

**ANALISIS EFISIENSI TURBIN UAP SEBAGAI PENGGERAK
GENERATOR PADA PABRIK KELAPA SAWIT**

SKRIPSI

OLEH :

**IRFAN HADI
168130077**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)22/12/21

ANALISIS EFISIENSI TURBIN UAP SEBAGAI PENGGERAK GENERATOR PADA PABRIK KELAPA SAWIT

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin
Universitas Medan Area

OLEH :

IRFAN HADI

168130077



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 22/12/21

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)22/12/21

ANALISIS EFISIENSI TURBIN UAP SEBAGAI PENGGERAK GENERATOR PADA PABRIK KELAPA SAWIT

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin
Universitas Medan Area



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)22/12/21

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Efisiensi Turbin Uap Sebagai Penggerak Generator pada Pabrik Kelapa Sawit

Nama : Irfan Hadi

NPM : 168130077

Program Studi : TEKNIK MESIN

Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Pembimbing II

Pembimbing I

(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
NIDN : 0106058104

(Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T.)
NIDN : 0025125606

Dekan

Ka. Prodi Teknik Mesin


(Dr. Ir. Dina Maizana, M.T.)
NIDN : 0112096601


(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
NIDN : 0106058104

Tanggal Lulus : 11 Februari 2021

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Februari 2021



Irfan Hadi
168130077

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Irfan Hadi
NIM : 168130077
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Efisiensi Turbin Uap Sebagai Penggerak Generator Pada Pabrik Kelapa Sawit. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan / formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 11 Februari 2021

Yang menyatakan



Irfan Hadi
168130077

ABSTRAK

Turbin uap termasuk dalam kelompok pesawat-pesawat konversi energy potensial uap menjadi energy mekanik pada poros turbin uap. Poros turbin uap langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, transportasi, penerangan lampu, serta untuk pembangkit bertenaga listrik. Turbin uap di PTPN III unit kebun rambutan memiliki efisiensi yang rendah berkapasitas 1700 KW untuk menggerakkan berbagai peralatan yang berada di dalam pabrik kelapa sawit dengan daya yang sangat besar sehingga generator menghasilkan energy kinetic menjadi energy listrik. Penelitian ini bertujuan Menghitung daya output turbin uap dan efisiensi turbin uap. Faktor yang mempengaruhi turunnya efisiensi turbin uap adalah tekanan uap masuk turbin yang menurun sehingga efisiensi turbin tidak optimal. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan daya turbin dan efisiensi turbin uap. Setelah melakukan penelitian dan analisis data maka hasil yang diperoleh. Laju aliran uap (\dot{m}) yang dihasilkan boiler : 5,6 kg/s. Daya turbin pada penelitian ini sebesar 1807 kW. Efisiensi Siklus yang diperoleh 24 %. Daya output turbin uap ke generator yang dihasilkan pada tekanan uap 1900 kPa adalah sebesar 1807 kW.

Kata kunci : Turbin Uap, Efisiensi, Listrik Pembangkit.

ABSTRACT

The steam turbine is included in the group of planes for converting steam potential energy into mechanical energy at the steam turbine shaft. The steam turbine shaft directly or with the help of reduction gears is connected to a driven mechanism. Steam turbines can be used in various fields of industry, transportation, lighting, as well as for electric powered generation. The steam turbine in the PTPN III rambutan garden unit has low efficiency with a capacity of 1700 KW to power various equipment in the palm oil mill with very large power so that the generator produces kinetic energy into electrical energy. This study aims to calculate the steam turbine output power and the efficiency of the steam turbine. The factor that affects the decrease in the efficiency of the steam turbine is the decreased steam pressure in the turbine so that the turbine efficiency is not optimal. Therefore this research was conducted to increase turbine power and efficiency of steam turbines. After doing research and data analysis, the results obtained. Steam flow rate (\dot{m}) produced by boiler: 5.6 kg / s. The turbine power in this study is 1807 kW. The cycle efficiency is 24%. The steam turbine output power to the generator at 1900 kPa steam pressure is 1087 kW.

Key words: Steam Turbine, Efficiency, Power Generation.

RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Irfan Hadi dilahirkan di Sumatra Utara, kota Medan pada tanggal 18 Desember 1996. Penulis merupakan anak kelima dari 5 bersaudara, pasangan dari Mishan, dan Radiah. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 104182 Payageli, Sunggal, Deli serdang dan Tamat pada tahun 2010. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Smp Negeri 40 Medan, Kota medan dan Tamat pada Tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMA Kartika I-2 Medan. Program Ilmu Pengetahuan Alam dan Tamat pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis terdaftar menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2021.

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

Alhamdulillah, Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan hidayah Nya maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Yang mana sudah menjadi kewajiban yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Adapun judul tugas akhir ini ialah : **“Analisis Efisiensi Turbin Uap Sebagai Penggerak Generator Pada Pabrik Kelapa Sawit“**

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sudah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan penyusunan dengan sebaik-baiknya. Namun penulis menyadari bahwa keterbatasan pengetahuan dan pengalaman masih banyak kekurangan yang terdapat di dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan petunjuk dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Selama perkuliahan sampai dengan seterusnya skripsi ini penulis telah banyak menerima bantuan moral maupun material yang tidak dapat dinilai harganya. Untuk itu melalui tulisan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.

3. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi.
4. Bapak Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T., dan Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, motivasi dan memberikan saran kepada penulis dalam penulisan tugas akhir ini.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Birokrasi Administrasi Fakultas Teknik.
6. Mishan dan Radiah selaku orang tua yang sangat saya sayangi dan cintai, dimana telah banyak memberikan perhatian, motivasi, nasihat, doa, dukungan moral dan materi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan
7. Sahabat dan Abang alumni ikut membantu dan memberikan semangat, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu Jody prasetya, Muhammad Ferdinansyah Unjung, Muammar Khalid Badawi, Recsi Febian Ardiansyah, dan Anggih Prasetyo Wibisono.
8. Jody Prasetya dan Muhammad Ferdinansyah Unjung yang ikut memberikan semangat, motivasi, dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan Seperjuangan Mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2016 dari kampus UMA, Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang sudah banyak memberikan motivasi, masukan, dan bantuan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat, terutama bagi penulis dan semua pembaca.

Aamiin Yaa Rabbal'Alamiin

Medan, 11 Februari 2021

Irfan Hadi
168130077

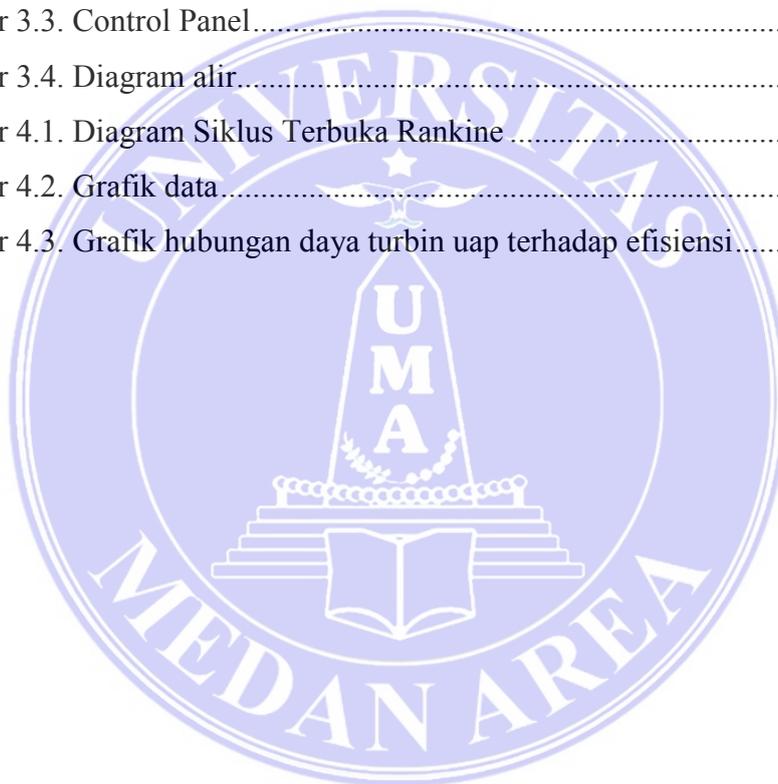


DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	i
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar belakang	1
B. Rumusan masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Pengertian Turbin Uap	5
B. Klasifikasi Turbin Uap	10
C. Prinsip Kerja Turbin Uap	14
D. Efisiensi Turbin Uap	15
E. Siklus <i>Rankine</i>	16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Tempat dan waktu	21
B. Bahan dan alat	22
C. Variable Penelitian	24
D. Tahapan penelitian	25
E. Pengamatan Penelitian	25
F. Pengolahan Data	26
G. Prosedur Penelitian	26
H. Metode Penelitian	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
A. Perhitungan Laju Aliran massa uap	28
B. Perhitungan Daya Turbin uap	30
C. Perhitungan Efisiensi Turbin Uap	33
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	37
A. Kesimpulan	37
B. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	39
DAFTAR LAMPIRAN	41
Tabel 1. Termodinamika dasar	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Komponen utama turbin uap	10
Gambar 2.2. Turbin Impuls	11
Gambar 2.3. Prinsip Kerja Turbin Uap	15
Gambar 2.4. Siklus Rankine Ideal	16
Gambar 2.5. Diagram T-S Siklus Rankine	18
Gambar 3.1. Turbin Uap	23
Gambar 3.2. Pressure Gauge	23
Gambar 3.3. Control Panel	24
Gambar 3.4. Diagram alir	27
Gambar 4.1. Diagram Siklus Terbuka Rankine	28
Gambar 4.2. Grafik data	35
Gambar 4.3. Grafik hubungan daya turbin uap terhadap efisiensi	36



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian.....	21
Tabel 3.2. Spesifikasi turbin uap.....	22
Tabel 4.1. Hasil Analisis STU	30
Tabel 4.2. Nilai enthalpy dan entropy.....	31
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan daya turbin.....	35
Tabel 4.4. Hasil perhitungan efisiensi turbin	36



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Energi sangat dibutuhkan untuk kehidupan manusia, salah satu energi yang diperlukan untuk menunjang kehidupan manusia yaitu energi listrik. Energi listrik diperlukan manusia untuk berbagai keperluan baik itu untuk kepentingan rumah tangga, industri, dan prasarana lainnya. Energi listrik yang besar serta penggunaannya yang terus menerus tidak dapat tersedia secara alami. Oleh sebab itu dibutuhkan pembangkit listrik yang handal. [1]

Back Pressure Turbine terdiri atas 9 stage yang digerakkan oleh steam bertekanan tinggi. Energi dari steam ini berupa energi panas dan tekanan yang diubah menjadi energi gerak melalui beberapa proses. [2]

Turbin uap adalah salah satu jenis turbin, Dimana Turbin uap termasuk dalam kelompok pesawat-pesawat konversi energy potensial uap menjadi energy mekanik pada poros turbin uap. Poros turbin uap langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, transportasi, penerangan lampu, serta untuk pembangkit bertenaga listrik.

Turbin uap mendistribusikan ke 3 bagian seperti melalui pipa-pipa rebusan, minyak dan pressan dimana digunakan untuk proses pengolahan. Namun sebelum dimanfaatkan untuk proses pengolahan, terlebih dahulu berfungsi untuk menghidupkan panel-panel listrik yang digerakkan oleh generator listrik sehingga generator listrik memutarakan turbin uap, Dalam hal ini turbin uap di

PTPN III Kebun Rambutan memiliki efisiensi turbin uap yang rendah berkapasitas 1700 kW untuk menggerakkan berbagai peralatan yang berada di dalam pabrik kelapa sawit.

Sistem pembangkit listrik tenaga uap merupakan sistem pembangkitan energi listrik dari perubahan energi thermal yang dihasilkan oleh bahan bakar untuk memanaskan air. Mesin-mesin konversi energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik diantaranya yaitu turbin uap. Dimana turbin uap merupakan kelompok pesawat-pesawat konversi. Dengan mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik pada nosel (turbin impuls) dan sudu-sudu gerak (turbin reaksi) dan diubah menjadi energi mekanik pada poros turbin. Dan dengan bantuan roda gigi reduksi dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung dengan mekanisme yang digerakkan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, untuk transportasi, dan untuk pembangkit tenaga listrik. [3].

Pabrik kelapa sawit PTPN III Kebun Rambutan memiliki efisiensi turbin uap yang rendah berkapasitas 1700 kW. Sehingga efisiensi turbin uap menurun dan menyebabkan daya listrik yang di hasilkan tidak sesuai dengan keluaran generator listrik. Oleh sebab itu dilakukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi turbin uap sebagai penggerak generator sehingga tingkat efisiensi yang di inginkan bisa di manfaatkan bagi industry pabrik kelapa sawit.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis mengambil judul mengenai “**Analisis Efisiensi Turbin Uap Sebagai Penggerak Generator Pada Pabrik Kelapa Sawit**” yang akan membahas tentang besarnya kapasitas daya turbin uap.

B. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yang akan di selesaikan sebagai berikut :

1. Bagaimana menghitung laju aliran uap yang di hasilkan boiler ?
2. Bagaimana meningkatkan daya yang ditransfer dari turbin uap ke generator pabrik kelapa sawit ?
3. Bagaimana meningkatkan efisiensi turbin uap ?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah adalah lingkup masalah, atau upaya untuk membatasi cakupan masalah, karena cakupannya terlalu luas, sehingga penelitian dapat lebih terkonsentrasi. Batasan masalah digunakan saat menyelesaikan tugas akhir adalah sebagai berikut :

1. Pabrik kelapa sawit PTPN III Kebun Rambutan tidak menggunakan kondensor.
2. Uap yang keluar dari turbin tidak dianalisis.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk membahas pernyataan dalam kalimat penelitian yang menunjukkan hasil yang diperoleh setelah proses penelitian selesai. Tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung laju aliran uap untuk memutar turbin uap.
2. Menganalisis daya output tertinggi turbin uap.
3. Menganalisis efisiensi tertinggi turbin uap.

E. Manfaat Penelitian

Laporan tugas akhir ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Membawa keuntungan bagi industri sebagai pertimbangan untuk meningkatkan daya dan efisiensi turbin uap di industri kelapa sawit.
2. Manfaat bagi penulis menambah pengetahuan dan pengalaman sehingga kegiatan yang sama dapat dilakukan setelah bekerja atau terjun kelapangan.
3. Sebagai pengembangan pengetahuan mahasiswa dan bahan referensi tambahan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Turbin Uap

Turbin Uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Dengan kata lain mengubah energi entalpi fluida menjadi energi mekanik.

Turbin Uap merupakan salah satu komponen dasar dalam pembangkit listrik tenaga uap, dimana komponen utama dari sistem tersebut yaitu : Ketel, kondensor, pompa air ketel, dan turbin itu sendiri. Uap yang berfungsi sebagai fluida kerja dihasilkan oleh ketel uap, yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap yang akan menghasilkan energy listrik. [4]

Menurut jumlah tingkat tekanan Turbin uap dapat terbagi menjadi beberapa kategori yang berbeda antara lain jumlah tingkat tekanan, arah aliran uap, posisi silinder, metode pengaturan prinsip aksi uap, proses penurunan kalor, tekanan uap sisi masuk, dan pemakaiannya dibidang industry sebagai berikut :

1. Menurut Jumlah Tingkat Tekanan
 - a. Turbin satu tingkat dengan satu atau lebih tingkat kecepatan yang biasanya berkapasitas kecil. Turbin jenis ini biasanya digunakan untuk menggerakkan kompresor dan mesin-mesin lain yang serupa.
 - b. Turbin impuls dan reaksi bertingkat turbin ini dibuat dalam jangka kapasitas yang luas mulai dari yang kecil hingga yang besar.

2. Menurut Arah Aliran Uap

- a. Turbin Aksial uap mengalir dalam arah sejajar terhadap sumbu turbin.
- b. Turbin Radial uap mengalir dalam arah yang tegak lurus terhadap sumbu turbin.

3. Menurut Posisi Silinder

- a. Single Cylinder, yaitu turbin dengan satu silinder
- b. Tandemsilinder

Secara umum dapat kita lihat bahwa turbin uap terbagi dalam beberapa komponen yaitu:

1. Turbin Casing

Adalah komponen yang berfungsi untuk menutup serta melindungi bagian turbin.

2. Shaft seals

Shaft seals merupakan salah satu bagian turbin terletak antara poros dengan casing yang berfungsi untuk mencegah uap air keluar dari dalam turbin melewati sela-sela antara poros dan casing akibat perbedaan tekanan serta untuk mencegah udara masuk ke dalam turbin selama beroperasi. Turbin uap menggunakan sistem labyrinth seal untuk shaft seals.

Sistem ini berupa bagian yang berkelok-kelok pada poros dan casing-nya yang kedua sisinya saling bertemu secara berselang seling. Antara labyrinth seal dengan labyrinth casing ada sedikit rongga dengan jarak tertentu. Sistem ini bertujuan untuk mengurangi tekanan uap air didalam turbin yang masuk ke sela-sela labyrinth sehingga tekanan antara uap air dengan udara luar akan mencapai nilai yang sama pada titik tertentu.

3. *Shaft* (poros)

Adalah komponen turbin yang berputar terdiri dari poros, sudu turbin, atau deretan sudu yang disebut stasionary blade dan moving blade. Untuk turbin bertekanan tinggi atau ukuran besar, khususnya untuk turbin jenis reaksi maka motor ini perlu di Balance untuk mengimbangi gaya reaksi yang timbul secara aksial terhadap poros.

4. *Gland Packing*

Bagian turbin yang berfungsi sebagai penyekat untuk menahan apabila terjadi kebocoran uap maupun oli.

5. *Front Bearing*

Bearing / bantalan pada turbin uap memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. Menahan agar komponen rotor diam.
- b. Menahan berat rotor.
- c. Menahan berbagai gaya tidak stabil dari uap air terhadap sudu turbin.
- d. Menahan ketidakseimbangan karena kerusakan sudu.
- e. Menahan gaya aksial pada beban listrik yang bervariasi

Jenis bearing pada turbin uap.

a. *Bearing Pendestal*

Merupakan salah satu komponen turbin yang berfungsi sebagai bantalan yang menumpu poros rotor.

b. *Journal bearing*

Adalah bagian turbin yang berfungsi untuk menahan gaya radial atau gaya tegak lurus rotor.

c. *Thrust Bearing*

poros yang merupakan gerakan maju mundurnya poros motor. Adalah bagian dari turbin untuk menahan atau menerima gaya aksial atau gaya sejajar terhadap.

6. *Turbine Control Valve*

Merupakan katup yang bertugas mengatur jumlah steam yang masuk kedalam turbin sesuai dengan jumlah steam yang diperlukan sesuai dengan sistem control yang bergantung pada besar beban listrik.

7. *Turning Device*

Adalah suatu mekanisme untuk memutar rotor dari turbin pada saat start awal atau setelah shut down untuk mencegah terjadinya distorsi/bending akibat dari proses pemanasan atau pendinginan yang tidak seragam pada rotor.

8. *Turbine Stop Valve*

Merupakan katup yang berfungsi untuk meneruskan atau menghentikan aliran uap menuju turbin. Disebut juga Emergency Stop Valve karena berfungsi untuk mengisolasi turbin dari supply uap air pada keadaan darurat untuk menghindari kerusakan atau overspeed.

9. *Implus Stage*

Adalah bagian sudu turbin tingkat pertama, terdapat 116 sudu didalamnya.

10. *Balance Piston*

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

11. *Moving Blade*

Adalah beberapa sudu yang berfungsi menerima dan merubah arah energi steam yang masuk menjadi energi kinetik yang akan memutar generator.

12. *Governor*

berfungsi untuk mengatur putaran dari turbin uap dengan cara mengatur jumlah masuknya aliran fluida.

13. *Stasionary Blade*

Adalah bagian sudu turbin yang berfungsi untuk menerima dan mengarahkan kemana selanjutnya steam yang masuk.

14. *steam chest* (katup utama)

Adalah titik pertemuan antara pipa uap utama dengan saluran uap masuk turbin fungsi utama *steam chest* adalah sebagai wadah untuk menempatkan katup pengatur governor untuk mengontrol aliran *steam* ke turbin.

15. *Main Oli Pump*

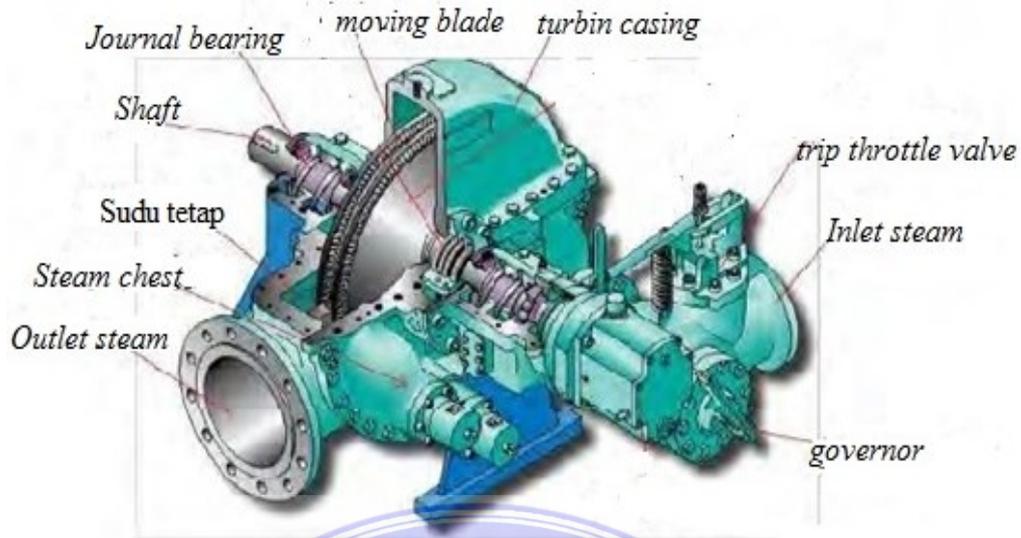
Adalah bagian turbin yang berfungsi sebagai pemompa oli dari tangki yang selanjutnya disalurkan menuju bagian – bagian yang berputar pada turbin .

16. *Labirinth Ring*

Adalah bagian turbin yang mempunyai fungsi sama dengan gland packing, yaitu menyekat apabila terjadi kebocoran baik uap ataupun oli.

17. *Reducing Gear*

Adalah salah satu bagian turbin yang biasanya dipasang pada turbin kapasitas besar, berfungsi untuk menurunkan putaran poros rotor dari 5500 rpm menjadi 1500 rpm. [5] Seperti terlihat pada gambar 2.1. Di bawah.



Gambar 2.1. Komponen utama turbin uap

B. Klasifikasi Turbin Uap

Berdasarkan struktur, prinsip kerja, dan proses penurunan tekanannya, turbin uap dapat dibagi menjadi beberapa kategori :

1. Klasifikasi Turbin berdasarkan Prinsip kerjanya
 - a. Turbin Impuls

Turbin impuls atau turbin tahapan impuls adalah turbin sederhana berotor satu atau banyak (gabungan) yang mempunyai sudu-sudu pada rotor itu. Sudu biasanya simetris dan mempunyai sudut masuk dan sudut keluar. Turbin impuls memiliki beberapa bagian komponen sebagai berikut :

- 1). Rumah turbin impuls

Berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen dari turbin.

- 2). Sudu sudu

Berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh Nozzel.

- 3). Poros (Rotor)

Berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang.

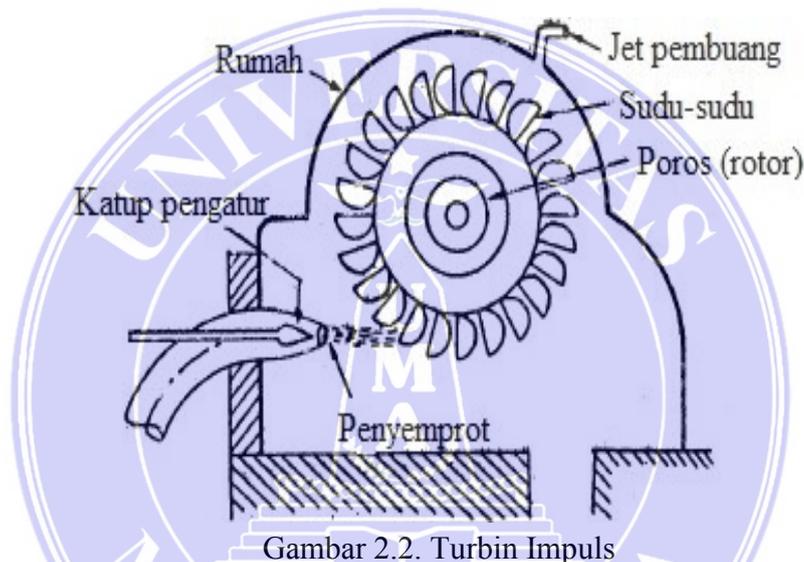
4). Pipa pengarah /Nozzel

Berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan aliran fluida yang digunakan didalam system besar.

5). Bantalan turbin impuls

Berfungsi sebagai perapat-perapat komponen-komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran pada system. Seperti terlihat pada gambar 2.2.

Sebagai berikut.



Gambar 2.2. Turbin Impuls

Kecepatan uap naik karena nosel berfungsi menaikkan kecepatan uap, kemudian uap mengalir ke dalam baris sudu gerak pada tekanan konstan. Tetapi kecepatan absolutnya turun karena energi kinetik uap diubah menjadi kerja memutar roda turbin. Uap yang keluar turbin masih berkecepatan tinggi, sehingga masih mengandung energi tinggi atau kerugian energi masih terlalu besar.

Untuk mencegah kerugian energi yang terlalu besar, uap diekspansikan secara bertahap didalam turbin bertingkat ganda. Dengan turbin bertingkat ganda, diharapkan proses penyerapan energi (proses perubahan energi termal menjadi kerja mekanik) dapat berlangsung efisien. Perubahan tekanan dan kecepatan absolut dari uap didalam turbin impuls kecepatan bertingkat (turbin Curtis).

Uap hanya diekspansikan di dalam nosel (baris sudu tetap pertama) dan selanjutnya tekanannya konstan. Akan tetapi turbin tersebut masih dalam golongan turbin impuls karena didalam baris sudu Gerak tidak terjadi ekspansi (penurunan tekanan). Meskipun tekanan uap didalam sudu gerak konstan, kecepatan absolut turun karena sebagian dari energi uap diubah menjadi kerja memutar roda turbin. Kecepatan uap didalam sudu tetap berikutnya tidak naik karena tekanannya konstan. [6]

Turbin impuls terdiri dari 3 bagian sebagai berikut :

- a. Turbin impuls gabungan.
- b. Turbin satu tahap.
- c. Turbin impuls gabungan kecepatan.

Ciri-ciri dari turbin impuls antara lain:

- a. Akibat tekanan dalam turbin sama sehingga disebut dengan tekanan rata.
- b. Proses pengembangan uap / penurunan tekanan seluruhnya terjadi pada sudu diam /nosel.
- b. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin dengan proses ekspansi (penurunan tekanan) yang terjadi baik di dalam baris sudu tetap maupun sudu gerak, energi termal uap diubah menjadi energi kinetik di sudu-sudu penghantar dan sudu-sudu jalan, dan kemudian gaya reaksi dari uap akan mendorong sudu-sudu untuk berputar.

Turbin reaksi disebut juga turbin Parsons sesuai dengan nama pembuat turbin pertama, yaitu Sir Charles Parsons.

Turbin reaksi mempunyai tiga tahap, yaitu masing-masingnya terdiri dari baris sudu tetap dan dua baris sudu gerak. Sudu bergerak turbin reaksi dapat

Dibedakan dengan mudah dari sudu impuls karena tidak simetris, karena berfungsi sebagai nosel bentuknya sama dengan sudu tetap walaupun arah lengkungnya berlawanan.

Ciri-ciri turbin ini adalah :

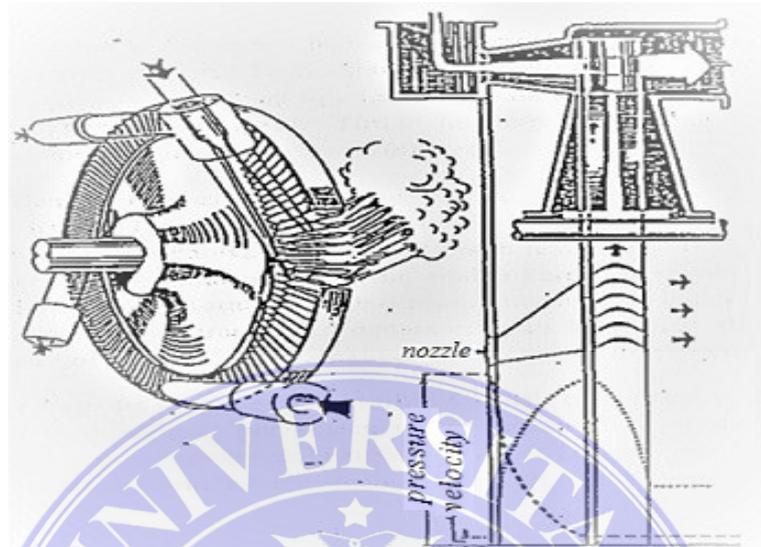
- 1). Penurunan tekanan uap sebagian terjadi di Nosel dan sudu gerak.
 - 2). Adanya perbedaan tekanan didalam turbin sehingga disebut tekana bertingkat.
2. Klasifikasi turbin uap berdasarkan pada tingkat penurunan tekanan dalam turbin.
- a. Turbin Tunggal (*Single Stage*) dengan kecepatan satu tingkat atau lebih turbin ini cocok untuk daya kecil, misalnya penggerak kompresor, blower, dll.
 - b. Turbin Bertingkat (Aksi dan Reaksi) disini sudu-sudu turbin dibuat bertingkat, biasanya cocok untuk daya besar. Pada turbin bertingkat terdapat deretan sudu 2 atau lebih. Sehingga turbin tersebut terjadi distribusi kecepatan /tekanan.
3. Klasifikasi Menurut Kondisi Uap Masuk Turbin
- a. Turbin tekanan rendah yang memakai uap dengan tekanan 1,2 sampai 2 atm.
 - b. Turbin tekanan menengah yang memakai uap sampai tekanan 40 atm.
 - c. Turbin tekanan tinggi yang memakai uap pada tekanan di atas 40 atm.
 - d. Turbin tekanan sangat tinggi, memakai uap pada tekanan 170 atm atau lebih dari temperatur diatas 550 °C.
 - e. Turbin tekanan super kritis yang memakai uap dengan tekanan 225 atm atau lebih.

C. Prinsip Kerja Turbin Uap

Prinsip turbin uap adalah menerima energi kinetik dari uap superheated (uap kering) yang dikeluarkan dari nosel, sehingga bilah turbin didorong atau digerakan secara miring. Singkatnya, prinsip kerja turbin uap adalah sebagai berikut:

1. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat keluar dari sudu turbin, artinya sudu yang sedang bekerja hanya menyerap sebagian energi kinetik uap, sehingga digunakan sisa energi kinetik pada saat keluar sudu turbin, sehingga turbin dilengkapi dengan beberapa baris sudu yang bergerak. Sebelum memasuki baris kedua dari sudu-sudu penggerak, sederet sudu tetap (sudu-sudu pemandu) dipasang antara baris pertama dan baris kedua untuk mengubah arah kecepatan uap sehingga uap dapat memasuki baris kedua dengan arah yang benar.
2. Tekanan dari uap dirubah menjadi energi kinetis. Tekanan uap pada saat keluar dari nosel lebih kecil dari pada masuk ke dalam nosel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nosel lebih besar dari pada saat masuk kedalam nosel. Uap yang memancar keluar dari nosel diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang disekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan kearah mengikuti lengkungan dari sudu turbin, perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin.
3. Kecepatan uap saat meninggalkan baris sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetis yang digunakan untuk mendorong sudu turbin dapat dimanfaatkan secara optimal. Dengan demikian efisiensi

turbin menjadi lebih tinggi dikarenakan energi yang tidak termanfaatkan. Seperti yang terlihat pada gambar 2.3. Sebagai berikut.



Gambar 2.3. Prinsip Kerja Turbin Uap

D. Efisiensi Turbin Uap

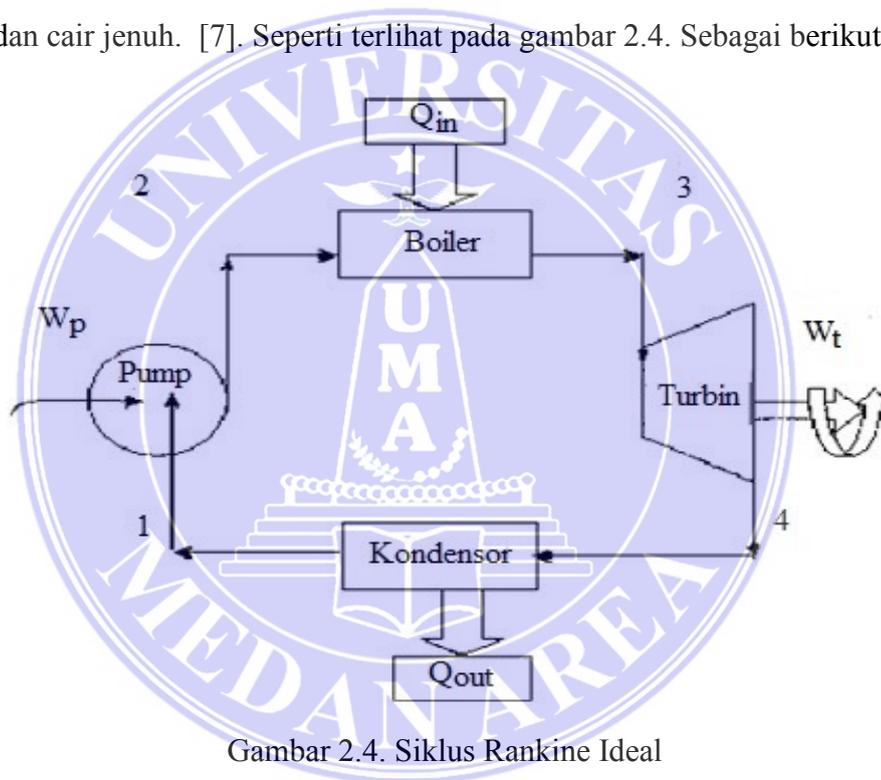
Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi turbin besarnya kerugian didalam turbin akan mempengaruhi efisiensinya. Kerugian yang besar berarti efisiensinya rendah.

Faktor-faktor penyebab kerugian didalam turbin diantaranya :

1. Kerugian pada uap meninggalkan moving blades (*Leaving Velocity / Carry Over Loss*).
2. Kerugian pada Nosel (*Nozzle Loss*)
3. Kerugian Celah (*Clearance Loss*).
4. Kerugian pada Katup (*Governor*).
5. Kerugian pada *Moving Blades*.
6. Kerugian akibat kebasahan uap.
7. Kerugian Gesekan.

E. Siklus *Rankine*

Siklus *Rankine* setelah diciptakan langsung diterima sebagai standar untuk pembangkit daya yang menggunakan uap (steam). Siklus *Rankine* nyata yang digunakan dalam instalasi pembangkit daya jauh lebih rumit dari pada siklus *Rankine* ideal asli yang sederhana. siklus ini merupakan siklus yang paling banyak digunakan untuk pembangkit daya listrik sekarang ini. Oleh Karen itu digambarkan dengan diagram P - v dan T - s dengan garis yang menunjukkan uap jenuh dan cair jenuh. [7]. Seperti terlihat pada gambar 2.4. Sebagai berikut :



Gambar 2.4. Siklus Rankine Ideal

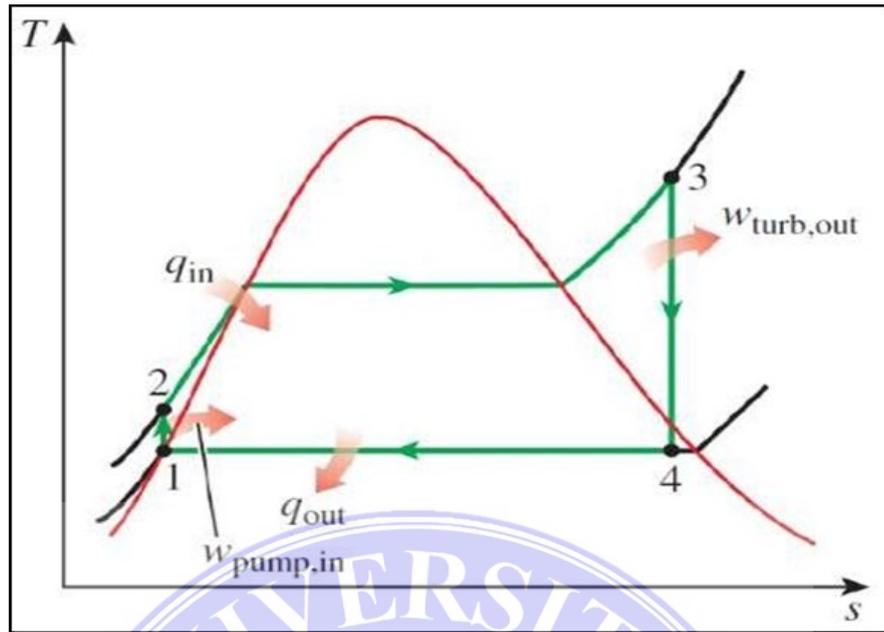
Terdapat 4 proses dalam siklus Rankine, setiap siklus mengubah keadaan fluida (tekanan dan wujud) sebagai berikut:

1. Proses1 : Fluida dipompa dari bertekanan rendah ketekanan tinggi dalam bentuk cair. Proses ini membutuhkan sedikit input energi.
2. Proses2 : Fluida cair bertekanan tinggi masuk keboiler dimana fluida dipanaskan hingga menjadi uap pada tekanan konstan menjadi uap jenuh.

3. Proses 3 : Uap jenuh bergerak menuju turbin, menghasilkan energy listrik. Hal ini mengurangi temperature dan tekanan uap, dan mungkin sedikit kondensasi juga terjadi.
4. Proses 4 : Uap basah memasuki kondenser dimana uap diembunkan dalam tekanan dan temperatur tetap hingga menjadi cairan jenuh.

Siklus ideal yang terjadi didalam turbin adalah siklus *Renkine* ; Air pada siklus 1 dipompakan, kondisinya adalah isentropik $S_1 = S_2$ masuk ke boiler dengan tekanan yang sama dengan tekanan di kondenser tetapi Boiler menyerap panas sedangkan kondenser melepaskan panas, kemudian dari boiler masuk keturbin dengan kondisi super panas $h_3=h_4$ dan keluaran dari turbin berbentuk uap jenuh dimana laju aliran massa yang masuk ke turbin sama dengan laju aliran massa keluar dari turbin, ini dapat digambarkan dengan menggunakan diagram T-S berikut: pada gambar 2.5. yaitu Proses-proses yang terjadi dari diagram tersebut dapat kita lihat dibawah ini sebagai berikut:

1. Proses1-2 : Proses kompresi isentropis pada kompresor.
2. Proses2-3 : Proses pembakaran pada tekanan konstan (*isobar*) Didalam ruang bakar, adanya pemasukan panas.
3. Proses3-4 : Proses ekspansi isentropik padaturbin.
4. Proses4-1 : Proses pelepasan kalor pada tekanan konstan.



Gambar 2.5. Diagram T-S Siklus Rankine

Analisis siklusnya sederhana. Berdasarkan unit uap dan masa uap dalam siklus uap jenuh perhitungan daya turbin uap dan efisiensi termal turbin uap dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

1. Daya pompa

$$W_p = \dot{m} (h_2 - h_1) \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana:

- W_p = Kerja pompa (kW)
- \dot{m} = Laju aliran air (kg/s)
- h_2 = Entalpi masuk pompa (kJ/kg)
- h_1 = Entalpi keluar pompa (kJ/kg)

2. Laju perpindahan panas ke fluida

$$Q_{in} = \dot{m} (h_3 - h_2) \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

- Q_{in} = Laju perpindahan panas (kW)
- \dot{m} = Laju aliran uap (kg/s)

h_3 = Entalpi masuk turbin (kJ/kg)

h_2 = Entalpi masuk pompa (kJ/kg)

3. Daya Turbin

$$W_T = \dot{m} (h_3 - h_4) \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

W_T = Kerja turbin (kW)

\dot{m} = Laju aliran uap (kg/s)

h_4 = Entalpy keluar turbin (kJ/kg)

h_3 = Entalpi masuk turbin (kJ/kg)

4. Kerja Netto turbin adalah kerja bersih yang dihasilkan sistem pembangkit

$$W_{net} = W_T - W_P \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

W_{net} = Kerja Netto (kW)

W_T = Kerja turbin (kW)

W_P = Kerja pompa (kW)

5. Efisiensi Thermal adalah perbandingan kerja netto yang dihasilkan sistem pembangkit dengan energi panas yang masuk steam

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} \times 100 \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana:

η_{th} = Efisiensi Thermal (%)

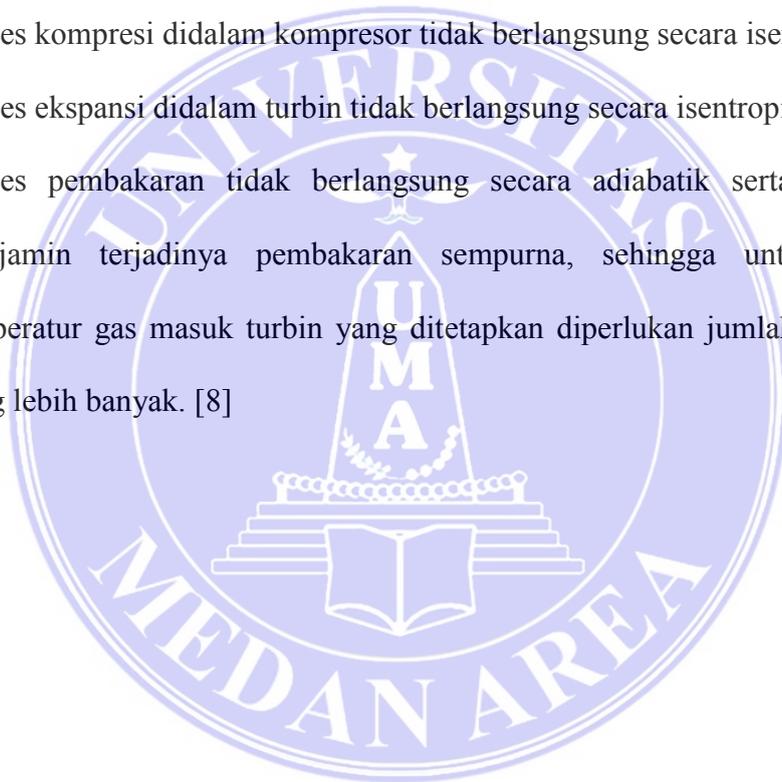
W_{net} = Kerja Netto (kW)

Q_{in} = Laju perpindahan panas (kW)

Proses di atas dapat diterapkan dalam teori, namun pada kenyatannya (secara aktual) terdapat penyimpangan–penyimpangan dan proses yang ideal.

Penyimpangan-penyimpangan itu adalah:

1. Fluida kerja bukanlah gas ideal dengan panas spesifik konstan.
2. Laju aliran massa fluida kerja tidak konstan.
3. Proses yang berlangsung disetiap komponen tidak adiabatik dan *reversibel*, karena ada kerugian energy akibat gesekan, perpindahan panas dan lain-lain.
4. Proses kompresi didalam kompresor tidak berlangsung secara isentropik.
5. Proses ekspansi didalam turbin tidak berlangsung secara isentropik.
6. Proses pembakaran tidak berlangsung secara adiabatik serta tidak dapat menjamin terjadinya pembakaran sempurna, sehingga untuk mencapai temperatur gas masuk turbin yang ditetapkan diperlukan jumlah bahan bakar yang lebih banyak. [8]



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat dan waktu

1. Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Pabrik Kelapa Sawit PTPN III Kebun Rambutan, Paya Bagas, Kecamatan Tebing Tinggi , Kabupaten Serdang Bedagai, Sumatera Utara.

2. Waktu

Waktu Penelitian selama satu bulan yaitu pada tanggal 07 Agustus s/d 06 September 2020 setiap hari senin sampai jumat.

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

No.	Jenis kegiatan	Tahun 2020					
		Februari	Maret	April	Juli	Agustus	September
1.	Pengajuan judul						
2.	Bimbingan proposal						
4.	Seminar proposal						
5.	Pengumpulan data						
6.	Pengolahan data						
7.	Seminar hasil						
8.	Sidang meja hijau						

B. Bahan dan alat

1. Bahan

a. Air

Air digunakan sebagai media penghasil uap (*steam*) yang di peroleh dari aliran sungai yang menuju ke pabrik kelapa sawit.

b. Serabut (*fiber*) dan Cangkang (*shell*)

Digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk menghasilkan energy mekanik dan panas. Serabut (*fiber*) dan Cangkang (*shell*) di peroleh dari sisa-sisa proses pengolahan kelapa sawit.

2. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam proses penelitian ini antara lain adalah:

a. Turbin

Turbin uap yang digunakan Pabrik Kelapa Sawit PTPN III Kebun Rambutan adalah turbin uap impuls. Dimana alat ini diprgunakan pada penelitian ini dengan spesifikasi turbin seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.2. dan gambar 3.1. di bawah ini:

Tabel 3.2. Spesifikasi turbin uap

Merk	Type	Serial Number	Daya (kW)	P_{in} (kpa)	P_{OUT} (kPa)	1/n (rpm)
Turbodyne	502W	36548	1700	1800	350	4962/1500



Gambar 3.1. Turbin Uap

b. Pressure Gauge

Pressure gauge adalah alat yang digunakan secara luas pada audit energy untuk mengukur tekanan uap, yang berfungsi untuk mengukur tekanan uap. Seperti terlihat pada gambar 3.2. di bawah ini:



Gambar 3.2. Pressure Gauge

c. Control Panel

Control Panel berfungsi untuk mengukur tegangan listrik dan daya listrik pada keluaran generator listrik. Yang di hasilkan dari turbin uap sebagai media penggerakannya. Dengan kapasitas daya turbin alternator 1700kW. Seperti terlihat pada gambar 3.3. di bawah ini:



Gambar 3.3. Control Panel

C. Variable Penelitian

Variable adalah besaran yang dapat mengubah dan mempengaruhi hasil suatu penelitian. Adanya variable juga memudahkan dalam menganalisis masalah. Dua variable digunakan dalam penelitian ini yaitu variable bebas dan variable terkait.

1. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi penelitian. Variabel independen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Tekanan uap masuk dan uap keluar pada turbin uap
- b. Suhu uap masuk pada turbin uap
- c. *Specific volume, Enthalpy, Entropy*

2. Variable Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang terpengaruh dalam penelitian.

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. Daya turbin uap
- b. Efisiensi turbin uap

D. Tahapan penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mencatat seluruh kegiatan yang terjadi selama proses di stasiun pembangkit tenaga (*powerplant*) dalam buku harian mandor.
2. Mencatat data waktu pengolahan, tekanan *steam* masuk, daya yang dihasilkan oleh turbin, penggunaan bahan bakar pada boiler.
3. Melakukan wawancara dengan operator dan mandor stasiun pembangkit tenaga, serta asisten *maintenance* terkait dengan proses *power plant*.
4. Melakukan perhitungan nilai *Net Plant Heat Rate* (NPHR) tersebut.
5. Menganalisa dan menyimpulkan mengenai konsumsi panas (energi) dalam menghasilkan listrik pabrik.

E. Pengamatan Penelitian

1. Observasi (pengamatan)

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengamatan dan pencatatan langsung yang berkaitan dengan stasiun pembangkit tenaga (*power plant*) terutama pada daya turbin uap dan Boiler di PKS PTPN III Kebun Rambutan selama satu bulan yaitu pada tanggal 07 Agustus – 06 september 2020.

2. Wawancara

Pengumpulan data secara langsung (wawancara) dilakukan dengan bertanya kepada pihak manajemen *maintenance* termasuk *operator*, mandor dan asisten dengan memberikan penjelasan tentang keadaan dan masalah dari stasiun pembangkit tenaga (*power plant*) yaitu pada tekanan uap yang rendah pada turbin.

F. Pengolahan Data

1. Pengolahan Kualitatif

Data yang di dapat berupa sajian tentang performa stasiun pembangkit tenaga melalui wawancara dengan pihak operator, mandor dan asisten *maintenance*.

2. Pengolahan Kuantitatif

Data yang diambil tersebut adalah data skunder dari buku harian mandor mengenai performa stasiun pembangkit tenaga (*power plant*) selama satu bulan yaitu pada tanggal 07 Agustus – 06 September 2020.

G. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan studi literature untuk memperoleh data-data yang lengkap untuk objek yang akan di teliti. Literature yang penulis gunakan bersumber dari beberapa jurnal dengan materi yang sama dan buku termodinamika teknik dasar beserta referensi yang ada di internet. Setelah melakukan studi literature tahap selanjutnya adalah pembuatan proposal tugas akhir dan setelah di konsultasikan dengan dosen pembimbing. Setelah itu penulis akan mengambil data di PKS PTPN III Kebun rambutan.

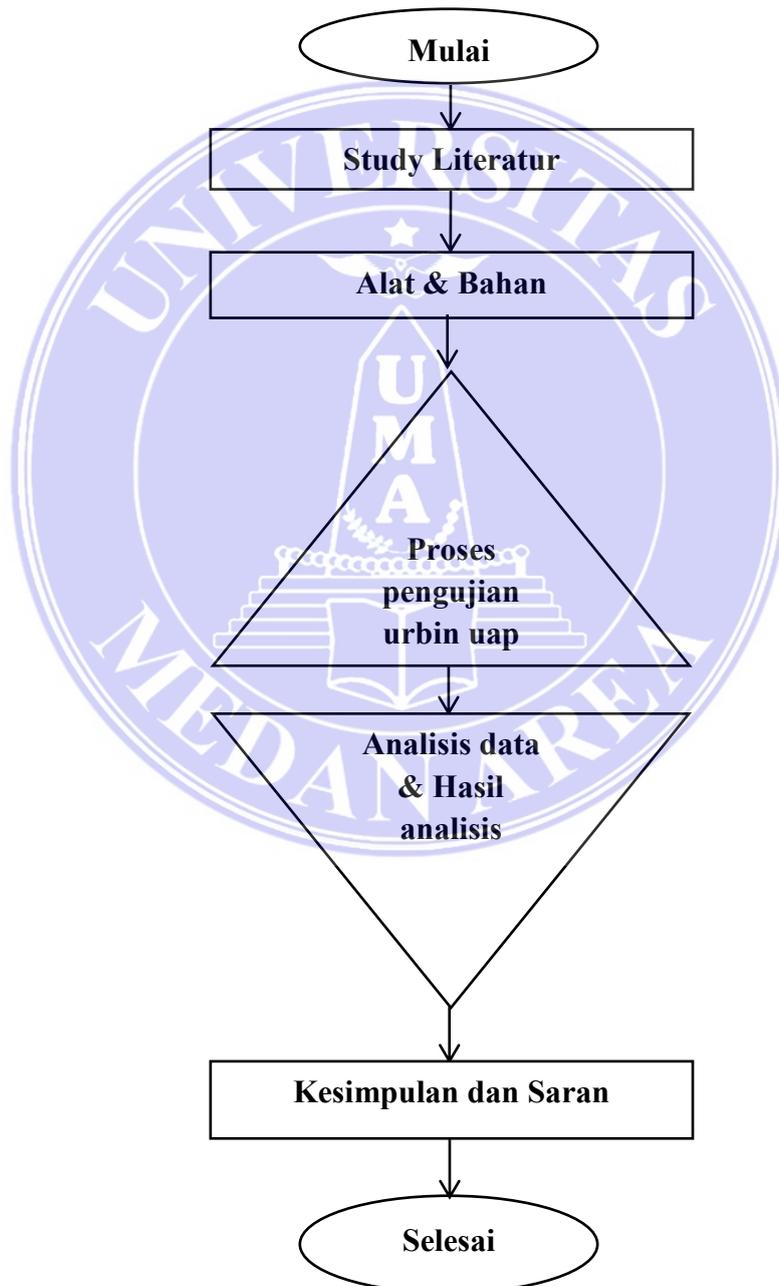
H. Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mencatat seluruh kegiatan yang terjadi selama proses di stasiun pembangkit tenaga (*power plant*) dalam buku harian mandor.
2. Mencatat data waktu pengolahan, tekanan *steam* masuk, daya yang dihasilkan oleh turbin, penggunaan bahan bakar pada boiler.

3. Melakukan wawancara dengan operator dan mandor stasiun pembangkit tenaga, serta asisten *maintenance* terkait dengan proses *power plant*.
4. Menganalisis dan menyimpulkan mengenai konsumsi panas (energi) dalam menghasilkan listrik pabrik.

Diagram alir dibawah ini menunjukkan langkah – langkah dalam menyelesaikan penelitian ini. Seperti terlihat pada gambar 3.4. di bawah ini:



Gambar 3.4. Diagram alir turbin uap

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Melalui kegiatan penelitian yang dilakukan di pabrik kelapa sawit dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Laju aliran uap (\dot{m}) yang dihasilkan boiler : 5,6 kg/s
2. Berdasarkan penelitian ini. Tekanan uap masuk turbin uap, untuk memperoleh daya yang optimal adalah sebesar 1900 kPa. Sehingga di dapat daya keluaran dari turbin uap ke generator sebesar 1807 kW. Total tenaga yang dibutuhkan oleh pabrik kelapa sawit adalah 1700 kW.
3. Berdasarkan hasil analisis ini, efisiensi turbin uap terhitung 24 %. Diperoleh nilai tekanan optimal untuk mencapai efisiensi turbin uap sebesar 1900 kPa. Oleh karena itu, efisiensi dapat digunakan di pabrik kelapa sawit. Guna meningkatkan efisiensi turbin uap pada pabrik kelapa sawit.

B. Saran

1. Diharapkan penambahan tekanan uap pada boiler untuk memutar turbin agar menghasilkan efisiensi turbin yang baik.
2. 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.

3. Setiap kali terjadi perubahan beban, dilakukan proses pendinginan pada mesin pompa untuk menjaga daya yang dihasilkan oleh pompa. Karena suhu mesin pompa yang tinggi, pembebanan yang terus menerus akan mengurangi daya pompa.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apriadi, Ryski Aqli Mursadin, "Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pltu PT. Indocment P-12 Tarjun," *Sjme Kinematika* , vol. 1, pp. 37-46, 2016.
- [2] Department Operation, Pengenalan Sistem Utilitas I dan II. Badak NGL, Bontang, 2006.
- [3] M. E. Joko Purnomo, "Analisis Pengaruh Load Capacity Pembangkit Listrik Tenaga Uap Tangjungawar-awar 350 MW Terhadap Efisiensi Turbin Generator QFSN- 350-2 Unit 1," *Analisis* , pp. 43-49, 2018.
- [4] N. H. Valdo Sihombing, "Analisis Perhitungan Ekonomi Dan Penghematan Energi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pabrik Kelapa Sawit," *chicago*, pp. 2337-439, 2014.
- [5] S. Surnawo, "Analisis Heat Rate Pada Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pltu Tanjung Jati B Unit 3," *Analisis Ilmiah* , pp. 61-68, 2015.
- [6] D. D. Putra, "Studi Eksperimen Perbandingan Pengaruh Variasi Tekanan Inlet Turbin dan Variasi Pembebanan Terhadap Karakteristik Turbin Pada Organic Rankine Cycle," *Ilmiah*, pp. ISSN: 2337-3539, 2013.
- [7] K. S. Novi Gusnita, "Analisa Efisiensi dan Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Alsthon Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Kapasitas 20 MW," *Chicago*, pp. ISSN: 1693-2390, 2017.
- [8] M. F. Zakaria, "Analisa Energi Dan Eksergi Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 2 Tanjung Awar-Awar," *Chicago*, pp. 77-85, 2018.
- [9] H. Dwi Cahyadi, "Analisa Perhitungan Efisiensi Turbin Generator QFSN-300-2-20B Unit 10 dan 20 PT. Pjb Ubjom Pltu Rembang," *Ilmiah*, 2015.
- [10] S. Sunarwo, " Analisis Heat Rate Pada Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pltu Tanjung Jati B Unit 3," *Analisis Ilmiah* , pp. 61-68, 2015.
- [11] D. D. Putra, "Studi Eksperimen Perbandingan Pengaruh Variasi Tekanan Inlet Turbin dan Variasi Pembebanan Tehadap Karakteristik Turbin Pada Organic Rankine Cycle, 2337-3539," *ANALISI* , 2013 .

- [12] D. D. Putra, "Studi Eksperimen Perbandingan Pengaruh Variasi Tekanan Inlet Turbin dan Variasi Penerbangan Terhadap Karakteristik Turbin Pada Organic Rankine Cycle,," *Ilmiah* , pp. ISSN: 2337- 3539, 2013.



DAFTAR LAMPIRAN

Tabel 1. Termodinamika dasar

Berdasarkan tabel Termodinamika dasar di dapat pada nilai yang akan dijelaskan pada halaman 31 dan 33.

918 | Thermodynamics

TABLE A-5

Saturated water—Pressure table

Press., P kPa	Sat. temp., T_{sat} °C	Specific VOLUME, m^3/kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
		Sat. liquid, v_f	Sat. vapor, v_g	Sat. liquid, u_f	Evap., u_{fg}	Sat. vapor, u_g	Sat. liquid, h_f	Evap., h_{fg}	Sat. vapor, h_g	Sat. liquid, s_f	Evap., s_{fg}	Sat. vapor, s_g
1.0	6.97	0.001000	129.19	29.302	2355.2	2384.5	29.303	2484.4	2513.7	0.1059	8.8690	8.9749
1.5	13.02	0.001001	87.964	54.686	2338.1	2392.8	54.688	2470.1	2524.7	0.1956	8.6314	8.8270
2.0	17.50	0.001001	66.990	73.431	2325.5	2398.9	73.433	2459.5	2532.9	0.2606	8.4621	8.7227
2.5	21.08	0.001002	54.242	88.422	2315.4	2403.8	88.424	2451.0	2539.4	0.3118	8.3302	8.6421
3.0	24.08	0.001003	45.654	100.98	2306.9	2407.9	100.98	2443.9	2544.8	0.3543	8.2222	8.5765
4.0	28.96	0.001004	34.791	121.39	2293.1	2414.5	121.39	2432.3	2553.7	0.4224	8.0510	8.4734
5.0	32.87	0.001005	28.185	137.75	2282.1	2419.8	137.75	2423.0	2560.7	0.4762	7.9176	8.3938
7.5	40.29	0.001008	19.233	168.74	2261.1	2429.8	168.75	2405.3	2574.0	0.5763	7.6738	8.2501
10	45.81	0.001010	14.670	191.79	2245.4	2437.2	191.81	2392.1	2583.9	0.6492	7.4996	8.1488
15	53.97	0.001014	10.020	225.93	2222.1	2448.0	225.94	2372.3	2598.3	0.7549	7.2522	8.0071
20	60.06	0.001017	7.6481	251.40	2204.6	2456.0	251.42	2357.5	2608.9	0.8320	7.0752	7.9073
25	64.96	0.001020	6.2034	271.93	2190.4	2462.4	271.96	2345.5	2617.5	0.8932	6.9370	7.8302
30	69.09	0.001022	5.2287	289.24	2178.5	2467.7	289.27	2335.3	2624.6	0.9441	6.8234	7.7675
40	75.86	0.001026	3.9933	317.58	2158.8	2476.3	317.62	2318.4	2636.1	1.0261	6.6430	7.6691
50	81.32	0.001030	3.2403	340.49	2142.7	2483.2	340.54	2304.7	2645.2	1.0912	6.5019	7.5931
75	91.76	0.001037	2.2172	384.36	2111.8	2496.1	384.44	2278.0	2662.4	1.2132	6.2426	7.4558
100	99.61	0.001043	1.6941	417.40	2088.2	2505.6	417.51	2257.5	2675.0	1.3028	6.0562	7.3589
101.325	99.97	0.001043	1.6734	418.95	2087.0	2506.0	419.06	2256.5	2675.6	1.3069	6.0476	7.3545
125	105.97	0.001048	1.3750	444.23	2068.8	2513.0	444.36	2240.6	2684.9	1.3741	5.9100	7.2841
150	111.35	0.001053	1.1594	466.97	2052.3	2519.2	467.13	2226.0	2693.1	1.4337	5.7894	7.2231
175	116.04	0.001057	1.0037	486.82	2037.7	2524.5	487.01	2213.1	2700.2	1.4850	5.6865	7.1716
200	120.21	0.001061	0.88578	504.50	2024.6	2529.1	504.71	2201.6	2706.3	1.5302	5.5968	7.1270
225	123.97	0.001064	0.79329	520.47	2012.7	2533.2	520.71	2191.0	2711.7	1.5706	5.5171	7.0877
250	127.41	0.001067	0.71873	535.08	2001.8	2536.8	535.35	2181.2	2716.5	1.6072	5.4453	7.0525
275	130.58	0.001070	0.65732	548.57	1991.6	2540.1	548.86	2172.0	2720.9	1.6408	5.3800	7.0207
300	133.52	0.001073	0.60582	561.11	1982.1	2543.2	561.43	2163.5	2724.9	1.6717	5.3200	6.9917
325	136.27	0.001076	0.56199	572.84	1973.1	2545.9	573.19	2155.4	2728.6	1.7005	5.2645	6.9650
350	138.86	0.001079	0.52422	583.89	1964.6	2548.5	584.26	2147.7	2732.0	1.7274	5.2128	6.9402
375	141.30	0.001081	0.49133	594.32	1956.6	2550.9	594.73	2140.4	2735.1	1.7526	5.1645	6.9171
400	143.61	0.001084	0.46242	604.22	1948.9	2553.1	604.66	2133.4	2738.1	1.7765	5.1191	6.8955
450	147.90	0.001088	0.41392	622.65	1934.5	2557.1	623.14	2120.3	2743.4	1.8205	5.0356	6.8561
500	151.83	0.001093	0.37483	639.54	1921.2	2560.7	640.09	2108.0	2748.1	1.8604	4.9603	6.8207
550	155.46	0.001097	0.34261	655.16	1908.8	2563.9	655.77	2096.6	2752.4	1.8970	4.8916	6.7886
600	158.83	0.001101	0.31560	669.72	1897.1	2566.8	670.38	2085.8	2756.2	1.9308	4.8285	6.7593
650	161.98	0.001104	0.29260	683.37	1886.1	2569.4	684.08	2075.5	2759.6	1.9623	4.7699	6.7322
700	164.95	0.001108	0.27278	696.23	1875.6	2571.8	697.00	2065.8	2762.8	1.9918	4.7153	6.7071
750	167.75	0.001111	0.25552	708.40	1865.6	2574.0	709.24	2056.4	2765.7	2.0195	4.6642	6.6837

Tabel 3. Termodinamika dasar

Berdasarkan tabel Termodinamika dasar di dapat pada nilai yang akan di jelaskan pada halaman 32

TABLE A-5
Saturated water—Pressure table (Continued)

Press., P kPa	Sat. temp., T _{sat} °C	Specific VOLUME, m ³ /kg		Internal energy, kJ/kg			Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/kg · K		
		Sat. liquid, v _f	Sat. vapor, v _g	Sat. liquid, u _f	Evap., u _{fg}	Sat. vapor, u _g	Sat. liquid, h _f	Evap., h _{fg}	Sat. vapor, h _g	Sat. liquid, s _f	Evap., s _{fg}	Sat. vapor, s _g
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0	720.87	2047.5	2768.3	2.0457	4.6160	6.6616
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9	731.95	2038.8	2770.8	2.0705	4.5705	6.6409
900	175.35	0.001121	0.21489	741.55	1838.1	2579.6	742.56	2030.5	2773.0	2.0941	4.5273	6.6213
950	177.66	0.001124	0.20411	751.67	1829.6	2581.3	752.74	2022.4	2775.2	2.1166	4.4862	6.6027
1000	179.88	0.001127	0.19436	761.39	1821.4	2582.8	762.51	2014.6	2777.1	2.1381	4.4470	6.5850
1100	184.06	0.001133	0.17745	779.78	1805.7	2585.5	781.03	1999.6	2780.7	2.1785	4.3735	6.5520
1200	187.96	0.001138	0.16326	796.96	1790.9	2587.8	798.33	1985.4	2783.8	2.2159	4.3058	6.5217
1300	191.60	0.001144	0.15119	813.10	1776.8	2589.9	814.59	1971.9	2786.5	2.2508	4.2428	6.4936
1400	195.04	0.001149	0.14078	828.35	1763.4	2591.8	829.96	1958.9	2788.9	2.2835	4.1840	6.4675
1500	198.29	0.001154	0.13171	842.82	1750.6	2593.4	844.55	1946.4	2791.0	2.3143	4.1287	6.4430
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	878.16	1917.1	2795.2	2.3844	4.0033	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	908.47	1889.8	2798.3	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	936.21	1864.3	2800.5	2.5029	3.7926	6.2954
2500	223.95	0.001197	0.079952	958.87	1643.2	2602.1	961.87	1840.1	2801.9	2.5542	3.7016	6.2558
3000	233.85	0.001217	0.066667	1004.6	1598.5	2603.2	1008.3	1794.9	2803.2	2.6454	3.5402	6.1856
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1557.6	2603.0	1049.7	1753.0	2802.7	2.7253	3.3991	6.1244
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7	1087.4	1713.5	2800.8	2.7966	3.2731	6.0696
5000	263.94	0.001286	0.039448	1148.1	1448.9	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2	2.9207	3.0530	5.9737
6000	275.59	0.001319	0.032449	1205.8	1384.1	2589.9	1213.8	1570.9	2784.6	3.0275	2.8627	5.8902
7000	285.83	0.001352	0.027378	1258.0	1323.0	2581.0	1267.5	1505.2	2772.6	3.1220	2.6927	5.8148
8000	295.01	0.001384	0.023525	1306.0	1264.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2077	2.5373	5.7450
9000	303.35	0.001418	0.020489	1350.9	1207.6	2558.5	1363.7	1379.3	2742.9	3.2866	2.3925	5.6791
10,000	311.00	0.001452	0.018028	1393.3	1151.8	2545.2	1407.8	1317.6	2725.5	3.3603	2.2556	5.6159
11,000	318.08	0.001488	0.015988	1433.9	1096.6	2530.4	1450.2	1256.1	2706.3	3.4299	2.1245	5.5544
12,000	324.68	0.001526	0.014264	1473.0	1041.3	2514.3	1491.3	1194.1	2685.4	3.4964	1.9975	5.4939
13,000	330.85	0.001566	0.012781	1511.0	985.5	2496.6	1531.4	1131.3	2662.7	3.5606	1.8730	5.4336
14,000	336.67	0.001610	0.011487	1548.4	928.7	2477.1	1571.0	1067.0	2637.9	3.6232	1.7497	5.3728
15,000	342.16	0.001657	0.010341	1585.5	870.3	2455.7	1610.3	1000.5	2610.8	3.6848	1.6261	5.3108
16,000	347.36	0.001710	0.009312	1622.6	809.4	2432.0	1649.9	931.1	2581.0	3.7461	1.5005	5.2466
17,000	352.29	0.001770	0.008374	1660.2	745.1	2405.4	1690.3	857.4	2547.7	3.8082	1.3709	5.1791
18,000	356.99	0.001840	0.007504	1699.1	675.9	2375.0	1732.2	777.8	2510.0	3.8720	1.2343	5.1064
19,000	361.47	0.001926	0.006677	1740.3	598.9	2339.2	1776.8	689.2	2466.0	3.9396	1.0860	5.0256
20,000	365.75	0.002038	0.005862	1785.8	509.0	2294.8	1826.6	585.5	2412.1	4.0146	0.9164	4.9310
21,000	369.83	0.002207	0.004994	1841.6	391.9	2233.5	1888.0	450.4	2338.4	4.1071	0.7005	4.8076
22,000	373.71	0.002703	0.003644	1951.7	140.8	2092.4	2011.1	161.5	2172.6	4.2942	0.2496	4.5439
22,064	373.95	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070