

# TURBIN UAP PENGGERAK GENERATOR

Daya : 65 MW  
Putaran : 3000 rpm

## SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas  
Dan Memenuhi Syarat-Syarat Untuk Mencapai  
Gelar Sarjana Teknik

OLEH  
*Mulkan Iskandar*  
NIM : 99.813.0035



JURUSAN MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2003

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/1/24

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)11/1/24

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN  
TUGAS SARJANA

TURBIN UAP  
PENGGERAK GENERATOR

Daya : 65 MW  
Putaran : 3000 rpm

OLEH

*Mulkan Iskandar*

NIM : 99.813.0035

Menyetujui :  
Komisi Pembimbing :

Pembimbing I

(Ir. Husin Ibrahim)

Pembimbing II

(Ir. Amrinsyah)

Mengetahui

Ketua Jurusan



(Ir. Dariantó, MSc)

Dekan Fakultas Teknik



(Drs. Dadan Ramdhan, M.Eng.Sc)

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/1/24

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)11/1/24

## KATA PENGANTAR

Pertama sekali penulis mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan ridho-Na penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana ini yang merupakan syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Adapun judul Tugas Sarjana ini adalah TURBIN UAP PENGGERAK GENERATOR. Dalam menyusun rancangan Turbin Uap ini penulis melakukan riset lapangan sebagai bahan perbandingan di PT. PLN Sektor Belawan di Pulau Sicanang dan juga diambil dari perkuliahan Turbin Uap dan Study Literatur.

Sebagai rasa syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa tak lupa penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. Dadan Ramdhan, M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
2. Bapak Ir. Darianto, MSc, selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Husin Ibrahim, selaku dosen pembimbing I.
4. Bapak Ir. Amrinsyah, selaku dosen pembimbing II.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area.
6. Istri tercinta Sri Ramadhani dan anak tersayang M. Faried Mulkhairy, yang turut memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

7. Kedua orang tua penulis (Ayahanda Muchlasin dan Ibunda Cut Kurniati), dan mertua penulis (Ibunda Kartini), yang juga memberikan dorongan hingga terselesaikannya skripsi ini.
8. Adik penulis, Irfansyah dan Maya Fransiska Br Manurung.
9. Seluruh karyawan PT. PLN (Persero) Sektor Belawan.
10. Rekan-rekan mahasiswa yang telah banyak membantu selama ini.

Kepada semua tersebut diatas, penulis hanya dapat berdoa semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan yang berlipat ganda sesuai amal baiknya.

Penulis juga menyadari bahwa dalam penulisan tugas sarjana ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca sehingga dapat menyempurnakan tulisan ini.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan nilai tambah bagi para pembaca. Semoga Tuha Yang Maha Esa memberikan rahmat dan ridho-Nya kepada kita semua.

Medan, Juni 2003  
Penulis,

**MULKAN ISKANDAR**

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN MESIN

Agenda No. : .....  
Diterima Tgl. : .....  
Paraf : .....

**TUGAS RANCANGAN / TUGAS AKHIR**

NAMA : Mulkan Iskandar  
NO. STAMBUK : 99.813.0035  
MATA KULIAH : TURBIN UAP  
SPESIFIKASI : Rencanakanlah Suatu Turbin Uap Penggerak Generator dengan data-data sebagai berikut :  
Daya : 65 MW  
Putaran : 3000 rpm  
Perencanaan meliputi :  

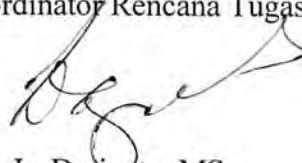
- Analisa Kebutuhan Uap
- Tekanan dan Temperatur
- Power Turbin
- Analisa perhitungan ukuran-ukuran utama turbin
- Gambar penampang turbin

Diberikan tanggal : \_\_\_\_\_  
Selesai tanggal : \_\_\_\_\_

Medan, .....2003

Ketua Jurusan,  
  
Ir. Darianto, MSc

Dosen Pembimbing,  
  
Ir. Husin Ibrahim

Koordinator Rencana Tugas  
  
Ir. Darianto, MSc

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/1/24

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>SPEKIFIKASI TUGAS</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Pembatasan Masalah.....	3
I.4. Metodologi .....	4
<b>BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN</b> .....	6
II.1. Pengertian Turbin Uap.....	6
II.2. Sejarah Turbin Uap .....	8
II.3. Sistem Turbin Uap.....	9
II.4. Prinsip Kerja Turbin Uap.....	14
II.5. Peredaran Suatu Instalasi Uap.....	15
II.6. Klasifikasi Turbin Uap .....	16
<b>BAB III RANCANGAN SPEKIFIKASI</b> .....	20
III.1. Dasar Pemilihan Turbin Uap .....	20
III.2. Perhitungan Thermodinamika .....	22
III.2.1. Menentukan Kejatuhan Panas (Heat Drop) .....	24

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/1/24

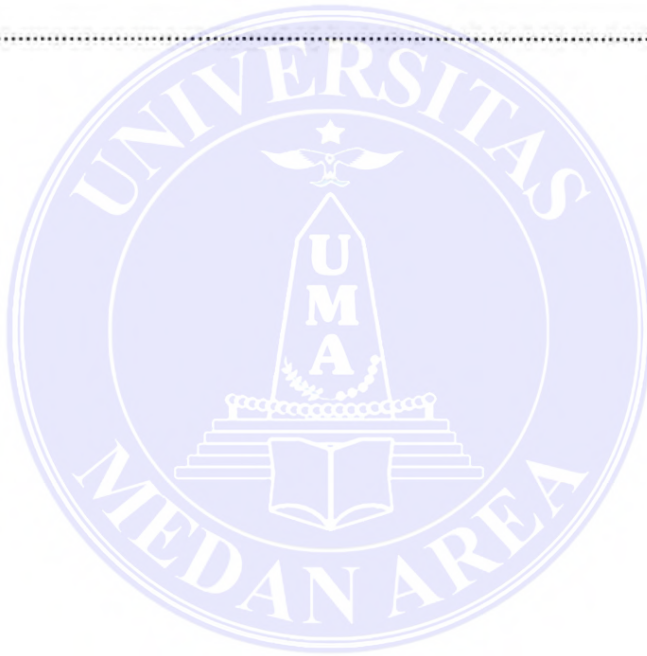
iv

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)11/1/24

III.3. Kecepatan Uap Keluar Nozzle ( $C_1$ ) .....	27
III.4. Daya dan Putaran .....	27
III.5. Mencari Parameter Uap Keluar Nozzle .....	30
III.6. Menentukan Harga U/C .....	31
III.7. Menghitung Kecepatan Keliling .....	32
III.8. Kecepatan Relatif Uap Masuk Moving Blade ( $W_1$ ) .....	33
III.9. Sudut Uap Masuk Mutlak Moving Blade II ( $\alpha_1$ ) .....	37
<b>BAB IV PERHITUNGAN NOZZLE</b> .....	42
IV.1. Perencanaan Nozzle .....	42
IV.2. Perhitungan Sudu (Blade).....	48
IV.3. Perhitungan Kekuatan Moving Blade .....	57
IV.4. Menghitung Gaya-gaya Centrifugal .....	59
<b>BAB V PERHITUNGAN KOMPONEN</b> .....	72
V.1. Disc (Roda Turbin) .....	72
V.2. Poros .....	76
V.3. Pasak .....	83
V.4. Perhitungan Roda Gigi .....	86
V.5. Rumah Turbin (Casing).....	96
V.5.1. Bahan Rumah Turbin .....	97
V.5.2. Analisa Perhitungan Gaya-gaya dan Dimensi Rumah Turbin.....	98

<b>BAB VI OPERASI TURBIN .....</b>	<b>108</b>
VI.1. Alat Bantu dan Alat Pengaman .....	108
VI.2. Cara Menjalankan Turbin .....	109
VI.3. Menghentikan Turbin .....	110
VI.4. Perawatan dan Pemeliharaan .....	110
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>112</b>
<b>LITERATUR .....</b>	<b>113</b>





# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia sebagai negara berkembang dimana saat ini giat-giatnya membangun dalam segala bidang yang berwawasan lingkungan hidup, yang bertujuan untuk meningkatkan kemakmuran bagi seluruh rakyat sesuai dengan filsafah negara pancasila.

Salah satu sektor pembangunan saat ini sedang digalakkan pemerintah adalah sektor pembangunan teknologi industri. Perkembangan teknologi dan industri melibatkan pada industri mesin dan listrik (penerangan). Menurut menteri Pertambangan dan Energi 80% penduduk Indonesia berada di pedesaan dan untuk saat ini baru 12,6% yang menikmati aliran listrik.

Usaha pengembangan bidang listrik (penerangan) ini terus digalakkan dalam hal ini pemerintah mengambil langkah-langkah pembangunan antara lain :

- Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).
- Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)
- Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
- Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)
- Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Berdasarkan latar belakang masalah penulis tertarik untuk memilih salah satu pembangkit listrik tenaga uap didukung dengan melakukan survey-survey di lapangan.

Tenaga listrik ini merupakan suatu bagian yang penting bagi kita semua, karena tenaga listrik ini menyangkut hampir semua aspek kehidupan yang selalu dibutuhkan setiap harinya. Di dalam proyek-proyek ini dan lainnya kita akan melihat fungsi dari tenaga listrik yaitu berguna untuk mengoperasikan peralatan yang ada disekitar lokasi proyek atau pabrik.

Adapun tenaga listrik tersebut bersumber dari suatu pembangkit tenaga listrik atau generator, dan generator tersebut digerakkan oleh suatu tenaga mula yang menggunakan tenaga uap. Dimana uap dari boiler dimanfaatkan untuk memutar sudu-sudu turbin yang dihubungkan dengan proses untuk memutar generator.

## I.2. Rumusan Masalah

Sesuai dengan perencanaan, maka materi yang akan dibahas berupa komponen peralatan pabrik pada pembangkit listrik tenaga uap (Turbin uap). Di dalam perencanaan nantinya diperlukan pembatasan masalah dimana dimaksud untuk memberi kualitas hasil design yang solid serta presisi.

Komponen utama dari pembahasan turbin uap penggerak generator antara lain

1. Roda gerak (cekram)
2. Sudu-sudu
3. Nozzle
4. Bantalan (bearing)
5. Packing labirin
6. Poros dan pasak
7. Rumah turbin

Perhitungan komponen-komponen pada turbin tersebut dititik beratkan pada dimensi dan kekuatannya. Adapun generator disini sebagai yang digerakkan tidak dianalisa.

### I.3. Pembatasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi seperti terlihat pada pembatasan masalah, maka perlu adanya pembahasan secara sistematis baik berupa :

1. Konversi energi (turbin uap).
2. Elemen mesin.
3. Metallurgi (kekuatan bahan)
4. Themodinamika (Diagram Mollier dan Siklus Rankie)
5. Mekanika Teknik (Deflexi, Vibration, Momen)
6. Pelumasan
7. manajemen
8. Faktor Pendukung

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/1/24

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)11/1/24

## I.4. Metodologi

Sebelum merencanakan suatu rancangan harus mengetahui tugas apa yang direncanakan. Adapun langkah pertama yang penulis lakukan adalah merencanakan sebuah turbin uap sebagai penggerak generator dengan daya terpasang 65 MW dan bahan bakar solar.

Setelah itu melakukan survey literatur. Adapun survey literatur ini adalah yang berhubungan dengan apa yang akan dirancang, dimana pada tugas ini yang berhubungan dengan turbin uap, misalnya :

- Turbin Uap (Steam Turbines) Teori dan Rancangan oleh : P. Shlyakhin pada buku ini yang membahas bagaimana cara merancang suatu turbin uap.
- Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin, oleh : Sularsokiyokatsu suja. Pada buku ini membahas bagaimana cara untuk merancang elemen-elemen dari turbine uap, misalnya : Bearing, roda gigi dan lain-lain.
- Penggerak Mula Turbine Uap oleh : Wiranto Arismunandar.
- Termodinamika teknik oleh : Dr. Ir. Djojodiharjo.
- Strength of Material. Part I dan II oleh : S. Timoshenko.
- Konversi Energi Dasar I (Turbin Uap) oleh : Ir. Syamsir A. Muin. Dan lain-lain.

Masih banyak lagi literatur yang membahas mengenai Turbin Uap, setelah melakukan survey literatur kemudian melakukan survey lapangan.

Pada perencanaan Turbine Uap ini penulis melakukan survey lapangan di PLN sektor Belawan P. Sicanang, adapun kegunaannya adalah sebagai bahan

pembandingan di dalam perencanaan ini. Dimana pada PLN Sektor Belawan menggunakan jenis :

- Turbine : Single silinder, non reheat, buatan ABB
- Putaran : 3000 rpm
- Jumlah tingkat sudu : 31 tingkat
- Tekanan uap : 86 bar
- Temperatur Uap : 510°C
- Jumlah ekstraksi : 5 (lima)
- Tekanan uap keluar : - 0,85

Adapun kegunaan dari survey lapangan ini adalah untuk memudahkan kita mengetahui bagaimana bentuk yang sebenarnya dari sebuah Turbine Uap.

Langkah selanjutnya setelah kita melakukan survey lapangan maka kita merancang sebuah turbine uap dan yang terakhir kita mengasistensi dengan Dosen Pembimbing kita. Apakah rancangan kita sudah baik dan benar.

Kegunaan dari Metodologi ini adalah untuk memudahkan kita merencanakan suatu rancangan agar arah ataupun tujuan dari rancangan kita sesuai dengan yang direncanakan.

## BAB II

### TINJAUAN KEPUSTAKAAN

#### II.1. Pengertian Turbin Uap

Turbin uap dapat diartikan sebagai penggerak mula dimana energi potensial dari suatu fluida dirubah menjadi energi kinetik (kecepatan) kemudian dikonversikan menjadi energi mekanik yang berupa putaran pada poros turbin.

Energi potensial adalah energi yang dikandung oleh uap itu sendiri. Sedangkan energi kinetik adalah energi yang dimiliki uap karena uap itu sendiri yang bergerak, dan dengan bantuan nozzle tekanan kecepatan dapat dinaikkan untuk memutar roda turbin. Dan juga disini berbeda dengan apa yang terjadi pada mesin torak, pada turbin uap tidak terdapat bagian-bagian mesin yang bergerak secara translasi.

Bagian-bagian dari turbin uap yang berotasi (berputar) ialah disebut rotor (roda turbin) dan bagian yang tidak berputar disebut stator (rumah turbin). Roda turbin terletak didalam rumah turbin dimana dimana roda turbin ini memutar poros poros daya menggerak (memutar) generator listrik.

Di dalam turbin uap ini, uap mengalami proses ekspansi yaitu proses penurunan tekanan serta uap mengalir secara kontinue.

Dalam perencanaan ini turbin uap merupakan instalasi tegangan yang selalu diharapkan mempunyai biaya operasi yang murah serta konstruksi yang sederhana.

Hal ini dimaksud untuk mempermudah perakitan, perbaikan, pemeliharaan (maintenance). Untuk turbin uap dengan efisiensi tinggi akan memerlukan perencanaan dan konstruksi yang rumit serta membutuhkan alat material yang banyak dan begitu juga dalam perakitan, perbaikan, pemeliharaan akan lebih sulit dan mahal.

Berdasarkan fluida yang dipergunakan dapat dibagi atas 3 (tiga) bagian antara lain yaitu :

- Turbin Air
- Turbin Uap
- Turbin Gas

Ketiga bagian turbin diatas mempunyai bagian-bagian yang sama yaitu :

#### 1. Nozzle

Dimana nozzle ini berfungsi untuk mempertinggi kecepatan dan arah aliran fluida ke moving blade.

#### 2. Moving Blade

Dimana moving blade berfungsi sebagai perubah energi kinetis menjadi mekanik.

#### 3. Disc

Disc ini berfungsi sebagai alat penerus gerakan moving blade ke poros, karena moving blade dipasang kuat pada disc.

#### 4. Poros

Poros disini berfungsi sebagai tempat pemasangan rotor serta meneruskan putaran rotor.

#### 5. Rumah Turbin

Dimana rumah turbin ini berfungsi sebagai tempat pemasangan rotor dan stator.

### II.2. Sejarah Turbin Uap

Ide turbin uap ini sudah lama, sudah umum diketahui kira-kira tahun 120 SM. Hero di Alexandria membuat prototipe turbin yang pertama berdasarkan prinsip-prinsip reaksi.

Beberapa abad kemudian, pada tahun 1629, Giovanni Branca memberikan gambaran sebuah mesin yang dibuatnya. Mesin buatan Branca dari prinsip aksinya adalah Prototipe Turbin Impuls.

Pada tahun 1806-1813, dipabrik suzunsky di Altai seorang pencipta berkembangsaan Rusia, Polikorp Zalesov membuat sejumlah modela uap.

Kemajuan yang besar pada pengembangan dan kontruksi turbin uap dirasakan pada akhir abad ke-19 pada tahun 1890, ahli teknik berkembangsaan Swedia, Gustaf dengan Laval membuat sebuah turbin uap cakram tunggal dengan kapasitas lima dkk dengan poros fleksibel dan cakram yang kekuatannya.

Pada tahun 1884 seorang ahli teknik bernama C.A. Parson membuat turbin untuk keperluan industri-industri.



Curtis tahun 1900, menjelaskan sebuah turbin untuk satu tingkat tekanan tetapi dengan dua atau tiga tingkat kecepatan.

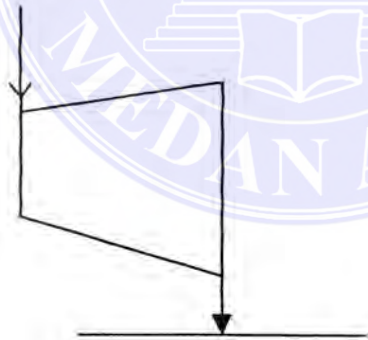
Turbin radial yang pertama dan disusulkan dan dibuat oleh Birger dan Frederick Ljungstrom bersaudara pada tahun 1910.

### II.3. Sistem Turbin Uap

Sistem turbin uap ini dibagi beberapa sistem pengoperasian yang antara lain adalah :

#### a. Turbin Tekanan Lawan.

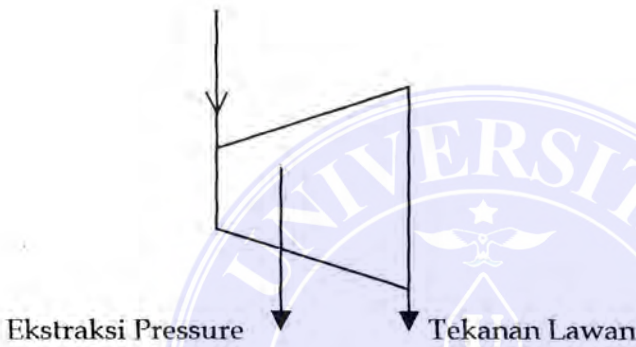
Yaitu jika uap keluar dan meninggalkan turbin serta tekanan yang sesuai dengan tekanan udara, maka apabila uap bekasnya tidak dipergunakan lagi, terlihat pada gambar dibawah ini.



Turbin Tekan Lawan

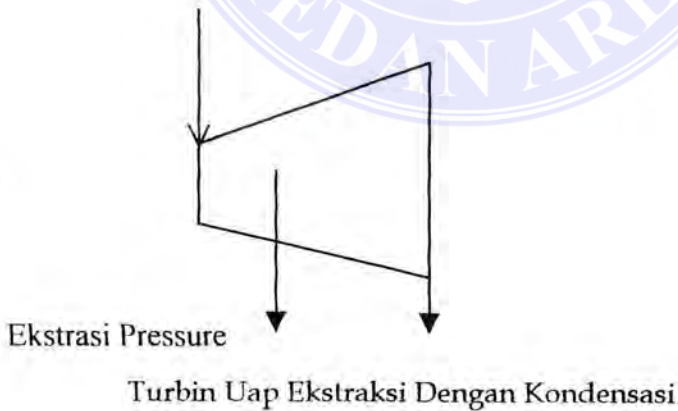
b. Turbin Ekstraksi dengan Tekanan Lawan.

Jika sebagian uap bekas dari turbin dipakai lagi untuk keperluan pengolahan dan biasanya tekanan uap untuk pengolahan itu lebih tinggi dari tekanan lawan seperti terlihat gambar di bawah ini.



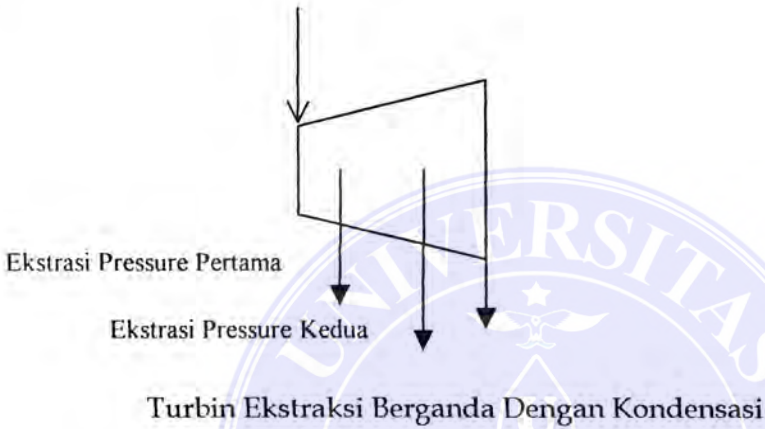
c. Turbin Ekstraksi Dengan Kondensasi

Jika sebagian dari uap bekasnya dipakai untuk dalam pengolahan dan sebagian lagi untuk kondensasi seperti terlihat gambar berikut ini



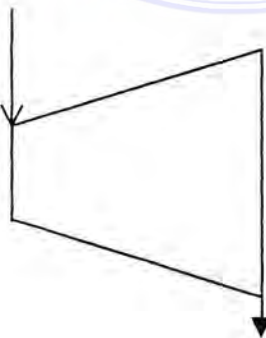
d. Turbin Ekstraksi Berganda Dengan Kondensasi.

Dimana bila uap bekas dari turbin diperlukan untuk pengolahan berganda dan sisanya dipergunakan untuk kondensasi, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



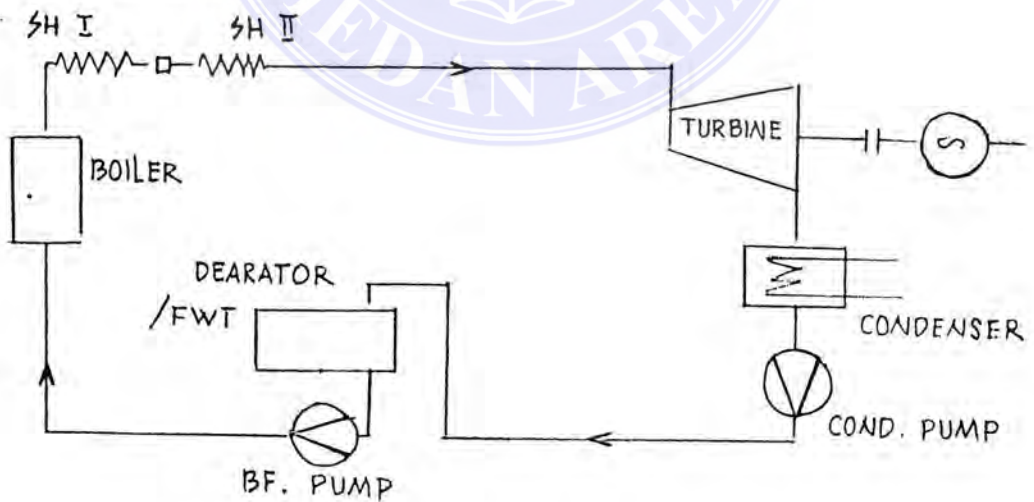
e. Turbin Tekanan Langsung

Turbin tekanan langsung ialah jika uap bekasnya diperlukan untuk kondensat dan sebagian air untuk pengisian ketel yang baru, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Skema dari turbin uap yang akan dirancang adalah seperti gambar di bawah ini, dan sistem terdiri dari beberapa komponen utama antara lain yaitu : ketel, turbin, yang menggerakkan beban, kondensir dan pompa pengisi air ketel. Jadi turbin disini hanyalah merupakan salah satu komponen dari suatu sistem tenaga dan uap berfungsi sebagai fluida kerja turbin yang dihasilkan oleh ketel uap.

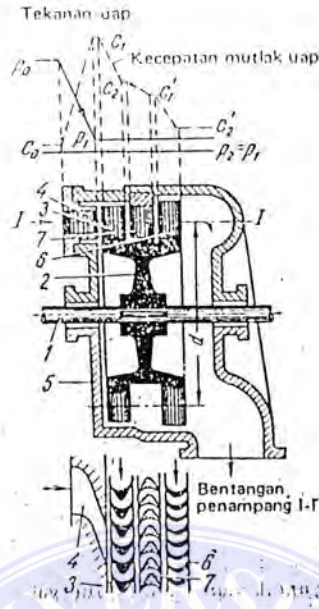
- Ketel uap, adalah alat yang dipergunakan untuk mengubah air menjadi uap serta mendapat tekanan dan temperatur tertentu.
- Turbin uap, adalah merupakan pegekspansi uap untuk merubah energi kalor menjadi energi kerja atau mekanik.
- Kondensir adalah alat yang berfungsi untuk mengebunkkan uap air yang keluar dari turbin uap atau mengkondesasikan uap menjadi air.
- Pompa, adalah sebagai alat yang berfungsi mengalirkan air kembali dari kondensat ke dalam ketel uap.



Skema Sistem Turbin Uap

Jadi dari skema tersebut diatas dapat kita ketahui jalannya proses yaitu : air dari tangki pengisian masuk ke ketel yang terlebih dahulu ke dearator guna untuk mengeliminasi gas oksigen yang terkandung oleh air pengisian, dan ini bisa mengakibatkan karat dalam tangki ketel (dinding ketel) dan dari dearator tersebut dapat juga untuk menaikkan temperature air pengisi ketel. Dari dearator, air dipompakan kembali ke ketel dan mengakibatkan kerja yang diberikan oleh air memasuki ketel (kerja dalam proses pemompaan) sehingga temperature air akan dimulailah proses penyerapan panas hingga terbentuknya uap pada ketel dan uap yang dikeluarkan dari ketel, dipanaskan lanjut kembali pada superheater yang gunanya untuk mempertinggi temperatur dan menghilangkan air yang dikandung oleh uap sebelum masuk keturbin uap. Uap yang masuk keturbin ini akan mengekspansi pada nozzle sehingga timbul Heat Drop pada turbin dimana heat drop ini sangat dibutuhkan dalam turbin. Kemudian uap yang keluar nozzle akan membentuk sudu-sudu jalan dan mengakibatkan pemutaran poros dan menggerakkan poros, dan poros akan menggerakkan putarannya ke generator, dengan menggunakan roda gigi (Reduction Gear) sehingga putaran tersebut dari turbin maka masuk ke pengumpulan uap untuk diteruskan ke proses selanjutnya, misalnya proses penguapan (evaporator), pemanasan (juice heater) memasak (vakum fan) serta proses-proses lainnya.

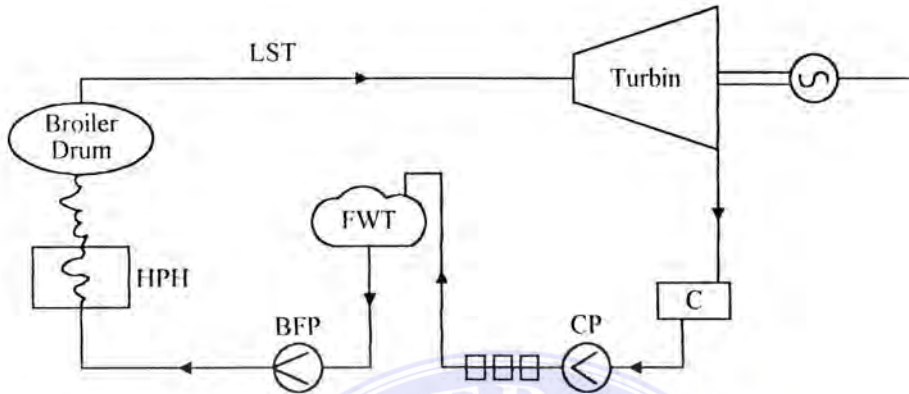
## II.4. Prinsip Kerja Turbin Uap



Gambar 2.1. Prinsip Kerja Turbin Uap  
 1-Poros; 2-Cakram; 3-Baris Pertama Sudu-Sudu Gerak  
 4-Nosel; 5-Stator; 6-Baris Kedua Sudu-Sudu Gerak  
 7-Sudu- Sudu Pengarah.

Penurunan tekanan dari  $P_0$  menjadi  $P_2$  pada nosel 4, sebagai akibat penurunan tekanan didalam nosel kecepatan uap bertambah dari  $C_0$  menjadi  $C_1$ . Transformasi energi kinetik uap yang mengalir menjadi kerja mekanis pada poros turbin terjadi pada dua baris sudu gerak yang dipasang pada cakram turbin. Jadi kecepatan uap dikurangi dari  $C_1$  menjadi  $C_2$  pada baris pertama sudu gerak dan dari  $C_1$  menjadi  $C_2$  pada baris kedua. Sudu tetap 7 hanya membantu dalam mengubah aliran uap yang keluar dari baris pertama sudu gerak tanpa menambati kerja mekanis yang dilakukan pada poros. Akan tetapi penurunan kecepatan  $C_2$  menjadi  $C_1$  sebagai akibat dari kerugian gesekan pada sudu pengarah.

## II.5. Peredaran Suatu Instalasi Uap



Gambar 2.2. Peredaran Suatu Instalasi Uap

Uap jenuh yang terdapat dalam ketel lewat alat pemanas lanjut mengalir sebagai uap melalui pipa uap utama. Di dalam turbin uap ini melakukan kerja mekanis dari uap bekas mengalir ke kondensor. Sebuah pompa air kondensor mengisap air kondensasi dan kondensor dan memasukkannya ke dalam sebuah tangki air kondensasi.

Dari tangki air kondensasi ini sebuah pompa pengisian mengisap dan memompa air kondensasi ke dalam ketel melalui alat pemanas pendahuluan air pengisian ketel (Feat Water Tank).

Air kondensasi di dalam tangki air kondensasi dapat menyerap uap (steam) akhirnya masuk ke dalam kondensor melalui ketel dan turbin. Untuk menghindari hampa udara berubah menjadi tekanan lebih maka udara ini harus dibuang dari kondensor dengan sebuah pompa angin dan ejektor (Vacum Pamp).

Sebuah pompa air penyejuk atau sirkulasi memompa air penyejuk dari kondensor melalui pipa kondensor, sedangkan uap bekas dialirkan ke sekitar pipa-pipa yang dinamakan ekstralasi sebagai pemanas awal sebelum air kondensor masuk ke dalam ketel dan sebagian masuk ke dalam kondensor untuk dikondensasikan dan dipergunakan lagi sebagai air pengisian ketel.

## II.6. Klasifikasi Turbin Uap

Turbin uap dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Menurut sistem aliran uap masuk ke dalam turbin :
  - a. Turbin Aksial yaitu arah aliran uapnya sejajar dengan sumbu poros turbin;
  - b. Turbin Radial yaitu arah aliran uapnya mengalir dalam arah tegak lurus terhadap sumbu poros turbin.
2. Menurut jumlah tingkat pertama :
  - a. Turbin satu tingkat dengan satu atau lebih tingkat kecepatan yang biasanya berkapasitas kecil, turbin ini kebanyakan dipakai untuk menggerakkan kompressor sentrifugal dan mesin-mesin lain yang serupa;
  - b. Turbin Impuls dan reaksi aneka tingkat, turbin ini dibuat dalam jangka kapasitas yang luas mulai dari yang kecil sampai yang besar.
3. Menurut metode pengaturan :
  - a. Turbin dengan pengaturan pengecilan (throtling) dimana uap masuk ke dalam turbin diatur oleh katub pengatur;



- b. Turbin pengatur langsung dimana masuk ke dalam turbin selain mengisi tingkat pertama juga ke tingkat kedua atau bahkan tiga tingkat menengah turbin tersebut;
  - c. Turbin dengan pengaturan nozzle dimana uap masuk ke dalam turbin diatur dengan satu atau dua katub pengatur.
4. Menurut prinsip kerja uap :
- a. Turbin Impuls dimana energi potensial yang dikandung uap diubah ke dalam energi kinetik dan kemudian diubah lagi ke dalam energi mekanis. Pengklasifikasian ini adalah relatif karena turbin ini beroperasi dengan derajat reaksi yang akan membesar pada sudu gerak tingkat-tingkat berikutnya;
  - b. Turbin Aksial-Aksi dimana uap berekspansi diantara sudu gerak dan sudu tetap yang dari masing-masing tingkat mengambil tempat yang sama besar pada derajat yang sama;
  - c. Turbin reaksi radial tanpa sudu tetap;
  - d. Turbin reaksi radial yang mengalir ke dalam turbin.
5. Menurut proses uap yang mengalir ke dalam turbin :
- a. Turbin Impuls;
  - b. Turbin Reaksi;
  - c. Turbin Kombinasi (Impuls-reaksi).
6. Menurut proses penurunan kalor :

a. Turbin Kondensasi (Condensing Turbine) dengan regenator dimana tekan uap keluar turbin lebih kecil dari tekanan atmosfer yang dialirkan kondensor, disamping itu uap juga diambil dari tingkat-tingkat menengahnya untuk memanaskan air pengisian ketel.

Jumlah peraliran yang demikian itu biasanya dari 2-3 hingga sebanyak 8-9 kalor ~~lata~~ uap buang selama proses kondensasi semua hilang pada turbin ini. Turbin kapasitas kecil pada dasar terdahulu sering tidak mempunyai pemanasan air pengisian yang generatif;

b. Turbin Kondensasi dengan satu atau dua tingkat dimana uap keluar turbin lebih kecil dari tekanan tertentu yang bertujuan untuk pemanasan dalam industri;

c. Turbin tekanan lawan (back pressure turbine) uap buang dipakai untuk keperluan-keperluan industri dan pemanasan ke dalam turbin jenis ini dapat juga ditambah (dalam artian yang relatif) turbin dengan keefektifan yang dihilangkan (deteriorated) yang uap buangnya dapat dipakai untuk keperluan-keperluan pemanasan dalam proses;

d. Turbin tumpang, turbin ini juga adalah jenis turbin tekanan lawan dengan perbedaan bahwa uap buang dari turbin mesin dipakai, jenis ini lebih lanjut masih dipakai untuk turbin-turbin kondensasi tekanan menengah dan rendah. Turbin ini secara umum beroperasi pada kondisi tekanan dan temperatur uap awal yang tinggi dan dipakai kebanyakan untuk

- membesarkan kapasitas pembangkit pabrik dengan masuk untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik;
- e. Turbin tekanan lawan (back pressure turbine) dengan pancaran uap dan tingkat-tingkat menengah pada tekanan tertentu. Turbin jenis ini dimaksudkan untuk mensuplay uap konsumen pada berbagai kondisi tekanan dan temperatur;
  - f. Turbin tekanan rendah (tekanan buang) yang uap buang dari mesin-mesin uap, mesin tekan dan lain-lain dipakai untuk keperluan pembangkit tenaga listrik;
  - g. Turbin tekanan campur dengan dua atau tiga tingkat tekanan dengan suplay uap buang ke tingkat-tingkat menengah.
7. Menurut kondisi-kondisi uap pada sisi masuk turbin :
- a. Turbin tekanan rendah, dimana tekanan uap masuk turbin berkisar antara 0,3 s/d 3 ata;
  - b. Turbin tekanan menengah, dimana tekanan masuk uap ke turbin mencapai 40 ata;
  - c. Turbin tekanan tinggi dimana tekanan uap masuk turbin berkisar antara 40 - 70 ata teperatur diatas 550°C atau lebih;
  - d. Turbin tekanan sangat tinggi, dimana tekanan uap masuk berkisar antara 170 - 225 ata;
  - e. Turbin tekanan superkritis, dimana tekanan uap masuk turbin lebih besar 225 ata.

## BAB III

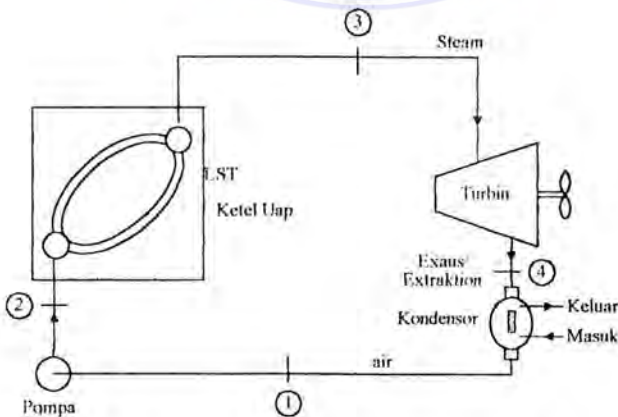
### RANCANGAN SPESIFIKASI

#### III.1. Dasar Pemilihan Turbin Uap

Dari data perencanaan dan besar penurunan kalor (entalpi) yang diberikan, maka akan dilakukan pemilihan turbin sesuai dengan kondisi tertentu.

Dasar pemilihan turbin penting diperhatikan adalah efisiensi turbin yang tinggi serta konstruksi turbin sederhana, pertimbangan lainnya; mudah dalam operasi, perawatan ialah turbin dengan jumlah tingkat tekanan dan diameter roda gerak minimum.

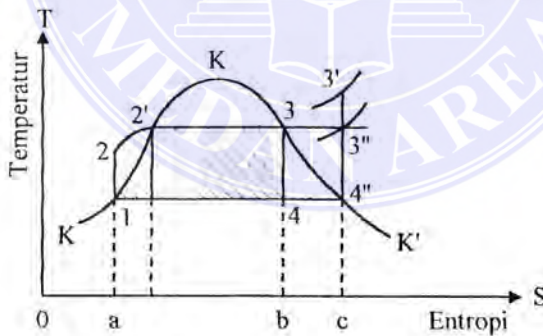
Diameter roda turbin akan berhubungan langsung dengan gaya tangensial yang bekerja pada roda turbin, sehingga diameter roda turbin harus dibatasi maksimum sebesar 300 m/s. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan diameter roda turbin tidak terlalu besar.



Gambar 3.1. Skema Turbin Uap Yang Sederhana

- Pompa : Berfungsi untuk mengalirkan kembali air kondensasi ke dalam
- Dearator : Berfungsi untuk mengeliminasi gas oksigen ( $O_2$ ) yang terkandung dalam air pengisian, guna menghindari korosi pada dinding ketel.
- Ketel Uap : Alat yang digunakan untuk menghasilkan uap dengan tekanan dan temperatur tertentu.
- Superheter : Berfungsi untuk mempertinggi temperatur dan menghasilkan air yang dikandung uap sebelum masuk ke turbin.
- Turbin Uap : Berfungsi untuk merubah energi fluida (potensial) menjadi energi kinetik dan diubah menjadi energi mekanik.
- Kondensor : Berfungsi untuk merubah fase uap air menjadi air.

Siklus ideal dari suatu sistem turbin uap sederhana adalah siklus Rankine yang dapat digambarkan pada diagram T-S, seperti terlihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Diagram Temperatur T-S Entropi Dan Siklus Rankine

Proses dalam Siklus Rankine :

- 1-2 : Proses pemompaan isentropis di dalam pompa
- 2-2'-3 : Proses pemasukan kalor konstan di dalam ketel
- 3-4 : Proses ekspansi insntropis di dalam turbin

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/1/24

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)11/1/24

- 4-1 : Proses pengeluaran kalor tekanan konstan di dalam kondensator
- 3-3' : Proses pemanasan lanjut, maka dengan demikian siklusnya menjadi : 1-2-2'-3'-4'-1.

### III.2. Perhitungan Thermodinamika (Konsep Dinamika Gas)

Thermodinamika merupakan dasar untuk menganalisa masalah energi dalam konversi di dalam pencaharian turbin uap.

Dari data teknis kondisi uap yang dihasilkan pesawat ketel uap jenis ketel pipa air, merkstein Industrie, Perancis, dengan tekanan uap keluar Superheater = 91,77 Kg/cm<sup>2</sup> dan perhitungan daya yang dibutuhkan turbin uap penggerak generator maka, turbin uap yang direncanakan adalah Turbin Curtis atau Impuls dengan dua tingkat kecepatan, yang direncanakan dengan data-data sebagai berikut :

Daya turbin	: 65 MW
Putaran Turbin	: 3000 rpm
Tekanan uap keluar Superheater	: 91,77 Kg/cm <sup>2</sup>
Loses sepanjang pipa, stop valve	: 3%
Temperatur	: 510°C

Untuk mencari tekanan uap masuk turbin dihitung dengan rumus :

dimana :

$P_{in}$  = Tekanan masuk turbin

$P_{sh}$  = Tekanan uap keluar superheater

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/1/24

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)11/1/24

$L_p$  = Losses sepanjang pipa, stop Valve dan Regulating Valve

$L_p$  = 3-5% ..... lit 1 hal. 47

$L_p$  = 5% (diambil)

sehingga :

$$P_m = 91,77 (1-0,05)$$

$$= 91,77 \cdot 0,95$$

$$= 87,1 \text{ Kg/cm}^2$$

Jadi kondisi uap masuk turbin dan temperatur uap masuk turbin. Untuk tingkat keadaan uap Superheater.

Tekanan :  $P_{in}$  atau  $P_0$

$$P_0 = 87 \text{ Kg/cm}^2$$

Temperatur :  $t_{sh}$  atau  $t_0$

$$T_0 = 510^\circ\text{C}$$

Karena siklus yang direncanakan pada turbin ini adalah siklus terbuka maka tekanan keluar turbin harus lebih besar dari 1 atm, maka kondisi uap keluar turbin

direncanakan :

Tekanan :  $P_{out}$  atau  $P_1$

$$P_1 = 31 \text{ Kg/cm}^2$$

Temperatur :  $t_{out}$  atau  $t_1$

$$t_1 = 345^\circ\text{C}$$

Harga  $t_1$  diperoleh dari tabel uap i - s diagram

### III.2.1. Menentukan Kejatuhan Panas (Head Drop)

Head Drop/kejatuhan dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_o = 87 \text{ Kg/cm}^2$$

$$T_o = 510^\circ\text{C}$$

$$P_1 = 31 \text{ Kg/cm}^2$$

Dari diagram Mollier didapat :

$$i_o = 817 \text{ K Kal/Kg}$$

$$i_1 = 743 \text{ K Kal/Kg}$$

Maka Head Drop :

$$H_o = i_o - i_1$$

$$= 817 - 743$$

$$H_o = 74 \text{ K Kal/Kg}$$

Kerugian pada Regulator (AP)

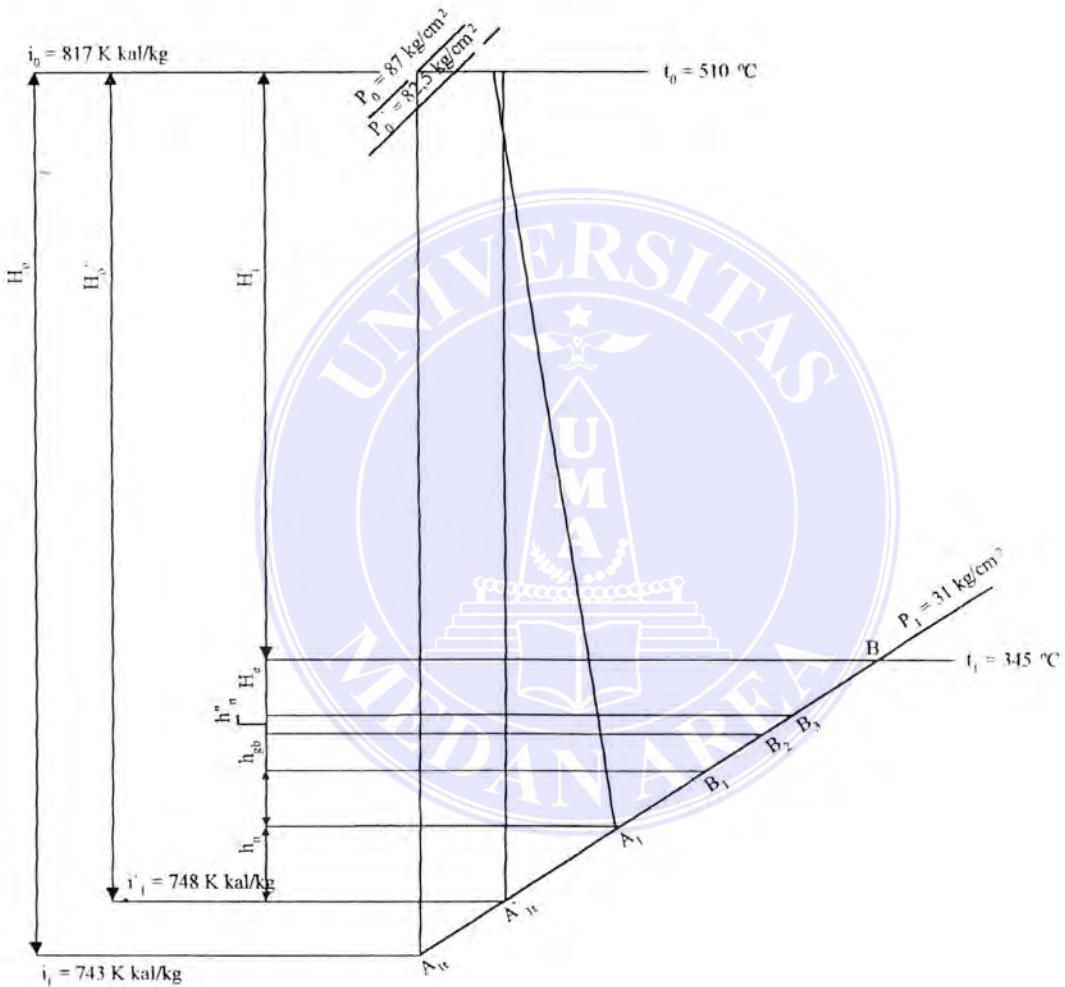
$$AP = 3\% - 5\%, \text{ diambil} = 5\% \dots\dots\dots \text{lit.1 hal.47}$$

$$AP = 0,05 \cdot P_{sh}$$

$$= 0,05 \cdot 91,77$$

$$AP = 4,588 \text{ Kg/cm}^2$$





Gambar 3.3. Diagram i-s Untuk Turbin Impuls Dengan Dua Tingkat Kecepatan.....lit hal. 82

Tekanan uap masuk nozzle terjadi penurunan kalor secara isentropis  $H_o^* < H_o$

$$P_o^* = (100\% - 5\%) \cdot P_o$$

$$= 95\% \cdot 87$$

$$P_o^* = 82,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$t_o^* = 510^\circ\text{C}$$

$$i_o = 817 \text{ K Kal/Kg}$$

$$P_1 = 31 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_1^* = 748 \text{ K Kal/Kg}$$

$$t_1 = 345^\circ\text{C}$$

$$H_o = i_o - i_1$$

$$= 817 - 743$$

$$H_o = 74 \text{ K Kal/Kg}$$

$$H_o^* = i_o - i_o^*$$

$$= 817 - 748$$

$$H_o^* = 69 \text{ K Kal/Kg}$$

Kerugian entalphy akibat kerugian tekanan (AH)

$$AH = i_1^* - i_1$$

$$AH = 748 - 743$$

$$AH = 5$$

### III.3. Kecepatan Uap Keluar Nozzle ( $C_1$ )

Uap akan diekspansikan ketika uap keluar melalui nozzle energi potensial dari uap dirubah menjadi energi kinetik sehingga kecepatan uap keluar nozzle teoritis dihitung dengan rumus :

$$C_1 = 91,5 \cdot C \sqrt{H_o'} \dots\dots\dots \text{lit. 1 hal. 24}$$

Dimana :

- $C$  = koefisien kecepatan pada nozzle
- $C = 0,91 + 0,98$
- $C = 0,97$  (diambil)
- $H_o'$  = Jatuhan panas yang terjadi dalam nozzle secara teoritis.

Maka kecepatan uap keluar dari nozzle (aktual)

$$C_1 = 91,5 \cdot 0,97 \sqrt{69}$$

$$C_1 = 737,2 \text{ m/det}$$

Untuk kecepatan uap yang keluar nozzle teoritis ( $C_{it}$ ) dapat dicari :

$$C_{it} = \frac{C_1}{C} = \frac{737,2}{0,97}$$

$$C_{it} = 760 \text{ m/det}$$

### III.4. Daya Dan Putaran

Bahwa jumlah uap yang dibutuhkan untuk menggerakkan rotor turbin adalah laju aliran yang diperlukan, ini dapat ditentukan dengan rumus :

$$G_0 = \frac{Ne.860}{3600.H_0.\eta_m.\eta_{01}.\eta_g}$$

**Dimana :**

Ne = Daya generator  
 = 65 MW = 65.000 KW data survey

H<sub>0</sub> = Penurunan Kalor teoritis  
 = 74 K Kal / Kg

η<sub>m</sub> = Efisiensi mekanis turbin  
 = 0.99 dari grafik

η<sub>01</sub> = Efisiensi Relatif  
 = 0.97 dari grafik

η<sub>g</sub> = Efisiensi generator  
 = 0.96 dari grafik

η<sub>re</sub> = Efisiensi relatif efektif turbin  
 = η<sub>m</sub>.η<sub>01</sub> = 0.99.0.97

η<sub>re</sub> = 0.9703

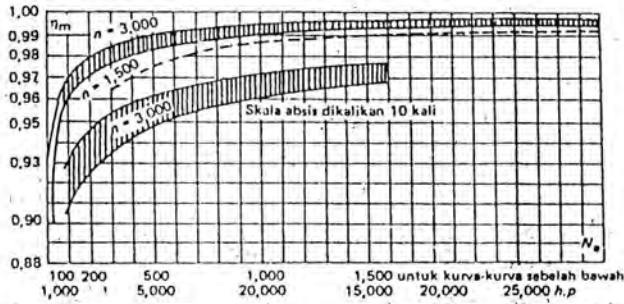
**Maka :**

$$G = \frac{65.000 \times 860}{3600.74.0,99.0,97.0,96}$$

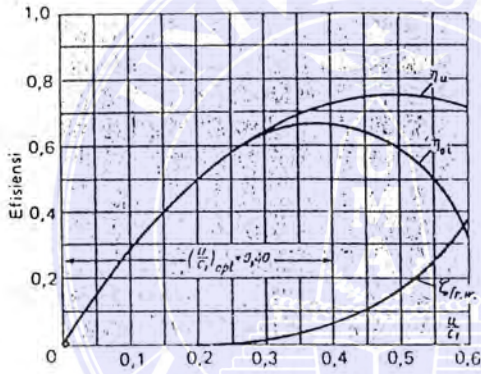
$$G = \frac{55.900.000}{146848,2}$$

$$G = 380,665 \text{ Kg / det.}$$

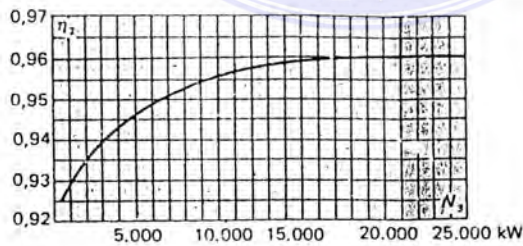
UNIVERSITAS MEDAN AREA



Gambar 3.4. Efisiensi Mekanis Turbin



Gambar 3.5. Efisiensi Turbin Impuls Dengan Dua Tingkat Kecepatan Sebagai Fungsi  $U/C_1$



Gambar 3.6. Efisiensi Generator Menurut Data Elektrosila Works.

### III.5. Mencari Parameter Uap Keluar Nozzle

Kerugian pada Nozzle ( $H_n$ )

$$H_n = \frac{A}{2 \cdot g} (C_{1t}^2 - C_1^2) \dots \dots \dots \text{lit.1 hal. 20}$$

dimana :

A = Thermal equivalent of work (equivalen panas kerja)

A = 1/427 K Kal/Kgm

g = grafitasi

g = 9,81 m/det<sup>2</sup>

maka :

$$H_n = \frac{(C_{1t})^2 - (C_1)^2}{8378}$$

$$H_n = \frac{(760)^2 - (737)^2}{8378}$$

$$H_n = \frac{(577600) - (543169)}{8378}$$

$$H_n = \frac{34431}{8378}$$

$$H_n = 4,1 \text{ K Kal/Kg}$$

Entalphi uap keluar nozzle ( $ia_1$ )

$$ia_1 = i_o - (H_o - H_n)$$

$$ia_1 = 817 - (74 - 4,1)$$

$$ia_1 = 817 - 69,9$$

$$ia_1 = 747,1 \text{ K Kal/Kg}$$

### III.6. Menentukan Harga U/C

Tujuan dari rencana turbin uap dengan harga  $U/C_1$  adalah agar turbin tersebut dapat bekerja dengan hasil ekonomis, dimana pemakaian energi atau uap sesuai dengan daya yang dihasilkan turbin. Harga  $U/C_1$  yang akan menghasilkan renderan internal yang maksimum.

Dari hasil perhitungan ini dilukiskan segitiga kecepatan uap yang masuk keluar blade. Faktor yang menentukan dalam perhitungan ini adalah besarnya sudut mutlak masuk blade 1, tingginya moving blade dan perbandingan harga kecepatan keliling moving blade dengan kecepatan uap mutlak keluar nozzle.

Pada turbin Curtis harga sudut masuk uap mutlak yang diizinkan pada moving blade adalah :

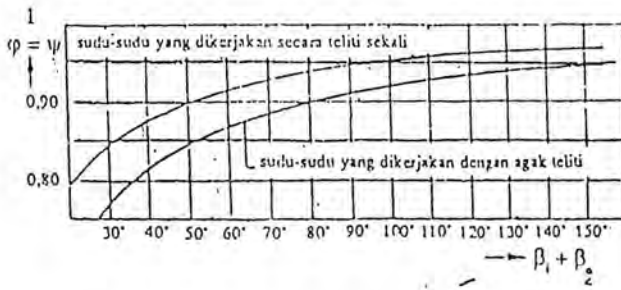
- Sudut masuk uap ( $\alpha_1$ ) untuk turbin impuls adalah :  
 Untuk dua tingkat kecepatan =  $16^\circ$  sampai  $22^\circ$  ..... lit. 1 hal. 81  
 Untuk tiga tingkat kecepatan =  $20^\circ$  sampai  $24^\circ$

Dalam perencanaan ini diambil sudut pemasukan uap ( $\alpha_1$ ) =  $16^\circ$ .

Harga  $U/C_1$  berdasarkan eksperimen untuk turbin 2 tingkat kecepatan adalah :  
 0,20 sampai 0.26..... lit. 1 hal.81

$U/C_1 = 0,25$  (diambil). Dalam hal ini yang dihitung hanyalah harga  $U/C_1 = 0,25$ .

- Sudut sisi keluar pada sudu jalan baris pertama  $\beta_2 = \beta_1 - 3^\circ$
- Sudut sisi keluar pada sudu jalan beris kedua  $\beta'_2 = \beta'_1 - 3^\circ$
- Harga koefisien ( $\mu$ ) untuk sudu jalan dan sudu tetap dapat dicari dengan grafik



Gambar 3.7. Koefisien Kecepatan Di Dalam Sudu Jalan Atau Sudu Tetap

### III.7. Menghitung Kecepatan Keliling

Dalam menghitung kecepatan keliling (tangensial) roda turbin diambil harga

$$U/C_1 = 0,25 \text{ m/det.}$$

maka :

$$U = C_1 \cdot U/C_1 \text{ m/det}$$

$$U = 737,2 \cdot 0,25 \text{ m/det}$$

$$U = 184,3 \text{ m/det}$$

Untuk diameter roda turbin rata-rata (d)

$$U = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

$$U = \frac{U \cdot 60}{\pi \cdot d}$$

$$U = \frac{184,3 \cdot 60}{3,14 \cdot 1,17}$$

$$U = \frac{11058}{3,6738} = 3009$$

$$= 3000 \text{ Kpm}$$



dimana :

$$\begin{aligned}
 U &= \text{Kecepatan Keliling} = 184,3 \text{ m/det} \\
 n &= \text{putaran turbin} = 3000 \text{ rpm (direncanakan)} \\
 n &= 60 \cdot f \\
 f &= \text{frekwensi} \\
 &= 60 \cdot 50 \\
 &= 3000 \text{ m}
 \end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}
 d &= \frac{U \cdot 60}{\pi \cdot n} \text{ m} \\
 d &= \frac{184,3 \cdot 60}{3,14 \cdot 3000} \text{ m} \\
 d &= 1,17 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi diameter roda turbin rata-rata  $d = 1,17 \text{ cm}$ .

### III.8. Kecepatan Relatif Uap Masuk Moving Blade ( $W_1$ )

Besarnya  $W_1$  in dapat diperoleh dengan bantuan segitiga kecepatan. Dimana sudut arah kecepatan absolut dapat masuk adalah  $\alpha_1 = 16^\circ$ . Maka :

$$W_1 = \sqrt{C_1^2 + U^2 - 2 \cdot C_1 \cdot U \cdot \cos \alpha_1} \dots \dots \dots \text{lit. 1 hal. 33}$$

$$W_1 = \sqrt{(373,2)^2 + (184,3)^2 - 2 \cdot (373,2) \cdot 184,3 \cdot \cos 16}$$

$$W_1 = \sqrt{577430,3^1 - 261205,4}$$

$$W_1 = \sqrt{316224,39}$$

$$W_1 = 562,3 \text{ m/det}$$

**Komponen Tangensial Kecepatan Mutlak  $C_1$  adalah ( $C_1U$ )**

Untuk komponen tangensial kecepatan mutlak  $C_1$

$$C_1U = C_1 \cdot \text{Cos } \alpha_1 \dots\dots\dots \text{lit. 1 hal. 76}$$

$$C_1U = 737,2 \text{ Cos } 16$$

$$C_1U = 708,6 \text{ m/det}$$

**Komponen Tangensial Kecepatan Relatif  $W_1$**

Untuk komponen tangensial kecepatan  $W_1$  adalah  $W_1U$ , maka :

$$W_1U = C_1U - U$$

$$= 708,6 - 184,3$$

$$W_1U = 524,3 \text{ m/det}$$

**Sudut Uap Masuk Relatif Moving Blade I ( $\beta_1$ )**

Skala kecepatan = 100 m/det = 10 mm

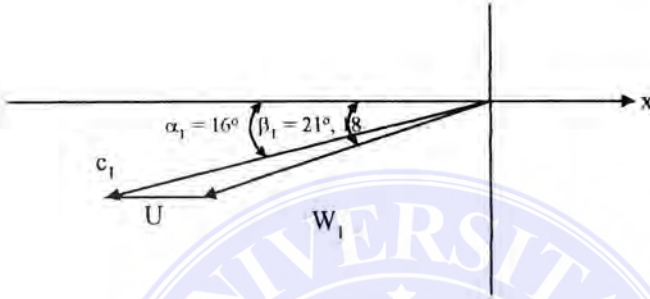
$$C_1 \cdot \text{Sin } \alpha_1 = W_1 \cdot \text{Sin } \beta_1$$

$$\text{Sin } \beta_1 = \frac{C_1}{W_1} \text{Sin } \alpha_1 \dots\dots\dots \text{lit.1 hal. 34}$$

$$\text{Sin } \beta_1 = \frac{737,2}{562,3} \text{Sin } 16$$

$$\sin \beta_1 = 0,3613$$

$$\beta_1 = 21^{\circ},18$$



Gambar 3.8. Segitiga Kecepatan

**Sudut Uap Relatif Keluar Moving Blade I ( $\beta_2$ )**

Rumus :  $\beta_2 = \beta_1$  ( $3^{\circ}$  sampai  $6^{\circ}$ ).....lit.1 hal 34

$$\beta_2 = 21^{\circ},18 - 3^{\circ} \text{ (diambil)}$$

$$\beta_2 = 18^{\circ},18$$

**Kecepatan Uap Relatif Moving Blade I ( $W_2$ )**

$$W_2 = \mu \cdot W_1 \text{ m/det ..... lit. 1 hal. 34}$$

dimana :

$\mu$  = Koefisien kecepatan Moving Blade I dapat dilihat dari gambar 3.7.

$$\mu = 0,28 \text{ (diambil)}$$

maka :

$$W_2 = 0,28 \cdot 562,3$$

$$W_2 = 157,644 \text{ m/det}$$

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

**Kecepatan Uap Absolut Keluar Moving Blade ( $C_2$ )**

Rumus :

$$C_2 = \sqrt{W_2^2 + U_2^2 - 2 \cdot W_2 \cdot U_2 \cdot \cos \beta_2} \dots\dots\dots \text{lit. 1 hal. 33}$$

$$C_2 = \sqrt{(461,1)^2 + (184,3)^2 - 2 \cdot 461,1 \cdot 184,3 \cdot \cos 18,18}$$

$$C_2 = \sqrt{212613,2 + 33966,49)^2 - 161477,15}$$

$$C_2 = \sqrt{85102,54}$$

$$C_2 = 291,7 \text{ m/det}$$

**Untuk Uap Keluar Moving Blade I ( $\alpha_2$ )**

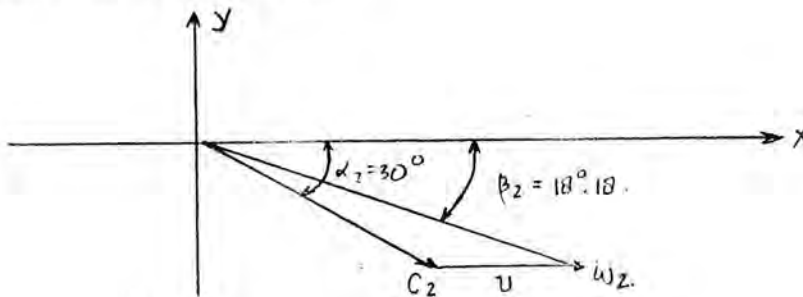
$$\sin \alpha_2 = \frac{W_2}{C_2} \sin \beta_2 \dots\dots\dots \text{lit. 2 hal. 34}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{461,1}{291,7} \sin 18^{\circ},18$$

$$\sin \alpha_2 = 0,49319$$

$$\alpha_2 = 30^{\circ}$$

Skala Kecepatan = 100 m/det  $\approx$  10 mm



Gambar 3.9. Seliga Kecepatan

**Komponen Tangensial Kecepatan Relatif  $W_2$**

Komponen tangensial kecepatan relatif  $W_2$  adalah  $W_2U$  maka :

$$W_2U = W_2 \cdot \cos \beta_2$$

$$W_2U = 461,1 \cdot \cos 18^\circ,18$$

$$W_2U = 438,1 \text{ m/det}$$

**Komponen Tangensial Kecepatan Mutlak  $C_2$**

Komponen tangensial kecepatan relatif  $C_2$  adalah  $C_2U$  yaitu :

$$C_2U = W_2U - U$$

$$C_2U = 438,1 - 184,3$$

$$C_2U = 253,78 \text{ m/det}$$

**III.9. Sudut Uap Masuk Mutlak Moving Blade II ( $\alpha_1'$ )**

Rumus :

$$\alpha_1' = \alpha_2 - (3^\circ \text{ sampai } 5^\circ) \dots \dots \dots \text{lit. 1 hal. 82}$$

$$\alpha_1' = 30^\circ - 30^\circ \text{ (diambil)}$$

$$\alpha_1' = 27^\circ$$

**Kecepatan Uap Mutlak Moving Blade II ( $C_1'$ )**

$$C_1' = \mu_{gb} \cdot C_2$$

dimana :

$$\mu_{gb} = \text{Koefisien Kecepatan} = 0,85$$

maka :

$$C_1' = 0,85 \times 291,7$$

$$C_1' = 247,9 \text{ m/det}$$

**Kecepatan Uap Masuk Relatif Moving Blade II ( $W_1'$ )**

$$W_1' = \sqrt{(C_1')^2 + (U)^2 - 2 \cdot C_1' \cdot U \cdot \cos \cdot \alpha_1}$$

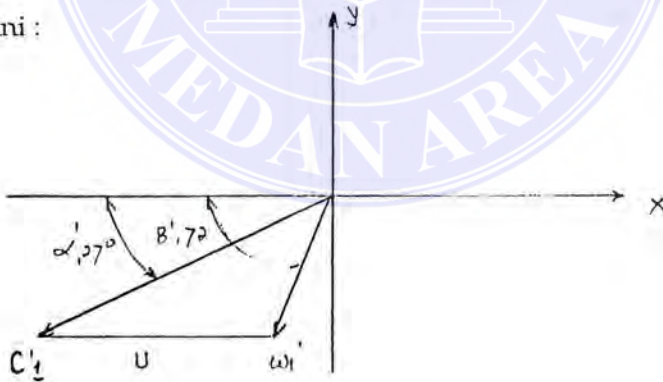
$$W_1' = \sqrt{(247,9)^2 + (184,3)^2 - 2 \cdot (247,9) \cdot (186,3) \cdot \cos 27^\circ}$$

$$W_1' = \sqrt{61476,7 + 33966,49 - 81416,558}$$

$$W_1' = \sqrt{14026,65}$$

$$W_1' = 118,4 \text{ m/det}$$

Untuk  $W_1'$  dapat juga dicari dengan mempergunakan segitiga kecepatan pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.10. Segitiga Kecepatan

**Untuk Sudut Uap Relatif Masuk Moving Blade II ( $\beta_1'$ )**

$$\sin \beta_1' = \frac{C_1'}{W_1'} \sin \alpha_1' \dots\dots\dots \text{lit. 1 hal. 34}$$

$$\sin \beta_1' = \frac{247,9}{118,4} \sin 27^\circ$$

$$\sin \beta_1' = 0,9471$$

$$\beta_1' = 72^\circ$$

Sudut uap relatif masuk Moving Blade dapat juga dicari dengan mempergunakan segitiga kecepatan pada gambar 3.10.

**Komponen Tangensial Kecepatan Mutlak  $C_1'$**

Komponen tangensial kecepatan mutlak masuk moving blade II adalah  $C_1'U$ .

maka :

$$C_1'U = C_1' \cdot \cos \alpha_1'$$

$$C_1'U = 247,9 \cos 27^\circ$$

$$C_1'U = 210,88 \text{ m/det}$$

**Komponen Tangensial Kecepatan Relatif ( $W_1'$ )**

Komponen tangensial kecepatan relatif  $W_1'$  masuk moving blade II adalah

$W_1'U$ .

maka :

$$W_1'U = C_1'U \perp U$$

$$W_1 \cdot U = 220,88 - 184,3$$

$$W_1 \cdot U = 36,58 \text{ m/det}$$

### Sudut Uap Relatif Keluar Moving Blade II ( $\beta_1'$ )

$$\beta_1' = \beta_1 - (3 \text{ sampai } 5^\circ)$$

$$\beta_1' = 72 - 3^\circ \text{ (diambil)}$$

$$\beta_1' = 69^\circ$$

### Kecepatan Relatif Uap Keluar Moving Blade II ( $W_1'$ )

rumus :

$$W_1' = \mu \cdot W_1$$

dimana :

$$\mu_2 = \text{Koefisien gesekan moving blade II}$$

$$\mu = 0,92 \text{ (dapat dilihat pada gambar 3.7)}$$

maka :

$$W_1' = 0,92 \cdot 118,4$$

$$W_2' = 108,9 \text{ m/det}$$

### Kecepatan Uap Masuk Keluar Moving Blade II ( $C_2'$ )

$$C_2' = \sqrt{(W_2')^2 + (U)^2 - 2 \cdot W_2' \cdot U \cdot \cos \cdot \beta_1}$$

$$C_2' = \sqrt{(108,9)^2 + (184,3)^2 - 2 \cdot (108,9) \cdot (184,3) \cdot \cos 69^\circ}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/1/24

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)11/1/24



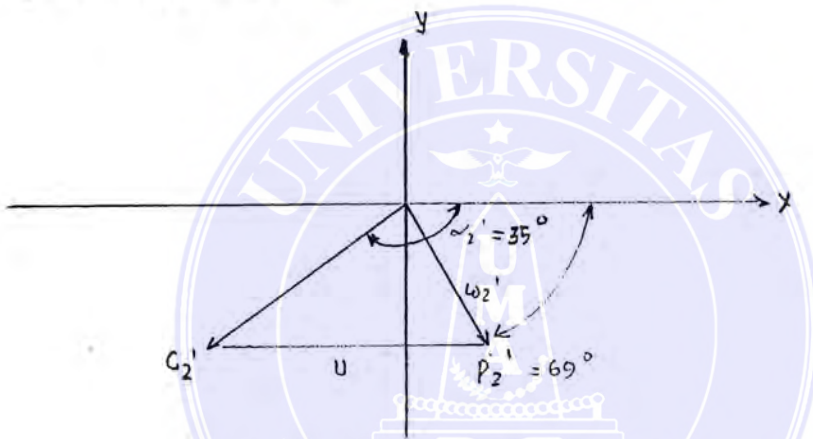
$$C_2' = \sqrt{45825,7 - 14385,1}$$

$$C_2' = \sqrt{1440,6}$$

$$C_2' = 188,3$$

Untuk  $C_2'$  dapat juga dicari dengan segitiga kecepatan pada gambar 3.11 di bawah ini :

Skala kecepatan 100 m/det  $\approx$  10 mm



Gambar 3.11. Segitiga Kecepatan

### Sudut Mutlak Moving Blade II ( $\alpha_2'$ )

Dapat juga dicari dari gambar segitiga kecepatan pada gambar 3.11, maka dengan mengukur  $\alpha_2'$  dari gambar 3.11, akan kita peroleh :

$$\begin{aligned} \sin \alpha_2' &= \frac{W_2' \cdot \sin \beta_2'}{C_2} \\ &= \frac{108,9 \cdot \sin 69^\circ}{177,3} \\ &= 0,5734 \\ \alpha_2' &= 35^\circ \end{aligned}$$

## BAB VII

### KESIMPULAN

Pada saat hasil rancangan yang tertera dalam buku ini bukanlah merupakan hasil yang dapat diterapkan untuk suatu perusahaan (pabrik) atau uji coba, akan tetapi merupakan suatu penganalisaan dengan perhitungan yang berdasarkan pada studi dan pengkajian maka seluruh hasil data-data yang akan dipaparkan selanjutnya adalah sebagai suatu persyaratan untuk perbandingan dengan hasil rancangan sebenarnya.

#### Data Hasil Rancangan

Jenis turbin uap	: Turbin impuls dengan 2 tingkat kecepatan
Daya turbin efektif	: 65 MW
Putaran turbin	: 3000 Rpm
Tekanan uap masuk	: 89 Kg/cm <sup>2</sup>
Tekanan uap keluar	: 31 Kg/cm <sup>2</sup>
Temperatur uap masuk	: 510° C
Temperatur uap keluar	: 345° C

## L I T E R A T U R

1. Turbin uap (steam turbin), Teori dan Rancangan, Penerbit Erlangga, 1990, by : P. Shylakin.
2. Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin by : Sularso – Kiyokatsu Suga.
3. Penggerak Mula Turbin by : Wiranto Arismunandar.
4. Termodinamika Teknik, Aplikasi Dan Termodinamika Statistis, Penerbit, PT. Gramedia, Jakarta, 1987. By : Dr. Ir. Djodiharjo.
5. Strength of Materials, part I dan II 3<sup>rd</sup> Edition by : S. Timoshenko.
6. Konversi Energi Dasar I (Turbin Uap) by : Ir. Syamsir A Muin.
7. Contoh Perhitungan Turbin Uap, Penerbit Tarsito, Bandung 1985, by : Drs. Daryanto.
8. Bagian-Bagian mesin 3, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan 1980, by : Ir. Anwary, Drs. Mohd. Raffei.
9. Dietzel, Fritz, Turbine, Pumpen and Verdecher, Penerbit Erlangga Jakarta, 1988, by : Darsosriyono.
10. Service Manual Steam Turbine, PT. PLN Sektor Belawan.