

# PERANCANGAN TURBIN UAP PENGGERAK GENERATOR LISTRIK KAPASITAS 10 MW PADA PABRIK KELAPA SAWIT PT. PERKEBUNAN NUSANTARA IV UNIT PASIR MANDOGÉ

Oleh:

Tri Amandani Siregar <sup>1)</sup>

Suhendri Ginting <sup>2)</sup>

Enzo WB Siahaan <sup>3)</sup>

Hodmiantua Sitanggang <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2,3,4)</sup>

E-mail :

[Triamandani3@gmail.com](mailto:Triamandani3@gmail.com) <sup>1)</sup>

[suhendriginting@gmail.com](mailto:suhendriginting@gmail.com) <sup>2)</sup>

## ABSTRACT

*Energy is very important to improve people's lives. Electrical energy is generated by a power conversion surface that converts steam into mechanical energy at the turbine shaft and then converts mechanical energy into kinetic energy at the nozzle (impulse turbine). Or nozzles and blades (in reaction turbines). using a gear reducer connected to the driving mechanism. Steam turbines are widely used in various industrial fields to generate electricity. Plan the calculation of the steam turbine to drive the generator to produce the desired power. The design is carried out theoretically and combined with a comparative study with a production capacity of 10 MW at PT. Unit Mandoge Pasir Perkebunan Nusantara IV. This design creates a Curtis style turbine.*

**Keywords:** *Generator Power, Turbine Speed, Turbine Efficiency*

## ABSTRAK

Energi sangat penting untuk meningkatkan kehidupan masyarakat. Energi listrik dibangkitkan oleh permukaan konversi daya yang mengubah uap menjadi energi mekanik pada poros turbin dan kemudian mengubah energi mekanik menjadi energi kinetik dalam nosel (turbin impuls). Atau nosel dan bilah (pada turbin reaksi). menggunakan gear reducer yang dihubungkan dengan mekanisme penggerak. Turbin uap banyak digunakan di berbagai bidang industri untuk menghasilkan tenaga listrik. Rencanakan perhitungan turbin uap untuk menggerakkan generator sehingga menghasilkan daya yang diinginkan. Perancangan dilakukan secara teoritis dan dipadukan dengan studi banding dengan kapasitas produksi 10 MW di PT. Unit Mandoge Pasir Perkebunan Nusantara IV. Desain ini menciptakan turbin gaya Curtis.

**Kata Kunci:** *Daya Generator, Putaran Turbin, Efisiensi Turbin*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi merupakan faktor yang sangat penting dalam upaya meningkatkan taraf hidup masyarakat. Seiring dengan peningkatan taraf hidup dan jumlah penduduk, kebutuhan energi juga

meningkat. Saat ini, konsumsi energi tampaknya memiliki hubungan langsung dengan standar hidup masyarakat dan tingkat industrialisasi suatu negara. Energi listrik merupakan salah satu bentuk tenaga yang poly dipakai sang insan pada kehidupan sehari-hari sebab daya ini bisa

diubah dengan mudah dan efisien menjadikan energi lainnya.

Energi listrik bisa dihasilkan dengan cara membuat mesin konversi energi, termasuk turbin uap. Turbin uap adalah bagian dari sekelompok pesawat Uap diubah menjadi energi mekanik di depan poros turbin, diubah menjadi energi mekanik, terlebih dahulu menjadi energi kinetik pada nozel (pada turbin impuls) atau pada nozel, gerakan injeksi dan baling-baling (dalam reaksi turbin ). Poros turbin, baik secara langsung maupun menggunakan peredam, dihubungkan dengan mekanisme penggerak. Tergantung pada mekanisme penggeraknya, turbin uap dapat digunakan di berbagai bidang industri dan untuk pembangkit listrik.

Turbin uap ini umum digunakan karena uap merupakan fluida kerja yang dapat diproduksi dengan menggunakan berbagai bahan bakar. Sebagai contoh, di pabrik kelapa sawit, bahan bakar yang digunakan dalam boiler untuk menghasilkan uap adalah residu dari pengolahan kelapa sawit. Cangkang dan serat digunakan sebagai bahan bakar di boiler.

Turbin uap pabrik kelapa sawit biasanya digunakan untuk menggerakkan generator menghasilkan listrik. Tenaga listrik jangka panjang yang dibangkitkan

di genset digunakan untuk menggerakkan berbagai peralatan dalam proses pengolahan kelapa sawit di pabrik.

## **1.2 Batasan Masalah**

Batasan masalah untuk tugas akhir ini adalah :

1. Pembahasan pembangkit listrik dengan turbin uap sebagai mesin utama generator
2. Menentukan gerak putar generator turbin untuk menggerakkan generator
3. Penentuan tekanan dan temperatur uap untuk menggerakkan turbin

## **1.3 Tujuan Perencanaan Turbin Uap**

Tujuan perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan pembangkit listrik dengan turbin uap
2. Analisis komputasi turbin uap untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan daya yang diinginkan
3. Perencanaan tekanan dan suhu uap untuk menggerakkan turbin

## **1.4 Manfaat Perencanaan**

Manfaat penulisan naskah tugas akhir ini adalah :

1. Bermanfaat bagi penulis dalam meningkatkan pengetahuan, pengalaman dan wawasan baik secara teori maupun praktek,

sehingga menjadi manusia yang cakap untuk memasuki dunia kerja.

2. Menambah informasi bagi penulis tentang turbin uap.
3. Penulis mampu menyelesaikan skripsi, yang selanjutnya diperlukan untuk memperoleh gelar S-1 di Universitas Darma Agung.

### 1.5 Sistematis Penulisan

Sistem digunakan di perencanaan ini adalah :

1. Tinjau langsung berupa observasi di tempat yang direncanakan, dalam hal ini survey Survey dilakukan di PT Perkebunan Nusantara IV satuan pasir mando
2. Penelitian kepustakaan, berupa penelitian kepustakaan, penelitian terhadap buku, artikel berkaitan pada konsep ini
3. Diskusi berupa tanya jawab dengan Dosen, tentang permasalahan yang dihadapi selama proses standardisasi penyusunan tugas akhir.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian umum Turbin Uap

Turbin uap adalah mesin utama yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik, yang diubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Poros turbin terhubung langsung ke power

take-off maupun melalui peredam. Turbin uap dipakai pada aneka macam bidang misalnya industri, pembangkit listrik & transportasi, tergantung pada jenis mekanisme yang digunakan. Saat mengubah energi potensial menjadi energi mekanik, terutama dalam bentuk putaran poros, ini dilakukan dengan banyak cara.

Turbin uap pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama, bagian utama turbin, stator dan rotor, diikuti oleh bagian tambahan lain termasuk penunjang misalnya bantalan, kopling & sistem tambahan lainnya untuk membuat turbin bekerja lebih baik. Turbin uap menggunakan energi kinetik dari fluida kerja yang ditingkatkan dengan penambahan panas. Turbin uap merupakan mesin primer yg mengganti tenaga potensial sebagai tenaga kinetik & tenaga kinetik ini kemudian diubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Poros turbin, baik secara langsung maupun dengan bantuan elemen lain, dihubungkan dengan mekanisme penggerak. Tergantung pada jenis mekanisme yang digerakkan oleh turbin uap, turbin uap dapat digunakan di berbagai bidang industri, seperti pembangkit listrik.

### 2.2. Prinsip Kerja Turbin Uap

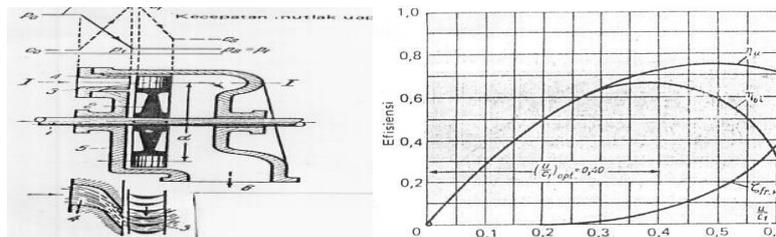
Turbin (impuls) operasi, yaitu turbin yang memutar sudu-sudu yang bergerak

karena dorongan uap yang kecepataannya telah ditingkatkan oleh nozzle. Termasuk operasi turbin (impuls), adalah:

**a. Turbin uap De Laval**

Turbin uap De Laval adalah turbin uap prinsip impuls dengan aliran aksial, tekanan terukur, dan kecepatan terukur. Turbin uap ini memiliki susunan sudu sedemikian rupa sehingga semua energi potensial (energi turun) uap dihamburkan oleh sudu-sudu. Turbin uap ini menghasilkan jumlah putaran yang sangat besar

dan dapat menghasilkan daya maksimum 1.500 kW, sehingga banyak digunakan pada pembangkit listrik skala kecil. Keuntungan menurut turbin uap ini adalah strukturnya yang sederhana, biaya produksi yang rendah dan perakitan yang mudah. Kelemahan utama dari turbin uap ini adalah output daya yang rendah, efisiensi rendah, kecepatan tinggi, dan kebutuhan roda gigi untuk mencapai putaran yang dibutuhkan untuk menggerakkan generator.



**Sumber. Shlyakhin P, “Teori dan Rancangan Turbin”,1988 hal 75**

Keterangan gambar :

- 1. Poros            4. Nosel
- 2. Cakram        5. Stator
- 3. Sudu gerak    6. Pipa buang

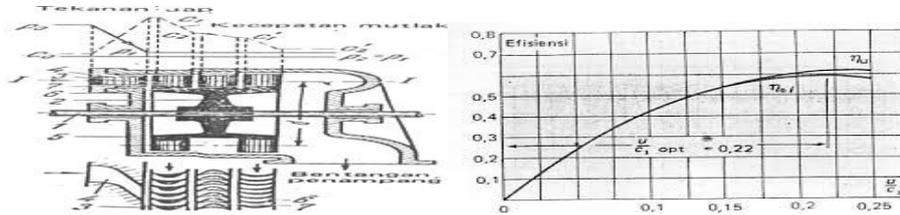
**b. Turbin Uap Curtis**

Turbin Uap Curtis merupakan turbin uap impeller aksial multi-kecepatan. Turbin uap ini lebih lambat dari turbin uap Laval dan

memiliki output 4000kw, sehingga dapat digunakan untuk pembangkit listrik skala menengah. Pada turbin uap, uap mengembang pada nosel (sudu stasioner pertama) dan tekanan tetap konstan, tetapi tidak ada pemuaiian pada rakitan sudu. Dalam prakteknya, penurunan tekanan kecil di sudu karena gesekan, turbulensi dan kerugian

lainnya tidak dapat dihindari. Keuntungan dari turbin uap jenis ini adalah strukturnya yang

sederhana dan pengoperasiannya yang mudah, tetapi efisiensinya rendah.

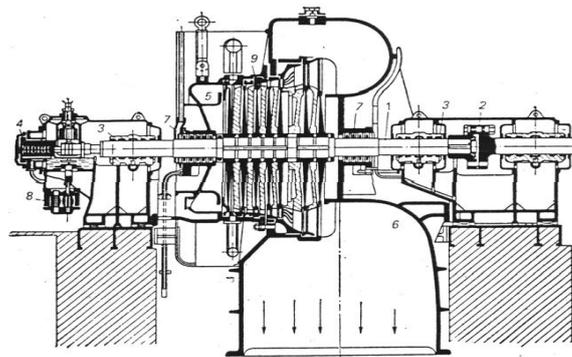


Sumber. Shlyyakhin P, "Teori dan Rancangan Turbin", 1988, 80

### c. Turbin Uap Zoelly / Retau

Turbin uap Zoelly / retau bekerja sesuai dengan prinsip impuls pulsa dengan sistem tekan multi-tahap. Baling-baling tetap memiliki penurunan tekanan uap secara bertahap, sementara baling-baling yang bergerak tidak memiliki penurunan tekanan. Turbin uap ini

menghasilkan daya dalam jumlah besar pada kecepatan rendah dan cocok digunakan sebagai generator berkapasitas besar. Keuntungan dari turbin jenis ini adalah efisiensi tinggi tetapi biaya konstruksi tinggi. Oleh karena itu, strukturnya lebih kompleks daripada turbin uap cekung.



Sumber. Shlyyakhin P, "Teori dan Rancangan Turbin", 1988, 89

### d. Turbin Uap Parson

Turbin uap orang bekerja berdasarkan prinsip reaksi aliran aksial. Turbin uap ini biasanya dikalibrasi dan memberikan daya yang besar pada kecepatan rendah.

Uap mengembang pada kedua sudu dan sudu, mengarahkan gaya dorong pada sudu secara aksial. Kedua jenis ini melibatkan konversi energi dan hanya menghasilkan gaya tangensial

reaksi pada sudu-sudu, tetapi Turbin uap orang juga dikenal sebagai turbin uap semi-reaktif. Ini memiliki keuntungan dari kinerja yang lebih baik daripada turbin uap Zoelly, tetapi sistem kontrol yang lebih kompleks dan biaya konstruksi yang lebih tinggi daripada turbin uap De Laval, Curtis dan Zoelly.

#### e. Turbin reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang putaran sudu-sudunya disebabkan oleh Reaksi bilah itu sendiri terhadap uap yang mengalir melaluinya. Kapasitas turbin ditentukan sesuai dengan kebutuhan daya listrik per ton TBS yang diproses. Besaran daya listrik yang diuraikan di atas untuk kapasitas produksi 25 ton TBS/jam adalah 1064,67 Kva. Berdasarkan hasil survei, perencanaan didasarkan pada jumlah listrik yang dihasilkan oleh turbin uap di pabrik kelapa sawit di mana turbin tunggal beroperasi dengan kapasitas terminal generator 1200 kVA. Untuk menentukan daya generator secara teknis, rugi-rugi listrik harus dipertimbangkan

$$N_g = \text{Total permintaan listrik} \times \text{rugi-rugi jaringan}$$

Dimana :

Rugi-rugi jaringan = 5% ditentukan. (*ditentukan dari besar-kecilnya daya generator*)

Maka :

$$\begin{aligned} N_g &= (1 + 0,05) \cdot 1200 \\ &= 1260 \text{ Kva} \end{aligned}$$

Jadi daya bersih yang harus disuplai oleh turbin uap ke generator listrik adalah:

$$\eta_g = \frac{N_g}{N_t} \text{ (Kw)}$$

$$N_t = \frac{N_g}{\eta_g} \text{ (P.Shlyakhin, Turbin Uap (steam turbines), 1993, 72)}$$

Dimana :

$$N_g = \text{Daya Generator } 1260 \text{ kVA}$$

$$\eta_g = \text{Efisiensi generator ( } 90 - 97\% \text{ )}$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pemilihan Jenis Turbin

Di pabrik pengolahan kelapa sawit, steam diperoleh dari boiler yang menggunakan bahan bakar cangkang dan ijuk sawit. Uap superheated yang dihasilkan kemudian dikirim ke turbin uap untuk memutar generator dan menghasilkan listrik. Uap bekas dari turbin uap didistribusikan ke unit pengolahan kelapa sawit menggunakan BPV (Back Pressure Vessel). Selain tenaga uap, pabrik pengolahan kelapa sawit juga menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel dengan penggerak mula motor

diesel yang dihubungkan dengan generator, setelah turbin uap beroperasi beban pada motor diesel dipindahkan ke turbin uap. Pada perencanaan ini dipilih turbin uap impukls jenis Curtis.

### 3.2. Daya Generator dan Daya Turbin

Kapasitas turbin ditentukan berdasarkan kebutuhan daya listrik tiap ton TBS yang diolah. Diatas telah diuraikan jumlah daya listrik untuk kapasitas produksi 25 tonTBS/jam sebesar 1064,67 Kva.

Dengan rujukan pada hasil survey, maka perencanaan mengikuti jumlah daya yang dihasilkan turbin uap di Pabrik

Kelapa Sawit, dimana turbin yang beroperasi hanya satu unit saja dengan kapasitas terminal generator sebesar 1200 kVA. Secar teknis untuk menentukan daya generator perlu diperhitungkan rugi-rugi jaringan :

$N_g = \text{Total kebutuhan listrik} \times \text{rugi rugi jaringan}$

Dimana :

Rugi-rugi jaringan = 5% ditentukan. (*ditentukan dari besar-kecilnya daya generator*)

Maka :

$$\begin{aligned} N_g &= (1 + 0,05).1200 \\ &= 1260 \text{ Kva} \end{aligned}$$

Sehingga daya netto yang harus disuplai turbin uap ke generator listrik adalah :

$$\eta_g = \frac{N_g}{N_t} (\text{Kw})$$

$$N_t = \frac{N_g}{\eta_g}$$

(P.Shlyakhin, Turbin Uap (steam turbines), 1993, 72)

Dimana :

$N_g = \text{Daya Generator } 1260 \text{ kVA}$

$\eta_g = \text{Efisiensi generator ( } 90 -97\% \text{ )}$

Maka :

$$\begin{aligned} N_t &= \frac{1260}{0,97 \text{ s/d } 0,90} \\ &= 1298,9 \text{ s/d } 1400 \\ &= 1300 \text{ (direncanakan)} \end{aligned}$$

Adapun besar daya listrik yang dibutuhkan pengolahan kelapa sawit ini dapat di uraikan sebagai berikut

### 3.3. Penentuan Putaran Turbin

Unit generator listrik mempunyai :

Jumlah katub  $P = 2$

Frekwensi  $F = 50 \text{ Hz}$

Maka putaran generator :

$$n_g = \frac{60f}{P} \quad (\text{J.P.Holman,}$$

Perpindahan Kalor, 1994, 71)

$$n_g = \frac{60.50}{2}$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

Dengan menetapkan putaran poros turbin  $n = 5000$  maka reduksi roda gigi transmisi terbesar :

$$\frac{n^g}{n^d} = \frac{1}{i} \quad (\text{P Shlyakhin, Turbin Uap, 1993, 216})$$

$$\frac{1500}{5000} = \frac{1}{i}$$

$$i = \frac{5000}{1500}$$

$$= 3,33$$

#### 4. SIMPULAN

Dari perhitungan yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

##### a. Nozzle

Tipe: Konvergen-divergen

Tinggi: 16 cm

Jumlah: 20 pcs

##### b. Disk

Jari-jari dalam disk: 55 mm

Jari-jari luar disk: 283,5 mm

Jari-jari luar disk 444 : 4 283,5 mm

##### c. Bilah Baris 1 4 Pisau Bergerak 4

Pisau Bergerak 4

Bergerak Jumlah: 159 Buah

Tinggi Masuk: 18 mm

Tinggi Luar: 22,79 mm

Baling-Baling Panduan Baris

Kedua

Jumlah: 41444 19

Masuk 4 : 444 31 mm

Tinggi saluran keluar: 444 44,76 mm Guide vane

Jumlah: 188 buah

Tinggi saluran masuk: 23,89

Tinggi saluran keluar: 29 mm

##### d. bantalan dan pelumasan

Jenis: bantalan lengan

Panjang: 4 Dalam 4 4 4

Pelumas: 83,33

Viskositas: 0,3,10-6 kg.s/cm<sup>2</sup>

#### Saran

1. Putaran turbin harus dijaga konstan dengan mengatur jumlah aliran massa uap yang masuk ke turbin
2. Pemilihan jenis turbin harus tepat, dimana efisiensi, perawatan dan pemeliharaan tidak sulit dalam proses produksi pabrik kelapa sawit
3. Menjamin keselamatan kerja dan membekali pekerja dengan pengetahuan profesional yang diperlukan untuk mengoperasikan turbin
4. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua mahasiswa dan bagi kita semua demi ilmu pengetahuan di masyarakat.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

El-Wakil “Instalasi Pembangkit Daya”,  
Jilid terjemahan E jasifi, penerbit  
Erlangga, Jakarta 1992

Shigley Josep Edard, Mitchell, Dlarry,  
Mechanical Enggenering Design,  
Fourth edition , Megraw- Hill Boll  
Company, USA 1983

Shlyakhin P, “ Turbin Kukus Teori dan  
Rancangan”, Terjemahan Zulkifli  
Harahap, cetakan ketiga, penerbit  
erlangga , Jakarat 1988

Sularso, Kiyogatsu Suga, “Dasar  
Perencanaan dan Pemilihan Elemen  
Mesin, cetakan ketujuh , PT. Pradnya  
Paramita, Jakarta 1991

Wiranto Arismunandar, “Penggerak Mula  
Turbin” edisi kedua, penerbit  
erlangga, Jakarta 1997George H  
Martin, “Kinetika dan Dinamika  
Teknik “ edisi kedua penerbit  
erlangga, 1990