

ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN UAP IMPULS

SKRIPSI

OLEH :

**RIO PRASETIO
178130002**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 31/1/25

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

HALAMAN JUDUL

ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN UAP IMPULS

SKRIPSI

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

OLEH :

RIO PRASETIO
178130002

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 31/1/25


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)31/1/25

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap
Unjuk Kerja Turbin Uap Impuls
Nama Mahasiswa : Rio Prasetyo
Npm : 178130002
Fakultas : Teknik Mesin

Disetujui oleh
Komisaris pembimbing


(Muhammad Hidayat, S.T., M.T.)
Pembimbing I


(Indra Hermawan, ST., M.T)
Pembimbing II


(Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T.)
Dekan


(Dr. Iswandi, S.T., M.T.)
Ka. Prodi

Tanggal lulus : 28 JUNI 2024

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 sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

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



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

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:


Nama : Rio prasetio
NPM : 178130002
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Unjuk Kerja Turbin Uap Impuls.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Medan
Pada tanggal: 24 JUNI 2024
Yang menyatakan


Rio prasetio
(178130002)

ABSTRAK

Ketel uap/boiler merupakan suatu peralatan atau sistem yang bertujuan untuk merubah air menjadi uap yang berguna. Uap yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga. Pada dasarnya, prinsip kerja ketel uap menggunakan konsep siklus rankine. Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Panas disuplai secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida yang bergerak. Siklus Rankine merupakan model operasi dari mesin uap panas yang secara umum ditemukan di pembangkit listrik. Sumber panas yang utama untuk siklus Rankine adalah batu bara, gas alam, minyak bumi, nuklir, dan panas matahari.

Anova adalah sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rerata antar grup. Grup disini bisa berarti kelompok atau jenis perlakuan. Anova ditemukan dan diperkenalkan oleh seorang ahli statistik bernama Ronald Fisher. Anova merupakan singkatan dari Analysis of variance. Merupakan prosedur uji statistik yang mirip dengan t test.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa Daya turbin yang di hasilkan pada penelitian ini sebesar 5.18 KW dan efisiensi 25.37% pada tekanan 300 kPa, 4.60 KW dan efisiensi 27.23% pada tekanan 400 kPa, 3.47KW dan efisiensi 28.71% pada tekanan 500 kPa, 3.24 KW dan efisiensi 29.93% pada tekanan 600 kPa, 3.03 KW dan efisiensi 30.99% pada tekanan 700 kPa. Hasilkan pada penelitian ini sebesar efisiensi 25% pada tekanan 300kPa, efisiensi 27.23% pada tekanan 400 kPa, efisiensi 28.71% pada tekanan 500 kPa, efisiensi 29.93 % pada tekanan 600 kPa, efisiensi 30.99 % pada tekanan 700 kPa.

Kata Kunci :Turbin impuls, Variasi tekanan, Anova.

ABSTRACT

A steam boiler / boiler is an equipment or system that aims to convert water into useful steam. The resulting steam can be used as a power plant. Basically, the working principle of steam boilers uses the concept of the Rankine cycle. The Rankine cycle is a thermodynamic cycle that converts heat into work. Heat is supplied externally in a closed stream, which usually uses water as a moving fluid.

The Rankine cycle is an operating model of the hot steam engine commonly found in power plants. The main heat sources for the Rankine cycle are coal, natural gas, petroleum, nuclear, and solar heat.

Anova is a statistical analysis that examines mean differences between groups. Group here can mean group or type of treatment. Anova was invented and introduced by a statistician named Ronald Fisher. Anova stands for Analysis of variance. It is a statistical test procedure similar to the t test.

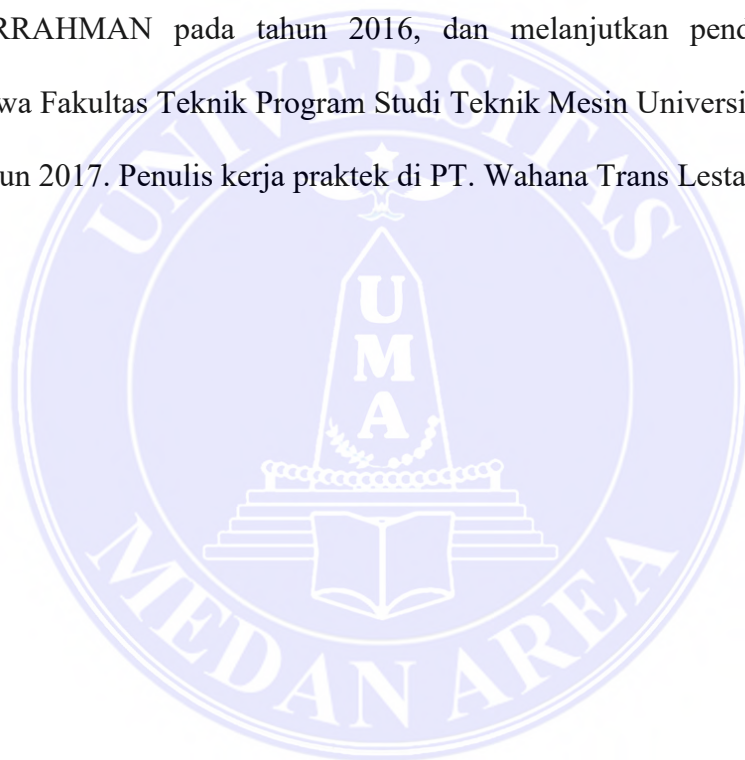
Based on the results of the tests that have been carried out, it can be concluded that the turbine power produced in this study is 5.18 KW and efficiency 25.37% at pressures 300 kPa, 4.60 KW and efficiency 27.23% at pressures 400 kPa, 3.47KW and efficiency 28.71% at pressures 500 kPa, 3.24 KW and efficiency 29.93% at pressures 600 kPa, 3.03 KW and efficiency 30.99% at pressures 700 kPa.

The results in this study amounted to 25% efficiency at 300kPa pressure, 27.23% efficiency at 400 kPa pressure, 28.71% efficiency at 500 kPa pressure, 29.93% efficiency at 600 kPa pressure, 30.99% efficiency at 700 kPa pressure.

Keywords : Impulse turbine, pressure variation, Anova.

RIWAYAT HIDUP

Penulis Rio prasetyo lahir pada tanggal 02 November 1997 dari orang tua Sofyan dan Gina sriana di Desa sam-sam, Kec. Kandis, Kab. Siak. Putra pertama dari tiga bersaudara, penulis. Penulis menyelesaikan pendidikan dasarnya di SDN 004 sam-sam Kec. Kandis pada tahun 2010, pendidikan SMPN 3 Kandis kec. Kandis, Kab. Siak pada tahun 2013, pendidikan SMK di SMK Swasta BAITURRAHMAN pada tahun 2016, dan melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area pada tahun 2017. Penulis kerja praktek di PT. Wahana Trans Lestari, Kota Medan.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Judul yang di ambil dalam penelitian ini adalah Analisis Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Unjuk Kerja Turbin Uap Impuls.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., sebagai dosen pembimbing satu dan bapak Indra Hermawan, S.T., M.T., serta bapak Dr. Iswandi, ST., MT. yang telah banyak memberikan saran dan masukan selama penulis menyelesaikan penelitian ini. Ungkapan terima kasih juga di sampaikan kepada kedua orang tua, keluarga dan teman teman atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini memiliki kekurangan oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis harapkan tugas akhir ini bermanfaat bagi kalangan pendidikan dan masyarakat luas. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih

Penulis

(Rio Prasetyo)
178130002

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------------------------------|
| HALAMAN JUDUL..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL | Error! Bookmark not defined. |
| HALAMAN PERNYATAAN | Error! Bookmark not defined. |
| ABSTRAK | vi |
| RIWAYAT HIDUP..... | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR NOTASI..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Perumusan masalah | 1 |
| 1.3 Tujuan penelitian | 2 |
| 1.4 Hipotesis penelitian | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 2 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 4 |
| 2.1 Ketel Uap..... | 4 |
| 2.2 Komponen–Komponen Turbin Uap..... | 5 |
| 2.3 Klasifikasi Turbin Uap | 8 |
| 2.4 Prinsip Kerja Turbin Uap | 13 |
| 2.5 Efisiensi Turbin Uap..... | 14 |
| 2.6 Siklus Rankine..... | 15 |
| 2.7 Anova | 19 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 24 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 24 |
| 3.2 Bahan dan Alat | 25 |
| 3.3 Metode Penelitian..... | 31 |
| 3.4 Populasi dan Sampel..... | 31 |
| 3.5 Prosedur Kerja..... | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 35 |
| 4.1 HASIL | 35 |
| 4.2 PEMBAHASAN..... | 45 |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN | 47 |
| 5.1 Simpulan..... | 47 |
| 5.2 Saran | 48 |
| DAFTAR PUSTAKA | 49 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1. Tabel ringkasan anova satu arah | 22 |
| Tabel 3.1. Jadwal penelitian | 24 |
| Tabel 3.2. Ukuran turbin | 25 |
| Tabel 3.3. Ukuran casing turbin..... | 25 |
| Tabel 3.4. Spesifikasi generator mini..... | 27 |
| Tabel 3.5. Populasi..... | 32 |
| Tabel 3.6. Sampel..... | 32 |
| Tabel 4.1. Hasil penelitian | 35 |
| Tabel 4.2. Saturated water pressure | 38 |
| Tabel 4.3. Nilai enthalpy dan entropy pada kondisi uap masuk turbin..... | 39 |
| Tabel 4.4. Nilai enthalpy dan entropy uap keluar turbin..... | 40 |
| Tabel 4.5. Anova single faktor perbandingan daya pompa dan daya turbin..... | 42 |
| Tabel 4.6. Anova single faktor perbandingan tekanan dan efisiensi turbin | 43 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1. Komponen utama turbin uap | 5 |
| Gambar 2.2. Turbin implus | 9 |
| Gambar 2.3. Turbin reaksi dua tahap | 11 |
| Gambar 2.4. Prinsip kerja turbin uap | 14 |
| Gambar 2.5. Prinsip kerja dan perpindahan panas siklus rankine..... | 16 |
| Gambar 2.6. Diagram T S siklus rankine ideal | 17 |
| Gambar 3.1. Turbin | 25 |
| Gambar 3.2. Rumah turbin..... | 26 |
| Gambar 3.3. Dudukan/kaki turbin..... | 26 |
| Gambar 3.4. Generator mini..... | 27 |
| Gambar 3.5. Pipa besi | 27 |
| Gambar 3.6. Nosel..... | 28 |
| Gambar 3.7. Pressure gauge | 28 |
| Gambar 3.8. Thermometer..... | 29 |
| Gambar 3.9. Pompa air..... | 29 |
| Gambar 3.10. Blower keong | 30 |
| Gambar 3.11. Lampu DC | 30 |
| Gambar 3.12. Pembangkit uap mini..... | 33 |
| Gambar 3.13. Diagram alir..... | 34 |
| Gambar 4.1 Perbandingan variasi tekanan daya pompa dan daya turbin | 35 |
| Gambar 4.2 Perbandingan variasi tekanan terhadap efisiensi turbin | 36 |
| Gambar 4.3 Siklus data aktual | 36 |
| Gambar 4.4 Diagram T.S Siklus Rankine..... | 37 |

DAFTAR NOTASI

| | | |
|-------------|---|---|
| Q_{air} | = | Panas air (Watt) |
| m | = | Massa (kg) |
| cp | = | Kalor jenis (kJ/kg°C) |
| T_{akhir} | = | Suhu akhir (°C) |
| T_{awal} | = | Suhu awal (°C) |
| Q_{in} | = | Panas yang masuk (kW) |
| M_{bb} | = | Massa bahan bakar (Kg) |
| η | = | Efisiensi |
| \dot{m} | = | kapasitas produksi uap (kg uap/s) |
| h_3 | = | entalpi uap keluar boiler (kJ/kg) |
| h_1 | = | entalpi air umpan/pengisi ketel (kJ/kg) |
| W_p | = | Kerja pompa |
| W_t | = | Kerja turbin (kW) |
| Q_{out} | = | energi keluar (kW) |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang Masalah

Dalam penelitian sebelumnya peneliti hanya menggunakan tekanan uap sebesar 500 kPa dan daya yang di dapatkan dari output generator sebesar 264 watt. Pada rancangan sebelumnya juga peneliti menggunakan desain pipa yang panjang oleh karena itu panas dari uap ada sebagian yang terbuang.

Indonesia mempunyai sumber daya alam yang melimpah. Sumber daya fosil merupakan sumber daya alam yang sampai saat ini telah dieksploitasi secara luas. Langkah-langkah verifikasi energi dilakukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya fosil karena data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menunjukkan bahwa persediaan sumber daya fosil di Indonesia semakin menipis. (Dwi Dharma Risqiawan dan Ary Bachitiar Kharisma Putra,2013)

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik, yang selanjutnya diubah menjadi energi mekanik melalui putaran poros turbin. poros turbin, baik secara proporsional langsung atau melalui roda gigi reduksi. (Riyki Apriandi, Aqli Mursalin,2016)

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan permasalahan mengenai turbin uap yang dimuat dalam latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah utama dalam penelitian ini adalah menganalisa model rancangan, jenis bahan turbin uap, yang paling efisien.

Sehingga ditemukan permasalahan berdasarkan penjabaran pada rumusan masalah yang disusun dalam penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut :

- a. Menganalisis daya yang di hasilkan turbin uap
- b. Menganalisis efisiensi turbin dengan variasi tekanan Menganalisis daya listrik yang keluar jika tekanan uap bervariasi

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- a. Menganalisis kinerja turbin berdasarkan variasi tekanan
- b. Menganalisis kinerja turbin menggunakan metode anova

1.4 Hipotesis penelitian

Hipotesis dalam penelitian pada penulisan tesis ini dapat di uraikan :

- a. Bahwa memvariasikan tekanan pada boiler mampu meningkatkan efisiensi setiap tekanan terhadap kinerja turbin.
- b. Bahwa memvariasikan tekanan pada boiler tidak memberikan efisiensi terhadap kinerja turbin

1.5 Manfaat Penelitian

Perancangan yang berjudul “Analisis Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Unjuk Kerja Turbin Uap Impuls” ini dapat memberikan manfaat, yaitu :

- a. Perancangan ini dapat memberikan pemahaman dalam bidang pembangkit listrik, sehingga akan berlanjut pada pengembangan model rancangan turbin uap yang lebih baik.

- b. Dalam penulisan penelitian ini di harapkan mampu menjadi pembanding untuk penelitian selanjutnya dan memberikan kontribusi yang paling efektif dalam pemanfaatan uap air serta mampu di konversi menjadi aliran listrik secara maksimal.
- c. Bagi penulis dapat menyelesaikan program perkuliahan Sarjana Teknik Mesin Universitas Medan Area.
- d. Membantu penulis untuk memilih jenis bahan yang paling sesuai dan efisien.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ketel Uap

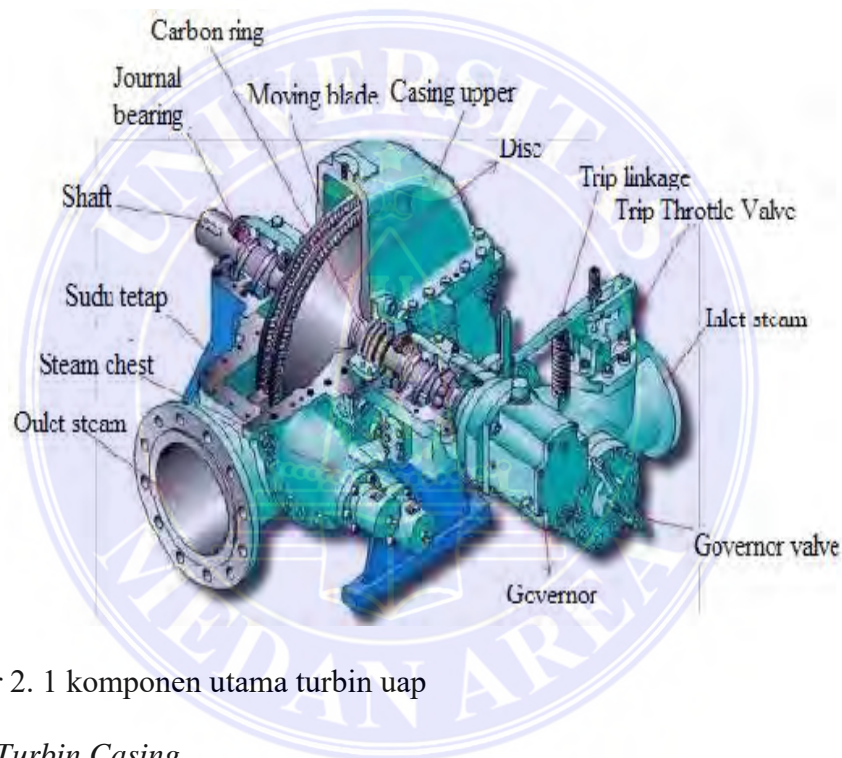
Ketel uap/boiler merupakan suatu peralatan atau sistem yang bertujuan untuk merubah air menjadi uap yang berguna. Uap yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga. Pada dasarnya, prinsip kerja ketel uap menggunakan konsep siklus rankine. Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Panas disuplai secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida yang bergerak. Siklus Rankine merupakan model operasi dari mesin uap panas yang secara umum ditemukan di pembangkit listrik. Sumber panas yang utama untuk siklus Rankine adalah batu bara, gas alam, minyak bumi, nuklir, dan panas matahari. (Ibrahim dan Aqli Bill Haqqi 2014)

Turbin uap merupakan salah satu komponen dasar dalam pembangkit listrik tenaga uap, dimana komponen utama dari sistem tersebut yaitu: boiler, pompa air, kondensor, dan turbin itu sendiri. Jika dibandingkan dengan penggerak generator listrik yang lain, turbin uap mempunyai kelebihan antara lain:

- a. Penggunaan panas yang lebih baik.
- b. Tidak menghasilkan loncatan bunga api listrik.
- c. Pengontrolan putaran yang lebih mudah.

2.2 Komponen–Komponen Turbin Uap

Sistem turbin uap generator yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga uap berfungsi untuk mengkonversikan energi potensial menjadi energi mekanis dalam bentuk poros. pada dasarnya turbin uap terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang merupakan komponen utama pada turbin uap kemudian di tambah komponen pendukung lainnya berikut komponen utama turbin uap seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 1 komponen utama turbin uap

a. *Turbin Casing*

Adalah komponen yang berfungsi untuk menutup serta melindungi bagian turbin.

b. Rotor

Adalah komponen turbin yang berputar terdiri dari poros, sudu turbin, atau deretan sudu yang disebut *stationary 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.

c. *Front Bearing*

Bearing / bantalan pada turbin uap memiliki fungsi yaitu: menahan agar komponen rotor diam, menahan berat rotor, menahan berbagai gaya tidak stabil dari uap air terhadap sudu turbin, menahan ketidakseimbangan karena kerusakan sudu, menahan gaya aksial pada beban listrik yang bervariasi.

d. *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.

e. *Gland Packing*

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

f. *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.

g. *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*.

h. *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.

i. *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*.

j. *Implus Stage*

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

k. *Labirith Ring*

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

l. Main Oli Pump

Adalah bagian turbin yang berfungsi sebagai pemompa oli dari tangki yang selanjutnya dialirkan ke bagian-bagian yang berputar pada turbin.

m. Stasionary Blade

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

n. Moving Blade

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

o. Reducing Gear

Adalah salah satu bagian turbin yang biasanya dipasang pada turbin-turbin kapasitas besar, berfungsi untuk menurunkan putaran poros rotor dari 5500 rpm menjadi 1500 rpm.

2.3 Klasifikasi Turbin Uap

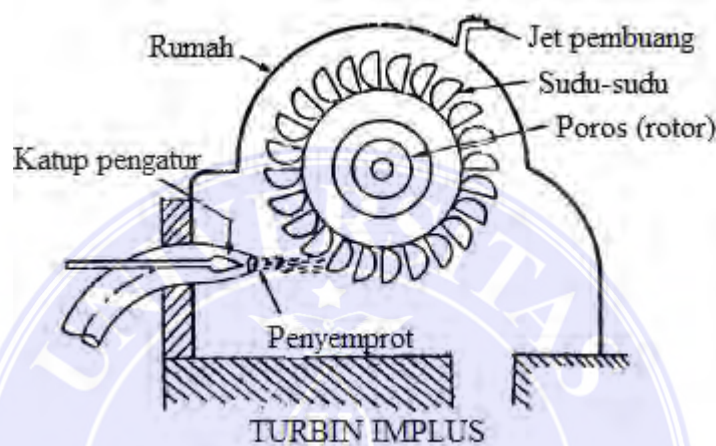
Turbin uap dapat diklasifikasikan dalam beberapa kategori yang berbeda antara lain menurut jumlah tingkat tekan, arah aliran uap, posisi silinder, metode pengaturan, menurut prinsip kerja, proses penurunan kalor, tekanan uap sisi masuk, dan pemakaiannya dibidang industri sebagai berikut:

2.3.1 Klasifikasi Menurut Prinsip Kerja

1. Turbin implus

Turbin implus adalah turbin sederhana dimana rotor berputar karena tumbukan dari fluida yang diarahkan oleh nosel. Sudu biasanya simetris dan

mempunyai sudut masuk dan sudut keluar. Oleh karena sudu biasanya digunakan pada tahap masuk tekanan tinggi pada turbin uap, bila volume spesifik rendah dan memerlukan luas aliran yang jauh lebih kecil dari pada tekanan rendah, sudu implus biasanya pendek dan mempunyai penampangkonstan, seperti yang terlihat pada gambar 2.2 sebagai berikut.[5]



Gambar 2.2. Turbin impuls

Turbin impuls memiliki komponen-komponen sebagai berikut:

- a) Poros berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
- b) Rumah turbin Impuls berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen dari turbin.
- c) Bantalan turbin impuls berfungsi sebagai perapat-perapat komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran.
- d) Sudu-sudu berfungsi untuk menerima beban tekanan yang disemprotkan oleh *nozzle*.
- e) Pipa pengarah / *Nozzel* berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan aliran fluida yang digunakan didalam system besar.

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 proses penyerapan energi dapat berlangsung efisien. Turbin impuls dibagi 3 bagian yaitu:

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

Ciri-ciri dari turbin impuls antara lain:

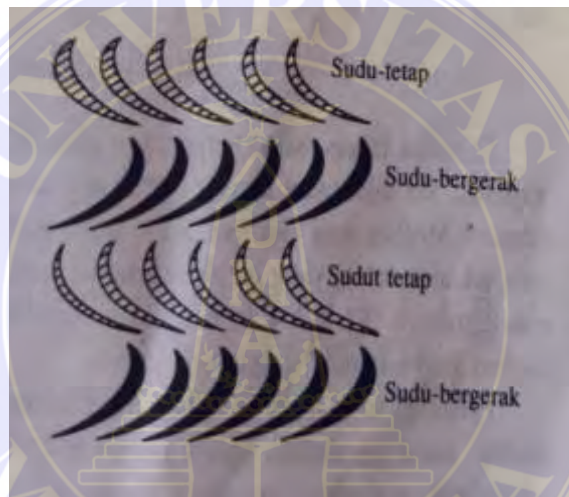
- a) Proses pengembangan uap/penurunan tekanan seluruhnya terjadi pada sudu diam / nosel.
- b) Akibat tekanan dalam turbin sama sehingga disebut dengan tekanan rata.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin dengan proses ekspansi (penurunan tekanan) dimana rotor berputar karena tekanan fluida dari nosel yang keluar pada ujung sudu gerak maupun sudu tetap. Turbin reaksi mempunyai tiga tahap, yang masing-masingnya terdiri atas satu baris sudu-tetap dan dua baris sudu bergerak. sudu tetapnya dirancang sedemikian rupa, sehingga jalur di antara sudu sudu itu merupakan lubang aliran nosel, jadi sudu sudu tetap itu merupakan nosel dengan

pemasukan uap penuh (*full steam admission*) di sekeliling pinggir rotor dan mengubah aliran uap ke sudu bergerak berikutnya.[5]

Sudu bergerak turbin reaksi dapat dibedakan dengan mudah dari sudu turbin implus karena tidak simetris kema garis tekanan pada gambar 2.2 menunjukkan bahwa tekanan menurun secara sinambung melalui barisan-barisan sudu itu, baik yang tetap maupun bergerak. Perubahan tekanan itu semakin besar jika tekanan lebih besar. Kecepatan uap absolut berubah disetiap tahap seperti terlihat pada gambar, dan berulang dari tahap ke tahap.



Gambar 2.3. Turbin reaksi dua tahap

Ciri-ciri turbin ini adalah:

- a) Penurunan tekanan uap sebagian terjadi di nosel dan sudu gerak.
- b) Adanya perbedaan tekanan di dalam turbin sehingga disebut tekanan bertingkat.

2.3.2 Klasifikasi Menurut Proses Penurunan Uap

1. Turbin Kondensasi

Turbin yang uap bekasnya didinginkan kembali dikondensor. Selanjutnya air yang keluar dari kondensor dipakai kembali untuk air pengisi ketel.

2. Turbin Tekanan Lawan

Turbin yang uap bekasnya tidak didinginkan di kondensor tetapi dipakai untuk keperluan industri dan pemanasan.

3. Turbin Tumpang

Jenis turbin tekanan lawan yang uap bekasnya dipakai untuk turbin kondensasi tekanan menengah dan rendah.

2.3.3 Klasifikasi Menurut Kondisi Uap Masuk Turbin

1. Turbin tekanan rendah yang memakai uap dengan tekanan 1,2 sampai 2 atm.

2. Turbin tekanan menengah yang memakai uap sampai tekanan 40 atm.

3. Turbin tekanan tinggi yang memakai uap pada tekanan di atas 40 atm.

4. Turbin tekanan sangat tinggi, memakai uap pada tekanan 170 atm atau lebih dari temperatur di atas 550 °C.

5. Turbin tekanan super kritis yang memakai uap dengan tekanan 225 atm atau lebih.

2.3.4 Klasifikasi Menurut Pemakaiannya di Bidang Industri

1. Turbin stasioner yaitu turbin yang tidak dapat dipindah tempat biasanya digunakan sebagai penggerak alternator pada pembangkit listrik.

2. Turbin yang tidak stasioner yaitu turbin dengan kepesatan yang bervariasi biasanya digunakan pada kapal-kapal uap, lokomotif dan lain-lain.

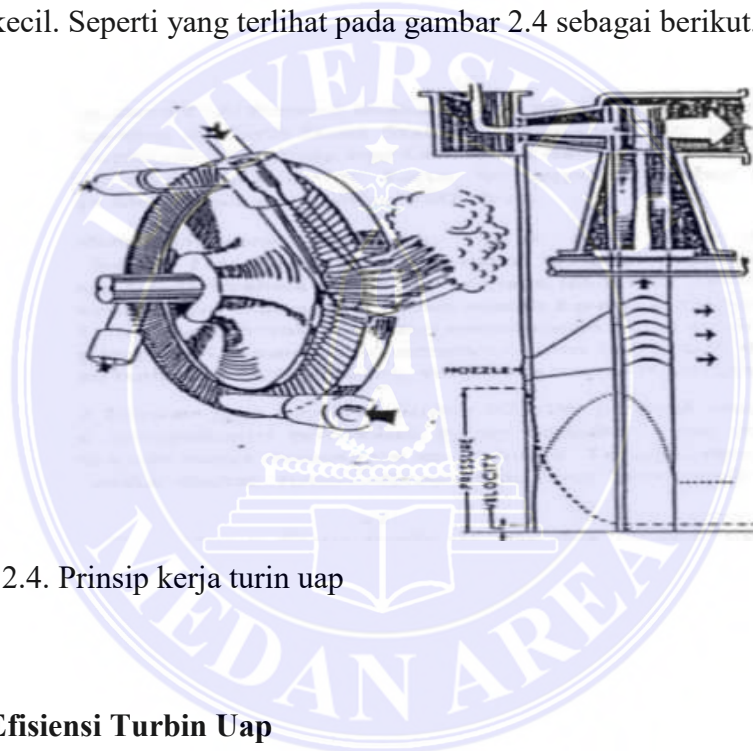
2.4 Prinsip Kerja Turbin Uap

Prinsip kerja turbin uap adalah menerima energi kinetik dari *superheated vapor* uap (uap kering) yang dikeluarkan oleh nosel sehingga sudu-sudu turbin terdorong secara anguler atau bergerak memutar. Secara singkat prinsip kerja turbin uap adalah sebagai berikut:

1. Uap masuk kedalam turbin melalui nosel. Didalam nosel energi panas dan 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 ke dalam 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.
2. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat meninggalkan sudu turbin berarti hanya sebagian yang energi kinetis dari uap yang diambil oleh sudu-sudu yang berjalan, supaya energi kinetis yang tersisa saat meninggalkan sudu turbin dimanfaatkan maka pada turbin dipasang lebih satu baris sudu gerak. Sebelum memasuki baris kedua sudu gerak, maka antara baris pertama dan baris kedua sudu gerak dipasang satu baris sudu

tetap (*guideblade*) yang berguna untuk mengubah arah kecepatan uap, supaya uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat.

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 relative kecil. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4 sebagai berikut.



Gambar 2.4. Prinsip kerja turbin uap

2.5 Efisiensi Turbin Uap

Efisiensi turbin merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau sistem turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan persen (%). Dalam suatu Siklus Tenaga Uap, Efisiensi Turbin Uap yang baik diperoleh nilai tertinggi adalah 50 % dan terendah dengan nilai 20 %. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi turbin besarnya kerugian didalam turbin akan mempengaruhi efisiensinya. Kerugian yang besar berarti efisiensinya rendah.

Faktor-faktor yang penyebab kerugian didalam turbin diantaranya:

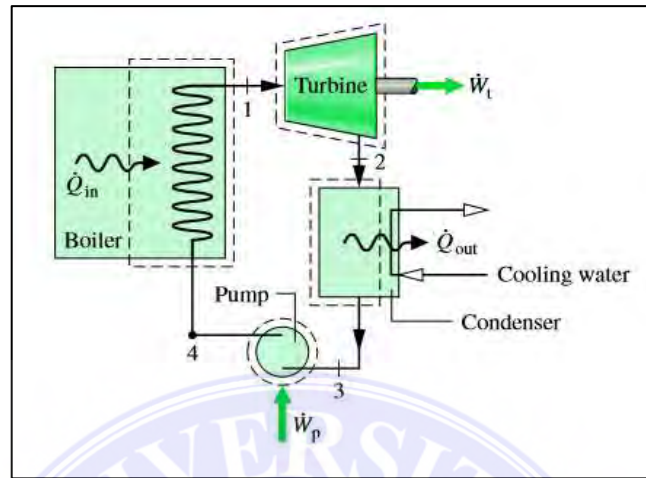
1. Kerugian pada katup Governor.
2. Kerugian pada Nosel (*Nozzle Loss*)
3. Kerugian pada *Moving Blades*
4. Kerugian pada uap meninggalkan *moving blades* (*Leaving Velocity / Carry Over Loss*).
5. Kerugian gesekan.
6. Kerugian celah (*Clearance Loss*)
7. Kerugian akibat kebasahan uap.
8. Kerugian akibat kecepatan uap keluar turbin.

2.6 Siklus Rankine

Siklus Rankine setelah diciptakan, langsung diterima sebagai standart untuk pembangkit daya yang menggunakan uap. Siklus Rankine nyata yang digunakan dalam instalasi pembangkit daya jauh lebih rumit dari pada siklus Rankine ideal asli sederhana. Siklus ini merupakan siklus yang paling banyak digunakan untuk pembangkit daya listrik dewasa ini. Siklus Rankine adalah siklus uap-cair, maka paling baik bila siklus ini digambarkan pada kedua diagram, $P-V$ dan $T-S$ dengan garis-garis yang menunjukkan uap-jenuh dan cairan-jenuh.[5]

Siklus-siklus yang ditunjukkan itu semuanya mampu-balik secara intern, sehingga turbin dan pompa itu mampu balik adiabatik dan karena itu membentuk garis vertikal dalam diagram $T-S$ tidak ada kehilangan tekanan pada pipa, sehingga garis 4-B-1-1' merupakan garis tekanan-tetap. Terdapat 4 proses dalam siklus

Rankine, setiap siklus mengubah keadaan fluida (tekanan dan/atau wujud) seperti terlihat pada gambar 2.5 sebagai berikut:



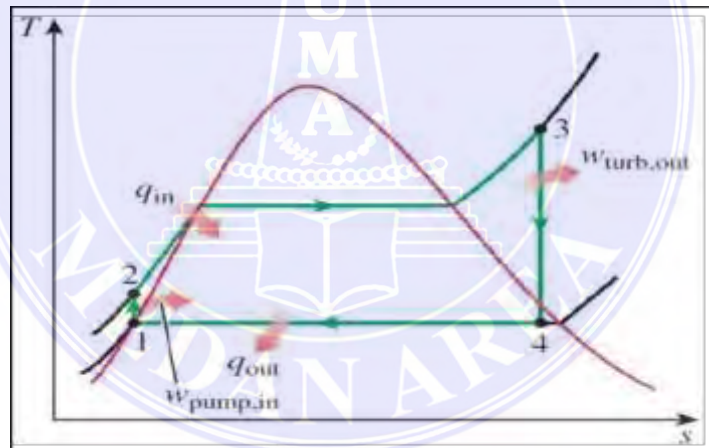
Gambar 2.5. Prinsip kerja dan perpindahan panas siklus rankine

1. Proses 1 ke 2 : Fluida dipompa dari bertekanan rendah ketekanan tinggi dalam bentuk cair. Proses ini membutuhkan sedikit input energi.
2. Proses 2 ke 3 : Fluida cair bertekanan tinggi masuk keboiler dimana fluida dipanaskan hingga menjadi uap pada tekanan konstan menjadi uap jenuh.
3. Proses 3 ke 4 : Uap jenuh bergerak menuju turbin, menghasilkan energi listrik. Hal ini mengurangi temperature dan tekanan uap, dan mungkin sedikit kondensasi juga terjadi.
4. Proses 4 ke 1 : Uap basah memasuki kondenser dimana uap diembunkan dalam tekanan dan temperatur tetap hingga menjadi cairan jenuh.

Siklus ideal yang terjadi didalam turbin adalah siklus Rankine 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

keturbine 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 pada Gambar 2.5. Proses-proses yang terjadi dari diagram tersebut di atas adalah sebagai berikut:

1. Proses 1-2 : Proses kompresi isentropis pada kompresor.
2. Proses 2-3 : Proses pembakaran pada tekanan konstan (*isobar*) Di dalam ruang bakar, adanya pemasukan panas.
3. Proses 3-4 : Proses ekspansi isentropik pada turbin.
4. Proses 4-1 : Proses pelepasan kalor pada tekanan konstan.



Gambar 2. 6. Diagram T-S siklus rankine ideal

Analisis siklus-siklus itu sederhana saja atas dasar dan satuan-massa uap dalam siklus jenuh. Perhitungan kinerja turbin dapat dihitung dengan persamaan-persamaan berikut:

1. Laju perpindahan panas ke fluida

$$Q_{in} = \dot{m} (h_3 - h_2) \dots\dots\dots(2.1)$$

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)

2. Daya Turbin

$$W_T = \dot{m} (h_3 - h_4) \dots\dots\dots(2.2)$$

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)

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

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana:

η_{th} = Efisiensi Thermal (%)

W_{net} = Kerja Netto (kW)

Q_{in} = Laju perpindahan panas (kW)

6. Entalpi adalah kaidah dalam termodinamika yang menyatakan jumlah eenergi dalam, volume dan tekanan panas dari suatu zat. Satuan entalpi dalam SI adalah joule, namun di gunakan juga satuan britis termal unit dan kalori.

$$H = E + PV \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

H = entalpi

E := energi internal

P = tekanan

V = volume

Proses-proses yang terjadi diatas berlaku secara teoritis, tetapi kenyataannya (secara aktual) terjadi 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 danlain-lain.
4. Proses kompresi didalam kompresor tidak berlangsung secaraisentropik.
5. Proses ekspansi didalam turbin tidak berlangsung secaraisentropik.

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.

2.7 Anova

Anova adalah sebuah analisis statistik yang menguji perbedaan rerata antar grup. Grup disini bisa berarti kelompok atau jenis perlakuan. Anova ditemukan dan diperkenalkan oleh seorang ahli statistik bernama Ronald Fisher. Anova merupakan singkatan dari Analysis of variance. Merupakan prosedur uji statistik yang mirip dengan t test. Namun kelebihan dari Anova adalah dapat menguji

perbedaan lebih dari dua kelompok. Berbeda dengan independent sample t test yang hanya bisa menguji perbedaan rerata dari dua kelompok saja

Hipotesis ANOVA satu arah

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$

1. Seluruh mean populasi adalah sama
2. Tidak ada efek treatment (tidak ada keragaman mean dalam grup)

H_1 : tidak seluruhnya mean populasi adalah sama

1. Terdapat sebuah efek treatment
2. Tidak seluruh mean populasi berbeda (beberapa pasang mungkin sama)

Asumsi-asumsi yang melandasi analisis varians satu arah

1. Populasi berdistribusi normal
2. Variansi populasi sama (homogen varians)
3. Pemilihan anggota antara satu sampel dengan sampel lain harus independen
4. Sampel ditarik secara acak tanpa pemulihan

Langkah-Langkah Analisis Varians Satu Arah

1. Uji atau asumsikan bahwa data masing-masing dipilih secara acak
2. Uji atau asumsikan bahwa data masing-masing berdistribusi normal
3. Uji atau asumsikan bahwa data masing-masing homogeny
4. Tulis H_a dan H_0 dalam bentuk kalimat dan statistik
5. Buat tabel penolong anova

Hitung jumlah kuadrat (rata-rata, antar kelompok, dalam kelompok)

$$JK_R = \frac{(\sum x_1 + \sum x_2 + \sum x_3 + \dots + \sum x_n)^2}{n_1 + n_2 + n_3 \dots + n_n} \dots \dots \dots (2.5)$$

(kuadrat rata – rata)

$$JK_A = \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{n_2} + \frac{(\sum x_3)^2}{n_3} + \dots + \frac{(\sum x_n)^2}{n_n} - JK_R \dots\dots\dots(2.6)$$

(kuadrat antar kelompok)

$$JK_D = \sum x^2 - JK_R - JK_A \dots\dots\dots(2.7)$$

(kuadrat dalam kelompok)

Hitung derajat kebebasan (rata-rata, antar kelompok, dalam kelompok)

$$dk_{rata-rata} = 1 \dots\dots\dots(2.8)$$

(derajat kebebasan rata-rata)

$$dk_A = k - 1 \dots\dots\dots(2.9)$$

(derajat kebebasan antar kelompok)

$$dk_D = N - k \dots\dots\dots(2.10)$$

(derajat kebebasan dalam kelompok)

Hitung rata-rata jumlah kuadrat (rata-rata, antar kelompok, dalam kelompok)

$$RK_{rata-rata} = \frac{JK_R}{dk_R} \dots\dots\dots(2.11)$$

(rata - rata)

$$RK_A = \frac{JK_A}{dk_A} \dots\dots\dots(2.12)$$

(antar kelompok)

$$RK_D = \frac{JK_D}{dk_D} \dots\dots\dots(2.13)$$

(dalam kelompok)

Cari F_{hitung} , taraf signifikan(α), F_{tabel} kemudian masukkan semua nilai yang telah di dapat ke dalam tabel anova

$$F_{hitung} = \frac{RK_A}{Rk_A} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$F_{tabel} = F_{(1-\alpha)(dkA,dkB)} \dots \dots \dots (2.15)$$

Tabel 2.1. Tabel ringkasan anova satu arah

| Jumlah variasi | Jumlah kuadrat (JK) | Dk | Rata rata kuadrat (RK) | F |
|----------------|------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------|
| Rata rata | JK _R | I | RK _R | F _{hitung} |
| Antar kelompok | JK _A | dk _A | RK _A | |
| Dalam kelompok | JK _D | dk _D | RK _D | |
| Jumlah | Σx | Σx _n | | |

- a. Tentukan Kriteria pengujiannya yaitu jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, maka H_0 diterima
- b. Bandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} dan buat kesimpulannya.

2.7.1 jenis anova

Jenisnya adalah berdasarkan jumlah variabel faktor (independen variable atau variabel bebas) dan jumlah variabel responen (dependent variable atau variabel terikat). Pembagiannya adalah sebagai berikut:

Univariat:

1. Univariate One Way Analysis of Variance. Apabila variabel bebas dan variabel terikat jumlahnya satu.

2. Univariate Two Way Analysis of Variance. Apabila variabel bebas ada 2, sedangkan variabel terikat ada satu.

3. Univariate Multi way Analysis of Variance. Apabila variabel bebas ada > 2, sedangkan variabel terikat ada satu.

Multivariat:

1. Multivariate One Way Analysis of Variance. Apabila variabel bebas dan variabel terikat jumlahnya lebih dari satu.

2. Multivariate Two Way Analysis of Variance. Apabila variabel bebas ada 2, sedangkan variabel terikat jumlahnya lebih dari satu.

3. Multivariate Multi way Analysis of Variance. Apabila variabel bebas ada > 2, sedangkan variabel terikat jumlahnya lebih dari satu

2.7.2 Kegunaan anova

Anova digunakan sebagai alat analisis untuk menguji hipotesis penelitian yang mana menilai adakah perbedaan rerata antara kelompok. Hasil akhir dari analisis ANOVA adalah nilai F test atau F hitung. Nilai F Hitung ini yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai pada tabel f. Jika nilai f hitung lebih dari f tabel, maka dapat disimpulkan bahwa menerima H1 dan menolak H0 atau yang berarti ada perbedaan bermakna rerata pada semua kelompok.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1. Waktu

Waktu penelitian ini dilaksanakn mulai 1 maret – 31 maret 2023 dan untuk pengambilan data di laksanakan setiap hari minggu.

3.1.2. Tempat

Tempat penelitaian ini di laksanakan di workshop universitas medan area. Berikut jadwal tugas akhir dari awal sampai selesai:

Tabel 3.1. Jadwal penelitian

| No | Kegiatan | Waktu (Bulan) | | | | | | | |
|----|-----------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|------|
| | | ags | sep | okt | nov | des | jan | maret | juni |
| 1 | Studi Literatur | | | | | | | | |
| 2 | Penyusunan Proposal | | | | | | | | |
| 3 | Seminar Proposal | | | | | | | | |
| 5 | Pengujian Bahan Bakar | | | | | | | | |
| 6 | Pengumpulan Data | | | | | | | | |
| 7 | Analisa Data | | | | | | | | |
| 8 | Laporan Penulisan | | | | | | | | |
| 9 | Seminar Hasil | | | | | | | | |
| 10 | Perbaikan | | | | | | | | |
| 11 | Ujian Sidang | | | | | | | | |

3.2 Bahan dan Alat

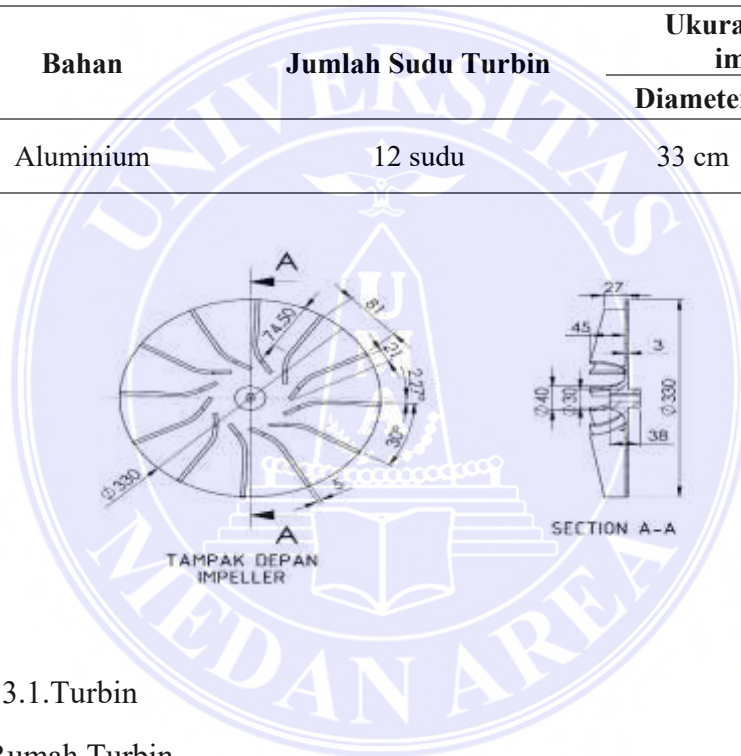
3.2.1 Bahan

1 Turbin Implus

Pada penelitian ini menggunakan turbin impuls dengan menggunakan bahan Aluminium. Karena bahan Aluminium memiliki sifat ringan dan tahan korosi. ukuran turbin sebagai berikut:

Tabel 3.2. Ukuran turbin

| Bahan | Jumlah Sudu Turbin | Ukuran turbin impuls | |
|-----------|--------------------|----------------------|-------|
| | | Diameter | Lebar |
| Aluminium | 12 sudu | 33 cm | 12 cm |



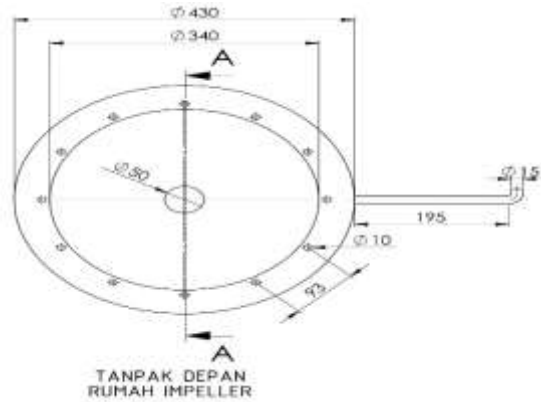
Gambar 3.1. Turbin

2. Rumah Turbin

Rumah Turbin di gunakan untuk menutupi dan menjaga bagian turbin. menggunakan besi plat untuk rumah turbin uap impuls dengan tebal plat 3 mm. rumah turbin ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.3. Ukuran casing turbin

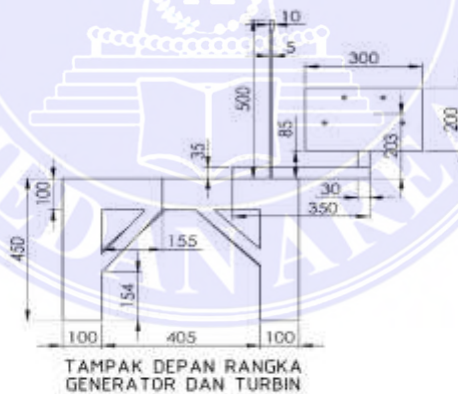
| Bahan Rumah Turbin | Ukuran rumah turbin | |
|--------------------|---------------------|-------|
| | Diameter | Tebal |
| Plat Besi 3 mm | 43 cm | 7 cm |



Gambar 3.2. Rumah turbin

3. Dudukan Turbin

Untuk dudukan turbin digunakan besi UNP, Bahan dudukan turbin yang digunakan memiliki ukuran 100 mm x 60 mm x 4 mm, gambar dudukan turbin dibawah ini:



Gambar 3.3. Dudukan/kaki turbin.

4. Generator

Generator berfungsi untuk merubah energi gerak menjadi energi listrik menggunakan induksi elektromagnetik. Generator ini spesifikasi ukuran sebagai berikut:

Tabel 3.4. spesifikasi generator

| Jenis generator | Daya keluaran generator | Putaran maksimal | Ukuran generator | |
|-----------------|-------------------------|------------------|------------------|-------|
| | | | Panjang | Lebar |
| Generator Mini | 300 watt | 3500 rpm | 20 cm | 10 cm |



Gambar 3.4. Generator mini

5. Pipa Baja

Pipa baja digunakan sebagai media pengantar uap ke nosel dan kemudian ke turbin. Pipa baja yang dipakai memiliki ukuran diameter luar 1/4 inch, dan diameter dalam 7 mm, seperti pada gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5. Pipa besi

6. Nosel

Nosel berfungsi untuk menyalurkan dan menginjeksikan uap bertekanan ke turbin. Nosel di gunakan dari besi as yang telah di bubut dan memiliki

ukuran panjang 70 mm, diameter luar 25 mm, dan diameter dalam 3 mm seperti pada gambar 3.6 berikut:



Gambar 3.6. Nosel.

3.2.2 Alat

Alat yang di pakai dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Pressure Gauge

Pressure gauge pada penelitian ini memiliki kapasitas tekanan yang di tunjukkan sebesar 1000 kPa, seperti pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7. Pressure gauge

2. Thermometer

Alat ukur pada penelitian ini berfungsi untuk mengukur suhu pada boiler dan memiliki suhu maksimal 200 C°, seperti pada gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8. Thermometer.

3. Pompa Air

Kegunaan pompa air di sini untuk menyalurkan air yang akan di jadikan uap ke dalam boiler. Gambar pompa pada penelitian ini sebagai berikut



Gambar 3.9. Pompa air

4. Blower

Blower di penelitian ini berfungsi untuk memasukkan udara berkecepatan ke dalam ruang bakar agar mempercepat proses pembakaran dari bahan bakar. gambar blower yang digunakan:



Gambar 3.10. blower

5. Lampu DC

Dalam penelitian ini menggunakan lampu jenis lampu DC di gunakan untuk mengetahui keberhasilan dari penelitian ini apakah menghasilkan listrik atau tidak. Peneliti menggunakan lampu DC 4 buah dan memiliki tegangan 12 watt. gambar lampu DC.



Gambar 3. 11. Lampu DC

3.3 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang telah di rancang sedemikian rupa agar menyerupai sistem Pembangkit yang sebenarnya. Berikut tata cara yang digunakan untuk melakukan Analisis Pengaruh Variasi Tekanan Terhadap Unjuk Kerja Turbin Uap Impuls. adalah sebagai berikut:

1. Pasang peralatan sesuai dengan petunjuk pada sertifikasi peralatan di atas sebelum menguji.
2. Setelah itu, tambahkan air ke dalam ketel sesuai dengan volume air 17 liter yang ditentukan ketel uap.
3. Setelah itu gunakan kayu bakar dan arang untuk menyalakan api di ruang bakar. Untuk mempercepat pembakaran, nyalakan blower segera setelah api menyala. Untuk menjamin proses pembakaran stabil, bahan bakar harus dimasukkan ke dalam ruang bakar secara bertahap dan tidak boleh habis.
4. Pada penelitian ini diperlukan waktu pembakaran selama 85 menit untuk mencapai tekanan 500 kPa, 102 menit untuk mencapai tekanan 600 kPa, dan tekanan 700 kPa.

3.4 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah :

Dalam penelitian ini peneliti melakukan 5 kali percobaan pada setiap tekanan yang bervariasi

Tabel 3.5. Populasi

| No | Tekanan | Waktu |
|----|---------|--------|
| 1 | 300 kPa | 2400 s |
| 2 | 400 kPa | 3000 s |
| 3 | 500 kPa | 4200 s |
| 4 | 600 kPa | 4800 s |
| 5 | 700 kPa | 5400 s |

Dalam penelitian ini peneliti mengambil 5 sampel tekanan pada boiler

Tabel 3.6. Sampel

| No | Tekanan | Suhu yang masuk |
|----|---------|-----------------|
| 1 | 300 kPa | 140 °C |
| 2 | 400 kPa | 150 °C |
| 3 | 500 kPa | 158 °C |
| 4 | 600 kPa | 165 °C |
| 5 | 700 kPa | 168 °C |

3.5 Prosedur Kerja

Prosedur kerja adalah semua tugas yang harus diselesaikan pada suatu mesin agar dapat beroperasi dengan benar. Masing-masing komponen dipasang oleh peneliti sebelum melakukan percobaan ini. Cara memasang komponen berikut ini:

1. Turbin impuls dipasang pada rumah turbin.
2. Pemasangan pipa saluran steam dari nozzle sampai ke katup outlet boiler.
3. Memasang seluruh alat ukur pada boiler.

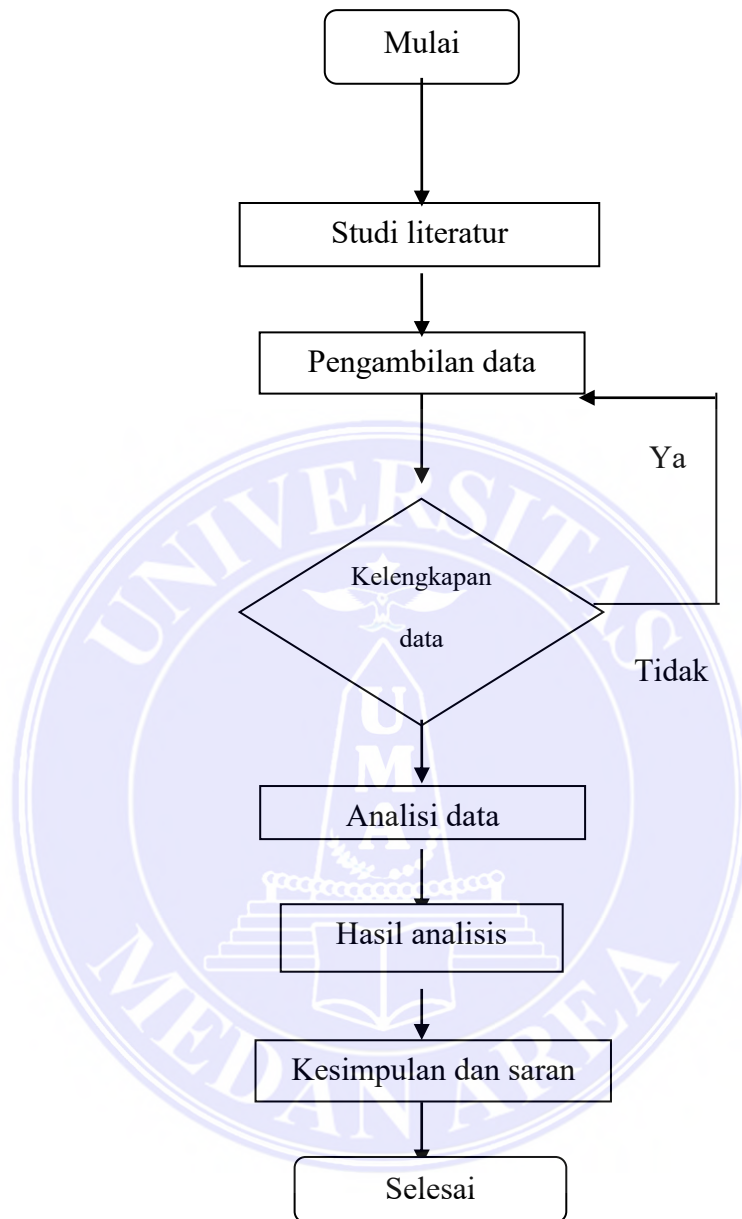
4. Memasang blower pada ruang bakar dan mengalirkan saluran air dari pompa air menuju boiler.

Gambar pembangkit tenaga uap yang menjadi objek penelitian penulis seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.12. Pembangkit uap mini

3.5.1 Diagram alir penelitian



Gambar 3. 13. Diagram alir penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

- a. Hasil pada penelitian ini berdasarkan variasi tekanan terhadap unjuk kerja turbin uap impuls adalah daya turbin yang di hasilkan pada penelitian ini sebesar 5.18 KW, efisiensi 25.37% pada tekanan 300 kPa. daya turbin yang di hasilkan ada penelitian ini sebesar 4.60 KW dan efisiensi 27.23% pada tekanan 400 kPa. daya yang di hasilkan pada penelitian ini sebesar 3.47KW dan efisiensi 28.71% pada tekanan 500 kPa, daya turbin yang di hasilkan oada penelitian ini sebesar 3.24 KW dan efisiensi 29.93% pada tekanan 600 kPa. daya turbin yang di hasilkan pada penelitian ini sebesar 3.03 KW dan efisiensi 30.99% pada tekanan 700 kPa.
- b. Hasilkan pada penelitian ini dengan menggunakan metode anova adalah dapat di simpulkan bahwa turbin uap impuls dengan bervariasi tekanan dapat mempengaruhi daya turbin dan daya pompa yang cukup signifikan yaitu $H_1 = F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ di tolak karena adanya perbedaan yang signifikan, dan antara tekanan dan efisiensi turbin terdapat juga perbedaan yang cukup signifikan yaitu $H_1 = F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ di tolak karena terdapat perbedaan yang cukup signifikan. dan dapat di artikan bahwa semakin tinggi tekanan turbin semakin tinggi juga efisiensinya.

5.2 Saran

- a. Untuk penelitian selanjutnya di harapkan menambah diameter piringan turbin untuk menambah efisiensi dan daya turbin yang lebih besar
- b. Penelitian selanjutnya di harapkan menambahkan jumlah sudu pada piringan turbin dan mendesain kembali rumah turbin agar uap tidak banyak yang keluar turbin.
- c. dan merancang kembali panjang pipa untuk jalan aliran uap yang lebih pendek agar tidak banyak panas yang terbuang.



DAFTAR PUSTAKA

- Dwi Dharma Dan Ary Bachtiarkrisna Putra 2013 “Studi Eksperimen Perbandingan Pengaruh Variasi Tekanan Inlet Turbin Dan Variasi Pembebanan Terhadap Karakteristik Turbin Pada Organik Rankine Cycle”
Jurnal Teknik Pomits Vol.2 No.3, 2301-9271
- Riyki Apriandi, Aqli Mursadin 2016 “Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pltu Pt. Indocement P-12 Tarjun”*Sjme Kinematika*
Vol.1 No.1 37-46
- Ibrahim Dan Aqli Bill Haqqi 2014 “Perencanaan Ketel Uap Menggunakan Bahan Bakar Biomassa Sawit Dengan Kapasitas Uap 100 Ton/Jam Pada Daerah Aceh Selatan” *Jurnal Ilmiah Jurutera* 2356-5438
- Yeni Padilah Siregar “Analisis Varians Satu Arah”
- Achmad Maryono, dan Ary Bachtiar K. P., ST, MT, Ph.D “Analisis Termodinamika Pengaruh Variasi Tekanan Ekstraksi High Pressure Turbine Terhadap Performa Pembangkit Listrik Tenaga Uap Suralaya 410 Mw Dengan Pemodelan Gate Cycle” *Jurnal Teknik ITS* Vol.4 No.1, 2337-3539
- Mohammad Rizqi Saputra, Nur Kholis, Mohammad Munib Rosadi “Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu Turbin Angin Savonius Tipe L Terhadap Unjuk Kerja Yang Dihasilkan” *Armatur* Vol. 1 No. 2, 2020, 2722-0796
- Jauhar Fajrin, Pathurahman, Lalu Gita Pratama “Aplikasi Metode Analysis Of Variance (Anova) Untuk Mengkaji Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Mortar”
Volume 12 No. 1, Februari 2016, 1858-2133