

**ANALISIS KINERJA TURBIN UAP MINI DENGAN
TEKANAN UAP 500 kPa**

SKRIPSI

OLEH :

**MHD FERDINANSYAH UJUNG
168130058**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

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 KINERJA TURBIN UAP MINI DENGAN
TEKANAN UAP 500 kPa**

SKRIPSI

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

OLEH :

**MHD FERDINANSYAH UJUNG
168130058**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2020**

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 KINERJA TURBIN UAP MINI DENGAN
TEKANAN UAP 500 kPa**

SKRIPSI

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



OLEH :

MHD FERDINANSYAH UJUNG

168130058

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2020

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Turbin Uap Mini dengan Tekanan Uap
500 kPa
Nama : Mhd Ferdinansyah Ujung
NPM : 168130058
Program Studi : TEKNIK MESIN
Fakultas : TEKNIK

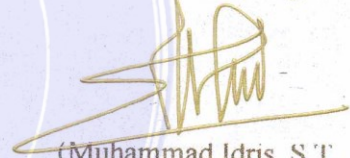
Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Pembimbing II



(Indra Hermawan, S.T., M.T.)
NIDN : 0114048001

Pembimbing I



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



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



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

Tanggal Lulus : 23, September 2020

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, 23 September 2020



(Mhd Ferdinansyah Ujung)
(168130058)

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS

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

Nama : Mhd Ferdinansyah Ujung
NIM : 168130058
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-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Kinerja Turbin Uap Mini dengan Tekanan Uap 500 kPa. 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, 23 September 2020

Yang menyatakan



(Mhd Ferdinansyah Ujung)
(168130058)

ABSTRAK

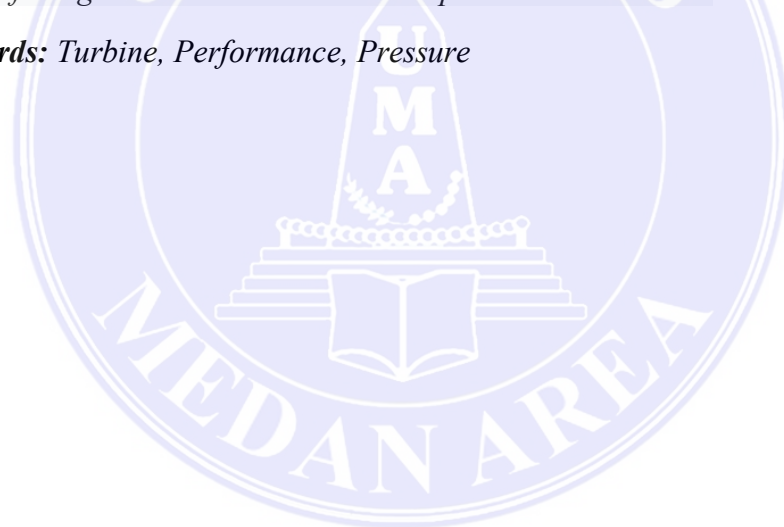
Energi sangat dibutuhkan untuk kehidupan manusia, salah satu energi yang diperlukan untuk menunjang kehidupan manusia yaitu energi listrik. Energi listrik diperlukan manusia untuk berbagai keperluan baik untuk kepentingan rumah tangga, industri, dan prasarana lainnya. Untuk rumah tangga, listrik biasanya digunakan untuk sumber penerangan, sumber energi untuk elektronik, dan lain sebagainya. Sedangkan untuk industri, listrik biasanya digunakan untuk menunjang proses produksi industri tersebut, seperti untuk menjalankan peralatan yang membutuhkan listrik, sistem penerangan, sumber panas, dan lain sebagainya. Pembangkit listrik di Indonesia ada berbagai jenis, salah satunya pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Indonesia mempunyai 35 PLTU dengan total tenaga yang dihasilkan 10.000 MW. PLTU tersebut dibangun 10 buah di pulau jawa dan 25 buah PLTU diluar pulau jawa. Penelitian ini bertujuan Menghitung laju aliran uap untuk memutar turbin uap mini, Menghitung kerja turbin uap mini, dan Menghitung daya output generator. Penelitian ini menggunakan Metode Studi Pustaka, Metode Studi Lapangan dan Metode Pengolahan dan Analisis Data. Setelah melakukan penelitian dan analisis data maka hasil yang di peroleh. Laju aliran uap (\dot{m}) yang dihasilkan boiler : 0.0063 kg/s. Daya turbin pada penelitian ini sebesar 1.74 kW. Efisiensi Siklus yang di peroleh 0.11809 sama dengan 11.81 %. Daya output generator yang dihasilkan pada tekanan uap 500 kPa adalah sebesar 264 watt.

Kata Kunci : Turbin , Kinerja , Tekanan

ABSTRACT

Energy is needed for human life, one of the energies needed to support human life, namely electrical energy. Electrical energy needed by humans for various purposes, both for the benefit of households, industry, and other infrastructure. For households, electricity is usually used for lighting sources, energy sources for electronics, and so on. As for industry, electricity is usually used to support industrial processes, such as for running equipment that requires electricity, lighting systems, heat sources, and so on. There are various types of power plants in Indonesia, one of which is a steam power plant (PLTU). Indonesia has 35 PLTUs with a total power generation of 10,000 MW. 10 PLTUs were built on Java Island and 25 PLTUs outside Java Island. This study aims to calculate the steam flow rate to rotate the mini steam turbine, calculate the work of the mini steam turbine, and calculate the power of the output generator. This research uses literature study methods, field study methods and data processing and analysis methods. After doing research and data analysis, the results obtained. Steam flow rate (\dot{m}) produced by boiler: 0.0063 kg / s. The turbine power in this study is 1.74 kW. The cycle efficiency obtained by 0.11809 is the same as 11.81%. The output power of the generator at 500 kPa steam pressure is 264 watts

Keywords: Turbine, Performance, Pressure



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Mhd Ferdinansyah Ujung dilahirkan di Kuta Tengah, Sidikalang pada tanggal 21 November 1997. Penulis merupakan anak pertama dari 5 bersaudara, pasangan dari Sahara Ujung, dan Erni Sagala. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 030383 Pangkirsan, Sidikalang dan Tamat pada tahun 2009. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Smp Negeri 2 Siempat Nempu Hulu dan Tamat pada Tahun 2012. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMK Negeri 1 Sitinjo. Jurusan Teknik Kendaraan Ringan dan Tamat pada tahun 2015. Pada tahun 2015, penulis tidak langsung mendaftar di Perguruan karena kurangnya biaya untuk kuliah, dan memutuskan untuk kerja setahun untuk menabung kuliah tahun depan. Pada tahun 2016 penulis terdaftar menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2020.

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 Kinerja Turbin Uap Mini Dengan Tekanan Uap 500 kPa**”

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 :

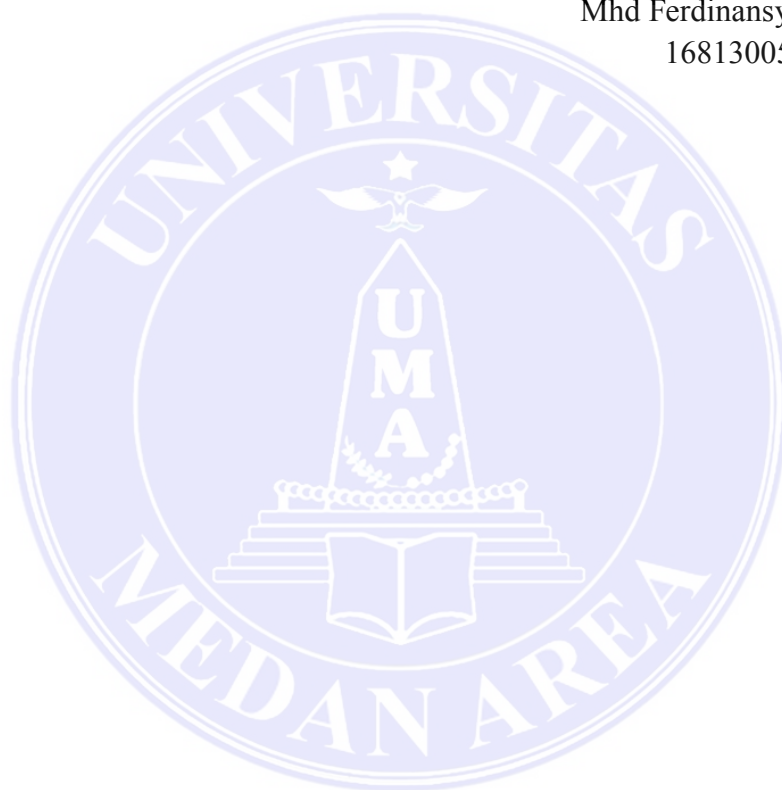
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.

3. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., dan Indra Hermawan, 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.
4. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Bapak M.Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi dan bimbingannya.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Birokrasi Administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area
6. Sahara Ujung dan Erni Sagala 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 rekan kerja ikut membantu membuat alat pembangkit listrik tenaga uap mini dan memberikan bantuan materil, tenaga, semangat, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu Jody prasetya, Irfan Hadi, Rahmad Bobby Prabowo dan rekan kerja Zulkarnain Lubis.
8. Joko Suprianto Siagian dan Anggih Prasetyo Wibisono yang ikut memberikan semangat, motivasi, dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan Seperjuangan Mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2016 dari kampus Universitas Medan Area, 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 yarabbal'alamin.

Medan, 23 September 2020

Mhd Ferdinansyah Ujung
168130058



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
ABSTRAK	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	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. Komponen – Komponen Turbin Uap	5
C. Klasifikasi Turbin Uap	9
D. Prinsip Kerja Turbin Uap	13
E. Efisiensi Turbin Uap	15
F. Siklus Rankine	16
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Tempat Dan Waktu	21
B. Alat dan Bahan	22
C. Variable	28
D. Set-Up Alat	29
E. Metode Penelitian	30
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Perhitungan Laju Aliran Massa Uap yang dihasilkan Boiler	33
B. Perhitungan Kinerja Turbin	35
C. Daya Output Generator	40
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
A. Kesimpulan	42
B. Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Komponen Utama Turbin Uap.....	6
Gambar 2.2.	Turbin Implus.....	10
Gambar 2.3.	Turbin Reaksi dua tahap.....	12
Gambar 2.4.	Prinsip Kerja Turbin Uap.....	15
Gambar 2.5.	Siklus Rankine Ideal.....	17
Gambar 2.6.	Diagram Temperatur T-S.....	18
Gambar 3.1.	Pressure Gauge.....	22
Gambar 3.2.	Thermometer.....	22
Gambar 3.3.	Pompa air.....	23
Gambar 3.4.	Blower Keong.....	23
Gambar 3.5.	Lampu DC.....	24
Gambar 3.6.	Turbin.....	25
Gambar 3.7.	Rumah Turbin.....	25
Gambar 3.8.	Dudukan / kaki Turbin.....	26
Gambar 3.9.	Rumah Turbin Impeler.....	27
Gambar 3.10.	Pipa besi.....	27
Gambar 3.11.	Nosel.....	28
Gambar 3.12.	Pembangkit Tenaga Uap Mini.....	29
Gambar 3.13.	Sistem Pembangkit.....	30
Gambar 3.14.	Rumah Turbin.....	30
Gambar 3.15.	Turbin Impeler.....	30
Gambar 3.16.	Diagram Alir.....	32
Gambar 4.1.	Bagan siklus sesuai desain dan data actual.....	33
Gambar 4.2.	Diagram T-S Siklus Rankine.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian.....	21
Tabel 3.2. Ukuran Turbin.....	24
Tabel 3.3. Ukuran <i>Casing</i> Turbin	25
Tabel 4.1. Nilai <i>enthalpy</i> dan <i>entropy</i> pada kondisi uap masuk turbin.....	37
Tabel 4.2. Nilai <i>enthalpy</i> dan <i>entropy</i> uap masuk kondensor	38



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

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 untuk kepentingan rumah tangga, industri, dan prasarana lainnya. Untuk rumah tangga, listrik biasanya digunakan untuk sumber penerangan, sumber energi untuk elektronik, dan lain sebagainya. Sedangkan untuk industri, listrik biasanya digunakan untuk menunjang proses produksi industri tersebut, seperti untuk menjalankan peralatan yang membutuhkan listrik, sistem penerangan, sumber panas, dan lain sebagainya.[1]

Energi listrik yang dibutuhkan di Indonesia sangat besar, PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) mencatat konsumsi listrik sepanjang kuartel I 2019 mencapai 78,18 TeraWatt-hour (TWh). Dari jumlah tersebut, konsumsi listrik sektor rumah tangga memegang porsi sebesar 48,85%. Disusul dengan sektor industri yang sebanyak 32,44%, sektor bisnis sebesar 18,23% dan 7,48% tersebar di pelanggan social dan publik.[2]

Menurut Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Indonesia, tingkat elektrifikasi provinsi Sumatera utara pada 2016 adalah 95.8 %. Provinsi Sumatera Utara tercatat, ada 173 desa yang belum teraliri listrik. Desa tersebut mayoritas memiliki hutan tropis yang luas. Penelitian ini sangat berguna untuk desa tersebut,

karena pembangkit yang digunakan adalah PLTU mini dengan menggunakan bahan bakar kayu dan arang.

Pembangkit listrik di Indonesia ada berbagai jenis, salah satunya pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Indonesia mempunyai 35 PLTU dengan total tenaga yang dihasilkan 10.000 MW. PLTU tersebut dibangun 10 buah di pulau jawa dan 25 buah PLTU diluar pulau jawa.[3]

Pembangkit listrik tenaga uap merupakan salah satu pembangkit yang menggunakan energi termal untuk membangkitkan listrik. Bentuk utama dari pembangkit listrik ini adalah turbin uap mengubah energi kalor menjadi energi mekanik yang memutar generator dan menghasilkan listrik.

Sistem pembangkit daya tenaga uap merupakan salah satu mesin kalor dengan sistem pembakaran luar. Pembakaran dilakukan diluar mesin untuk menghasilkan energi panas yang kemudian ditransfer ke uap. Siklus *Rankine* adalah model operasi mesin uap yang secara umum digunakan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Sumber panas untuk siklus Rankine dapat berasal dari batu bara, gas alam, minyak bumi, bio massa, nuklir, dan panas matahari. Sistem tenaga uap sederhana siklus *Rankine* terdiri atas empat komponen yakni Pompa, Boiler, Turbin, dan Kondensor.

Penelitian yang dilakukan untuk tugas akhir ini menggunakan miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Uap, bertujuan untuk meniru PLTU sebenarnya yang memiliki ukuran yang sangat besar. Penelitian ini menggunakan boiler mini vertikal jenis pipa air dan mampu menghasilkan tekanan uap sebesar 5 bar.

Untuk itu penulis mengambil judul Tugas Akhir “**Analisis Kinerja Turbin Uap Mini Dengan Tekanan Uap 500 kPa**” yang akan membahas tentang berapa besar, kinerja turbin mini, dan daya listrik yang keluar.

B. Rumusan Masalah

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

1. Berapa laju aliran uap yang dihasilkan boiler?
2. Berapa kinerja turbin uap mini?
3. Berapa daya listrik yang keluar dari generator mini?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk menghindari pembahasan / pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan permasalahan dapat dengan mudah dilaksanakan, adapun batasan masalah dalam penyelesaian Proposal Tugas Sarjana ini yaitu :

1. Pembangkit listrik tenaga uap mini ini tidak menggunakan kondensor, dan superhiter.
2. Uap yang dihasilkan boiler masih uap jenuh.
3. Turbin mini yang digunakan impeler dari bahan cast aluminium.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Analisis laju aliran uap untuk memutar turbin uap mini.
2. Analisis kerja dan daya turbin uap mini.
3. Analisis daya output generator.

E. Manfaat Penelitian

Laporan tugas akhir ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Manfaat bagi penulis untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan dan pengalaman agar mampu melakukan kegiatan yang sama kelak setelah bekerja atau terjunkelapangan.
2. Sebagai pengembangan pengetahuan mahasiswa dan referensi tambahan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Turbin Uap

Turbin uap adalah penggerak mula yang merubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan elemen lain, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung dari jenis mekanisme yang digerakkan turbin uap dapat digunakan pada sistem pembangkit listrik.[1]

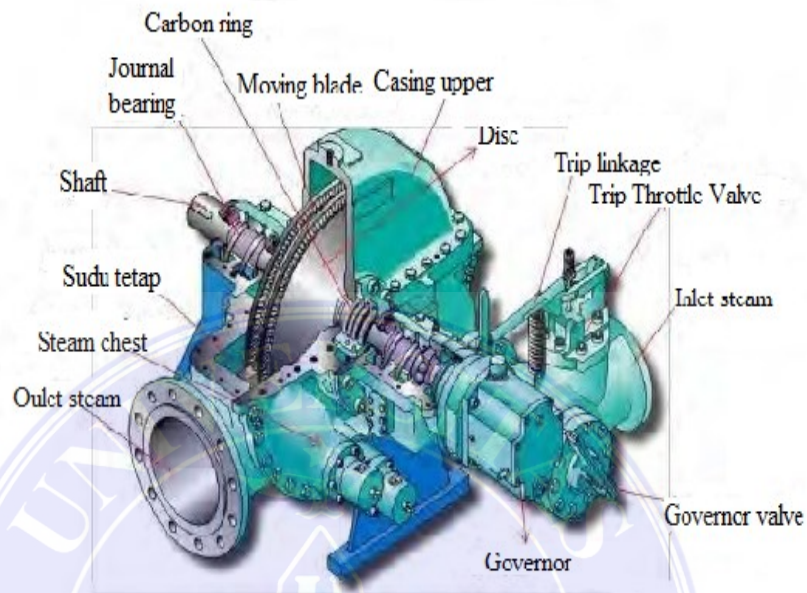
Turbin uap merupakan salah satu komponen dasar dalam pembangkit listrik tenaga uap, dimana komponen utama dari sistem tersebut yaitu : boiler, pompa air, kondensor, dan turbin itu sendiri. Jika dibandingkan dengan penggerak generator listrik yang lain, turbin uap mempunyai kelebihan antara lain:

1. Penggunaan panas yang lebih baik.
2. Tidak menghasilkan loncatan bunga api listrik.
3. Pengontrolan putaran yang lebih mudah.
4. Uap bekasnya dapat digunakan kembali untuk proses.

B. 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 ditambah komponen pendukung lainnya. Berikut komponen utama turbin uap seperti terlihat pada gambar 2.1.



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 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.

c. Front Bearing

Bearing / bantalan pada turbin uap memiliki fungsi sebagai berikut :

1). Menahan agar komponen rotor diam.

- 2). Menahan berat rotor.
- 3). Menahan berbagai gaya tidak stabil dari uap air terhadap sudu turbin.
- 4). Menahan ketidakseimbangan karena kerusakan sudu.
- 5). 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. Impuls Stage

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

k. Labirin 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.[4]

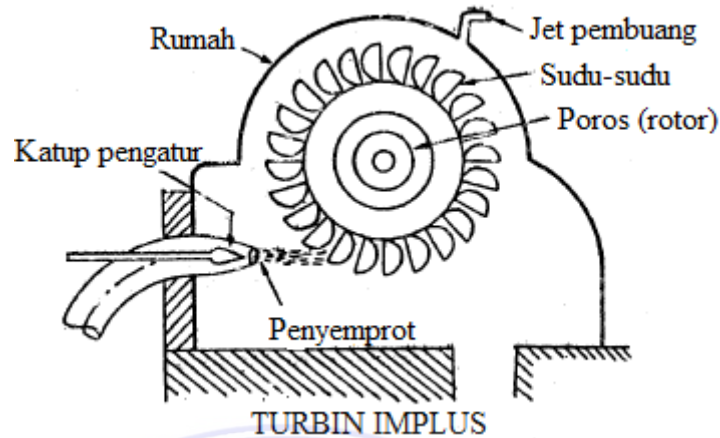
C. Klasifikasi Turbin Uap

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 :

1. Klasifikasi Menurut Prinsip Kerja

a. 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 Implus

Turbin implus memiliki komponen-komponen sebagai berikut :

- 1). Poros berfungsi untuk meneruskan aliran tenaga yang berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu.
- 2). Rumah turbin Implus berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen-komponen dari turbin.
- 3). Bantalan turbin implus Berfungsi sebagai perapat-perapat komponen dengan tujuan agar tidak mengalami kebocoran.
- 4). Sudu-sudu berfungsi untuk menerima beban tekanan yang disemprotkan oleh nozzle.
- 5). 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 :

- 1). Turbin satu tahap.
- 2). Turbin implus gabungan.
- 3). Turbin implus gabungan kecepatan.

Ciri-ciri dari turbin implus antara lain :

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

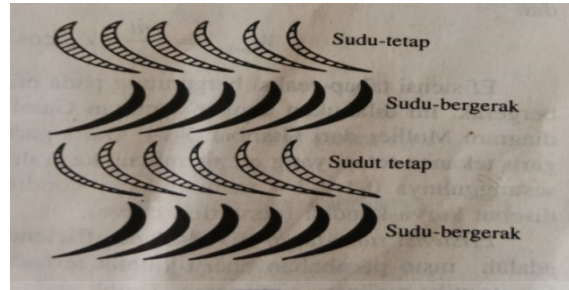
b. Turbin Reaksi

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. Skema 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 :

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

2. Klasifikasi Menurut Proses Penurunan Uap

a. Turbin Kondensasi

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

b. Turbin Tekanan Lawan

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

c. Turbin Tumpang

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

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.
4. Klasifikasi Menurut Pemakaiannya di Bidang Industri
- a. Turbin stasioner yaitu turbin yang tidak dapat dipindah tempat biasanya digunakan sebagai penggerak alternator pada pembangkit listrik.
 - b. Turbin yang tidak stasioner yaitu turbin dengan kecepatan yang bervariasi biasanya digunakan pada kapal-kapal uap, lokomotif dan lain-lain.

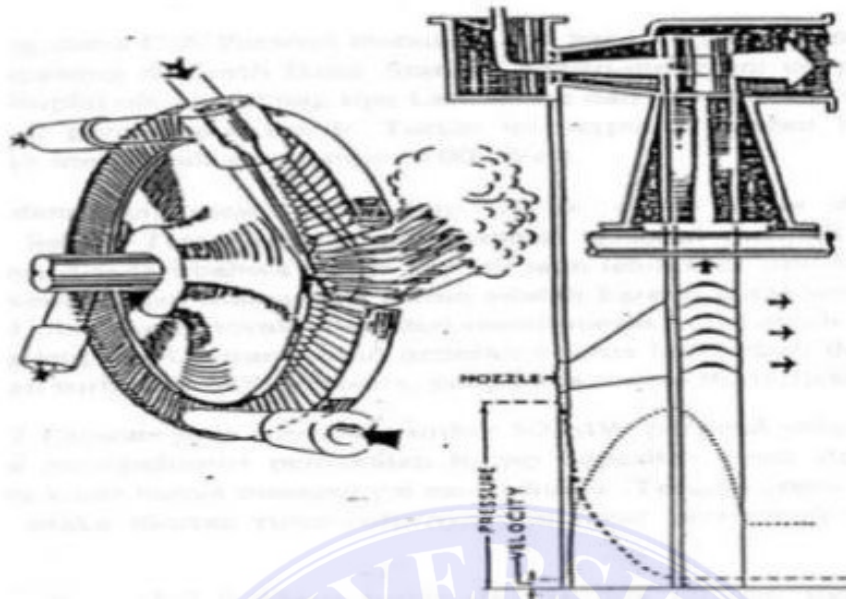
D. Prinsip Kerja Turbin Uap

Prinsip kerja turbin uap adalah menerima energi kinetik dari superheated vapor uap (uap kering) yang dikeluarkan oleh nosel sehingga sudu-sudu turbin terdorong secara angular 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.
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 dimanfaatkan relative kecil. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4. sebagai berikut.[1]



Gambar 2.4. Prinsip Kerja Turbin Uap

E. Efisiensi Turbin Uap

Efisiensi turbin merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau sistem turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan perser(%). 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*).

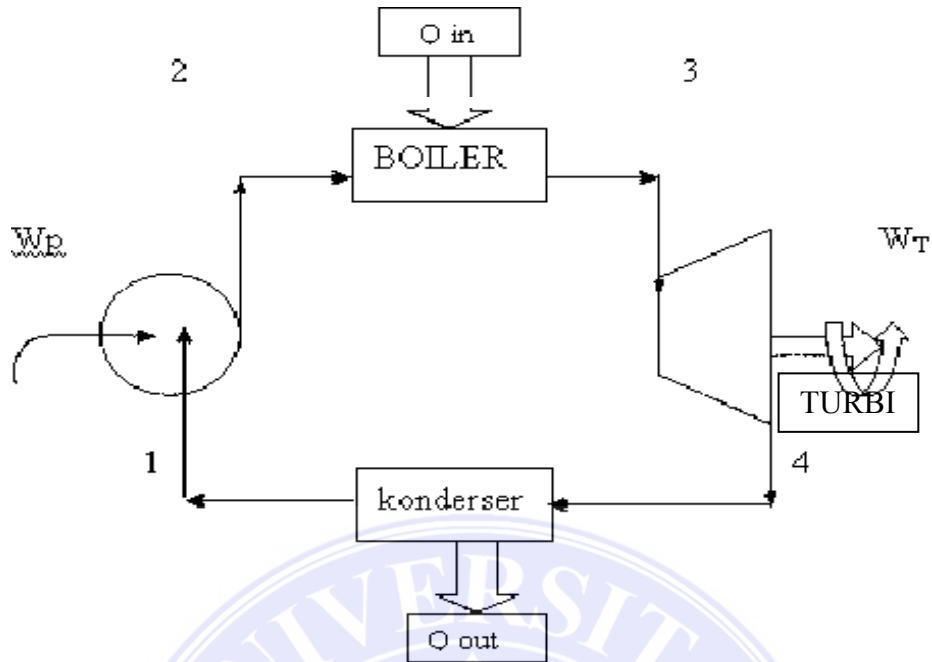
5. Kerugian gesekan.
6. Kerugian celah (*Clearance Loss*)
7. Kerugian akibat kebasahan uap.
8. Kerugian akibat kecepatan uap keluar turbin.

F. 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 :



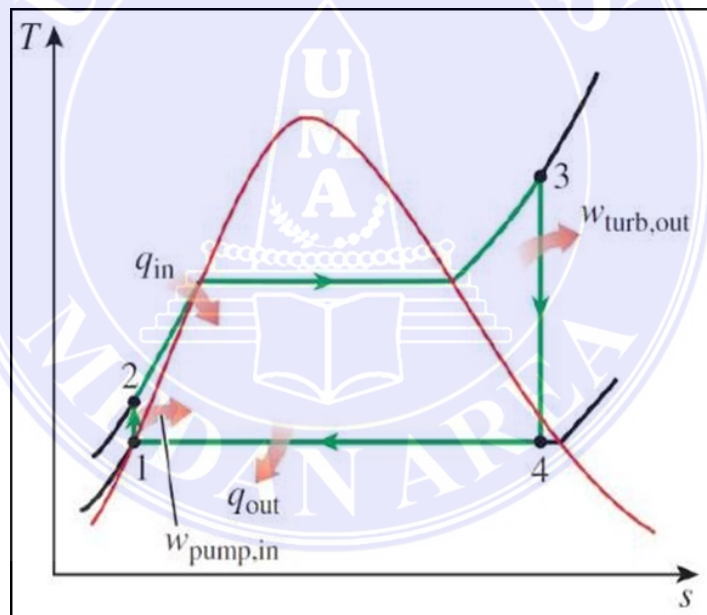
Gambar 2.5. Siklus Rankine Ideal

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 energy 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 jnuh.

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 diatas adalah sebagai berikut:

- Proses 1-2 : Proses kompresi isentropik pada kompresor.
- Proses 2-3 : Proses pembakaran pada tekanan konstan (*isobar*) Didalam ruang bakar, adanya pemasukan panas.
- Proses 3-4 : Proses ekspansi isentropik pada turbin.
- Proses 4-1 : Proses pelepasan kalor pada tekanan konstan. [6]



Gambar 2.6. Diagram Temperatur T-S

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). Daya pompa

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

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

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

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

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

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

$$W_{net} = W_T - W_p \dots \dots \dots \text{(Pers. 2.4)}$$

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

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.5)}$$

dimana:

η_{th} : Efisiensi Thermal (%)

W_{net} : Kerja Netto (kW)

Q_{in} : Laju perpindahan panas (kW)

Proses-proses yang terjadi diatas berlaku secara teoritis, tetapi kenyataannya (secara aktual) terjadi penyimpangan-penyimpangan dan proses yang ideal. Penyimpangan-penyimpangan itu adalah:

- a. Fluida kerja bukanlah gas ideal dengan panas spesifik konstan.
- b. Laju aliran massa fluida kerja tidak konstan.
- c. Proses yang berlangsung disetiap komponen tidak adiabatik dan *reversibel*, karena ada kerugian energy akibat gesekan, perpindahan panas dan lain-lain.
- d. Proses kompresi didalam kompresor tidak berlangsung secara isentropik.
- e. Proses ekspansi didalam turbin tidak berlangsung secara isentropik.
- f. 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.[7]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu

a. Tempat

Tempat penulis melakukan penelitian di workshop Universitas Medan Area.

b. Waktu

Penelitian ini dilakukan mulai 6 Januari – 30 Januari 2020, pengambilan data data dan uji dilakukan setiap hari minggu. Berikut jadwal tugas akhir dari awal sampai selesai :

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

Jadwal	Desember				Februari				Mei				Agustus		
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III
Persiapan Alat															
Pengambilan Judul															
Seminar Proposal															
Pengambilan Data															
Analisis Data															
Seminar Hasil															
Sidang Sarjana															

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam proses Analisis Kinerja Turbin Uap Mini Dengan Tekanan 5 Bar sebagai berikut :

a. Pressure Gauge

Digunakan sebagai alat ukur tekanan pada boiler skala model. Pressure gauge ini memiliki tekanan maksimal dari pressure gauge ini 10 bar, seperti pada gambar 3.1. berikut.



Gambar 3.1. Pressure Gauge

b. Thermometer

Digunakan untuk mengukur suhu air dan uap pada boiler skala model. Thermometer ini mampu mengukur suhu maksimal 200 C°, seperti pada gambar 3.2. berikut.



Gambar 3.2. Thermometer

c. Pompa Air

Digunakan untuk memompa air dari penampungan menuju boiler untuk dipanaskan. Pompa yang digunakan pada penelitian ini adalah pompa vacum dengan spesifikasi pompa sebagai berikut :



Gambar 3.3. Pompa air

d. Blower keong

Blower keong digunakan untuk memasok udara yang dibutuhkan dalam proses pembakaran di ruang bakar. Sistem ini menghasilkan tekanan positif di dalam ruang bakar boiler dan mempercepat pembakaran. Berikut gambar blower keong yang digunakan dalam penelitian ini :



Gambar 3.4. Blower Keong

e. Lampu DC

Kegunaan lampu pada penelitian ini adalah berhasil atau tidaknya sistem tenaga uap menghasilkan listrik. Lampu yang digunakan pada penelitian ini adalah lampu DC 12 watt 4 buah, seperti yang terlihat pada gambar dibawah ;



Gambar 3.5. Lampu DC

2. Bahan

a. Turbin Impuls

Turbin yang digunakan pada penelitian ini adalah impuls mini dengan bahan Cast Aluminium. Bahan ini digunakan karena ringan dan tahan korosi. Turbin ini memiliki ukuran sebagai berikut :

Tabel 3.2 Ukuran Turbin

Bahan Turbin	Jumlah Sudu Turbin	Ukuran	
		Diameter	Lebar
Cast Aluminium	12 sudu	33 cm	12 cm



Gambar 3.6. Turbin

b. *Casing* Turbin

Casing turbin berfungsi untuk menutup serta melindungi bagian turbin. Besi plat digunakan untuk casing turbin uap mini dengan tebal plat 3 mm. *Casing* turbin ini memiliki ukuran dan gambar sebagai berikut :

Tabel 3.3 Ukuran *Casing* Turbin

Bahan Casing Turbin	Ukuran	
	Diameter	Tebal
Plat Besi 3 mm	43 cm	7 cm



Gambar 3.7. Rumah Turbin

c. Besi Konstruksi UNP

Besi Konstruksi Unp digunakan untuk dudukan / kaki rumah turbin dan generator. Logam UNP yang digunakan memiliki ukuran 100 mm x 60mm x 4 mm, seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.8. Dudukan / Kaki Turbin

d. Generator mini

Generator mini digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Generator mini ini memiliki ukuran sebagai berikut :

Tabel 3.4. Ukuran Generator Mini

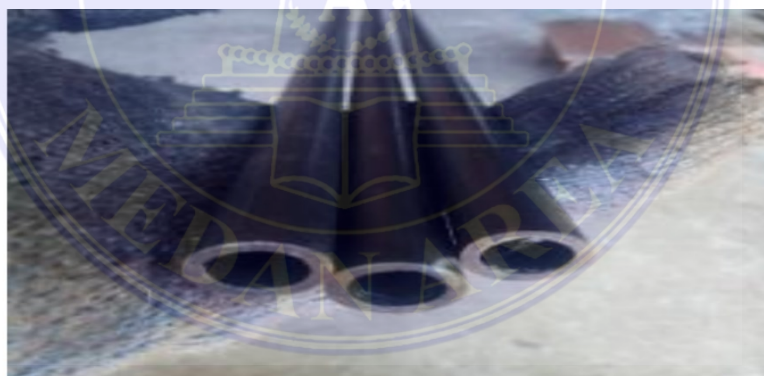
Jenis generator	Daya out put generator	Putaran maksimum	Ukuran	
			Panjang	Lebar
Generator Mini	300 watt	3500 rpm	20 cm	10 cm



Gambar 3.9. Rumah Turbin Impeler

e. *Black stell pipe*

Black stell pipe digunakan sebagai saluran uap menuju nosel dan selanjutnya ke turbin. Pipa yang digunakan dengan ukuran diameter luar 1/4 inch, dan diameter dalam 7 mm, seperti pada gambar 3.9 berikut :



Gambar 3.10. Pipa besi

f. Nosel

Nosel digunakan untuk mengarahkan atau mengontrol laju aliran uap. Pada penelitian ini nosel terbuat dari besi as yang dibubut. Nosel ini memiliki ukuran panjang 70 mm, diameter luar 25 mm, dan diameter dalam 3 mm seperti pada gambar 3.11 berikut :



Gambar 3.11. Nosel

C. Variable

Variabel merupakan besaran yang bisa berubah dan berpengaruh terhadap hasil penelitian. Adanya variabel juga turut mempermudah dalam menganalisis suatu permasalahan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yaitu variabel bebas dan terikat.

1. Variabel Bebas

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

- a. Waktu
- b. Temperatur
- c. Kapasitas aliran

2. Variabel Tetap

Variabel tetap adalah variabel yang dipengaruhi dalam penelitian. Adapun variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut;

- a. Entalpi
- b. Daya Output generator
- c. Kinerja Turbin uap

D. Set-Up Alat

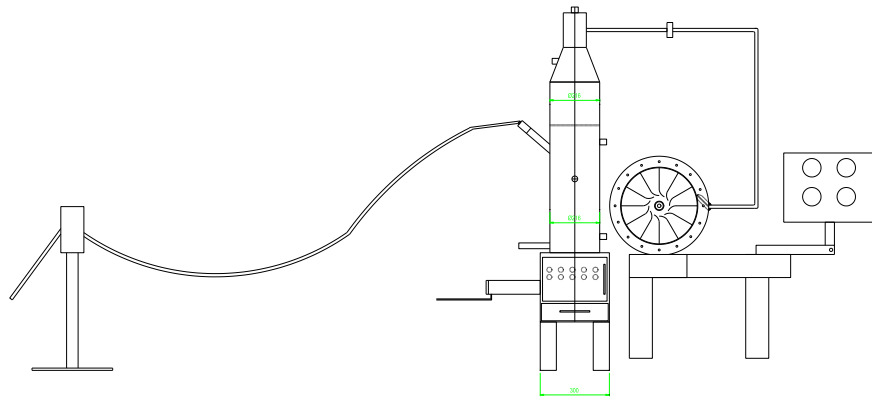
Set-up alat adalah segala kegiatan yang perlu dilakukan terhadap mesin sampai mesin tersebut bekerja dengan baik. Sebelum melakukan penelitian ini, terlebih dahulu peneliti memasang komponen-komponen yang terpisah. Cara pemasangan komponen sebagai berikut :

1. Pemasangan turbin mini pada rumah turbin.
2. Pemasangan pipa untuk saluran uap dari katup keluaran boiler ke nosel.
3. Pemasangan semua alat ukur pada boiler.
4. Pemasangan pipa air ke boiler dari pompa air dan pemasangan blower pada ruang bakar.

Desain instalasi pembangkit tenaga uap mini yang menjadi objek penelitian penulis seperti ditunjukkan pada gambar 3.12 berikut ;

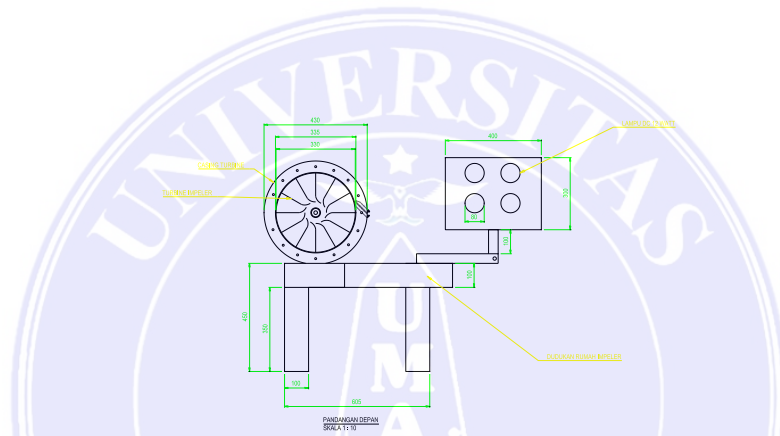


Gambar 3.12. Pembangkit Tenaga Uap Mini

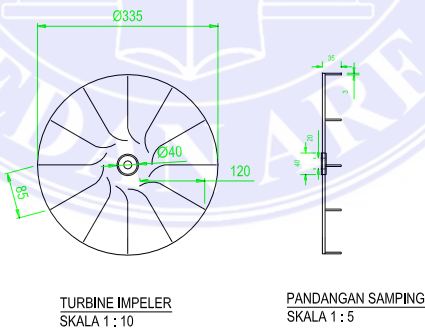


ORIENTASION PLANT
SKALA 1:10

Gambar 3.13. Sistem Pembangkit



Gambar 3.14. Rumah Turbin



Gambar 3.15. Turbin Runner

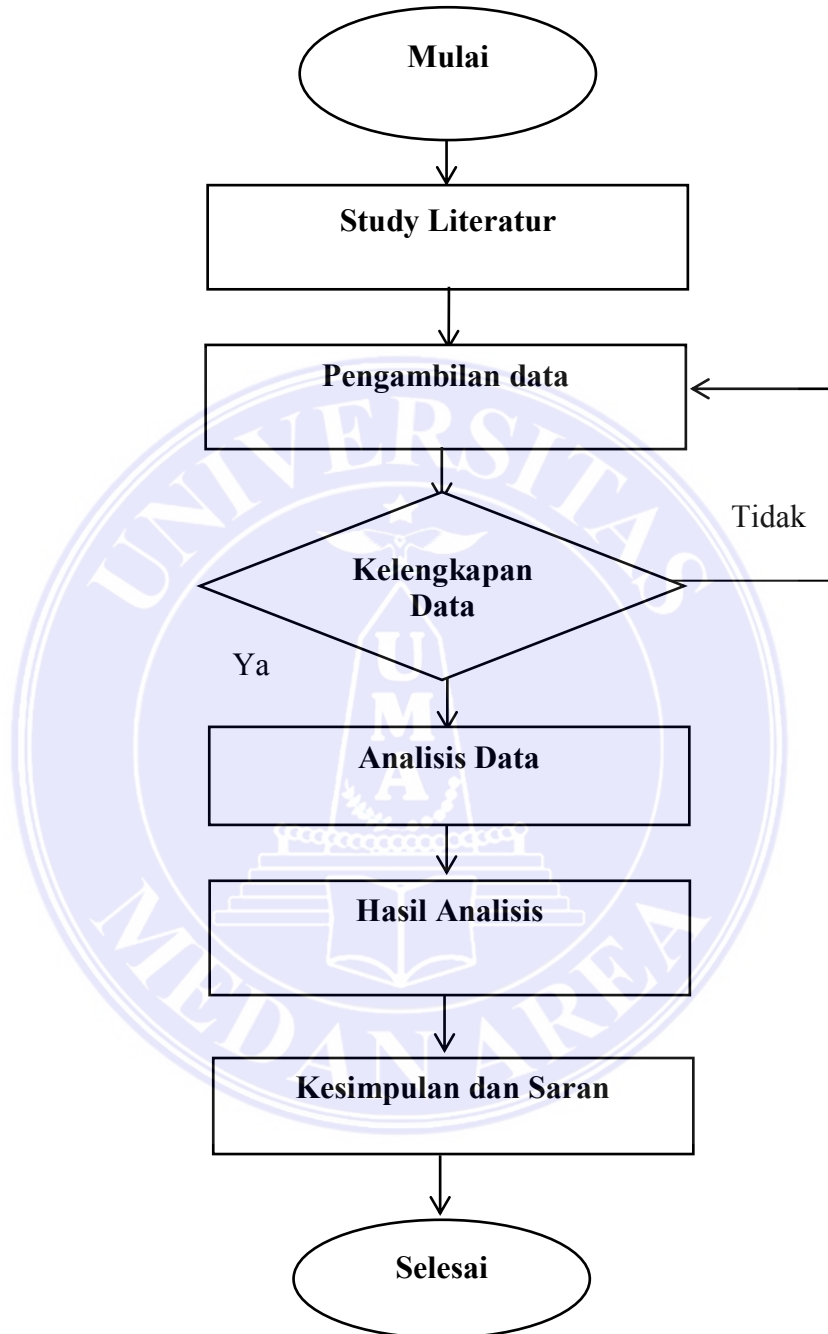
E. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Mini yang dibuat menyerupai Pembangkit yang sebenarnya. Metode / langkah-langkah yang digunakan penulis untuk melakukan penelitian Analisis Kinerja Turbin Uap

Mini dengan Tekanan Uap 500 kPa adalah sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan pengujian Pembangkit terlebih dahulu melakukan pemasangan alat seperti yang sudah dijelaskan pada Sert-Up alat diatas.
2. Selanjutnya mengisi air kedalam boiler sesuai volume air yang sudah ditentukan pada boiler yaitu 17 liter.
3. Selanjutnya menyalakan api pada ruang bakar dengan bahan bakar arang dan kayu bakar, setelah api menyala hidupkan Blower Keong untuk mempercepat pembakaran. Untuk memasukan bahan bakar kedalam ruang bakar harus secara bertahap dan jangan sampai bahan bakar habis didalam ruang bakar agar proses pembakaran stabil.
4. Dalam penelitian ini waktu pembakaran yang dibutuhkan sampai pada tekanan 500 kPa adalah 85 menit.
5. Setelah sampai pada tekanan yang dibutuhkan, maka peneliti membuka katup uap yang masuk ke turbin. Karena adanya tekanan, turbin pun berputar dan melanjutkannya memutar generator dan menghasilkan listrik. Panel lampu yang sudah dibuat akan menyala setelah generator berputar.
6. Setelah pengujian pembangkit berhasil peneliti melakukan pengambilan data dan selanjutnya analisis data.

Diagram alir dibawah ini menunjukkan langkah – langkah dalam menyelesaikan penelitian ini, sebagai berikut;



Gambar 3.16. Diagram Alir

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah pengujian alat, pengambilan data dan analisis dapat disimpulkan :

1. Laju aliran uap (\dot{m}) yang dihasilkan boiler : 0.0063 kg/s
2. Daya turbin pada penelitian ini sebesar 1.74 kW dengan Efisiensi thermal siklus yang dihasilkan sebesar : 11.81 %
3. Daya output generator yang dihasilkan pada tekanan uap 500 kPa adalah sebesar 264 watt.

B. Saran

1. Diharapkan penambahan tekanan uap pada boiler untuk memutar turbin agar menghasilkan efisiensi thermal yang baik.
2. Pada pipa uap jangan terlalu panjang dan penambahan isolasi pada pipa agar panas dari uap tidak terbuang.
3. Dalam ruang bakar dan boiler diharapkan perbaikan desain seperti boiler pipa api atau pun pipa air, agar panas dari bahan bakar tidak banyak terbuang dan proses air menjadi uap lebih cepat.

DAFTAR PUSTAKA

1. R. Mursalin Aqli , R. Apriandi and A. Mursadin, "Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU PT. Indocement P-12 Tarjun," *Kinematika*, vol. 1, pp. 37-46, 2016.
2. R. N. Mulyana, "kontan," Senin November 2019. [Online]. Available: <http://amp-kontan.co.id>. [Accessed Minggu 12 2019].
3. "Wikipedia," Kamis November 2019. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_pembangkit_listrik_di_Indonesia. [Accessed Senin February 2020].
- 4 B. A. Mustofa, Sunarwo and Supriyo, "Analisa Heat Rate Pada Turbin Uap Berdasarkan Performanpce Test PLTU Tanjung Jati Unit," *Journal Teknik Energi*, vol. 10, pp. 61-68, 2015.
5. El-Wakil, Instalasi Pembangkit Daya, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1992.
6. H. Santoso, "Optimalisasi Untuk Menghasilkan Efisiensi Ideal Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Kapasitas 20 MW," *Journal String*, vol. 3, 2018.
7. M. F. Zakaria and M. Effendy, "Analisa Energi Dan Eksergi Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 2 Tanjung Awar-Awar," *Journal Energi*, pp. 77-85, 2018.

LAMPIRAN

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