

TURBIN UAP PENGGERAK GENERATOR LISTRIK

Tekanan Uap Masuk Turbin $P_0 = 86$ Bar, $T_0 = 510$ °C
Tekanan Uap Keluar Turbin = 31 Bar

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-tugas
Dan Syarat-syarat Untuk Mencapai
Gelar Sarjana Teknik

OLEH :

DOLOK TONGGO TUA SIRAIT
NIM : 998130036



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2003

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

UNIVERSITAS MEDAN AREA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

TUGAS SARJANA

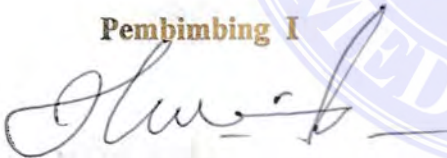
TURBIN UAP
PENGERAK GENERATOR LISTRIK
Tekanan Uap Masuk Turbin $P_0 = 86$, $T_0 = 510$ °C
Tekanan Uap Keluar Turbin = 31 Bar

OLEH :


DOLOK TONGGO TUA SIRAIT
NIM : 99.813.0036

MENYETUJUI
KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I


(Ir. Husin Ibrahim)

Pembimbing


(Ir. Amrinsyah)

MENGETAHUI

Ka. Prog. Studi




(Ir. Darianto, MSc)

Dekan




(Drs. Dadan Ramdan, M. Engg. Sc)

Tanggal Lulus :

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 10/1/24

Access From (repository.uma.ac.id)10/1/24



UNIVERSITAS MEDAN AREA

Dolok Tonggo Tua Sirait - Turbin Uap Penggerak Generator Listrik Tekanan....

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jalan Kolam No. 1 Medan Estate Telp. 7366878, 7357771

Agenda No : 449/FTJM/TA/2003

Diterima Tgl. :

Paraf :

Nama : Dolok Tonggo Tua Sirait
No. Stambuk : 99.813.0036
Mata Kuliah : Turbin Uap
Spesifikasi : Rancang Sebuah Turbin Uap yang Dipergunakan Untuk

Menggerakkan Generator Listrik dengan :

Tekanan Masuk Turbin $P_0 = 86$ Bar, $T_0 = 510^{\circ}\text{C}$

Tekanan Keluar Turbin $P_1 = 31$ Bar

Bahas :

- Jenis Turbin
- Daya dan Putaran
- Ukuran-ukuran Utama Turbin
- Gambar Penampang
- Data-data lain Diambil Dari Survey dan Literatur

Diberikan Tanggal :

Selesai Tanggal :



Ka. Program Studi

Medan, Juni 2003

[Signature]
Ir. Darianto, MSc

[Signature]
Ir. Husin Ibrahim

Koordinator Rencana Sarjana

UNIVERSITAS MEDAN AREA

[Signature]
Ir. H. Amirsyam Nst, MT.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Adapun penyusunan skripsi ini merupakan suatu kewajiban kepada setiap mahasiswa yang memasuki semester akhir, yang mana skripsi ini merupakan suatu syarat mutlak guna memperoleh gelar sarjana.

Untuk itu pada kesempatan penulis menyusun skripsi ini guna memperoleh gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Jurusan Mesin di Universitas Medan Area dengan judul “TURBIN UAP PENGGERAK GENERATOR LISTRIK”.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, penulis telah banyak sekali menerima bantuan material maupun moril dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Yang teristimewa kedua Almarhum Orang Tua penulis Bapak D. Sirait, BA dan Ibu A. br Regar yang telah melahirkan, membesarkan, memberi dukungan moril dan material serta doa restu dalam menyusun skripsi ini.
2. Abanganda dan Kakanda yang tercinta (Alfian Napitupulu, BA dan Nurhayati br Sirait, Rizal Aritonang dan Farida br Sirait, Pretty br Sirait), yang telah begitu tulus membantu dan membimbing penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Kakanda Marisi br Regar, Martha br Regar dan seluruh keluarga dari pihak Ibu, yang penulis tidak dapat tuliskan satu per satu dalam skripsi ini.
4. T. Sirait (Bapak Uda), Bapak Aritonang dan Ibu br Sirait (Amang Boru dan Namboru), Bapak Sirait dan Ibu br Sitorus (Bapak Tua dan Mamak Tua), yang telah memberikan nasehat dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Sahabat-sahabat sejati (Uli, Monica, Rudi, Ridwan, Andre, Venly, Luhut, Hendra), yang telah membantu penulis.
6. Rekan-rekan Mahasiswa yang mana selama ini telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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 (repository.uma.ac.id)10/1/24

7. Bapak Dadang Ramadhan, M.Engg, M.Sc, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
8. Bapak Ir. Husin Ibrahim Lubis, sebagai Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan membimbing penulis selama dalam penyusunan skripsi ini.
9. Bapak Ir. Amrinsyah, sebagai Dosen Pembimbing II yang juga telah banyak membantu penulis dalam penyempurnaan skripsi ini.
10. Bapak Ir. H. Amirsyam Nasution, MT, sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area, yang mana telah banyak membantu, menyempurnakan dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini.
11. Dosen-dosen Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area.
12. Saudara Dian, selaku bagian Administrasi Jurusan Mesin yang telah banyak membantu menyelesaikan berkas-berkas skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini mungkin masih ada kekurangan, baik itu mengenai isinya maupun dalam teknis penyusunannya, untuk itu penulis memohon maaf kepada semua pihak karena yang namanya manusia itu tidak luput dari segala kekurangan. Oleh sebab itu penulis hanya bisa mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk melengkapi atau menyempurnakan skripsi ini.

Demikianlah penulisan skripsi ini penulis perbuat, dengan segala kerendahan hati penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat terutama bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Amin.

Medan, 25 Juni 2003

Penulis,

(Dolok Tonggo Tua Sirait)

NIM : 998130036

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	3
1.4. Metodologi.....	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II : TINJAUAN KEPUSTAKAAN	6
2.1. Pengertian Turbin Uap.....	6
2.2. Sejarah Turbin Uap.....	8
2.3. Sistem Turbin Uap.....	8
2.4. Proses Kerja Turbin Uap.....	14
2.5. Sirkulasi Suatu Instelasi Turbin Uap.....	15
2.6. Klasifikasi Turbin Uap.....	16
BAB III : RANCANGAN SPESIFIKASI	21
3.1. Dasar Pemilihan Turbin Uap.....	21
3.2. Perhitungan Thermodinamika.....	23
3.3. Menentukan Kejatuhan Panas.....	25
3.4. Kecepatan Uap Keluar Nozzle.....	27
3.5. Daya dan Putaran.....	29
3.6. Jumlah Pemakaian Uap Pada Turbin (G).....	31

3.7. Mencari Parameter Uap Keluar Nozzle	33
3.8. Menentukan Harga U/C_1	34
3.9. Menghitung Kecepatan Keliling (U)	36
3.10.Kecepatan Relatif Uap Masuk Moving Blade (W_1).....	37
3.11.Sudut Uap Masuk Mutlak Moving Blade (α)	41
BAB IV : PERHITUNGAN NOZZLE DAN BLADE.....	46
4.1. Perencanaan Nozzle	46
4.2. Perhitungan Sudu (Blade)	52
4.3. Perhitungan kekuatan Moving Blade	60
4.4. Menghitung Gaya-Gaya Centrifugal.....	64
BAB V : PERHITUNGAN KOMPONEN.....	76
5.1. Disc (Roda Turbin)	76
5.2. Poros.....	80
5.3. Pasak	88
5.4. Perhitungan Roda Gigi.....	91
5.5. Rumah Turbin (Casing).....	100
BAB IV : OPERASI TURBIN	110
6.1. Alat Bantu dna Alat Pengaman.....	110
6.2. Cara Menjalankan Turbin	111
6.3. Menghentikan Turbin.....	112
6.4. Perawatan dan Pemeliharaan Turbin.....	112
BAB VI : KESIMPULAN.....	114
LITERATUR	116
LAMPIRAN	

UNIVERSITAS MEDAN AREA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

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

Salah satu sektor pembangunan saat ini sedang digalakkan pemerintah adalah sektor pembangunan dan sektor 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)
- Dll

Berdasarkan latar belakang masalah penulis tertarik untuk menulis 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 di sekitar pabrik.

Adapun tenaga listrik itu 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 poros untuk memutar generator.

1.2 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 posisi.

Komponen utama dari pembahasan turbin uap penggerak generator antara lain:

Komponen utama dari pembahasan turbin uap penggerak generator antara lain:

1. Roda gerak (cakram)
2. Sudu-sudu

3. Nozzle

UNIVERSITAS MEDAN AREA

4. Bantalan (bearing)
5. Packing labirin
6. Poros dan pasak
7. Rumah turbin

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

1.3 Pembatasan Masalah

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

1. Konversi Energi (turbin Uap)
2. Elemen Mesin
3. Metallurgi(kekuatan bahan)
4. Termodinamika (diagram moiller dan siklus rankine)
5. Mekanika teknik (defleksi, vibration, momen)
6. Pelumasan
7. Manajemen
8. Faktor Pendukung

Dengan adanya hal tersebut di atas, maka perencanaan dapat direncanakan walaupun masih dibutuhkan perbaikan didasari oleh perilaku kerendahan akademik.

1.4 Metodologi

Sebelum merencanakan suatu rancangan harus mengetahui tugas apa yang akan direncanakan. Adapun langkah pertama yang penulis lakukan adalah merencanakan suatu turbin uap sebagai penggerak generator listrik dengan bahan bakar minyak residu.

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, dan melakukan survey literatur kemudian melakukan survey lapangan.

Pada perencanaan turbin Uap ini penulis melakukan survey lapangan di PT. PLN Sektor Belawan P. Sicanang, adapun kegunaannya adalah sebagai bahan perbandingan di dalam perencanaan ini. Dimana pada PLN Sektor Belawan menggunakan jenis :

- Turbin : Single Stage, non reheat, buatan JERMAN
- Daya : 65 MW
- Putaran : 3000 rpm
- Jumlah tingkat sudu : 19 Tingkat
- Temperatur : 510 bar
- Tekanan uap : 86 bar
- Jumlah ekstraksi : 5 (lima)

Pada survey yang telah didata penulis membuat perbandingan dengan data yang akan dirancang terutama pada steam (uap) masuk ke dalam turbin (reheat) pemanasan kembali sedangkan pada PLTU Sektor Belawan adalah Single Stage non

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

Langkah selanjutnya setelah kita melakukan survey lapangan maka kita merancang sebuah turbin 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.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistem atau cara penulisan yang sesuai dengan judul atau bahasan yang akan dirancang. Dalam hal ini setelah penulis melaksanakan survey di lapangan, banyak perbandingan yang kita ketahui sehingga membuat turbin uap berbeda proses kerjanya.

Pada survey di lapangan, PLTU (Pembangkit Listrik tenaga Uap) Sektor Belawan prosesnya pada siklus tertutup, artinya uap yang keluar dari turbin (exhaust steam turbine) dikondensikan lagi dalam kondensor yang nantinya dimanfaatkan lagi untuk air pengisian ketel sehingga efisien.

Sesuai dengan program yang akan dirancang mempunyai perbedaan dengan yang telah di survey di lapangan karena jenis turbin yang berbeda, dimana rancangan ini adalah Turbin Impuls dua tingkat kecepatan steam reheat (pemanasan kembali).

Pada rancangan ini yang paling pokok atau yang paling beda dengan survey di lapangan yaitu mengenai proses uap masuk dan keluar turbin (tekanan dan

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Pengertian Turbin Uap

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

Energi potensial adalah energi yang dikandung oleh itu sendiri, sedangkan energi kinetik adalah energi-energi yang dimiliki uap karena uap itu sendiri yang bergerak, dan dengan bantuan nozzle tekanan kecepatan dapat dinaikkan guna 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) adalah disebut rotor (roda turbin) dan bagian yang tidak bergerak disebut stator (rumah turbin). Roda turbin terletak di dalam rumah turbin dimana roda turbin ini memutar poros daya penggerak (memutar) generator listrik.

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

Di dalam perencanaan ini turbin uap merupakan instalasi tenaga yang selalu diharapkan mempunyai biaya operasi yang murah serta konstruksi yang sederhana, hal ini dimaksud untuk mempermudah perakitan, pemeliharaan (maintenance). Untuk turbin uap dengan efisiensi tinggi akan memerlukan perencanaan dan konstruksi yang

rumit alat material yang lebih banyak yang begitu juga dalam perakitan, perbaikan, pemeliharaan akan lebih sulit dan mahal.

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

- Turbin air
- Turbin Uap
- Turbin Gas

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

1. Nozzle

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

2. Moving Blade

Dimana Moving Blade berfungsi sebagai pengubah 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 rotos serta meneruskan putaran rotos.

5. Rumah Turbin

Dimana rumah turbin berfungsi sebagai tempat pemasangan rotor dan stator.

2.2. 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 Suzunkya di Altai seorang pencipta berkebangsaan Rusia, Polikorp Zelesov membuat sejumlah model uap.

Kemajuan yang besar pada pengembangan dan konstruksi turbin uap dirasakan pada akhir abad ke-19 pada tahun 1980. ahli teknik berkebangsaan Swedia, Gustaf de Laval membuat sebuah turbin uap cakram tunggal dengan kapasitas 5 (lima) DK dengan poros fleksibel dan cakram yang kekuatannya sama.

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 tetapi dengan dua atau tiga tingkat kecepatan.

Turbin radial yang pertama diusulkan dan dibuat oleh Birger dan Fredirick Ljungstrom bersaudara pada tahun 1910.

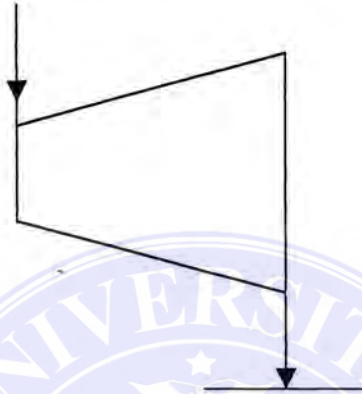
2.3. Sistem Turbin Uap

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

a. Turbin Tekanan Lawan

UNIVERSITAS MEDAN AREA

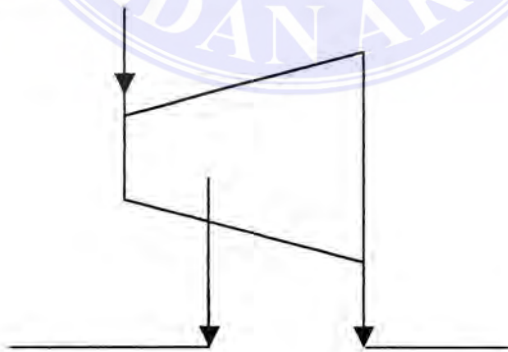
Yaitu jika uap keluar dan meninggalkan turbin serta tekanan yang sesuai dengan tekanan udara, maka apabila uap bekasnya tidak dipergunakan lagi, terlihat pada gambar 1.1



Gambar 1.1 Turbin Tekanan Lawan

b. Turbin Ekstraksi Dengan Tekanan Lawan

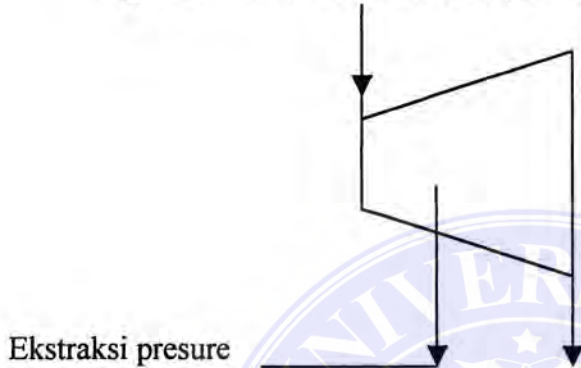
Jika sebagian uap bekas dari turbin dipakai lagi untuk keperluan pengolahan dan biasanya tekanan uap untuk pengolahan itu lebih tinggi dari tekanan lawan seperti terlihat Gambar 1.2



Gambar 1.2 Turbin Ekstraksi Dengan Tekanan Lawan

c. Turbin Ekstraksi Dengan Kondensi

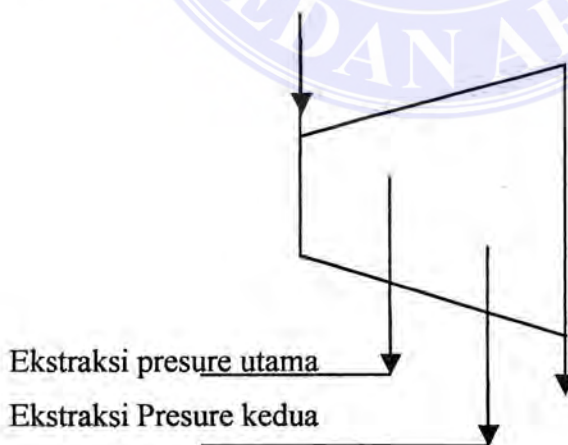
Jika sebagian uap bekasnya dipakai untuk dalam pengolahan dan sebagian lagi kondensasi seperti terlihat pada gambar 1.3



Gambar 1.3 Turbin Uap Ekstraksi dengan Kondensasi

d. Turbin Ekstraksi Berganda dengan Kondensasi

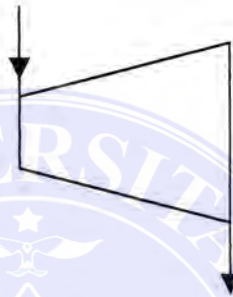
Dimana bila uap bekas dari turbin diperlukan untuk pengolahan berganda dan sisinya dipergunakan untuk kondensasi, seperti terlihat pada gambar 1.4



Gambar I.4 Turbin Ekstraksi Berganda dengan Kondensasi

e. Turbin Tekanan Langsung

Turbin tekanan langsung ialah jika uap bekasnya diperlukan untuk kondensasi dan sebagian air untuk pengisian ketel yang baru seperti yang terlihat pada gambar 1.5

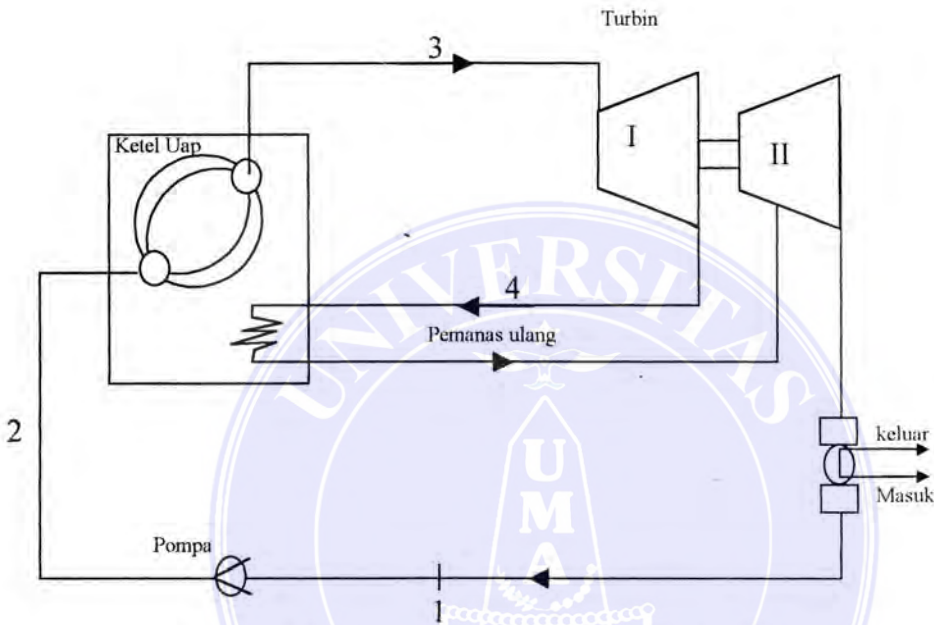


Gambar 1.5 Turbin Tekanan Langsung

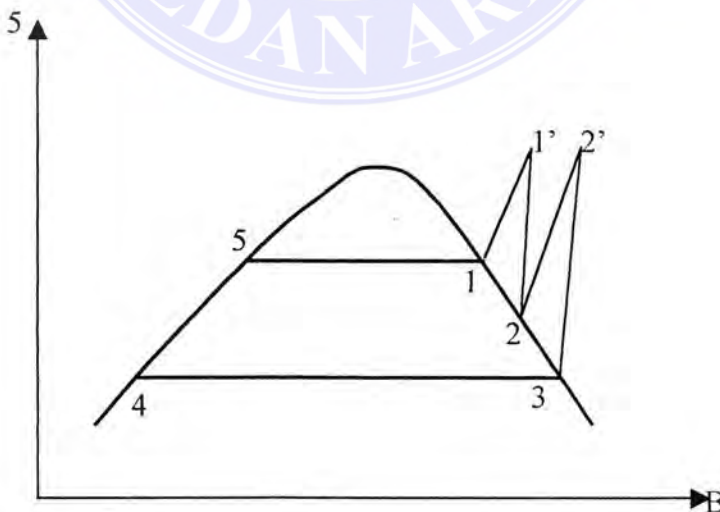
Skema dari turbin uap yang akan dirancang adalah seperti Gambar 2.1.a, dan sistem terdiri dari beberapa komponen utama antara lain yaitu Ketel, Turbin, yang menggerakkan beban, kondensator dan pompa pengisi air ketel, jadi turbin sebagai fluida kerja turbin yang dihasilkan oleh ketel uap.

- Ketel Uap, adalah alat yang dipergunakan untuk mengolah air menjadi uap serta mendapat tekanan dan temperatur tertentu.
- Turbin Uap, adalah merupakan alat pelepasan uap untuk merubah energi kalor menjadi energi-energi kerja atau mekanik.
- Kondensator adalah merupakan alat yang berfungsi untuk mengembunkan uap air yang keluar dari turbin uap atau mengkondensasikan uap menjadi air.

- Pompa, adalah suatu alat yang berfungsi mengalirkan air kembali dari kondensat kedalam ketel uap.



Gambar 2.1.a Skema Pembangkit Tenaga Dengan Reheater



Gambar 2.1.b. Diagram Rankine Dengan Pemanas Ulang

Keterangan gambar 2.1.b, dapat diterangkan sebagai berikut :

- Uap yang diproduksi dalam generator (steam generator) selanjutnya mengalami pemanasan lanjut dalam alat pemanas lanjut dalam (super heater), yang dalam diagram ditunjukkan dalam garis 1-1.
- Uap air panas dipakai untuk mengoperasikan turbin tingkat 1 ditunjuk dalam garis 1-2.
- Uap bekas dari turbin tingkat 1 selanjutnya mengalami proses pemanasan ulang (reheating) dalam alat pemanas ulang (reheating) dalam alat pemanas ulang (reheater), ditunjuk dalam garis 2-2.
- Uap bekas dari turbin tingkat 1 yang telah mendapat pemanasan ulang, berfungsi sebagai uap baru dalam turbin tingkat II, ditunjuk dalam garis 2-3.
- Energi yang dihasilkan turbin tingkat I dan II dipakai untuk mengoperasikan beban.
- Uap bekas dari turbin tingkat II dikondensasikan dalam kondensator ditandai oleh gambar 3-4.
- Air kondensat 4 dipompa ketangi pengisi air ketel (FWT) Feed Water Tank.

Jadi dari skema tersebut di atas dapat kita ketahui jalannya proses yaitu air dari tangki pengisian masuk ke ketel yang terlebih dahulu kedearator guna untuk mengeliminasi gas oksigen yang dikandung oleh air pengisian, dan ini bisa mengakibatkan karat dalam tangki ketel (dinding ketel) dan dari dearator tersebut dapat juga untuk menaikkan temperatur air pengisi ketel. Dari dearator ini

UNIVERSITAS MEDAN AREA
dipompakan kembali keketel

dan mengakibatkan kerja yang diberikan oleh air

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

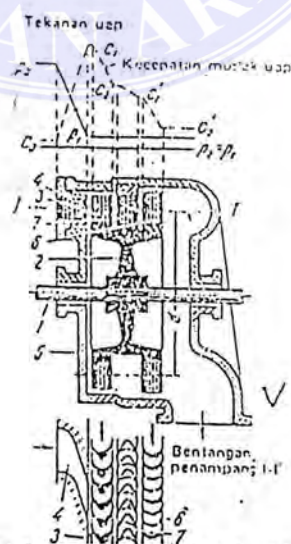
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access Profile (repository.uma.ac.id)10/1/24

memasuki ketel (kerja dalam proses pemompaan) sehingga temperatur 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 ini sangat dibutuhkan dalam turbin. Kemudian uap yang keluar nozzle akan membentuk sudu-sudu jalan dan akan mengakibatkan pemuatan poros dan menggerakkan poros, dan poros akan meneruskan putarannya ke generator, dengan menggunakan roda gigi (reduction gear) sehingga putaran tersebut dari muka masuk kepengumpulan uap untuk diteruskan keproses selanjutnya, misalnya proses penguapan (evaporator), Pemanasan (juice heater), memasak (vacum fan) serta proses-proses lainnya.

2.4. Proses Kerja Turbin Uap

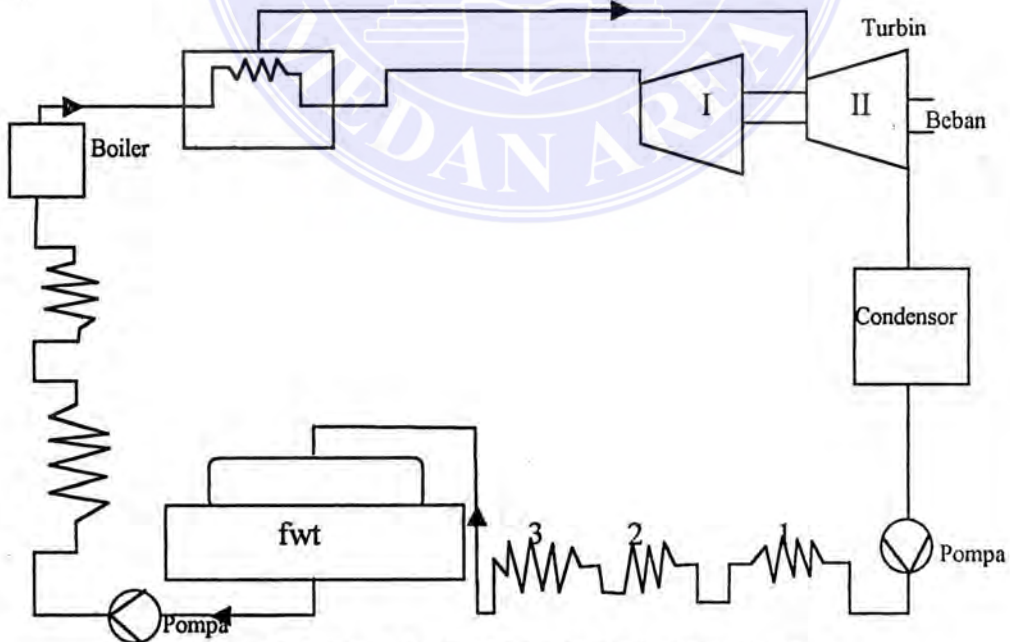


Gambar 2.2. Prinsip Kerja Turbin Uap

1. Poros, 2. Cakram, 3. Baris Pertama Sudu-Sudu Gerak, 4. Nozzle. 5. Stator, 6. Baris Kedua Sudu-sudu Gerak, 7. Sudu-sudu Penyearah.

Penurunan dari P_0 menjadi P_2 pada nozzle 4, sebagai akibat penurunan tekanan didalam nozzle, 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 kedua sudu tetap 7 hanya membantu dalam mengubah aliran uap yang keluar dari baris pertama sudu gerak tanpa menambah kerja mekanis yang dilakukan pada poros. Akan tetapi penurunan kecepatan C_2 menjadi C_1 sebagai akibat dari kerugian pada sudu pengarah.

2.5. Sirkulasi Suatu Instalasi Uap



Gambar 2.3. Sirkulasi Suatu Instalasi Uap

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

Dari tangki air kondensasi ini sebuah pompa pengisian menghisap dan memompa air kondensasi kedalam ketel melalui alat pemanas pendahuluan air pengisian ketel (feed water pump)

Air kondensasi didalam tangki air kondensasi hampa udara berupa uap (steam) akhirnya masuk kedalam kondensor melalui turbin. Untuk menghindari hampa udara sebuah angin berubah menjadi tekanan lebih, maka udara ini harus dibuang dari kondensor dengan sebuah pompa angin dan ejektor (vacum pump) atau Service Ejektor.

Sebuah pompa air pendingin (cooling water) atau sirkulasi memompa air pendingin dari kondensator meliputi pipa-pipa kondensor, sedangkan uap bekas dialirkan kesekitar pipa-pipa yang dinamakan ekstraksi sebagai pemanas awal sebelum air pemanas kondensor masuk kedalam ketel dan sebagian masuk kedalam kondensor untuk dikondensasikan dan dipergunakan lagi sebagai air pengisi ketel.

2.6. Klasifikasi Turbin Uap

Turbin Uap dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Menurut Sistem Aliran Uap Masuk Kedalam Ketel

a. Turbin aksial yaitu aliran uapnya sejajar dengan sumbu poros turbin.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

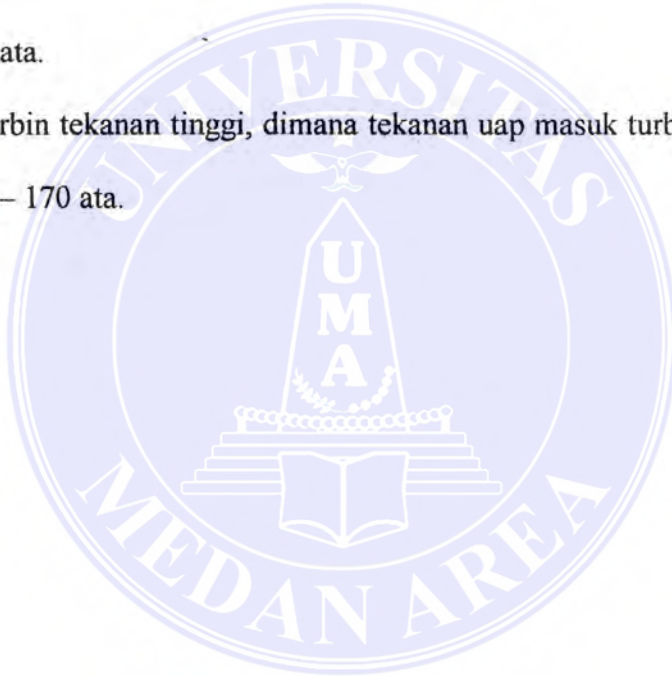
- b. Turbin radial yaitu aliran uapnya mengalir kedalam arah tegak lurus terhadap sumbu poros turbin.
2. Menurut Jumlah Tingkat Pertama
 - a. Turbin satu tingkat dengan satu atau lebih tingkat kecepatan yang biasanya berkapasitas kecil, turbin ini kebanyakan dipakai untuk menggerakkan kompressor sentrifugal 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 dengan pencekikan (throthing) dimana uap masuk kedalam turbin diatur oleh katub pengatur.
 - b. Turbin pengatur langsung dimana masuk kedalam turbin selain mengisi tingkat pertama juga tingkat kedua bahkan tingkat menengah turbin tersebut.
 - c. Turbin dengan penguatan nozzle dimana uap masuk kedalam turbin diatur dengan satu atau dua katub pengatur.
4. Menurut Prinsip Kerja Uap
 - a. Turbin impuls dimana energi potensial yang dikandung uap diubah kedalam energi kinetik dan kemudian diubah lagi kedalam energi mekanis. Pengklasifikasian ini adalah relatif karena turbin ini beroperasi

dengan derajat reaksi yang agak membesar pada sudu gerak tingkat-tingkat berikutnya.

- b. Turbin aksial aksi dimana uap berekspansi diantara gerak dan sudu tetap yang dari masing-masing tingkat mengambil tingkat yang sama besar pada derajat yang sama.
 - c. Turbin reaksi radial mempunyai sudu yang tetap.
5. Menurut Proses Uap yang Mengalir kedalam Turbin
- a. Turbin impuls
 - b. Turbin reaksi
 - c. Turbin kombinasi (impuls-reaksi)
6. Menurut Proses Penurunan Kalor
- a. Turbin kondensasi (condensing turbin) dengan regenerator dimana tekanan uap keluar turbin lebih kecil dari tekanan atmosfer yang dialirkan kondensor, disamping itu uap juga diambil dari tingkat-tingkat menengahnya untuk memanaskan air pengisi ketel. Jumlah pengaliran yang demikian itu biasanya dari 2-3 hingga sebanyak 8-9 kalor latar uap buang selama proses kondensasi semua hilang pada turbin ini. Turbin kapasitas kecil pada dasar yang terdahulu sering tidak mempunyai pemanasan air pengisi 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 barang dipakai untuk keperluan-keperluan industri dan pemanasan. Kedalam turbin jenis ini dapat juga ditambah (dalam artian yang telatif) turbin dengan kevakuman yang dihilangkan (deteriorated) yang uap buangnya dapat dipakai untuk keperluan-keperluan pemanasan dan 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 dengan 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 maksud 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 mensuplai uap konsumen pada berbagai kondisi tekanan dan temperatur.
- f. Turbin tekanan rendah (tekanan buang) yang uap buang dari mesin-mesin uap, mesin tekanan dan lain-lain dipakai untuk keperluan

- g. Turbin tekanan campur dengan dua atau tiga tekanan dengan suplai 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 turbin mencapai 40 ata.
 - c. Turbin tekanan tinggi, dimana tekanan uap masuk turbin berkisar antara 40 – 170 ata.



BAB III

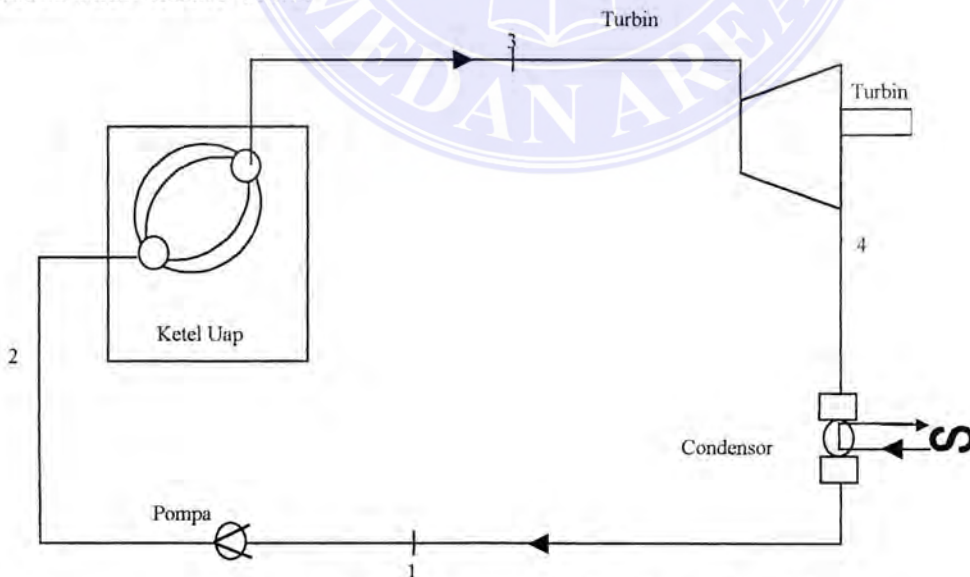
RANCANGAN SPESIFIKASI

3.1. Dasar Pemilihan Turbin

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

Dasar pemilihan turbin penting diperhatikan adalah efisiensi 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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

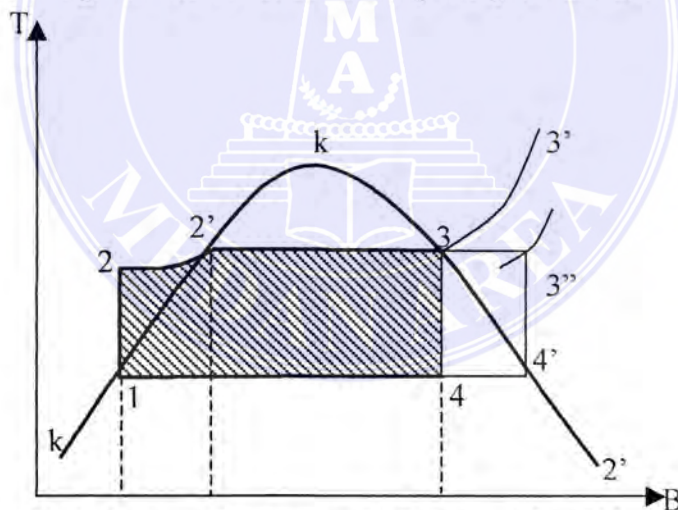
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

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 Profile (repository.uma.ac.id)10/1/24

- Pompa** : Berfungsi untuk mengalirkan kembali air kondensasi kedalam ketel uap.
- Dearator** : Berfungsi untuk mengeleminasikan 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.
- Superheater** : Berfungsi untuk mempertinggi temperatur dan menghilangkan air yang dikandung uap sebelum masuk keturbin.
- Turbin Uap** : Berfungsi untuk merubah energi fluida (potensial) menjadi energi kinetik dan diubah menjadi mekanik.
- Kondensor** : Berfungsi untuk merubah fase uap menjadi fase air.



Gambar 3.2. Diagram Temperatur T-S Entropi dan Sklus Rankine

Proses dalam siklus Rankine :

- 1 – 2 : Proses pemompaan isentropis didalam pompa
- 2 – 2' – 3 : Proses pemasukan kalor tekanan konstan didalam ketel
- 3 – 4 : Proses ekspansi isentropis didalam turbin

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

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

3.2. Perhitungan thermodinamika (Konsep Dinamika Gas)

Thermodinamika merupakan dasar untuk menganalisa masalah energi dan konversi didalam pencaharian turbin uap.

Dari data teknis mengenai kondisi uap yang dihasilkan pesawat ketel uap jenis ketel pipa air, Merkstein Industrie Prancis, dengan tekanan uap keluar Superheater = 91,77 kg/cm² dan perhitungan daya yang dibutuhkan turbin uap penggerak generator maka, turbin uap yang direncanakan dengan data-data sebagai berikut :

Putaran Turbin	: 3000 rpm
Temperatur	: 510 ⁰ C
Tekanan Uap Keluar Superheater	: 91,77 kg/cm ²
Losses sepanjang pipa, Stop Valve	: 5 %
Po	: 86 kg/cm ²
P1	: 31 kg/cm ²

$$P_{sh} = \frac{P_m}{(1 - L_p)} \text{ kg/cm}^2$$

Atau

$$P_m = p_{sh} \cdot (1 - L_p) \text{ kg/cm}^2$$

Dimana :

P_{in} = Tekanan masuk turbin

P_{sh} = Tekanan uap keluar super heater

L_p = Loasses sepanjang pipa, Stop Vale dan regulating Valve

$L_p = 3 - 5 \% \dots\dots\dots$ Lit. 1. hal. 47

$L_p = 5$ (diambil)

Sehingga :

$P_{in} = 91,77 (1-0,05)$

$= 91,77 \cdot 0,95$

$= 86,1 \text{ kg/cm}^2$

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

Tekanan : P_{in} atau P_o

$P_o = 86 \text{ kg/cm}^2$

Temperatur : T_{sh} atau t_o

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

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

Tekanan : P_{owt} atau P_1

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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 Profile (repository.uma.ac.id)10/1/24

Temperatur : T_{owl} atau t_1

$$T_o = 345 \text{ } ^05$$

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

3.3. Menentukan Kejatuhan Panas (Head (Drop))

Head Drop/kejatuhan panas dapat dihitung sebagai berikut :

$$P_o = 86 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_o = 510 \text{ } ^0\text{C}$$

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

Dari diagram Moiler didapat :

$$i_o = 817 \text{ kkal/kg}$$

$$i_1 = 743 \text{ kkal/kg}$$

Maka Head Drop :

$$H_o = i_o - i_1$$

$$= 817 - 743$$

$$H_o = 74 \text{ kkal/kg}$$

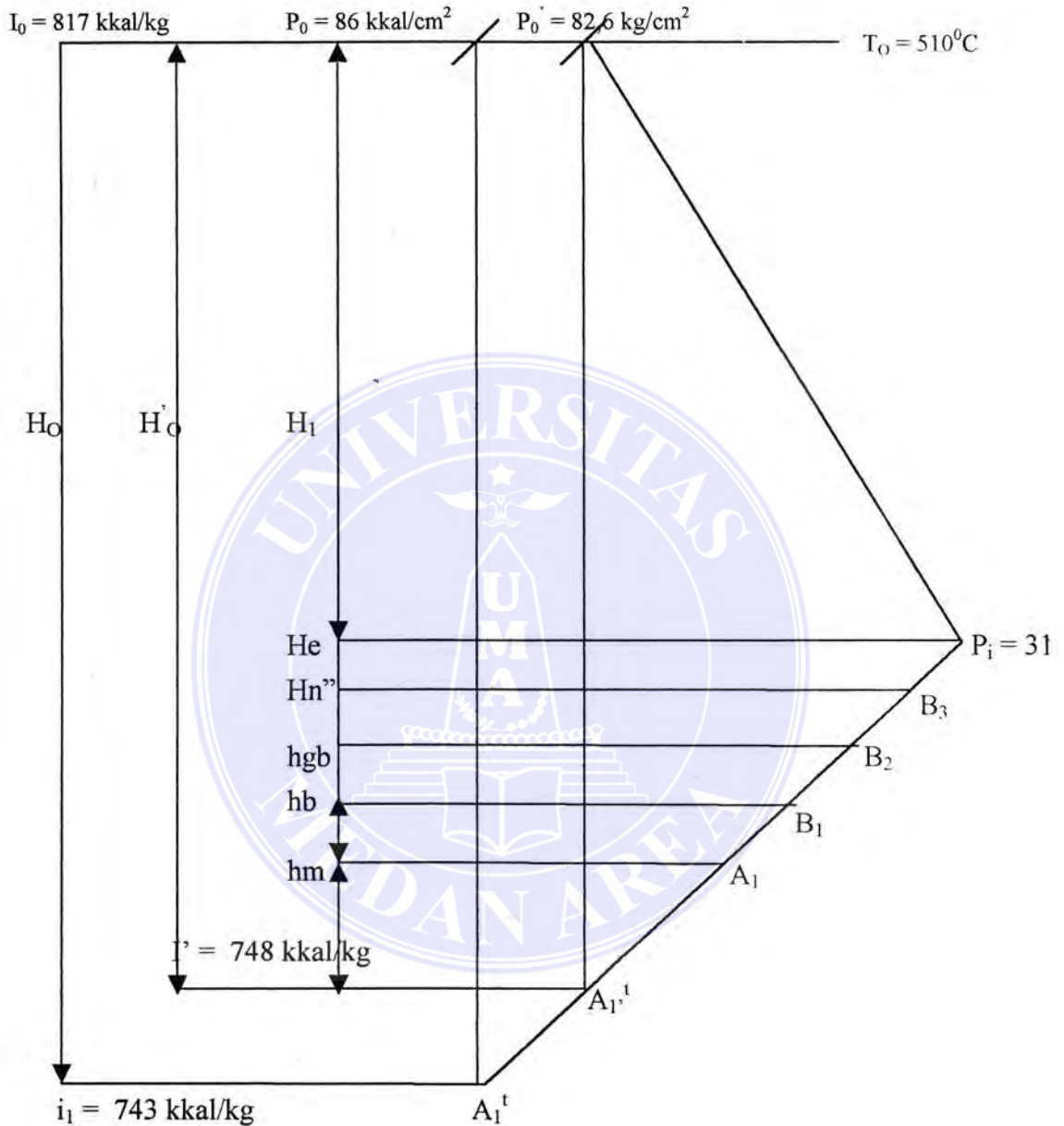
Kerugian pada Regulator (AP)

$$AP = 3 \%, \text{ Diambil} = 5 \% \dots\dots\dots \text{Lit. hal. 47}$$

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

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

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



Gambar 3.3 Diagram $i - s$ untuk Turbin Impuls dengan Dua Tingkat Kecepatan

Tekanan Uap masuk nozzle terjadi penurunan kalor secara isentropis.

$$H'_0 < H_0$$

$$\begin{aligned} P_0' &= (100 \% - 5) \cdot P_0 \\ &= 95 \% \cdot 86 \end{aligned}$$

$$P_0' = 82,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_0' = 510^0\text{C}$$

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

$$i_0 = 748 \text{ kkal/kg}$$

$$t_1 = 345^0\text{C}$$

$$\begin{aligned} H_0 &= i_0 - i_1 \\ &= 817 - 743 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_0' &= i_0 - i_1 \\ &= 817 - 748 \end{aligned}$$

$$H_0' = 69 \text{ kkal/kg}$$

Kerugian entalphy akibat kerugian tekanan (AH)

$$AH = I'_0 - i_1$$

$$AH = 748 - 743$$

$$AH = 5$$

3.4 Kecepatan Uap Keluar Nozzle (C_1)

Uap akan diekspansi ketika uap keluar melalui nozzle, energi potensial dari uap dirubah menjadi energi kinetik sehingga kecepatan uap keluar nozzle teoritis

dihitung dengan rumus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

$$C_1 = 91,5 \cdot C \sqrt{H_0} \dots\dots\dots \text{Lit 1 Hal. 224}$$

Dimana :

C = Koefisien kecepatan pada nozzle

$$C = 0,91 + 0,06$$

$$= 0,97 \text{ (diambil)}$$

H_0 = Jatuhan panas yang terjadi dalam nozzle secara teoritis

Maka kecepatan uap keluar dari nozzle (Aktual)

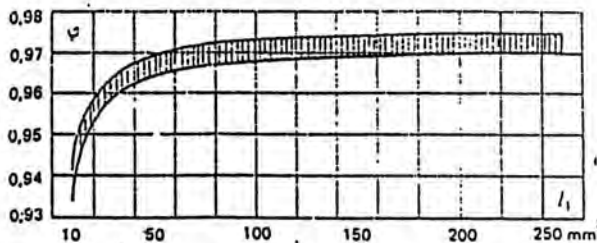
$$C_1 = 91,5 \cdot 0,97 \sqrt{69}$$

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

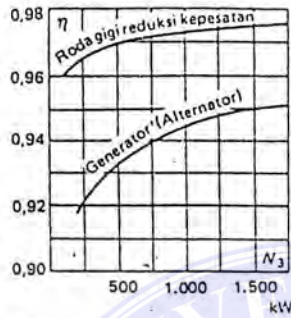
Untuk kecepatan uap yang keluar nozzle teoritis (C_a) dapat dicari :

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

$$C_a = 760 \text{ m/det}$$



Gambar 3.4. Koefisien Kecepatan ϕ Untuk nozzle – nozzle Konvergen



Gambar 3.5 Efisiensi Generator Kepsatan Rendah dan Roda Gigi

3.5. Daya dan Putaran

Dari survey di lapangan daya yang dibangkitkan generator adalah :

$$N_e = 65.000 \text{ KVA (daya semu)}$$

Putaran turbin adalah :

$$N_t = 3000 \text{ rpm}$$

Dalam rancangan ini kita hitung daya dan putaran generator adalah :

Putaran generator :

$$n_g = \frac{120 \cdot f}{p} \text{ dimana } f = 50 \text{ Hz}$$

$P =$ Jumlah kutup

$$= 4 \text{ pasang}$$

$$n_g = \frac{120 \cdot 50}{4}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

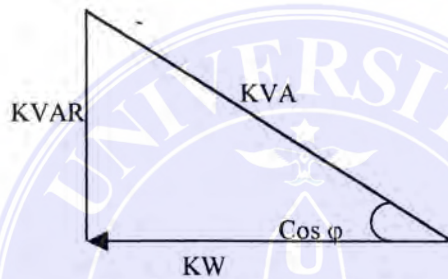
$$n_g = 1500 \text{ rpm}$$

Segi tiga Daya

Dari hubungan daya semu generator dan faktor daya diperoleh daya nyata yang diperlukan adalah :

$$N_g = KVA \cdot \cos \phi$$

$$N_g = n_e \cdot \cos \phi$$



Gambar 3.6 Segi Tiga Daya

$$KW = KVA \cdot \cos \phi$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \cos \eta &= \text{Faktor daya} \\ &= 0,9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KVA &= \text{Daya semu} \\ &= 65.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NG &= 650 \cdot 0,9 \\ &= 55922 \text{ KW} \end{aligned}$$

Untuk menghasilkan daya generator sebesar 55922 KW, maka daya turbin yang harus dibangkitkan adalah :

$$NT = \frac{NG}{\eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_s}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

Dimana :

$$\eta_m = \text{Efisiensi mekanis turbin}$$

$$= 0,99 \text{ (grafik)}$$

$$\eta_{rg} = \text{Efisiensi Roda Gigi}$$

$$= 0,97$$

$$\eta_g = \text{Efisiensi generator}$$

$$= 0,96$$

$$NT = \frac{59922}{0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,96}$$

$$= \frac{59922}{0,921888}$$

$$NT = 65000 \text{ KW} = 65 \text{ MW}$$

3.6. Jumlah Pemakaian Uap Pada Turbin (G)

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

$$G_o = \frac{Ne \cdot 860}{3600 \cdot H_o \cdot \eta_{ot} \cdot \eta_g} \dots\dots\dots \text{Lit. 1 Hal. 84}$$

Dimana :

$$Ne = \text{Daya Turbin}$$

$$= 65 \text{ MW} = 65.000 \text{ KW} \dots\dots\dots \text{Dta Survey}$$

$$H_o = \text{Penurunan kalor teoritis}$$

η_m = Efisiensi mekanis turbin

= 0,99 Dari grafik.....Lit. 1 Hal. 70

η_{oi} = Efisiensi relatif

= 0,58 sedang untuk $U/C_1 = 0,25$ dari grafik

η_g = Efisiensi Generator

= 0,96 Dari grafik.....Lit. 1 hal. 74

η_{re} = Efisiensi relatif efektif turbin

= $\eta_m \cdot \eta_{oi} = 0,99 \cdot 0,58$

η_{re} = Efisiensi roda gigi

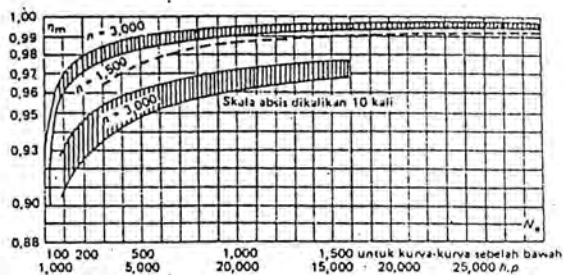
= 0,97.....Lit. 1 Hal. 73

Maka :

$$G = \frac{65.000 \times 860}{3600 \times 740,99 \times 0,58 \times 0,96}$$

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

$$= 380,665 \text{ kg/det}$$



Gambar 3.7 Efisiensi Mekanis Turbin

UNIVERSITAS MEDAN AREA

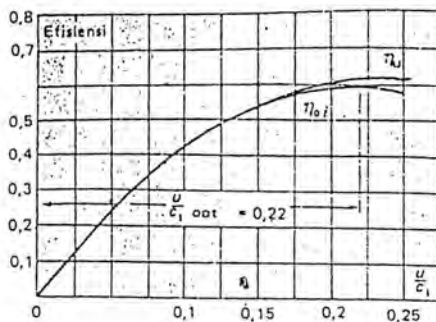
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

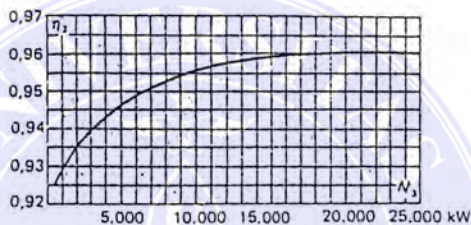
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

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



Gambar 3.8. Efisiensi Turbin Impuls Dengan Dua Tingkat Kecepatan Sebagai Fungsi U/C_1



Gambar 3.9 Efisiensi Generator menurut data Eletrolisa Work

3.7 Mencari Parameter Uap Keluar Nozzle

Kerugian pada nozzle (H_n)

$$H_n = \frac{A}{2 \cdot g} (C_1 t^2 - C_1'^2) \dots \dots \dots \text{Lit. 1 Hal. 20}$$

Dimana :

A = Thermal equivalent of work (equivalen panas kerja)

$A = 1/427$ kkal/kgm

G = Percepatan gravitasi

$= 9,81$ m/det²

Maka :

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

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

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

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

$$H_n = 4,1 \text{ kkal/kg}$$

Entalphi uap keluar nozzle (ia_1)

$$ia_1 = i_0 - (H_0 - H_n)$$

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

$$ia_1 = 817 - 69,9$$

$$ia_1 = 747,1 \text{ kkal/kg}$$

3.8. Menentukan Harga U/C_1

Dari pada rencana turbin uap dengan harga U/C_1 adalah agar turbin tersebut dapat bekerja dengan hasil yang 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 segi tiga kecepatan uap yang masuk keluar blade.

Faktor yang menentukan dalam perhitungan ini adalah besarnya sudut mutlak masuk blade I, tinggi 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 (α_1) untuk turbin impuls adalah :

Untuk dua tingkat kecepatan = 16^0 sampai dengan 22^0 Lit. 1 Hal.81

Untuk tiga tingkat kecepatan = 20^0 sampai 24^0 .

Dalam perencanaan ini diambil sudut pemasukan uap (α_1) = 16^0 .

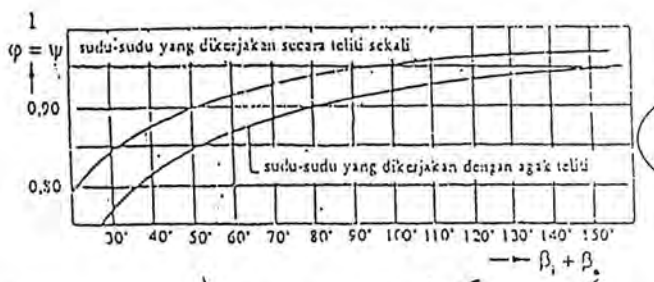
Harga Y/C_1 berdasarkan eksperimen untuk turbin dengan 2 tingkat kecepatan adalah :

0,2 sampai 0,26Lit.1. Hal.81 $U/C_1 = 0,25$

(diambil). Dalam hal ini yang dihitung hanyalah harga U/C_1 .

- Sudut isi keluar pada sudut jalan baris pertama $\beta_1 = \beta_{1-3}^0$
- Sudut sisi keluar pada sudu jalan baris kedua $\beta^1_2 = \beta^1_{2=3}^0$.
- Harga koefisien (μ) untuk sudu jalan dan sudu tetap dapat dicari dengan grafik.

Gambar 3.10



Gambar 3.10. Koefisien Kecepatan di dalam Sudu Jalan atau Sudu Tetap

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

3.9. Menghitung Kecepatan Keliling (U)

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)

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

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

$$n = \frac{184,3 \times 60}{3,14 \times 1,17} = 3000 \text{ rpm}$$

Dimana :

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

$$N = \text{Putaran turbin} = 3000 \text{ rpm (direncanakan)}$$

$$n = 60 \cdot f \quad \text{dimana } f = \text{frekwensi} = 50 \text{ Hz}$$

$$n = 60 \cdot 50$$

$$n = 3000 \text{ rpm}$$

Maka :

$$\frac{U \times 60}{\pi \times d}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

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

$$d = \frac{184,3 \times 60}{3,14 \times 3000} \text{ m}$$

$$d=1,17$$

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

3.10.Kecepatan Relatif Uap Masuk Moving Blade (W_1).

Besarnya W_1 ini dapat diperoleh dengan bantuan segitiga kecepatan dimana sudut arah kecepatan absolut uap masuk adalah $\beta_1 = 16^\circ$.

Maka :

$$W_1 = \sqrt{C_1^2 + U^2 - 2 \times C_1 \times U \times \cos \alpha_1} \dots\dots\dots \text{Lit. 1. Hal. 76.}$$

$$W_1 = \sqrt{(737,2)^2 + (184,3)^2 - 2 \times (737,2) \times 184,3 \times \cos 16}$$

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

$$W_1 = \sqrt{316224,93}$$

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

Komponen Tangensial Kecepatan Mutlak C_1 adalah ($C_1 U$)

Untuk komponen tangensial kecepatan mutlak C_1

$$C_1 U = C_1 \cdot \cos \alpha_1 \dots\dots\dots \text{Lit., I. hal. 76.}$$

$$C_1 U = 737,2 \cos 16$$

$$C_1 U = 708,6 \text{ m.det}$$

Komponen Tangensi Kecepatan Relatif (W_1)

$$W_1 U = C_1 U - U$$

$$W_1 U = 708,6 - 184,3$$

$$W_1 U = 524,3 \text{ m/det.}$$

Sudut uap Masuk Relatif Moving Blade I (β_1)

$$\text{Skala kecepatan} = 100 \text{ m/det} = 10 \text{ mm}$$

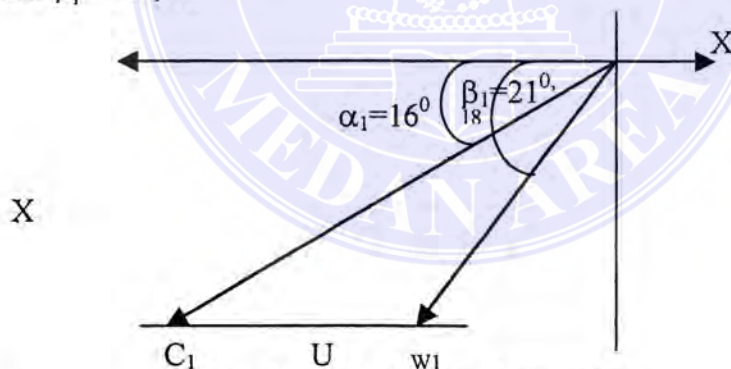
$$C_1 \sin \alpha_1 = W_1 \cdot \sin \beta_1$$

$$\sin \beta_1 = \frac{C_1}{W_1} \sin \alpha_1 \dots\dots\dots \text{Lit. 1. Hal.34.}$$

$$\sin \beta_1 = \frac{737,2}{5672,3} \sin 16$$

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

$$\sin \beta_1 = 21^\circ, 18$$



Gambar 3.11. Segitiga Kecepatan

Sudut Uap Relatif Keluar Moving Blade (β_2)**Rumus :**

$$\beta_2 = \beta_1 (3^\circ \text{ sampai } 6^\circ) \dots\dots\dots \text{Lit. 1.hal.34.}$$

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

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

Kecepatan Uap Relatif Moving Blade I (W_2)

$$W_2 = \mu \cdot W_1 \text{ m/det} \dots\dots\dots \text{Lit.1. Hal.34.}$$

Dimana :

μ = Koefisien kecepatan moving blade I dapat dilihat pada gambar 3.8

$$\mu = 0,82 \text{ (diambil)}$$

$$\mu = 0,82$$

Maka :

$$W_2 = 0,82 \cdot 562,3$$

$$W_2 = 461,1 \text{ m/det}$$

Kecepatan Uap Absolut Keluar Moving Blade (C_2).

Rumus :

$$C_2 = \sqrt{W_2^2 + u_2^2 - 2 \times W_2 \times U \times \cos \beta_2} \dots\dots\dots \text{Lit.1.Hal.33}$$

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

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

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

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

Untuk Uap Keluar moving Blade (α_2)

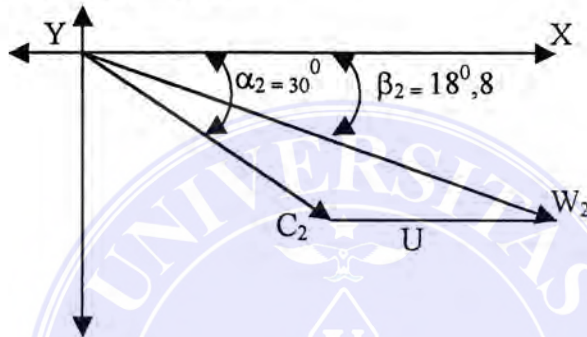
$$\sin \alpha_2 = \frac{W_2}{C_2} \sin \beta_2 \dots\dots\dots \text{Lit.2. hal.,34.}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{4611,1}{291,7} \sin 18^\circ,18$$

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

$$\sin \alpha_2 = 30^\circ$$

Skala Kecepatan = 100 m/det = 10 mm



Gambar 3.12. Segitiga Kecepatan

Komponen Tangensial Kecepatan Relatif W_2

Komponen tangensial kecepatan relatif W_2 adalah W_2U_2 , 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 Relatif C_2

Komponen Tangensial Kecepatan relatif C_2 adalah C_2U , maka :

$$C_2U = W_2U - U$$

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

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

3.11. Sudut Untuk Masuk Mutlak Moving Blade II (α_2)

Rumus :

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

$$\alpha_1' = 3^\circ - 30^\circ \text{ (diambil)}$$

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

Kecepatan Uap Mutlak Masuk Moving Blade II (C_1)

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

Dimana :

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

Maka :

$$C_1 = 0,85 \cdot 291,7$$

$$C_1 = 247 \text{ m/det.}$$

Kecepatan uap Masuk Relatif Moving Blade II (W_1')

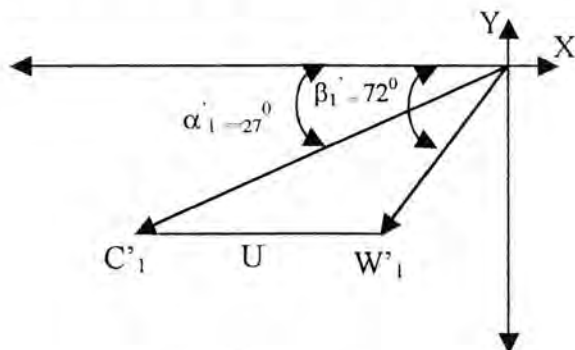
$$W_1' = \sqrt{(C_1)^2 + (U)^2 - 2 \cdot C_1 \cdot U \cdot \cos \alpha_1}$$

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

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

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

Untuk W_1' dapat juga dicari dengan mempergunakan segitiga kecepatan pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. Segitiga Kecepatan

Untuk Sudut Relatif Masuk Moving Blade II (β_2')

$$\sin \beta_1' = \frac{C_1'}{W_1} \sin \alpha_1'$$

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

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

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

Sudut relatif masuk moving blade dapat juga dicari dengan mempergunakan segitiga kecepatan gambar 3.11.

Komponen Tangensial Kecepatan Mutlak $C_1'U$

Maka :

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

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

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

Komponen Tangensial Kecepatan Relatif (W_1')

Komponen tangensial kecepatan relatif W_1' masuk moving blade II adalah

$W_1'U$ maka :

$$W_1'U = C_1'U \cdot U$$

$$W_1'U = 220,88 - 184,3$$

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

Sudut Uap Relatif Keluar Moving Blade II (β_2')

$$\beta_2' = \beta_1' - (3^\circ - 5^\circ)$$

$$\beta_2' = 72^\circ - 3^\circ \text{ (diambil)}$$

$$\beta_2' = 69^\circ$$

Kecepatan Relatif Uap Moving Blade II (W_2')

Rumus :

$$W_2' = \mu \cdot W_1'$$

Dimana :

μ = Koefisien gesekan moving blade II

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

Maka :

$$W_2' = 0,92 \cdot 118,4$$

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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/1/24

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)10/1/24

Kecepatan Uap Mutlak Keluar Moving Blade II (C_2')

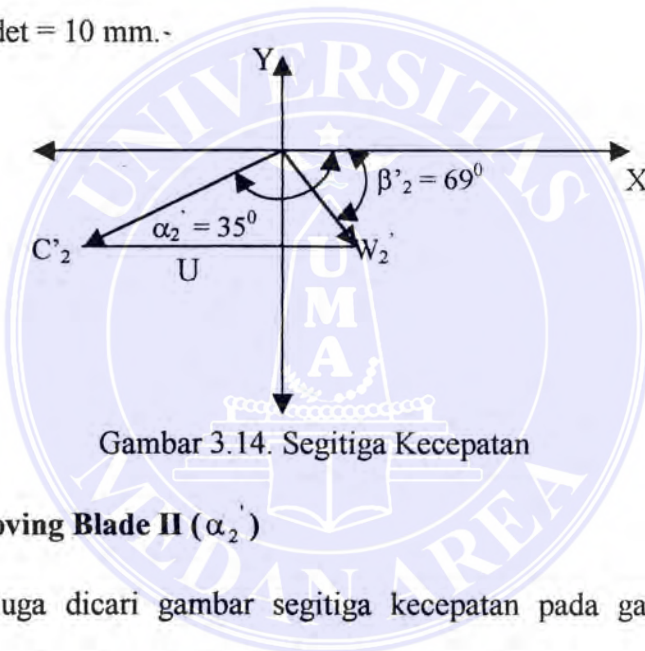
$$C_2' = \sqrt{W_1'^2 + (U)^2 - 2.W_1'.U.Cos\beta_2'^2}$$

$$C_2' = \sqrt{(108,9)^2 + (184,3)^2 - 2.(108,9).(184,3).Cos69^\circ}$$

$$C_2' = \sqrt{31440,6}$$

$$C_2' = 177,3$$

Untuk C_2' dapat juga dicari dengan segitiga kecepatan pada gambar 3,1'4 skala kecepatan 100 m/det = 10 mm. -



Gambar 3.14. Segitiga Kecepatan

Sudut Mutlak Moving Blade II (α_2')

Dapat juga dicari gambar segitiga kecepatan pada gambar 3.14, maka dengan mengukur α_2' dari gambar 3.11, akan diperoleh :

$$\sin \alpha_2' = \frac{W_2'.\sin\beta_2}{C_2}$$

$$\sin \alpha_2' = \frac{108,9.\sin69^\circ}{177,3}$$

$$\sin \alpha_2' = 0,5734$$

$$\sin \alpha_2' = 35^\circ$$

BAB VII

KESIMPULAN

Pada 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 rancangan yang akan dipaparkan selanjutnya adalah sebagai suatu persyaratan untuk perbandingan dengan hasil data-data rancangan yang sebenarnya..

Data hasil rancangan :

Jenis turbin uap : Turbin Impuls dengan 2 Tingkat kecepatan.

1. Turbin Uap

- Tekanan uap masuk turbin : 86 kg/cm^2
- Tekanan uap keluar turbin : 31 kg/cm^2
- Temperatur uap keluar turbin : 510^0 C
- Temperatur uap keluar turbin : 345^0 C
- Daya turbin : $65.000 \text{ KW} = 65 \text{ MW}$
- Putaran turbin : 3000 rpm

2. Generator

- Daya generator : $9922 \text{ KW} = 9,922 \text{ MW}$
- Putaran generator : 1500 rpm

- Power faktor : 0,8
- Frekwensi : 50 Hz



LITERATUR

1. A. Muin Syamsir Ir, Konversi Energi Dasar I (Turbin Uap).
2. Anwary Ir, Raffei Mohd Drs, 1980. Bagian-bagian Mesin 3, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
3. Arismunandar Wiranto, Penggerak Mula Turbin.
4. Daryanto, Drs. 1985, Perhitungan Turbin Uap, Penerbit Tarsito, Bandung.
5. Djojoriharjo, Ir. DR. 1987, Termodinamika Teknik, Aplikasi dan Termodinamika Statistik, Penerbit : PT. Gramedia, Jakarta.
6. Darsosriyono, 1988, Diezel Fritz Turbine, Pumpen dan Verdecher, Penerbit Erlangga, Jakarta.
7. P.Shylakin, 1990, Turbin Uap (steam turbine), Teori dan Rancangan, Penerbit Erlangga.
8. PT. PLN. Sektor Belawan, Service Manual Steam Turbin.
9. Sularso – Kiyokatsu Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin.
10. S. Timoshenka, Streght of Materials, Part I dan II 3rd Edition.