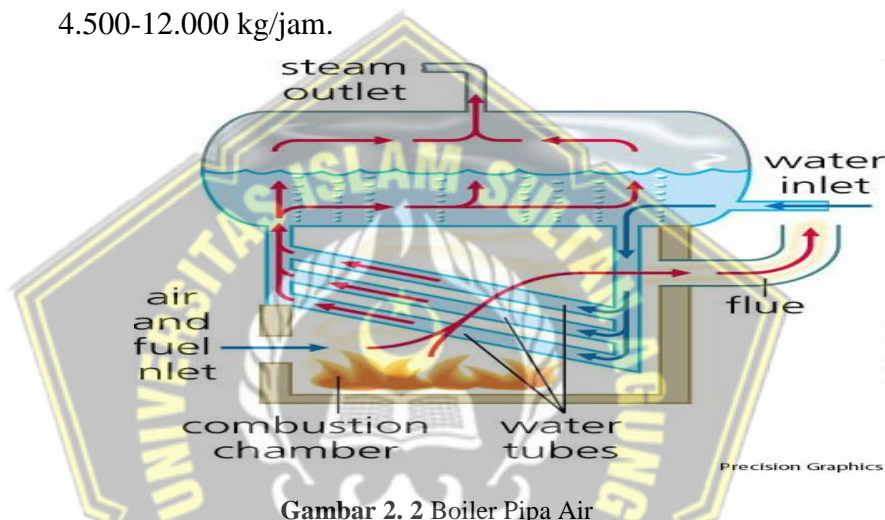
### 2.2.2 Bagian-bagian PLTU

#### 1. Boiler

Berfungsi untuk mengubah air (feedwater) menjadi uap panas lanjut (superheated steam) yang akan digunakan untuk memutar turbin dan boiler berperan menghasilkan uap dan terbagi 2 jenis yaitu:

a. Boiler Pipa Air (Water Tube Boiler)

Boiler pipa air, yaitu ketel uap dengan air atau uap berada di dalam pipa-pipa atau tabung dengan pipa api atau asap berada diluarnya. Di dalam water tube boiler, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk ke dalam drum. Steam terbentuk karena sirkulasi air yang dipanaskan oleh gas pembakar yang terjadi di daerah uap di dalam drum. Sebagai ketel yang sudah sangat modern, water tube boiler biasanya dirancang dengan tekanan sangat tinggi dan memiliki kapasitas steam antara 4.500-12.000 kg/jam.



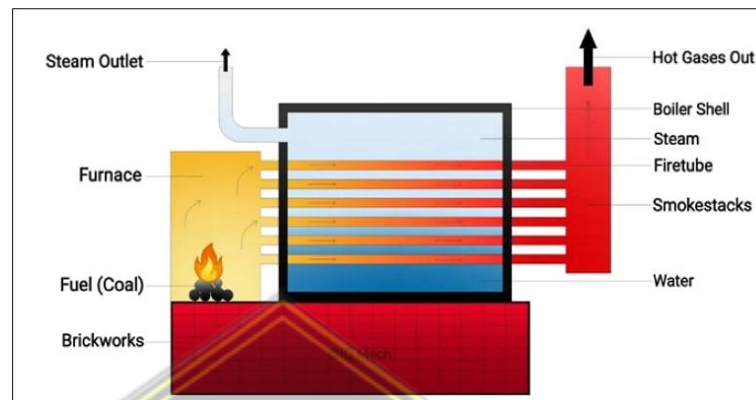
Gambar 2. 2 Boiler Pipa Air

b. Boiler Pipa Api ( Fire Tube Boiler)

Boiler pipa api merupakan pengembangan dari ketel lorong api dengan menambah pemasangan pipa-pipa api, dimana gas panas hasil pembakaran dari ruang bakar mengalir didalamnya, sehingga akan memanasi dan menguapkan air yang berada di sekeliling pipa-pipa api tersebut.

Boiler yang tergolong dalam jenis fire tube boiler adalah jenis boiler kecil yang sederhana dan pada umumnya memiliki kapasitas 10 Ton/jam dengan tekanan 16 kg/cm<sup>2</sup> , jadi tergolong ke dalam boiler bertekanan rendah, karena kapasitas, tekanan, dan temperature uap yang dihasilkan rendah maka fire tube boiler jarang digunakan untuk pengolahan modern. Kekurangannya adalah lambat dalam mencapai

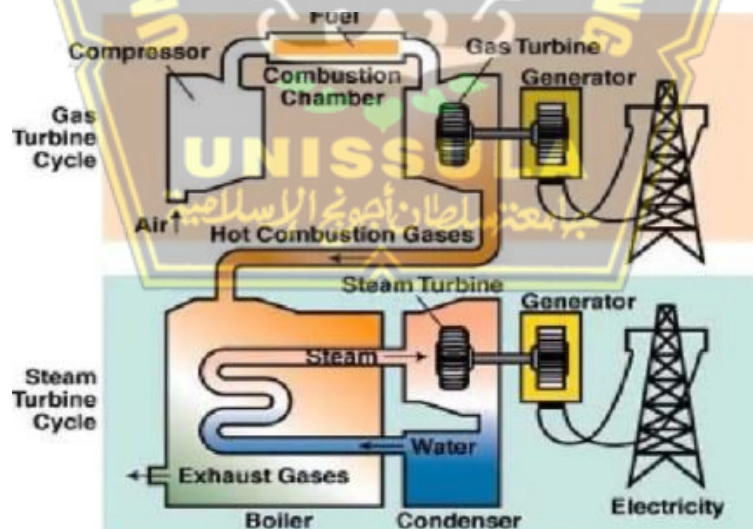
tekanan operasi pada awal operasi, dan keuntungan menggunakan boiler ini adalah fleksibel terhadap perubahan beban secara cepat.



Gambar 2. 3 Boiler Pipa Api

## 2. Turbin Uap

Berfungsi untuk mengkonversi energy panas yang dikandung menjadi energy putar (energy mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketikan turbin berputar generator juga ikut berputar dan terbagi menjadi 2 jenis:



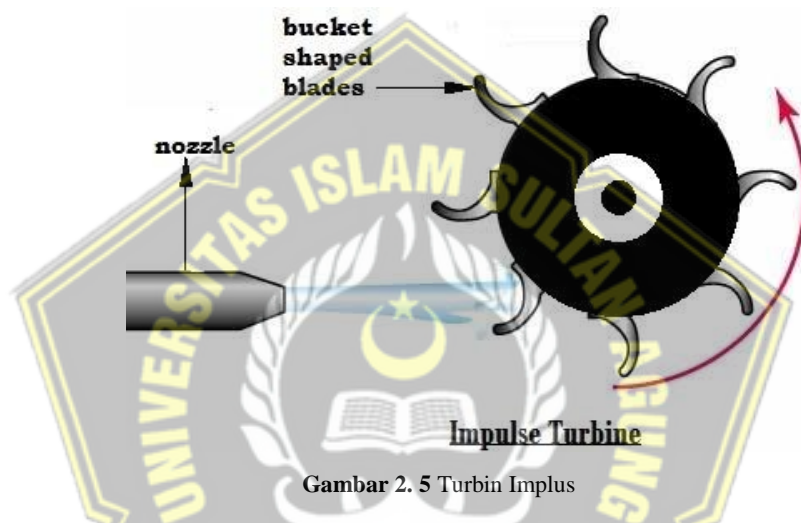
Gambar 2. 4 Skema rangkaian Turbin dan Generator

### a. Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin yang mengandalkan besarnya tekanan aliran air yang dihasilkan nozzle. Semakin besar tekanan aliran air maka

semakin kencang pula putaran turbinnnya. Turbin impuls cocok untuk diaplikasikan pada kondisi head (tinggi jatunya air) tinggi dengan aliran rendah.

Cara kerjanya, energi potensial air pada nozzle dikeluarkan sehingga menjadi energi kinetik air. Kemudian, semburan air atau energi kinetik air mengenai sudu-sudu turbin sehingga terciptalah putaran turbin atau energi mekanik turbin. Selanjutnya, energi mekanik turbin menggerakkan generator yang membuat terciptalah energi listrik.

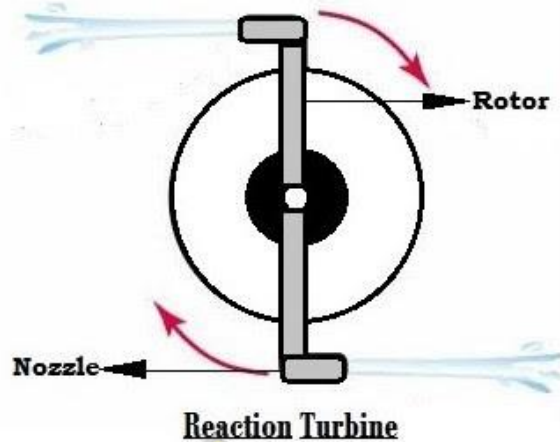


Gambar 2. 5 Turbin Implus

#### b. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang memaksimalkan kekuatan dari tekanan dan besarnya sebuah aliran air (energi kinetik). Semakin besar tekanan dan besarnya sebuah aliran air maka semakin cepat pula putaran turbin. Selain itu, karena semua sudu-sudu mendapatkan tekanan dari aliran air, membuat turbin reaksi memiliki efisiensi yang bagus. Turbin reaksi cocok digunakan pada kondisi head rendah dengan aliran besar.

Cara kerjanya, aliran air atau energi kinetik air menggerakkan turbin. Turbin yang berputar menghasilkan tenaga mekanik yang kemudian menggerakkan generator. Selanjutnya, generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Oh, iya. Pada turbin reaksi semua sudunya terendam aliran air yang membuat semua sudu mendapatkan tekanan, sehingga menjadikan turbin ini lebih efisien.



Gambar 2. 6 Turbin Reaksi

### 3. Kondensor

Berfungsi untuk mengkondisikan uap bekas turbin (uap yang telah digunakan untuk memutar turbin)

### 4. Generator

Berfungsi untuk mengubah energy putar dari turbin menjadi energy listrik

## 2.2.3 Komponen Penunjang PLTU

### 1. Desalination Plant (Unit Desal)

Peralatan ini berfungsi untuk mengubah air laut (brine) menjadi air tawar (fresh water) dengan metode penyulingan (kombinasi evaporasi dan kondensasi). Hal ini dikarenakan sifat air laut yang korosif, sehingga jika air laut tersebut dibiarkan langsung masuk ke dalam unit utama, maka dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan PLTU.

### 2. Reverse Osmosis (RO)

Mempunyai fungsi yang sama seperti desalination plant namun metode yang digunakan berbeda. Pada peralatan ini digunakan membran semi permeable yang dapat menyaring garam-garam yang terkandung pada air laut, sehingga dapat dihasilkan air tawar seperti pada desalination plant.

### 3. Demineralizer Plant (Unit Demin)

Berfungsi untuk menghilangkan kadar mineral (ion) yang terkandung dalam air tawar. Air sebagai fluida kerja PLTU harus bebas dari mineral, karena jika air masih mengandung mineral berarti konduktivitasnya masih

tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya GGL induksi pada saat air tersebut melewati jalur perpipaan di dalam PLTU. Hal ini dapat menimbulkan korosi pada peralatan PLTU.

**4. Hidrogen Plant (Unit Hidrogen)**

Pada PLTU digunakan hydrogen ( $H_2$ ) sebagai pendingin Generator.

**5. Chlorination Plant (Unit Chlorin)**

Berfungsi untuk menghasilkan senyawa natrium hipoclorit ( $NaOCl$ ) yang digunakan untuk memabukkan/melemahkan/mematikan sementara mikro organisme laut pada area water intake. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya pengerakkan (scaling) pada pipa-pipa kondensor maupun unit desal akibat perkembangbiakan mikro organisme laut tersebut.

**6. Auxiliary Boiler (Boiler Bantu)**

Pada umumnya merupakan boiler berbahan bakar minyak (fuel oil), yang berfungsi untuk menghasilkan uap (steam) yang digunakan pada saat boiler utama start up maupun sebagai uap bantu (auxiliary steam).

**7. Coal Handling (Unit Pelayanan Batubara)**

Merupakan unit yang melayani pengolahan batubara yaitu dari proses bongkar muat kapal (ship unloading) di dermaga, penyaluran ke coalyard sampai penyaluran ke coal bunker.

**8. Ash Handling (Unit Pelayanan Abu)**

Merupakan unit yang melayani pengolahan abu baik itu abu jatuh (bottom ash) maupun abu terbang (fly ash) dari Electrostatic Precipitator hopper dan SDCC (Submerged Drag Chain Conveyor) pada unit utama sampai ke tempat penampungan abu (ash valley/ash yard).

Setiap komponen utama dan peralatan penunjang dilengkapi dengan sistem-sistem dan alat bantu yang mendukung kerja komponen tersebut. Gangguan atau malfunction dari salah satu bagian komponen utama akan dapat menyebabkan terganggunya seluruh sistem PLTU.



### 2.2.4 Segitiga Api

Segitiga api digambarkan dengan segitiga sama sisi yang menunjukkan bahwa ada tiga unsur yang harus ada untuk terbentuknya api. Ketiga unsur dalam teori segitiga api itu adalah bahan bakar (fuel), sumber panas atau api (heat), dan oksigen. Bahan bakar adalah segala unsur baik gas, padat, atau cair yang dapat terbakar.



Gambar 2. 7 Segitiga Api

#### 1. Terbentuknya Api

Terbentuknya api adalah suatu proses reaksi kimiawi yang menghasilkan panas, cahaya, dan berbagai hasil reaksi kimia lainnya. Reaksi kimiawi ini disebut dengan oksidasi. Ini merupakan proses dimana molekul oksigen bereaksi dengan unsur lain dan saling melepaskan elektron hingga terjadinya api. Api merupakan energi yang memiliki intensitas bervariasi, memiliki cahaya, serta panas yang bisa menimbulkan asap. Intensitas ini akan menunjukkan penyebab terbentuknya api.

#### 2. Teori Segitiga Api

Terbentuknya api tidak bisa sembarangan. Api hanya bisa muncul juga elemen-elemennya terpenuhi. Elemen pembentuk api disebut dengan teori segitiga api. Segitiga api digambarkan dengan segitiga sama sisi yang menunjukkan bahwa ada tiga unsur yang harus ada untuk terbentuknya api. Ketiga unsur dalam teori segitiga api itu adalah bahan bakar (fuel), sumber panas atau api (heat), dan oksigen. Bahan bakar adalah segala unsur baik gas, padat, atau cair yang dapat terbakar. Selain itu, api tidak akan muncul jika tidak ada salah satu unsur ketiganya.

### 2.2.5 Ketel Uap

Ketel uap atau boiler adalah alat konversi energi yang mengubah air menjadi uap dengan cara pemanasan. Panas yang dibutuhkan air untuk penguapan tersebut diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada ruang bakar ketel uap. Uap atau energi kalor yang dihasilkan ketel uap tersebut dapat digunakan pada semua peralatan yang membutuhkan uap di pabrik kelapa sawit terutama turbin.



Gambar 2. 8 Ketel Uap

Satu cara yang dianggap paling efektif untuk mengetahui performa boiler secara lebih presisi adalah dengan menghitung Efisiensi Fuel-to- Steam-nya (biasa pula disebut dengan efisiensi bahan bakar uap air). Selain memperhatikan efektifitas boiler sebagai heat exchanger (efisiensi internal), perhitungan efisiensi bahan bakar boiler juga memperhatikan adanya losses (kerugian) akibat adanya perpindahan panas radiasi dan konveksi. Efisiensi bahan bakar boiler memperhatikan dengan sangat teliti jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan, sehingga sangat tepat digunakan sebagai bahan analisa ekonomis boiler.

Terdapat dua metode pengkajian efisiensi boiler: Metode Langsung: energi yang didapat dari fluida kerja (air dan uap) dibandingkan dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar boiler. Metode Tak Langsung: efisiensi merupakan perbedaan antara kehilangan dan energi yang masuk.

### 2.2.6 Nabati

Bahan bakar nabati, yang juga dikenal dengan biomassa, merupakan sumber energi yang dihasilkan dari bahan organik tumbuhan ataupun hewan. Dua jenis bahan bakar nabati yang paling sering digunakan adalah etanol dan biodiesel. Etanol berasal dari tumbuhan. Proses kimia yang disebut sebagai fermentasi adalah salah satu metode paling sering digunakan untuk mengubah biomassa menjadi etanol. Selama proses fermentasi, gula pada tumbuhan menghasilkan etanol melalui proses metabolisme. Biodiesel dihasilkan dari minyak nabati atau kotoran hewan. Hampir semua biodiesel dihasilkan melalui proses yang disebut transesterifikasi, yaitu reaksi kimia minyak nabati atau kotoran hewan dengan alkohol seperti metanol atau etanol. Reaksi ini menghasilkan biodiesel dan gliserin.

Salah satunya ampas tebu sebagai limbah pabrik gula merupakan salah satu bahan lignoselulosa yang potensial untuk dikembangkan menjadi sumber energi seperti bioetanol. Konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol mendapat perhatian penting karena bioetanol dapat digunakan untuk mensubstitusi bahan bakar bensin untuk keperluan transportasi. Bahan lignoselulosa, termasuk dari ampas tebu terdiri atas tiga komponen utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Konversi bahan lignoselulosa menjadi etanol pada dasarnya terdiri atas perlakuan pendahuluan, hidrolisis selulosa menjadi gula, fermentasi gula menjadi etanol, dan pemurnian etanol melalui proses distilasi dan dehidrasi. Biaya produksi etanol masih cukup tinggi.

Oleh karena itu, berbagai penelitian dilakukan untuk memperbaiki proses produksi mulai dari tahap perlakuan pendahuluan, hidrolisis selulosa, fermentasi gula menjadi etanol sampai dengan pemurnian etanol. Dengan memerhatikan potensi biomassa lignoselulosa, khususnya ampas tebu sebagai bahan dasar bioetanol, perlu dilakukan pengkajian terhadap hasil-hasil penelitian dalam upaya pemanfaatan bahan tersebut. Potensi perolehan etanol dari ampas tebu yang dihasilkan oleh pabrik gula di Indonesia mencapai 614.827 kL/tahun sehingga

berpeluang membantu upaya pemenuhan kebutuhan etanol untuk bahan bakar yang diperkirakan sekitar 1,10 juta kL.

Namun demikian, masih cukup banyak hambatan dan kendala untuk produksi dan aplikasi bioetanol dari biomassa lignoselulosa, termasuk dari ampas tebu, terutama penguasaan teknologi konversi biomassa lignoselulosa menjadi etanol dan biaya produksi yang masih tinggi. Diperlukan kebijakan pemerintah agar dapat mendorong pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan baku bioetanol, antara lain melalui penelitian dan pengembangan, pemberian insentif bagi pabrik gula yang memanfaatkan ampas tebu untuk bioetanol, dan subsidi harga etanol dari biomassa lignoselulosa.

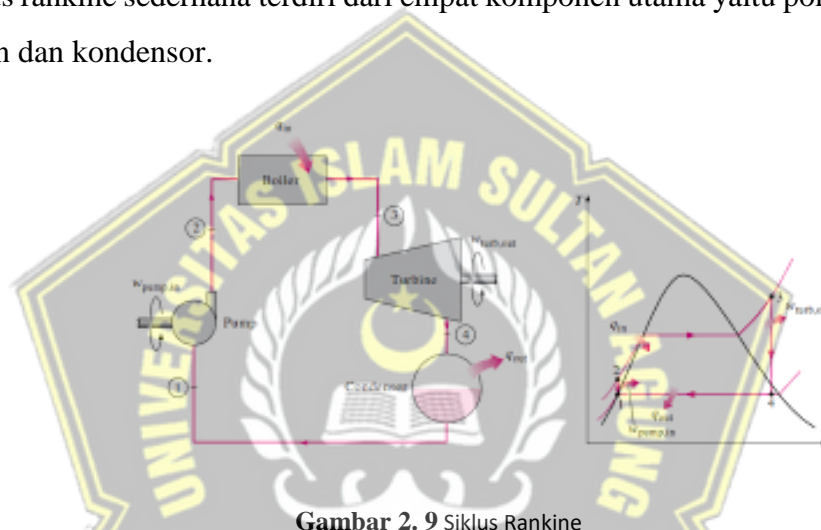
### **2.2.7 Uap**

Uap terdiri dari 3 jenis yaitu uap jenuh, uap kering dan uap basah, uap jenuh merupakan uap yang tidak mengandung bagian – bagian air yang lepas di mana pada tekanan tertentu berlaku suhu tertentu, jika uap kering yaitu uap yang didapat dengan pemanas lanjut dari uap jenuh di mana pada tekanan dan dapat di peroleh beberapa jenis uap kering dengan suhu yang berlainan, sedangkan uap basah adalah uap jenuh yang bercampur dengan bagian bagian air yang halus yang temperaturnya sama. Kualitas uap yang dihasilkan oleh boiler ini tentunya sangat mempengaruhi kinerja turbin uap dan keseluruhan siklus pembangkit. Hal ini terjadi karena jika uap yang diproduksi oleh suatu boiler tidak sesuai dengan standar pembangkit, maka hal tersebut akan mengganggu kinerja turbin uap dan akhirnya akan mengganggu dan mengurangi efisiensi dari turbin uap dan siklus pembangkit. Siklus uap yang di gunakan pada PLTU PT.Kebon Agung Trangkil adalah siklus rankine. Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Air yang di gunakan untuk memproduksi uap adalah air yang panas selanjutnya akan di treatment agar memperoleh air demin. Selanjutnya air demin tersebut di salurkan ke dalam boiler. Uap yang di gunakan untuk memutar generator adalah uap yang telah melalui beberapa tahap dari high pressure turbin, intermediet pressure turbin, dan low pressure turbin agar

mendapat kualitas uap yang bagus, kualitas uap yang di butuhkan untuk memutar turbin adalah uap kering.

### 2.2.8 Siklus Rankine

Siklus merupakan sebuah rangkaian proses yang mana dimulai dari suatu tingkat kondisi yang akan kembali ke tingkat kondisi semula dan selalu berulang terus-menerus. Siklus rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Siklus rankine merupakan siklus ideal untuk siklus tenaga uap. Siklus rankine sederhana terdiri dari empat komponen utama yaitu pompa, boiler, turbin dan kondensor.



Gambar 2. 9 Siklus Rankine

Terdapat 4 proses dalam siklus rankine, yaitu:

1. Proses kompresi isentropik di dalam pompa
2. Proses penambahan kalor dengan tekanan konstan di boiler
3. Proses ekspansi isentropik pada turbin
4. Proses pelepasan kalor dengan tekanan konstan pada kondensor

PLTU menggunakan fluida kerja air uap yang bersirkulasi secara tertutup yang merupakan penggunaan fluida yang sama secara berulang-ulang. Berikut ini merupakan tahapan sirkulasinya secara singkat, yaitu:

1. Pertama air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.

2. Kedua, uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
3. Ketiga, generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan, sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator
4. Keempat, uap bekas keluar turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air yang disebut air kondensat. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler.

### 2.2.9 Putaran Turbin

Salah satu unsur terpenting dari sistem pembangkit tenaga uap adalah bagian penggerakannya yaitu Turbin. Bagian inilah yang akan mengubah energi potensial uap menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros. Poros turbin baik secara langsung atau dengan perantara gigi-gigi reduksi dihubungkan dengan mekanisme yang digerakan. Tergantung dari jenis mekanisme yang digerakkan maka turbin uap dapat dipakai pada berbagai bidang industri, pembangkit listrik dan transportasi. Turbin uap dapat diklasifikasikan dalam beberapa kategori yang berbeda antara lain menurut jumlah tingkat tekan, arah aliran uap, posisi silinder, metode pengaturan prinsip aksi uap, proses penurunan kalor, tekanan uap sisi masuk, dan pemakaiannya di bidang industri.

Untuk menentukan kerja turbin dengan menggunakan temperatur dan steam yang masuk dan keluar pada turbin serta dengan diketahuinya nilai entalpi uap masuk dan uap keluar turbin, yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$WT = m (h_1 - h_2) \quad (2.1)$$

Dimana:

$m$  = Laju aliran massa steam turbin (kg/h)

$h_1$  = Entalpi steam inlet turbin (kJ/kg)

$h_2$  = Entalpi steam exhaust turbin (kJ/kg)

### 2.2.10 Putaran Generator

Generator merupakan instrumen pembangkit tenaga listrik yang mengubah energi mekanis sebagai masukan menjadi energi listrik sebagai keluaran dimana kecepatan putar dari rotornya sama dengan kecepatan putar dari statornya. Generator terdiri dari bagian yang berputar yang disebut rotor dan bagian yang diam yang disebut stator. Kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup dari suatu penghantar, bila diberi tegangan arus searah akan menimbulkan fluks magnet. Rotor tersebut diputar dengan suatu penggerak mula atau prime mover sehingga fluks tersebut memotong konduktor konduktor yang ada di stator yang selanjutnya pada kumparan stator akan terimbas tegangan.

Bila kecepatan putaran rotor meningkat maka daya yang dihasilkan generator akan meningkat pula, oleh karena itu putaran generator harus disesuaikan dengan output daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran generator dan daya masukan generator, dimana daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin, Sedangkan untuk mencari daya yang dihasilkan oleh turbin dengan cara mengalikan energi yang dihasilkan oleh turbin dengan efisiensi dari turbin, yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P_{turbin} = WT \times \eta_{turbin} \quad (2.2)$$

Dimana:

WT = Kerja turbin (MW)

$\eta_{turbin}$  = Efisiensi turbin (%)

### 2.2.11 Efisiensi Generator

Efisiensi Generator Secara umum efisiensi dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara output terhadap input dalam suatu proses. Efisiensi merupakan salah satu persamaan yang penting dalam termodinamika untuk

mengetahui seberapa baik konversi energi yang terjadi. Daya masukan untuk generator berupa daya mekanik atau sama dengan gaya yang dihasilkan oleh turbin, karena turbin dengan generator dikopel dan bekerja bersama dan menghasilkan daya keluaran berupa daya listrik. Untuk menghitung efisiensi berikut rumusnya [5] :

$$\eta_{\text{gen}} = \frac{\text{Beban}}{\rho_{\text{Turbin}}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana :

$\eta_{\text{gen}}$  = Efisiensi generator (%)

Beban = Daya beban generator (kW)

$\rho_{\text{Turbin}}$  = Daya turbin (MW)

### 2.2.12 Entalpi

Entalpi merupakan energi kimia yang terkandung di dalam suatu sistem. Entalpi suatu sistem tidak dapat diukur, yang dapat diukur adalah perubahan entalpi ( $\Delta H$ ) yang menyertai perubahan sistem tersebut. Entalpi juga diartikan sebagai jumlah kalor dalam suatu zat.

Satuan SI dari entalpi adalah joule, namun digunakan juga satuan British thermal unit dan kalori. Total entalpi (H) tidak bisa diukur langsung. Sama seperti pada mekanika klasik, hanya perubahannya yang dapat dinilai. Entalpi merupakan potensial termodinamika, maka untuk mengukur entalpi suatu sistem, harus menentukan titik reference terlebih dahulu, baru dapat mengukur perubahan entalpi  $\Delta H$ . Perubahan  $\Delta H$  bernilai positif untuk reaksi endoterm dan negatif untuk eksoterm.

Untuk proses dengan tekanan konstan,  $\Delta H$  sama dengan perubahan energi dalam sistem ditambah kerja yang dilakukan sistem pada lingkungannya. perubahan entalpi pada kondisi ini adalah panas yang diserap atau dilepas melalui reaksi kimia atau perpindahan panas eksternal.



Entalpi gas ideal, solid, dan liquid tidak tergantung pada tekanan. Benda nyata pada temperatur dan tekanan ruang biasanya kurang lebih mengikuti sifat ini, sehingga dapat menyederhanakan perhitungan entalpi

### 2.2.13 Daya listrik

Daya listrik merupakan jumlah energi yang bisa diserap pada suatu rangkaian listrik. Dalam perhitungan besarnya daya listrik juga menggunakan rumus ohm ataupun rumus daya listrik secara umum supaya lebih mudah. Hal tersebut dikarenakan besar daya listrik yang ada kaitannya dengan energi dan juga waktu kejadiannya. Bukan hanya itu saja, daya listrik juga ada kaitannya dengan beda potensial dan kuat arus sebab dirangkai pada sebuah penghantar.

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Peranti mengkonversi kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang berguna, seperti panas (seperti pada pemanas listrik), cahaya (seperti pada bola lampu), energi kinetik (motor listrik), dan suara (loudspeaker)[13].

### 2.2.14 Energi listrik

Energi listrik adalah salah satu energi yang diciptakan melalui aliran listrik. Secara umum, energi listrik di definisikan sebagai sebuah energi utama yang diperlukan oleh peralatan listrik agar bisa menyalakan beberapa alat lainnya hingga difungsikan sebagaimana mestinya.

Energi listrik juga diartikan sebagai energi yang asalnya dari muatan listrik hingga bisa menghasilkan medan listrik yang baik.

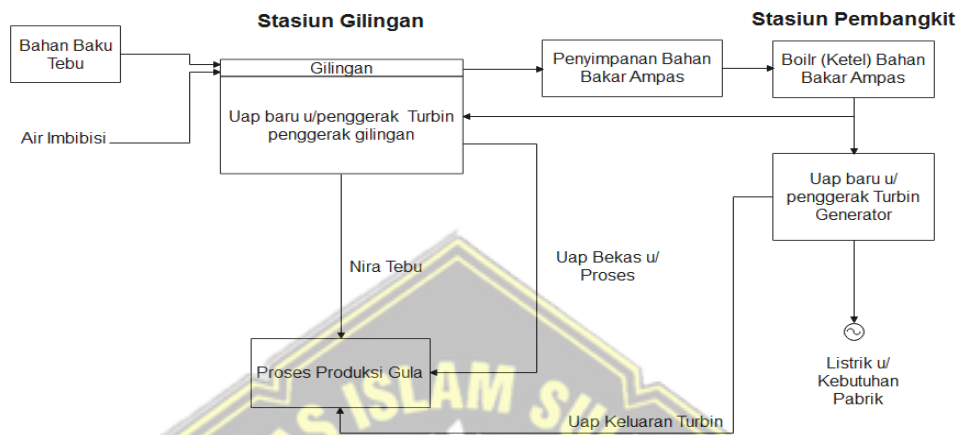
Energi listrik tersimpan dalam bentuk arus dan tegangan listrik yang nantinya dipindahkan dan dapat diubah sebagai bentuk energi lainnya dan bisa diubah menjadi listrik.

Energi listrik merupakan penggerak bagi semua komponen listrik yang dipakai pada semua kegiatan di instansi maupun industri, harga energi listrik telah banyak mengalami kenaikan, sehingga diperlukan program penghematan energi listrik. Ada dua katagori dalam penggunaan energi listrik yaitu kebutuhan peralatan dan penerangan. Dengan melakukan pengukuran daya listrik bertujuan dapat mengetahui besarnya daya listrik yang sebenarnya, melakukan kajian terhadap sistem kelistrikan dan penggunaannya secara menyeluruh untuk tujuan memperoleh penghematan listrik[13].



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Model Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram Kerja PLTU



**Gambar 3.2** Diagram Blok PLTU

### 3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian tugas akhir mengambil lokasi di PT KEBON AGUNG TRANGKIL, yang berlokasi pada trangkil lor, kecamatan trangkil, kabupaten Pati . Gambar 3.3 menunjukkan objek penelitian PT Kebon Agung Trangkil.



**Gambar 3.3** Objek Penelitian di PT Kebon Agung

### 3.3 Alat Dan Peralatan Dalam Penelitian

Penelitian ini terdapat beberapa peralatan yang dibutuhkan untuk mengukur dan mempermudah penyusunan Tugas Akhir, yang meliputi :

1. Laptop dan Smartphone

Menggunakan Laptop LENOVO Ideapad 320 dan Handphone Oppo A3S sebagai penunjang penyusunan laporan tugas akhir.

2. Steam property

Steam Property adalah aplikasi yang menyediakan data dari daftar lengkap termodinamika dan fisik untuk air dan uap seperti Entalphy dan entropi. Entalphy merupakan suatu istilah termodinamika yang digunakan untuk menyatakan jumlah energi dari sistem termodinamika. Aplikasi Steam Property ini dapat di instal pada handphone andriod yang terdapat pada Playstore . Gambar 3.4 merupakan Tampilan aplikasi Steam Property.

Gambar 3.4 Aplikasi Steam Property

### 3.4 Spesifikasi Turbin Sinko

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.



Gambar 3.5 Turbin Uap Shinko

- Merk : Shinko
- Generator Output: 4500 Kw

- Turbin Speed : 6946 rpm
- Output Shaft Speed : 1500 Rpm
- Max. Inlet Steam Flow: 52800 kg/h
- Temperatur Uap: 350 c
- Ex Steam temp : 125.8 c
- Inlet Steam Preasure : 16-20 kg/cm<sup>2</sup>

### 3.5 Spesifikasi Generator Sinko

Generator atau alternator merupakan komponen utama pembangkit listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik.



**Gambar 3.6** Generator

PT. Kebon Agung menggunakan salah satu generator berkapasitas 3 MW.

Berikut adalah spesifikasi generator :

- Merk : Shinko
- Generator Output: 3000 Kw
- Volt : 400/ 231 A
- Frekuensi: 50 Hz
- Speed : 1500 Rpm

### **3.6 Tahapan Penelitian**

Pengumpulan data pada tahap ini dilakukan dengan mengambil data yang didapat dari karya ilmiah data tersebut berupa data sekunder. Pada tahap ini, juga melakukan survei sebagai berikut :

#### **3.6.1 Metode Pengumpulan Data**

Pengumpulan data diambil dari karya ilmiah berupa laporan kerja praktek di PT. Kebon Agung Trangkil dengan mengacu pada data sekunder.

Data sekunder adalah data yang diambil dari ketersediaan sumber data dari tempat penelitian. Data sekunder yang diambil berupa data temperatur uap, tekanan uap dan daya keluaran generator. Data ini berupa arsip harian yang diambil oleh pegawai yang berwenang di stasiun PLTU PT. Kebon Agung Trangkil.

#### **3.6.2 Tahap Pengolahan Data**

Mengolah data-data dengan melakukan identifikasi variabel-variabel pada data sekunder yang didapat dari karya ilmiah yang berupa laporan kerja praktek di PT Kebon Agung . data yang didapat berupa data temperatur uap, data steam dan data power selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai efisiensi generator.

#### **3.6.3 Tahap Validasi**

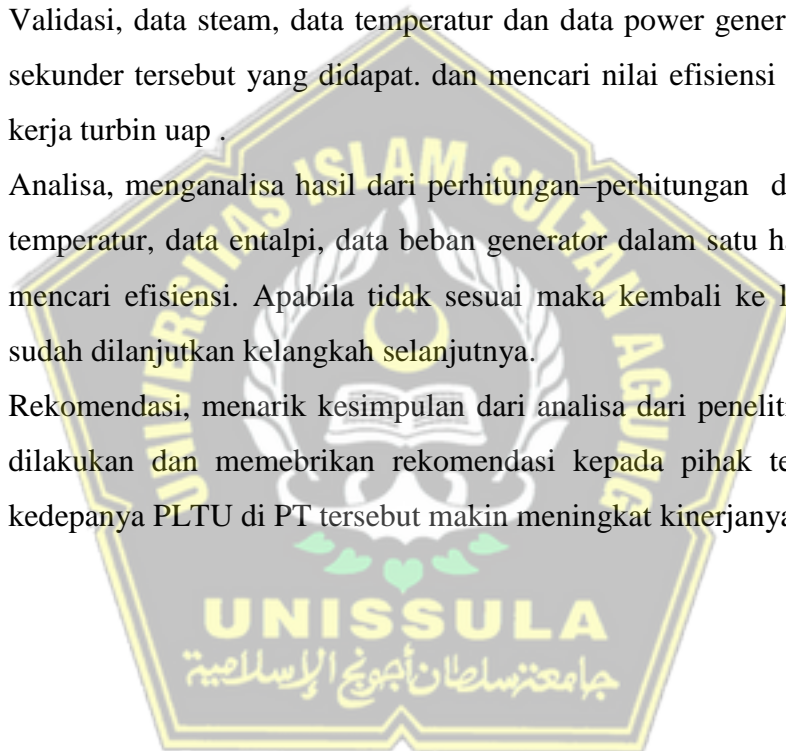
Melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai efisiensi dengan rumus daya keluaran turbin uap untuk menghitung kerja dari turbin uap lalu mencari nilai efisiensi dengan menggunakan rumus efisiensi. Dengan melihat manual book sebagai acuan spesifikasi turbin generator yang dipakai di PT tersebut.

#### **3.6.4 Tahap Analisa**

Menganalisa hasil validasi dan efisiensi nilai kerja turbin uap, lalu mendapatkan nilai efisiensi generator melalui pembuatan grafik. Dimana pada bagian vertikal grafik data nilai efisiensi (%) dan bagian horizontal berupa waktu produksi pada kerja generator. Mendapatkan hasil pengolahan data dengan standar nilai-nilai parameter dari kerja turbin uap, dengan acuan buku operasional yang dipake oleh perusahaan.

### 3.7 Langkah-langkah Penelitian

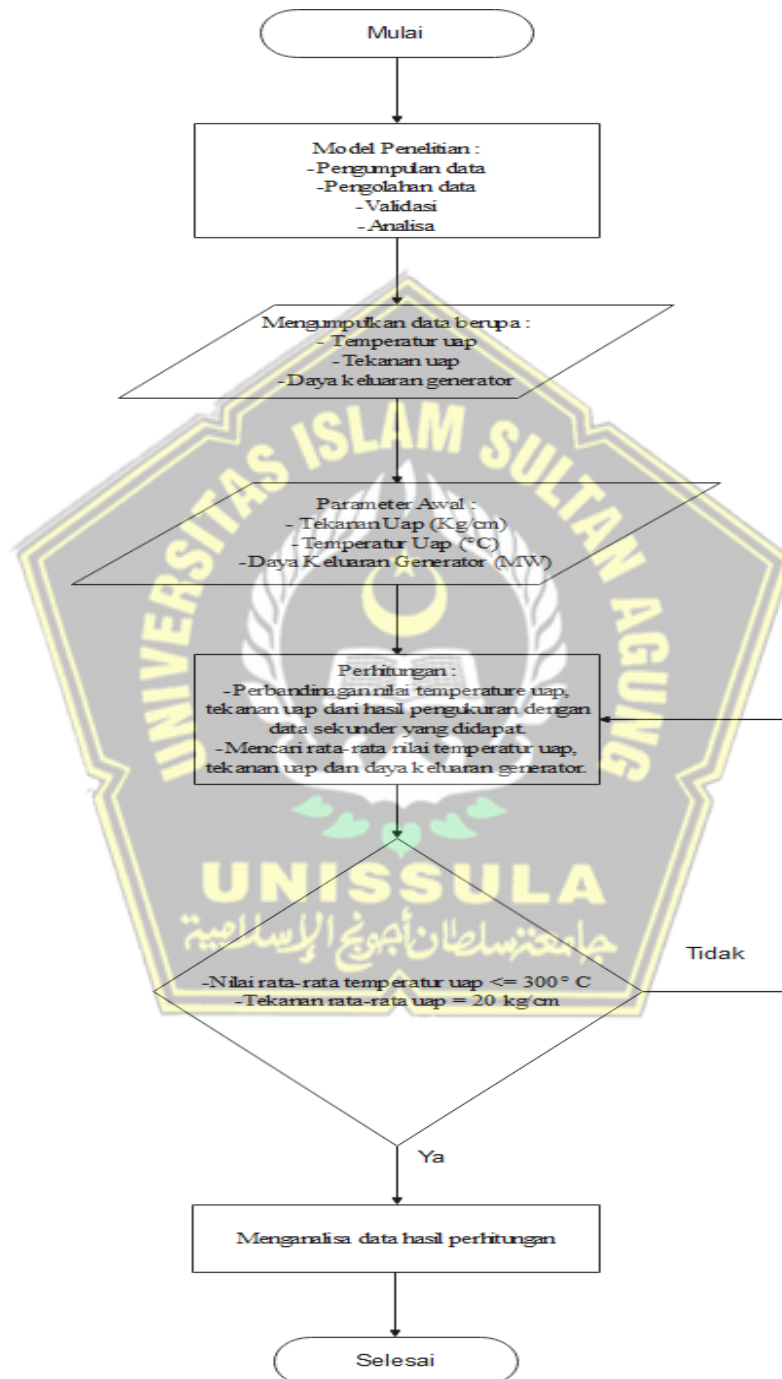
1. Survei, mengolah data dari karya ilmiah yang sudah ada . seperti data turbin uap seperti data steam, data temperatur dan data power generator.
2. Observasi, melakukan observasi berupa data penunjang kualitas uap dan daya keluaran generator. Data yang diperoleh berupa data sekunder yang didapat dari karya ilmiah berupa laporan kerja praktek saudara Muhammad khoirun faza, yang melaksanakan kerja praktek pada 1 April – 1 Mei 2021 didapatkan data turbin uap berupa data steam, temperatur dan power .
3. Validasi, data steam, data temperatur dan data power generator uap. Data sekunder tersebut yang didapat. dan mencari nilai efisiensi generator atau kerja turbin uap .
4. Analisa, menganalisa hasil dari perhitungan-perhitungan data steam, data temperatur, data entalpi, data beban generator dalam satu hari. Kemudian mencari efisiensi. Apabila tidak sesuai maka kembali ke langkah 1 jika sudah dilanjutkan kelangkah selanjutnya.
5. Rekomendasi, menarik kesimpulan dari analisa dari penelitian yang telah dilakukan dan memebrikan rekomendasi kepada pihak terkait. Supaya kedepanya PLTU di PT tersebut makin meningkat kinerjanya.





### 3.8 Flowchart

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan, pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Flowchart Penelitian

## BAB IV

### HASIL PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengoprasian Turbin Uap Pada Generator Shinko

Berdasarkan data dan pengamatan yang berkaitan dengan turbin dan generator yang dapat dari karya ilmiah laporan kerja praktek di PLTU PT. Kebon Agung Trangkil Pati. Dengan menggunakan metode asumsi untuk mempermudah penyelesaian permasalahan :

1. Nilai tekanan dan temperatur pada tubin uap serta beban generator merupakan rata-rata dalam satu hari selama proses produksi gula.
2. Nilai laju aliran massa uap pada turbin memiliki rata-rata 51.300kg/h.
3. Turbin uap memiliki nilai efisiensi yang berbeda-beda di setiap jamnya.

#### 4.2 Nilai Data Penelitian dan Hasil Penelitian

Untuk melihat perubahan yang terjadi pada efisiensi generator data yang diambil adalah data yang terjadi pada saat musim giling pada tanggal 2 september 2020, musim giling terjadi pada bulan April – November. Di tampilkan data penelitian dan data hasil perhitungan tersebut pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Data Penelitian dan Hasil Penelitian

No	Jam	TEKANAN (Kg/cm <sup>2</sup> )		TEMPERATUR (°C)		Entalpi (kJ/kg)		Beban Generator (MW)	Daya Turbin (MW)	Perhitungan Efisiensi (%)
		Uap baru	Uap bekas	Uap baru	Uap bekas	h1	h2			
1	06.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2	2,01	99,50%
2	07.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2,1	2,11	99,53%
3	08.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2,1	2,11	99,53%
4	09.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2,3	2,31	99,57%
5	10.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2,3	2,31	99,57%
6	11.00	19	0,6	350	125,8	3140,5	2732,2	2	2,01	99,50%
7	12.00	19	0,6	350	125,8	3140,5	2732,2	2	2,01	99,50%
8	13.00	19	0,6	350	125,8	3140,5	2732,2	2,1	2,11	99,53%
9	14.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2	2,01	99,50%
10	15.00	19	0,9	350	125,8	3140,5	2729,4	2,1	2,11	99,53%
11	16.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2	2,01	99,50%
12	17.00	18	0,8	350	125,8	3142,6	2730,3	2,1	2,11	99,53%

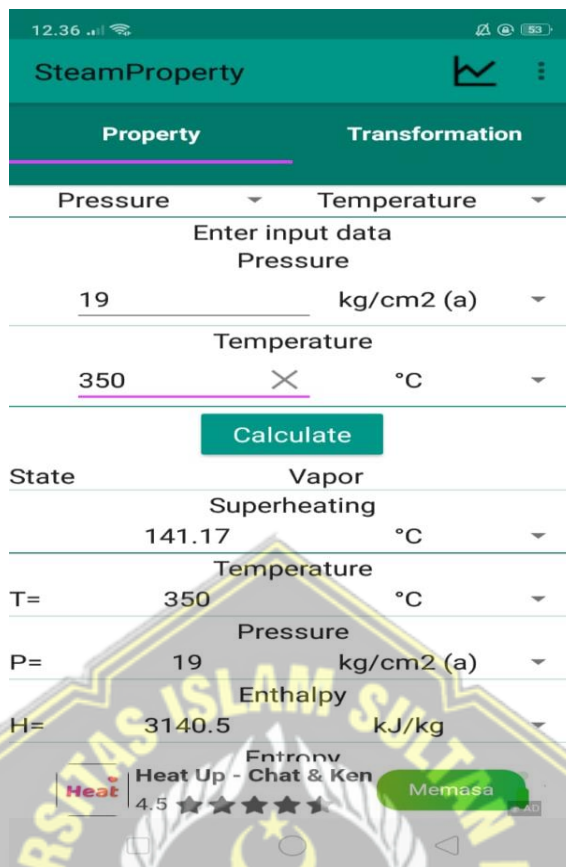
Tabel 4. 2 Lanjutan tabel 4.1

No	Jam	Uap baru (Kg/cm <sup>2</sup> )	Uap bekas (Kg/cm <sup>2</sup> )	Uap baru (°C)	Uap bekas (°C)	Entalpi H1 (kJ/kg)	Entalpi H2 (kJ/kg)	Beban Generator (MW)	Daya turbin (MW)	Efisiensi(%)
13	18.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2	2,01	99,50%
14	19.00	20	0,7	350	125,8	3138,5	2731,3	2	2,01	99,50%
15	20.00	19	0,8	350	125,8	3140,5	2730,3	1,9	1,91	99,48%
16	21.00	18	0,7	350	125,8	3142,6	2731,3	1,9	1,91	99,48%
17	22.00	18	0,7	350	125,8	3142,6	2731,3	1,9	1,91	99,48%
18	23.00	18	0,7	350	125,8	3142,6	2731,3	1,9	1,91	99,48%
19	24.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2,1	2,11	99,53%
20	01.00	18	0,7	350	125,8	3142,6	2731,3	1,9	1,91	99,48%
21	02.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2	2,01	99,50%
22	03.00	19	0,7	350	125,8	3140,5	2731,3	2	2,01	99,50%
23	04.00	18	0,7	350	125,8	3142,6	2731,3	1,9	1,91	99,48%
24	05.00	18	0,7	350	122,8	3142,6	2731,3	1,9	1,91	99,48%

Berdasarkan Tabel 4.1 bahwa Preasssure 1 memiliki nilai tertinggi dengan nilai 20kg/cm<sup>2</sup> pada pukul 19.00 dan mempunyai nilai temperatur 1 rata-rata sebesar 350°C pada waktu jam produksi, Sedangkan pada nilai preasssure 2 tertinggi diangka 0,9kg/cm<sup>2</sup> pada pukul 15.00 dan mempunyai nilai temperatur 2 diangka 125,8°C.

#### 4.2.1 Data Nilai Entalpi

Untuk mengetahui nilai entalpi menggunakan aplikasi yang disebut *Steam Property*. *Steam Property* menyediakan data akurat dari daftar lengkap termodinamika dan fisik untuk air dan uap. Untuk mengetahui nilai entalpi dimasukan nilai Steam dan nilai temperatur pada Tabel 4.1.



**Gambar 4.1** Tampilan Aplikasi Steam Property

Gambar 4.1 menunjukan hasil nilai entalpi yang didapat dari nilai Steam uap baru sebesar 19kg/cm<sup>2</sup> dan nilai tempertatur uap baru sebesar 350°C dari nilai yang dimasukan mendaptkan nilai entalpi sebesar 3140,5 kJ/kg. dimana hasil nilai entalpi digunakan untuk mencari daya turbin. Data nilai entalpy dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Pada Tabel 4.1 didapatkan hasil keseluruhan pada waktu jam produksi nilai entalpi uap baru tertinggi sebesar 3142,6 kJ/kg dan nilai entalpi uap bekas tertinggi sebesar 2732,2 kJ/kg.

#### 4.2.2 Data Rata-rata Yang Dibangkitkan Generator

Data rata rata yang dibangkitkan generator pada PLTU PT. Kebon Agung Trangkil Pati (Beban Generator) pada Tabel 4.1

Data nilai beban generator didapat dari data sekunder yaitu data beban generator yang didapat. data tersebut dalam satuan KW(kilowatt) dan di rubah menjadi MW(megawatt).

### 4.3 Perhitungan Daya Masukan Generator

Untuk mengetahui daya masukan generator maka dapat diketahui dari daya keluaran turbin uap. Daya yang dihasilkan oleh turbin uap dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1 dan 2. Untuk menghitung kerja dari turbin uap maka diperlukan data seperti laju aliran massa turbin uap dan entalpi. Sebagai contoh perhitungannya akan menggunakan sampel data pada tanggal 2 bulan September tahun 2020 dilakukannya proses penggilingan :

$$P1 = 19 \text{ kg/cm}^2$$

$$T1 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P2 = 0,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$T2 = 125,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h1 = 3140,5 \text{ kJ/ kg}$$

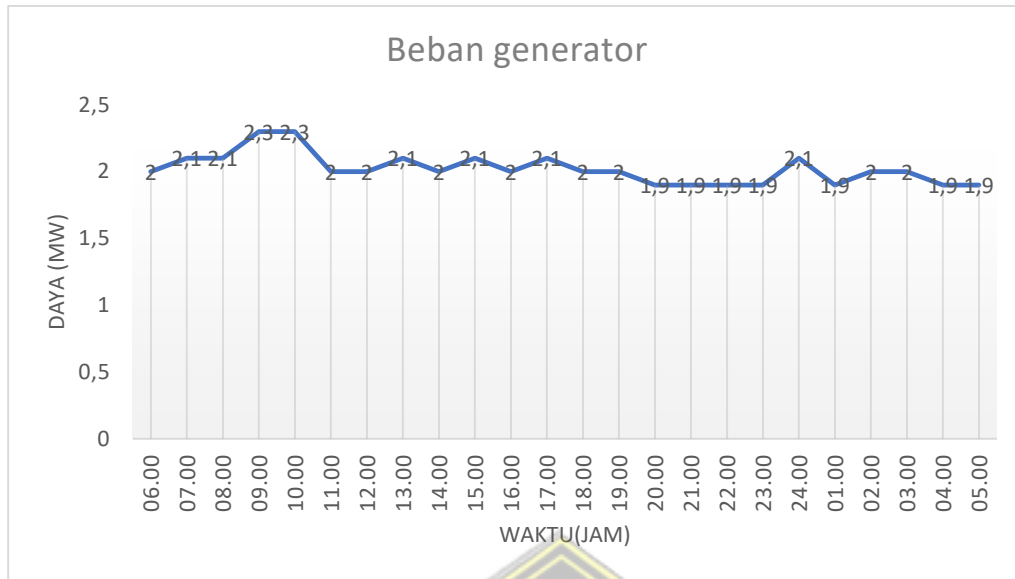
$$h2 = 2731,3 \text{ kJ/ kg}$$

$$\begin{aligned} WT &= m \cdot (h1 - h2) \\ &= 51300 \text{ kg/ h} \cdot (3140,5 \text{ kJ/ kg} - 2731,3 \text{ kJ/ kg}) \\ &= 51300 \text{ kg/ h} \cdot 409,2 \text{ kJ/ kg} \\ &= 20991960 \text{ kJ/ h} \\ &= 5,83 \text{ MW} \end{aligned}$$

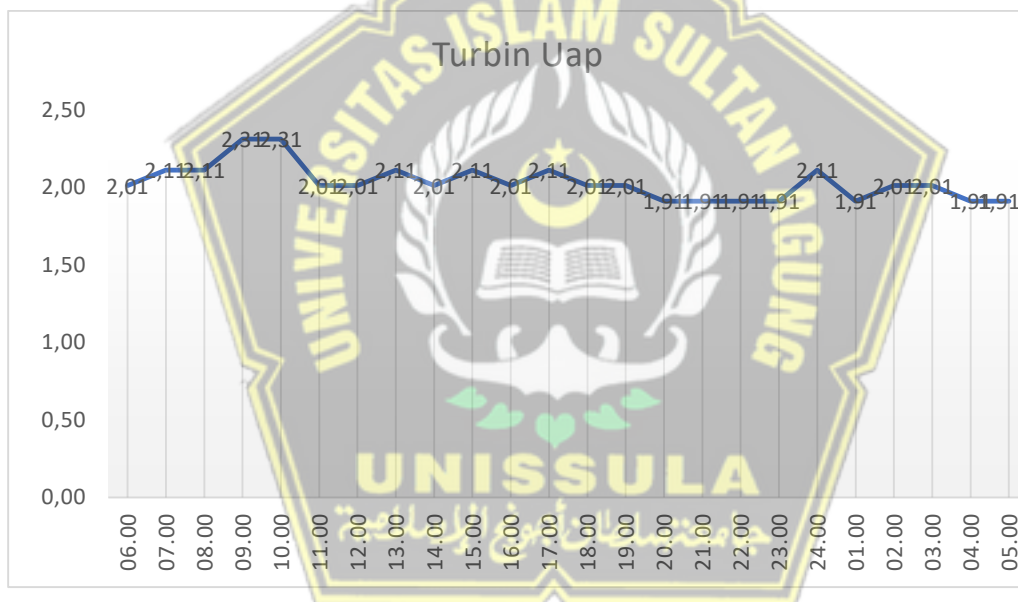
Menghitung daya pada turbin Uap :

$$\begin{aligned} PT &= WT \cdot \eta \text{ turbin} \\ &= 5,83 \cdot 34,36\% \\ &= 2,01 \text{ MW} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada data yang lain, maka didapatkan nilai daya pada turbin dan beban yang dibangkitkan generator pada tabel 4.1.



**Gambar 4.2** Grafik Beban Generator



**Gambar 4.3** Grafik Turbin Uap

Berdasarkan diagram pada gambar 4.2 didapatkan nilai beban generator yang didapat dari keluaran generator data sekunder pada PLTU PT. Kebon Agung Trangkil mengalami perubahan yang fluktuatif. Selama waktu 1 hari produksi didapatkan nilai beban generator terendah sebesar 1,9 MW dan nilai beban generator tertinggi sebesar 2,3 MW(megawatt) dengan rata rata nilai beban generator yang dikeluarkan sebesar 2,02 MW(megawatt). Dari hasil analisa dapat diperoleh bahwa. Sedangkan pada diagram Gambar 4.3 didapatkan nilai turbin uap

dengan menggunakan rumus perhitungan daya turbin didapatkan nilai daya turbin terendah sebesar 1,91 MW (megawatt) pada waktu produksi dan nilai turbin uap tertinggi sebesar 2,31 MW dengan rata-rata daya turbin sebesar 2,03 MW(megawatt). Dari hasil analisa dapat diperoleh bahwa . Nilai beban generator dan nilai turbin uap digunakan untuk mencari nilai efisiensi pada generator dengan menggunakan rumus efisiensi generator .

Total energi beban yang dihasilkan oleh generator shinko berkapasitas 3MW selama 24 jam atau 1 hari adalah 48,5 MWh. Proses musim giling pada PT. Kebon Agung Trangkil berlangsung pada bulan April-November terhitung selama 240 hari.

*Total energi x hari =*

$$48,5 \text{ MWh} \times 240 \text{ hari} = 11.640 \text{ MWh}$$

Jadi total daya beban generator pada jangka waktu atau musim giling selama 8 bulan diperkirakan mencapai 11.640 MWh.

#### 4.4 Perhitungan Nilai efisiensi Pada Generator

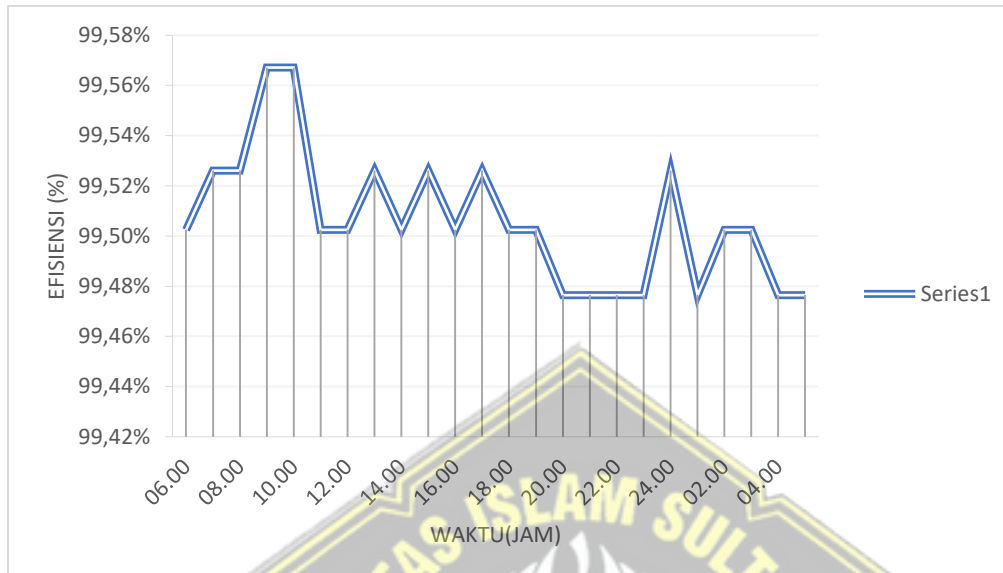
Untuk mengetahui nilai efisiensi pada generator dengan beban yang dibangkitkan sebesar 2 MW dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \eta \text{ generator} &= \frac{\text{Beban}}{\rho \text{ Turbin}} \times 100\% \\ &= \frac{2}{2,01} \times 100\% \\ &= 99,50\% \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus efisiensi generator dengan masukan nilai beban generator (MW) megawatt dan nilai turbin uap (MW)megawatt), maka didapatkan nilai efisiensi yang dihasilkan generator pada tabel 4.1

#### 4.5 Hasil dan Pembahasan

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui grafik perbandingan efisiensi generator yang terjadi selama proses produksi penggilingan tanggal 2 september 2020:



**Gambar 4.4** Grafik Efisiensi

Berdasarkan diagram pada Gambar 4.4 terlihat nilai efisiensi generator pada PLTU PT. Kebon Agung PG. Trangkil Pati dari perhitungan nilai efisiensi dengan menggunakan rumus efisiensi generator dan terlihat mengalami perubahan yang tidak terlalu signifikan terlihat dari waktu produksi penggilingan. Selama musim giling pada tanggal 2 september 2020 didapatkan nilai efisiensi sebesar 99,48% dan nilai efisiensi tertinggi sebesar 99,57%. Dari hasil analisa yang diperoleh bahwa semakin besar nilai dari daya masukan generator atau daya yang dihasilkan oleh turbin maka efisiensi dari generator juga semakin besar.

Selain itu pada perubahan beban dapat menyebabkan ketidaksetabilan generator hal ini yang dapat menyebabkan efisiensi pada generator dapat mengalami perubahan tergantung pada saat proses produksi. Untuk meningkatkan nilai efisiensi dengan cara mengoprasikan generator didekat kapasitas penuh dan mendistribusikan dengan bijak. Peningkatan efisiensi dilakukan jika pemeliharaan dan pengoprasian pada generator secara rutin sehingga menghindari kerugian daya yang tidak perlu. Perubahan beban pada pabrik gula ini dapat dipengaruhi oleh



kualitas dari ampas tebu yang dihasilkan. Perubahan beban pada pabrik gula ini dapat dipengaruhi oleh kualitas dari ampas tebu yang dihasilkan. Seperti yang diketahui setiap musim giling ampas tebu yang dihasilkan sangat melimpah tetapi tidak semua kualitas ampas tebu baik bisa jadi ampas tebu yang dihasilkan buruk akibat musim hujan. Ampas tebu yang basah dapat berakibat buruk dan bisa menghasilkan pembakaran yang kurang maksimal. Oleh karena itu ampas tebu harus dijaga agar tetap kering dan menghasilkan pembakaran yang maksimal.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan diatas dapat disimpulkan

1. Nilai tekanan dan temperatur mempengaruhi efisiensi generator, karena nilai temperatur dan tekanan berperan dalam dihasilkannya nilai efisiensi generator. Nilai tekanan dan temepartur digunakan untuk mendapatkan nilai entalpi yang kemudian nilai entalpi digunakan untuk mencari daya turbin yang nantinya digunakan untuk mencari nilai efiisiensi generator.
2. Dari hasil perhitungan yang didapatkan nilai efisiensi yang diambil dari nilai tekanan uap dan temperatur uap pada turbin dan nilai beban yang dibangkitkan oleh generator pada waktu produksi giling tanggal 2 september 2020. Sehingga didapat nilai efisiensi tertinggi sebesar 99,57% dan efisiensi terndah sebesar 99,48%. Dengan nilai efisiensi rata-rata sebesar 99,51% pada waktu giling selama sehari
3. Total daya dalam waktu 1 hari atau 24 jam menghasilkan 48,5 MWh dan total daya pada waktu 240 hari pada waktu giling bulan april-november sebesar 11.640 MWh .

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Sidiq, "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Menggunakan Ampas Tebu Dari PT. Madu Baru Yogyakarta," *Tesis - Naskah Publ.*, pp. 1–23, 2016.
- [2] A. Purwati, P. Eko Pambudi, W. handajadi, J. Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta Jalan Kalisahak, and K. Balapan, "Ampas Tebu Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Pusat Listrik Tenaga Uap (Pltu) 'Bagasse As an Alternative Fuel in Steam Power Plants,'" *J. Elektr.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–13, 2015.
- [3] T. Prasetyo and Y. A. Nugroho, "Perencanaan Aggregate Produksi Gula Di Pt Kebun," *IEJST (Industrial Eng. J. Univ. Sarjanawiyata Tamansiswa)*, vol. 3, no. 2, pp. 84–88, 2019.
- [4] S. Sukamta, S. Sudarja, and M. M. I. Wathon, "Analisis Unjuk Kerja Boiler Feed Pump Turbine Untuk Kapasitas Ketel Uap 2000 Ton/Jam Di PLTU Cirebon Jawa Barat," *Semesta Tek.*, vol. 18, no. 1, pp. 21–29, 2016, doi: 10.18196/st.v18i1.702.
- [5] D. Cahyadi and Hermawan, "ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI TURBINE GENERATOR QFSN-300-2-20B UNIT 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU REMBANG," *Lap. Kerja Prakt. Jur. Tek. Elektro Univ. Diponegoro*, vol. 2015, no. October, pp. 1–8, 2015.
- [6] Najamudin, "Najamudin Indra Surya Witoni Kunarto Bambang Pratowo Zein Muhamad," *Pengaruh Panas Las Gtaw(Gas Tungsten Arc Welding) Pada Mater. Stainl. Steelgrade 316L Terhadap Uji Tarik Dan Komposisi Kim. Mater.*, vol. 6, no. April, pp. 11–12, 2019.
- [7] Y. J. Lewerissa, "Analisis Energi Pada Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Dengan Cycle Tempo," *J. Voering*, vol. 3, no. 1, p. 23, 2018, doi: 10.32531/jvoe.v3i1.85.

- [8] . Kurniasari, B., Handajadi, W.,. Hani, S, “Analisa Efisiensi Turbin Generator Berdasarkan Kualitas Daya Pada Pltu Pabrik Gula Madukismo,” *Inst. Sains Teknol. AKPRIND*, pp. 20–27, 2020.
- [9] M. C. Amin, A. J. Taufiq, and I. H. Kurniawan, “Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Pembangkit Listrik Biomassa Di PG. Sragi Pekalongan,” *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2019, doi: 10.30595/jrre.v1i1.4922.
- [10] P. Priyanto and S. Wilastari, “Faktor-Faktor Penyebab Menurunnya Kinerja Boiler Di Pt Papertech Indonesia,” *Maj. Ilm. Gema Marit.*, vol. 24, no. 1, pp. 60–66, 2022, doi: 10.37612/gema-maritim.v24i1.281.
- [11] C. T. Karaeng, I. Iswandi, F. Firman, and M. Nuzul, “Analisis Kinerja Boiler Pada PLTU Unit 1 PT. Semen Tonasa,” *J. Tek. Mesin Sinergi*, vol. 11, no. 1, pp. 74–85, 2019.
- [12] N. P. Soelaiman, Sofyan, “Analisa prestasi kerja turbin uap pada beban yang bervariasi,” *Turbin Heat Rate*, pp. 1–12, 2009.
- [13] B. G. Melipurbowo, “Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus Acs.712,” *Orbith*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23, 2016, [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/orbith/article/view/309>