

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Riyaldi [2] dengan judul Perancangan Turbin Uap Type *Impuls* Penggerak Generator Dengan Satu Tingkat Ekstaksi, Daya Generator 10 Mw ,Putaran Poros Turbin 5700 RPM yang meneliti cara merancang pembangkit listrik tenaga uap menggunakan turbin *Impuls*, terutama menggunakan turbin Impuls tingkat satu. Pada pengujiannya tercatat hasil dari daya turbin tercatat sebesar 12,417 MW dengan tekanan uap pada 42 Bar dan suhu boiler mencapai 480 °C.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Rudi Haryanto [3] dengan judul Perencanaan Turbin Uap Untuk Pembangkit Listrik Pada Pabrik Kelapa Sawit Dengan Kapasitas Olah 60 Ton TBS/Jam. Turbin yang digunakan adalah turbin Impuls jenis Curtis dengan hasil spesifikasi yang tercatat adalah putaran poros 5000 rpm dan daya turbin 2469,28 KW dengan spesifikasi generator yang mencapai kecepatan 1500 rpm dan daya keluaran sebesar 1500 KW.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Roy Franc J.S. [4] dengan judul Perancangan Turbin Uap Untuk PLTGU Dengan Daya Generator Listrik 80 MW Dan Putaran Turbin 3000 RPM. Merancangan turbin impuls uap yang digunakan untuk siklus rankine pada PLTGU. Hasil yang tercatat adalah tekanan uap mencapai 82 Bar dengan suhu 550 °C dan Daya turbin yang dihasilkan adalah 95,782 MW dengan efisiensi turbin mencapai 84.15%.

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Termodinamika

#### a. Pengertian Termodinamika

Kata Termodinamika berasal dari kata Yunani yaitu ,thermo, artinya panas dan,dinamika, artinya gerak. Jadi Termodinamika membahas tentang panas yang bergerak atau perpindahan panas antara suatu kondisi ke kondisi lain, tetapi bukan hanya panas yang berpindah, karena dalam ilmu Termodinamika pada umumnya adalah perubahan suatu energi ke energi lain. [1]

Banyak sistem termodinamika dapat dilihat di alam.Matahari yang terlihat dilangit adalah sumber energi terbesar bagi bumi, menghangatkan udara, tanah, dan samudra.Massa udara yang besar bergerak di permukaan bumi. Arus air raksasa yang berputar di laut. Semua gerakan dan putaran terjadi karena transformasi panas ke kerja.Energi mengambil beberapa bentuk yang berbeda.Tidak bisa dibuat dan dihancurkan, tetapi hanya dapat berubah bentuk.Pernyataan ini merupakan salah satu hukum fundamental dari Termodinamika. Pertimbangkan bagaimana energi berubah bentuk dalam awan badai;

1. Awan badai mempunyai gerakan di dalamnya.
2. Gerak antara tetesan air di dalam awan yang menggosok antara awan yang lainnya dan menghasilkan friksi.
3. Friksi menyebabkan penumpukan energi statis.

#### b. Bentuk dan Perubahan Energi

Dalam dunia termodinamika maka ada tiga tipe perubahan energi pada umumnya yaitu energi kinetik, potensial, dan internal.Sebagai contoh energi dapat berubah bentuk ketika menyalakan mobil.Pertama ketika mobil dinyalakan maka baterai mengakibatkan startor untuk berjalan.Baterai adalah kotak besar yang berisi senyawa energi kimia.Kerja dari baterai adalah merubah energi kimia menjadi energi listrik. Motor listrik memutar mesin, bentuk dari energi

kinetik, dan busi api menyala. Busi menyalakan bahan bakar melalui proses pembakaran dimana energi kimia dari bensin dirubah menjadi bentuk energi panas yang dinamai internal energi. Dalam beberapa detik untuk menyalakan mobil, energi berubah dari kimia menjadi listrik menjadi kinetik menjadi panas atau internal energi.[1]

### c. Energi Kinetik

Kinetik energi dapat dikaitkan dengan geraknya massa kepada kerangka acuan. Kebanyakan tanah/bumi menjadi bagian dari kerangka acuan, tapi dengan kasus seperti pesawat terbang dan burung, udara lebih menjadi bagian dari kerangka acuan. Mengkalkulasi energi kinetik (EK) dengan obyek yang mempunyai massa (m) bergerak pada kecepatan (V) [1], relatif pada kerangka acuan, menggunakan persamaan dibawah:

$$EK = \frac{mV^2}{2} \quad (2.1)$$

m = massa (Kg)

V = Kecepatan (m/s)

Satuan dari energi kinetik adalah  $Kg \cdot m^2 / s^2$ , yang setara dengan satuan *Joules*.

Unit energi berikut ini setara dengan satu sama lain:

$$1 KJ = 1000 Kg \cdot m^2 / s^2 = 1000 N \cdot m = 1 kPa \cdot m^3$$

### d. Energi Potensial

Energi potensial adalah bentuk energi yang terkait dengan massa pada ketinggian di atas kerangka acuan. Massa mempunyai potensi untuk melakukan kerja dengan bergerak ke bawah dalam medan gravitasi. Seringkali kerangka acuan untuk energi potensial adalah tanah/bumi, tetapi bisa antara dua ketinggian pada sumbu vertikal.

Kalkulasi untuk energi potensial (EP) dari sebuah objek yang memiliki massa (m) pada ketinggian (h) diatas kerangka acuan dengan percepatan gravitasi (g), menggunakan persamaan dibawah:

$$EP = m \cdot g \cdot h \quad (2.2)$$

m = Massa (Kg)

g = Gravitasi ( $m/s^2$ )

h = Ketinggian (m)

#### e. Tekanan

Tekanan atau *pressure*(P)hasil dari molekul yang bertubrukan pada permukaan objek yang tertutup rapat sehingga mencoba mendorong keluar dengan udara di permukaan luar. Tekanan bisa di definisikan sebagai gaya (F) yang bekerja pada permukaan area dan salah satu properti dari Termodinamika dalam gas dan cairan. [1]

Satuan dari tekanan dapat dilihat dari persamaan dibawah:

$$1 Pa = 1 N/m^2$$

$$1 kPa = 1000 Pa$$

$$1 psi = 6,895 kPa$$

#### f. Temperatur

Temperatur menggambarkan sesuatu kondisi panas atau dingin dan salah satu bagian dari Termodinamika.Temperatur dapat diukur dengan empat satuan yaitu dengan Celcius ( $^{\circ}C$ ), Kelvin (K), Fahrenheit ( $^{\circ}F$ ), dan Rankine (R). [1]

## g. Kalor

Kalor adalah bentuk dari energi yang berpindah karena ada perbedaan suhu, yang dirumuskan sebagai:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (2.6)$$

Q = Kalor

m = Massa

c = Massa Jenis

### 2.2.2. Turbin Impuls

#### a. Cara kerja

Prinsip kerja dari turbin impuls dapat dilihat dari contoh kincir air dan turbin uap. Turbin Impuls bekerja dengan prinsip impuls atau hantaman. Turbin jenis ini juga disebut dengan turbin tekanansama, karena oleh aliran air atau uap yang ke luar dari nosel, tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer. Sebagai contoh pada gambar 2.1 adalah turbin impuls yang bekerja dengan prinsip hantaman, semua energi tinggi dan tekanan ketika masuk ke suduturbin dirubah menjadi energi kinetik. Pancaran air atau uap tersebut yang akan menjadi gaya sentrifugal(F) yang bekerja pada sudu roda.

Rumus gaya sentrifugal:

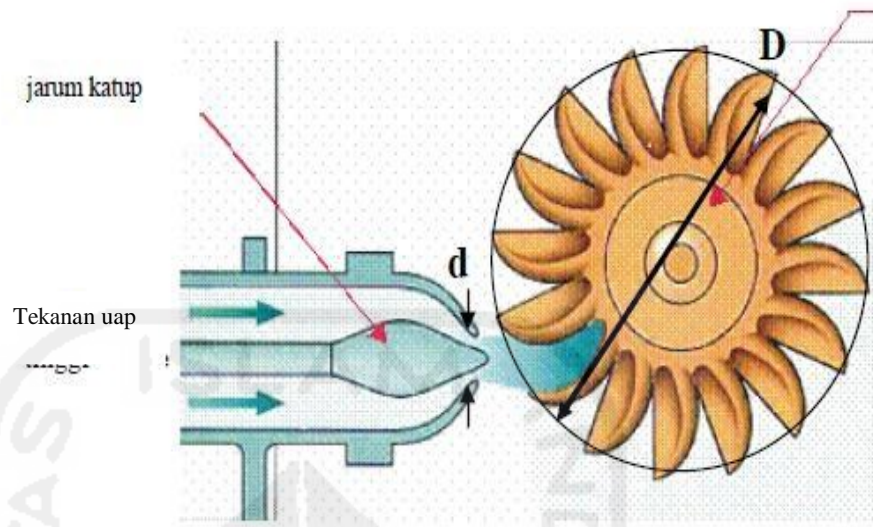
$$F = m \frac{v^2}{r} \quad (2.7)$$

F = Gaya Sentrifugal (N)

m = Massa (Kg)

V = kecepatan (m/s)

r = radius lingkaran (m)



**Gambar 2.1** Cara Kerja Turbin Impuls [9]

b. Daya dan Efisiensi Turbin Impuls

Daya poros dari Turbin Impuls dapat dihitung dengan persamaan:

$$P = \tau \cdot 2\pi \cdot n \quad (2.8)$$

$P$  = Daya (Watt)

$\tau$  = Torsi (Nm)

$n$  = Rotasi (Rpm)

Persamaan tersebut berasal dari rumus torsi:

$$\tau = \frac{P}{2\pi \cdot n} \quad (2.9)$$

Setelah mendapatkan daya dari turbin Impuls, maka efisiensi Turbin Impuls bisa didapatkan dengan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.10)$$

### c. Jenis Turbin Impuls

Turbin Impuls memiliki dua jenis turbin yaitu turbin De Laval dan turbin Pelton yang masing-masing digerakan dengan sumber energi yang berbeda, perbedaan antara turbin De Laval dan turbin Pelton adalah:

#### 1. Turbin De Laval:

Insinyur Swedia, Carl G.P. de Laval, membangun turbin ini. Salah satu turbin uap impuls yang pertama yang bisa dimanfaatkan dengan praktis. Gear diperlukan untuk mengurangi jumlah revolusi yang sangat tinggi ke jumlah yang lebih teknis yang dapat digunakan. Dalam turbin De Laval uap berasal dari nosel tetap. Tekanan uap diberi kecepatan tinggi. Kemudian mengalir melalui sudu-sudu, yang menyimpang dari arah tekanannya pada sudu-sudu dan kemudian berputar untuk menghasilkan energi.

#### 2. Turbin Pelton:

Turbin Pelton adalah turbin air jenis impuls. Hal ini ditemukan oleh Lester Allan Pelton pada 1870. Turbin Pelton memanfaatkan energi impuls dari air yang bergerak, contohnya adalah tinggi jatuh air sungai yang mengalir. Tinggi jatuh air disalurkan melalui nosel yang terus menghantam sudu-sudu turbin agar terjadi gerak putar pada turbin.

### 2.2.3. Generator DC

Pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4-kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, starter eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casing, serta bagian rotor. [6]

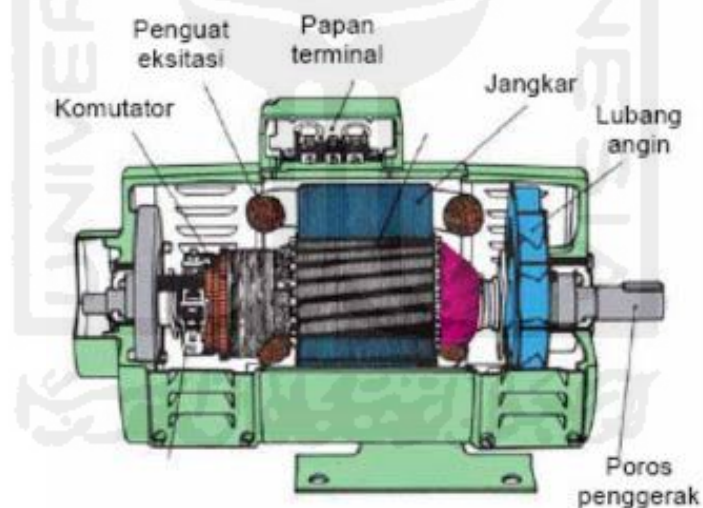
Generator DC terdiri dua bagian, yaitu stator, yaitu bagian mesin DC yang diam, dan bagian rotor, yaitu bagian mesin DC yang berputar. Bagian stator terdiri

dari: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Sedangkan bagian rotor terdiri dari: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.

Dasar teori Teori yang mendasari terbentuknya GGL induksi pada generator ialah Percobaan Faraday. Percobaan Faraday membuktikan bahwa pada sebuah kumparan akan dibangkitkan GGL Induksi apabila jumlah garis gaya yang diliputi oleh kumparan berubah-ubah.

Ada 3 hal pokok terkait dengan GGL Induksi ini, yaitu :

1. Adanya flux magnet yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet.
2. Adanya kawat penghantar yang merupakan tempat terbentuknya EMF.
3. Adanya perubahan flux magnet yang melewati kawat penghantar listrik.



**Gambar 2.2** Konstruksi Generator DC [10]

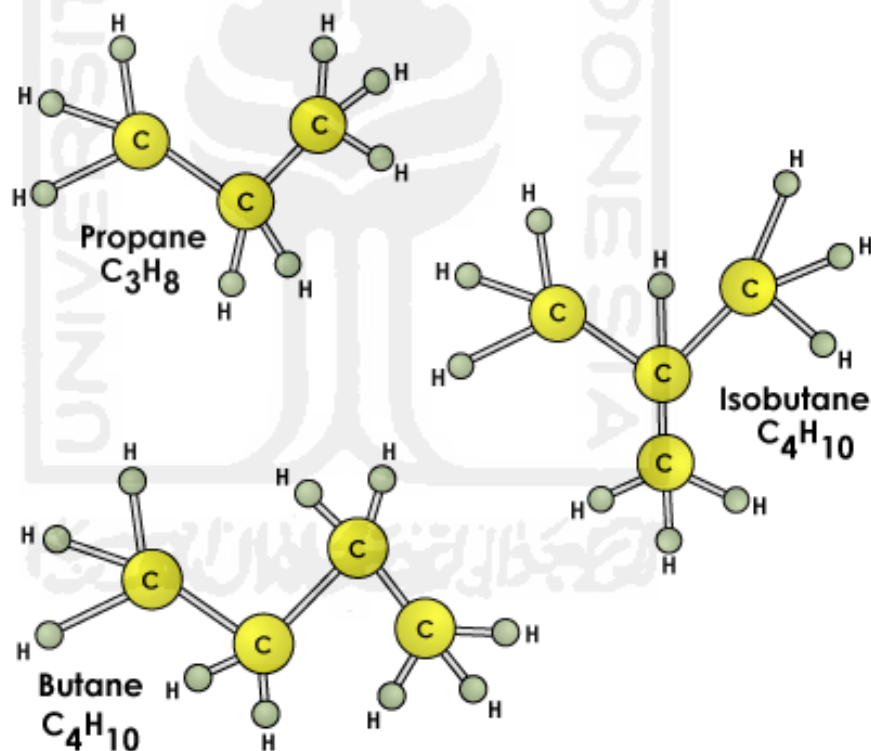
#### 2.2.4. LPG

LPG adalah sebuah singkatan dari *Liquidfied Petroleum Gas*. LPG dapat digunakan sebagai bahan bakar buat sebuah pembangkit. LPG mengandung bahan karbon dan hydrogen tergantung struktur molekul, karena LPG dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu Propana dan Butana, kedua hidrokarbon yang banyak



digunakan pada bahan bakar dirumah, industri dan seluruh dunia.LPG dapat disimpan dalam kadar cairan karena itu mudah untuk bisa di bawa dan digunakan dalam sebuah percobaan. [7]

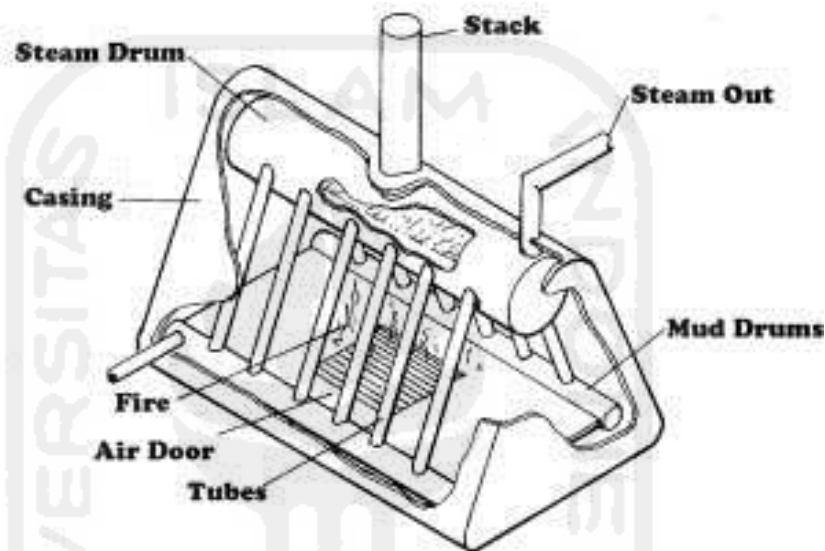
Perbedaan antara Propana dan Butana adalah titik didihnya yang dimana Propana mempunyai titik didih  $-42^{\circ}\text{C}$  dan Butana  $0^{\circ}\text{C}$ , dalam arti Propana sangat mudah terbakar dalam kondisi apapun dibandingkan Butana dimana dalam kondisi dingin tidak akan bisa terbakar. Satu kilogram Propana bisa membangkitkan 20286,6 KJ energi. [8]



**Gambar 2.3** Wujud dari Molekul Propana dan Butana [12]

### 2.2.5. Boiler

Boiler dirancang untuk menghasilkan uap sebagai media penggerak turbin. Boiler bisa menampung air yang cukup banyak untuk bisa menghasilkan uap dengan tekanan dan suhu yang tinggi. Manometer dipasang pada boiler untuk bisa mengukur tekanan yang ada dan Termometer untuk mengukur suhu.



Gambar 2.4 Desain boiler sederhana [11]

### 2.3. Pengukuran Bahan Bakar

Pengukuran ini dimaksud untuk mengetahui besar energi LPG (Propana) karena LPG sangat mudah untuk didapatkan dipasaran mana saja dan mudah untuk proses pembakaran, hal ini berkaitan erat dengan kalor. Dari hasil penelitian bahwa LPG memiliki kandungan gas yang tinggi yaitu 1 kilogram LPG terdapat energy sebesar 20286,6 KJ. Untuk mendapatkan estimasi perbandingan maka gas LPG yang dipakai adalah 3kg, dengan arti  $20286,6 \text{ KJ} \times 3 = 60,859.8 \text{ KJ}$ . Percobaan dilakukan dengan mengisi setengah tangki boiler dengan air sebesar 0.84 liter atau 0.84 kg, sesudah itu dipanaskan dengan tabung 3 Kg LPG. Kalor jenis air (c) diketahui sebesar  $4180 \text{ J/ Kg } ^\circ\text{C}$ . Suhu awal boiler akan diukur

terlebih dahulu dengan termometer, selanjutnya akan diukur kembali suhu akhir dari boiler hingga ada perubahan suhu menjadi panas.

