

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sejalan dengan kebijaksanaan pihak swasta dalam usaha dan penanaman modal mempercepat realisasi program pengembangan industri sebagai penghasil non migas dan PT. Growth Asia di bangun pada tahun 2009 di Kawasan Industri Medan – Tahap 3 Jl. Pulau Tidore, Kav. B5, dengan luas lahan 4,6 Ha, yang bergerak dibidang usaha Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa dengan kapasitas (power) 2 X 15 MW dan tidak mengalami perubahan kapasitas sampai saat ini.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk memutar generator dan menghasilkan energi listrik dan pembangunan PLTU Biomassa ini dibangun dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan listrik sendiri dengan menggunakan bahan bakar biomassa seperti fiber, sekam padi, serbuk kayu, tungkul jagung, kayu sembarang, cangkang, batok kelapa, antiwit, kulit jengkol/pinang, batang sawit, kayu giling dan pelet serbuk kayu. Namun selanjutnya daya yang dihasilkan melebihi kebutuhan (excess power) sehingga ada kelebihan 20 MW dan dijual ke PT. PLN (Persero) Wilayah Sumatera Utara.

Pembangunan PLTU biomassa ini selain meningkatkan ketahanan energi dan kemandirian energi sekaligus mampu mengurangi emisi gas rumah kaca karena biomassa adalah bagian dari energi terbarukan atau energi bersih sehingga peningkatan pembangunan PLTU biomassa akan mempercepat pembangunan energi berkelanjutan. PT. Growth Asia merupakan suatu perusahaan di bawah manajemen usaha Growth Steel Group dengan bisnis inti industri baja terintegrasi dengan pesat dan harus membutuhkan daya listrik yang cukup besar dalam proses produksinya. Untuk sumber tenaga listrik tersebut pabrik tidak menggunakan suplai dari PLN, melainkan mempunyai pembangkit listrik sendiri berupa PLTU Biomassa.

PLTU Biomassa ini disebut juga sebagai pembangkit listrik terbarukan karena bahan yang digunakan untuk proses pembakaran adalah diambil dari sisa

limbah organik dari masyarakat yang secara terus menerus yang akan tetap ada selama proses pertanian atau perkebunan berlangsung, oleh sebab itu penulis membuat judul tugas akhir “**STUDI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR BIOMASSA (APLIKASI PT. GROWTH ASIA)**”. Dimaksudkan supaya diperoleh pengetahuan bagaimana sistem pembangkitan PLTU Biomassa.

## **1.2 Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan penulisan dari tugas akhir ini :

Untuk memberikan penjelasan tentang prinsip dari PLTU Biomassa Aplikasi PT. Growth Asia.

## **1.3 Batasan Masalah**

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang maksimal, maka penulis perlu membatasi masalah yang akan dibahas. Adapun batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Hanya menguraikan sistem pembangkitan sesuai pengamatan.
2. Hanya membahas komponen-komponen yang terpasang di PLTU Biomassa PT. Growth Asia berkaitan dengan teori.

## **1.4 Metode Penulisan**

Metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Studi literatur  
Berupa studi keperpustakaan, jurnal, internet dan kajian dari buku-buku teks pendukung dalam penulisan tugas akhir ini.
2. Studi Lapangan  
Mengadakan peninjauan langsung ke PLTU Biomassa PT. Growth Asia untuk memperoleh bahan tugas akhir ini.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Untuk memudahkan pemahaman tugas akhir ini, maka penulis menyusun sistematika penulisan sebagai berikut :

**BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini merupakan pendahuluan yang berisikan latar belakang, tujuan penulisan, manfaat penulisan, batasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan.

**BAB II : DASAR TEORI PLTU**

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang mendukung pada pembangkit listrik tenaga uap.

**BAB III : SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) BIOMASSA APLIKASI PT. GROWTH ASIA**

Bab ini menjelaskan tentang Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa yang ada di PT. Growth Asia, transformator dan pendistribusian.

**BAB IV : ANALISIS PLTU BIOMASSA**

Bab ini menjelaskan Tinjauan umum, gambaran bahan bakar PLTU Biomassa, efisiensi, pemakaian beban listrik, perkiraan beban dan faktor penggunaan pembangkit.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang merupakan rangkuman dari seluruh pembahasan.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI PLTU**

#### **2.1 Umum**

Listrik sudah menjadi prioritas utama atau dapat dikatakan sebagai kebutuhan pokok bagi masyarakat. Hal ini disebabkan begitu banyak alat-alat rumah tangga yang lebih dari 80% sudah menggunakan tenaga listrik, seperti menyalakan lampu, televisi, mesin cuci, kipas angin, lemari es, dan lain-lain. Perindustrian pun turut membutuhkan tenaga listrik dalam pengoperasian alat-alat serta mesin yang digunakan, Sehingga tak heran di setiap negara khususnya negara berkembang seperti Indonesia mengalami krisis sumber daya listrik.

Di Indonesia banyak perusahaan ataupun industri yang memiliki pembangkit sendiri untuk menjalankan usahanya tanpa suplayan dari PLN. Pembangkit sendiri adalah pembangkit listrik yang dikelola dan dioperasikan sendiri tanpa ada suplayan dari PLN. Penggunaan pembangkit listrik sendiri ini digunakan pada perusahaan atau industri yang beroperasi dalam 24 jam serta perusahaan industri yang cukup besar. Biasanya suatu industri atau perusahaan harus memilih pembangkit yang mempunyai kapasitas daya yang besar serta biaya produksinya yang kecil dan perawatannya yang mudah, contohnya seperti PLTU, PLTA, PLTG, PLTGU.

Manfaat dari membuat pembangkit listrik sendiri adalah untuk pemakaian sendiri dan untuk di jual kepada pihak yang membutuhkan, karena dizaman sekarang ini listrik sangatlah dibutuhkan oleh siapa saja.

Keuntungan dan kerugian dari pembuatan pembangkit sendiri adalah :

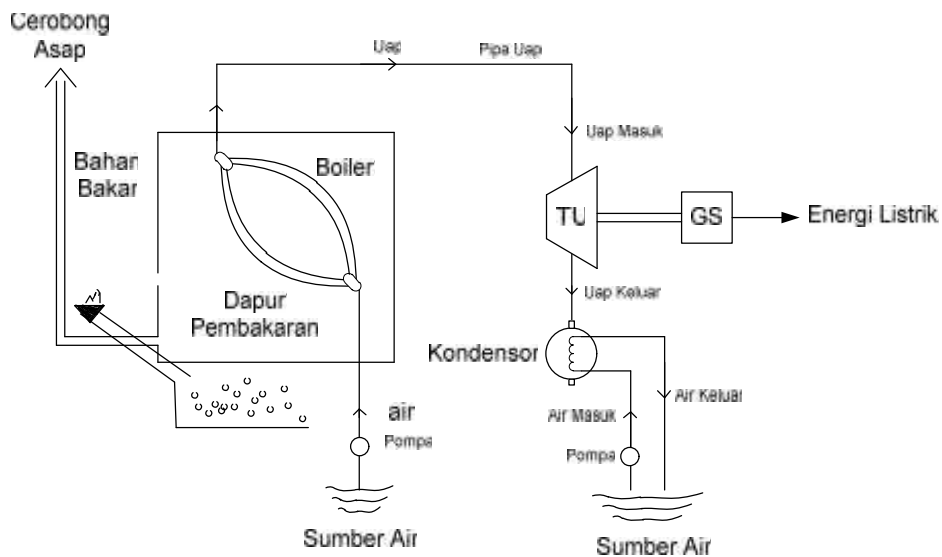
1. Keuntungan
  - a. Tidak membayar tagihan listrik (rekening listrik)
  - b. Hanya dioperasikan saat ada proses produksi
  - c. Dapat dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar Biomassa.
  - d. Hemat dari pembiayaan.
2. Kerugian
  - a. Tidak dapat memperbesar daya.
  - b. Starting up yang lama.

## 2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah suatu pembangkit yang menggunakan uap sebagai penggerak utama (prime mover). Bentuk utama dari PLTU adalah generator yang di hubungkan ke turbin dimana untuk memutar turbin uap diperlukan energi kinetik dari uap panas atau kering. Energi listrik yang dihasilkan akan menyuplai peralatan – peralatan listrik yang disebut dengan beban. Pembangkit listrik tenaga uap biasanya menggunakan berbagai macam bahan bakar terutama batubara dan minyak. Salah satu kelebihan dari PLTU adalah daya yang dihasilkan cukup besar. Komponen utama dari PLTU adalah turbin uap, kondensor, ruang pembakaran (boiler), dan generator. Efisiensi termis dari PLTU berkisar pada angka 35 % - 38 %.

### 2.2.1 Proses Pembangkitan Energi Listrik Pada PLTU

Proses pembangkitan energi listrik pada PLTU dapat digambarkan seperti dibawah ini pada sistem sistem terbuka dan sistem tertutup.



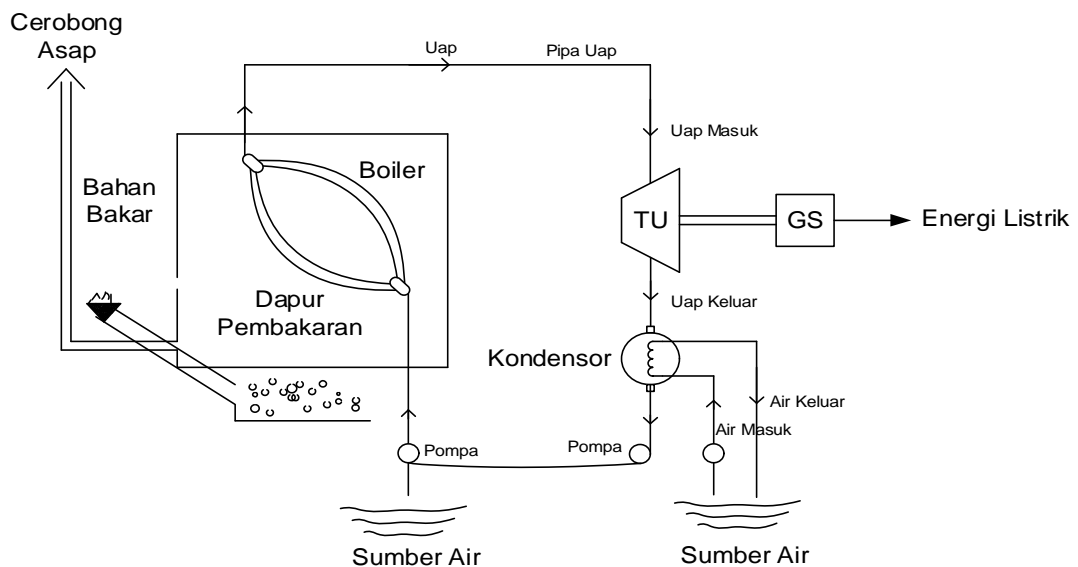
**Gambar 2.1 PLTU Sistem Terbuka**

Yang paling sederhana adalah dengan sistem sirkulasi air terbuka seperti pada gambar di atas. Air dipompakan ke boiler maka dalam boiler air tersebut dipanaskan sampai air tersebut menguap. Kondisi uap yang keluar dari boiler harus mempunyai tekanan dan temperatur tertentu seperti ditunjukkan pada tabel

dibawah ini. Uap yang dihasilkan dialirkan ke turbin uap melalui pipa untuk memperoleh energi mekanis. Energi Mekanis yang dihasilkan turbin uap akan menggerakkan generator/prime over sehingga turbin uap merupakan prime over, generator dikopling dengan turbi uap dan Apabila extaci pada generator sinkron telah cukup, maka timbul energi listrik. Uap yang keluar dari turbin uap masuk ke kondensor, dimana di kondensor telah dipompakan air pendingin, sehingga uap tersebut didinginkan dan menjadi air dan dibuang ke sumber air. Karena air yang keluar dari kondensor dimanfaatkan kembali ke boiler dengan kata lain dibuang ke sumber air maka sistem ini disebut dengan sistem sirkulasi sistem air terbuka. Sistem ini masih kurang efisien karena sebenarnya air yang keluar dari kondensor dengan temperatur air yang tinggi masih dapat digunakan sebagai sumber air penguapan dimana akan menghemat bahan bakar. Sistem ini disebut dengan sistem sirkulasi air tertutup seperti pada gambar 2.2 :

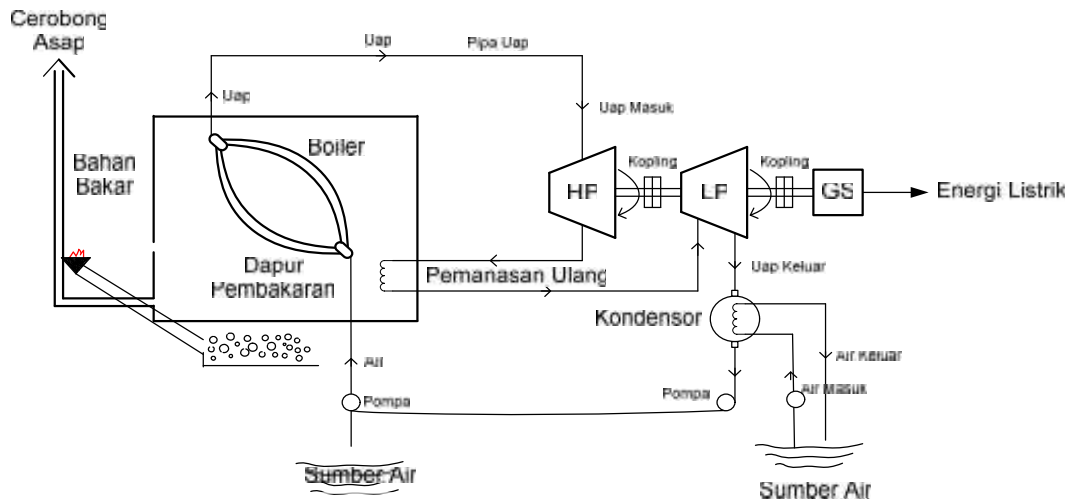
**Tabel 2.1 Tekanan Dan Temperatur Uap**

P (kg/cm <sup>2</sup> )	t (°C)
15	125
325	650



**Gambar 2.2 PLTU Sistem Tertutup/CCW (Close Circulation Water)**

Sistem sirkulasi tertutup masih dapat dinaikkan efisiensinya dengan menggunakan pemanasan ulang, seperti gambar 2.3 :



**Gambar 2.3 PLTU CCW (Close Circulation Water) dan Pemanas Ulang**

## 2.2.2 Keuntungan dan Kerugian PLTU

### Keuntungan :

1. Biaya investasi lebih murah jika dibandingkan dengan PLTA.
2. Letaknya bisa didekatkan dengan pusat beban atau wilayah perkotaan.
3. Kontinuitas daya listrik keluaran terjaga, karena menggunakan energi primer bahan bakar. Oleh karena kontinuitasnya, PLTU biasanya digunakan untuk operasi beban dasar.

### Kerugian :

1. Waktu starting PLTU dari keadaan dingin hingga beban penuh butuh waktu yang lama, yaitu 6-8 jam
2. Efisiensi lebih rendah, yaitu 35-38%
3. Perawatan lebih sulit jika dibandingkan dengan PLTA, karena dalam operasi PLTU melibatkan perubahan kalor yang drastis
4. Memerlukan area yang luas untuk menyimpan bahan bakar (batubara)

## **2.3 Turbin uap**

Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengkonversi energi panas yang terkandung oleh uap menjadi energi putar (energi mekanis). Poros turbin yang dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar.

### **2.3.1 Prinsip Kerja Turbin Uap**

Uap masuk kedalam turbin melalui nosel, di dalam nosel energi panas dari uap dirubah menjadi energi kinetik dan uap mengalami pengembangan. Tekanan uap pada saat keluar dari nosel lebih kecil dari pada saat masuk ke dalam nosel, akan tetapi sebaliknya kecepatan uap keluar nosel lebih besar dari pada saat masuk ke dalam nosel. Uap yang memancar keluar dari nosel diarahkan ke sudu-sudu turbin yang berbentuk lengkungan dan dipasang disekeliling roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah-celah antara sudu turbin itu dibelokkan kearah mengikuti lengkungan dari sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan gaya yang mendorong dan kemudian memutar roda dan poros turbin. Jika uap masih mempunyai kecepatan saat meninggalkan sudu turbin berarti hanya sebagian yang energi kinetis dari uap yang diambil oleh sudu-sudu turbin yang berjalan. Supaya energi kinetis yang tersisa saat meninggalkan sudu turbin dimanfaatkan maka pada turbin dipasang lebih dari satu baris sudu gerak. Sebelum memasuki baris kedua sudu gerak, maka antara baris pertama dan baris kedua sudu gerak dipasang satu baris sudu tetap yang berguna untuk mengubah arah kecepatan uap, supaya uap dapat masuk ke baris kedua sudu gerak dengan arah yang tepat. Kecepatan uap saat meninggalkan sudu gerak yang terakhir harus dapat dibuat sekecil mungkin, agar energi kinetik yang tersedia dapat dimanfaatkan sebanyak mungkin. Dengan demikian efisiensi turbin menjadi lebih tinggi karena kehilangan energi relatif kecil.

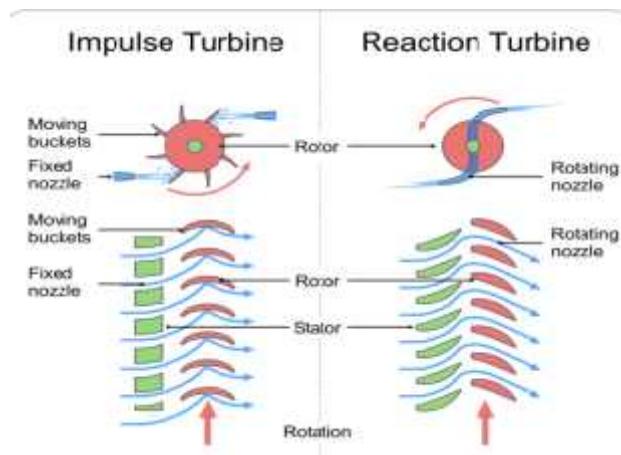
### **2.3.2 Klasifikasi Turbin Uap**

Ada beberapa cara untuk mengklasifikasi turbin, yaitu :

1. Berdasarkan arah aliran uapnya :



- a. Turbin aksial, yaitu turbin dengan arah aliran uap sejajar dengan sumbu poros.
  - b. Turbin radial, yaitu turbin dengan arah aliran uapnya tegak lurus terhadap sumbu poros.
2. Berdasarkan prinsip aksi uap yang digunakan untuk menggerakkan roda jalan turbin melalui sudu, maka turbin uap dibagi menjadi :
- a. Turbin impuls, yaitu turbin yang perputaran sudu-sudu gerakannya karena dorongan dari uap yang telah dinaikkan kecepatannya oleh nosel. Turbin impuls disebut juga turbin aksi atau tekanan tetap, dimana uap mengalami ekspansi hanya pada nosel atau sudu-sudu tetap saja, sehingga tekanan uap sebelum dan sesudah sudu adalah tetap.
  - b. Turbin reaksi, yaitu turbin yang perputaran sudu-sudu gerakannya karena gaya sudu-sudu itu sendiri terhadap aliran uap yang melewatinya. Pada turbin ini proses ekspansi dari fluida kerjanya terjadi didalam baris sudu-sudu tetap maupun sudu-sudu gerakannya, sehingga tekanan uap sesudah keluar dari tiap tingkat sudu lebih rendah dari sebelumnya.



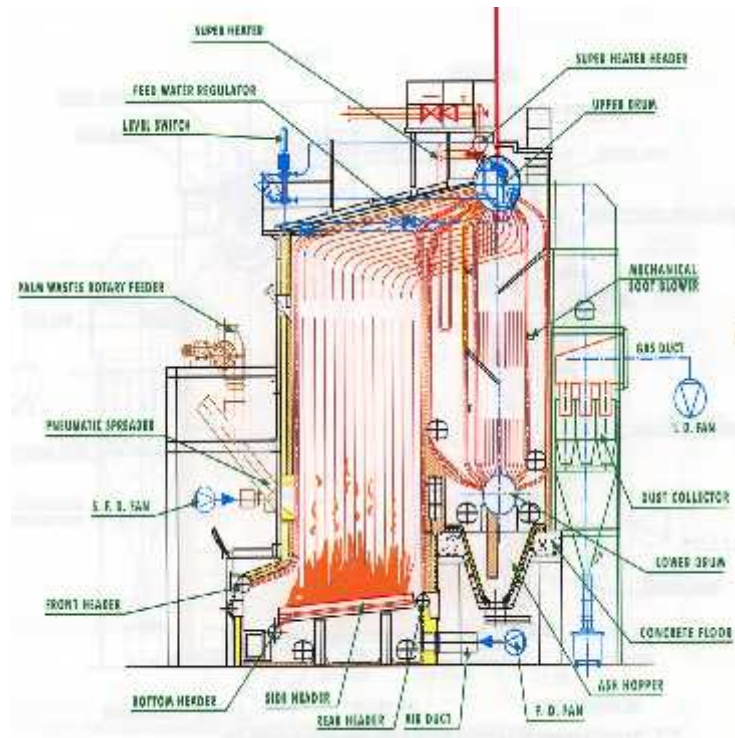
**Gambar 2.4 Perbedaan Skema Aliran Uap Antara Turbin Impuls dan Reaksi**

3. Berdasarkan kondisi uap yang meninggalkannya :
  - a. Turbin tekanan lawan, yaitu turbin yang tekanan uap bekasnya berada diatas tekanan atmosfer dan digunakan untuk keperluan proses.

- b. Turbin kondensasi langsung, yaitu turbin yang uap bekasnya dikondensasikan langsung dalam kondensor untuk mendapatkan air kondensor pengisian ketel.
  - c. Turbin ekstraksi dengan tekanan lawan, yaitu turbin yang sebagian uap bekasnya digunakan dan sebagian lagi digunakan untuk keperluan proses.
  - d. Turbin ekstraksi dengan kondensasi, yaitu turbin yang sebagian uap bekasnya digunakan sebagian lagi dikondensasikan dalam kondensor untuk mendapatkan air kondensat pengisian ketel.
  - e. Turbin non kondensasi dengan aliran langsung, yaitu turbin yang uap bekasnya langsung dibuang ke udara.
  - f. Turbin non kondensasi dengan ekstraksi, yaitu turbin yang sebagian uap bekasnya digunakan dan sebagian lagi dibuang ke udara.
4. Berdasarkan tekanan uapnya :
- a. Turbin tekanan rendah, yaitu turbin dengan tekanan uap masuk hingga 2 ata.
  - b. Turbin tekanan menengah, yaitu turbin dengan tekanan uap masuk hingga 40 ata.
  - c. Turbin tekanan tinggi, yaitu turbin dengan tekanan uap masuk hingga di atas 40 ata.
  - d. Turbin tekanan sangat tinggi, yaitu turbin dengan tekanan uap masuk di atas 170 ata.
  - e. Turbin tekanan super kritis, yaitu turbin dengan tekanan uap masuk di atas 225 ata.
5. Menurut jumlah tingkat tekanan, terdiri dari :
- a. Turbin satu tingkat dengan satu atau lebih tingkat kecepatan, yaitu turbin yang biasanya berkapasitas kecil dan turbin ini kebanyakan dipakai untuk menggerakkan kompresor sentrifugal.
  - b. Turbin impuls dan reaksi nekatingkat, yaitu turbin yang dibuat dalam jangka kapasitas yang luas mulai dari yang kecil sampai yang besar.

### 2.3.3 Boiler

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumenya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik. Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem. Air yang disuplai ke boiler untuk dirubah menjadi steam disebut air umpan. Dua sumber air umpan adalah: (1) Kondensat atau steam yang mengembun yang kembali dari proses dan (2) Air makeup (air baku yang sudah diolah) yang harus diumpankan dari luar ruang boiler dan plant proses. Untuk mendapatkan efisiensi boiler yang lebih tinggi, digunakan *economizer* untuk memanaskan awal air umpan menggunakan limbah panas pada gas buang.



**Gambar 2.5 Boiler**

### 2.3.4 Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar kalor (Heat Exchanger) yang berfungsi mengkondensasikan uap bekas dari turbin menjadi titik-titik air (air kondensat) dan air yang terkondensasi menjadi air ditampung pada Hotwell. Selanjutnya air tersebut disirkulasikan kembali ke boiler untuk diproses kembali menjadi uap .

Kondensor dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Kondensor kontak langsung (Direct Contact Condensor/Jet Condensor).

Prinsipnya mencampur uap dan air pendingin yang di spray kan dalam satu tabung sehingga terbentuk air kondensate dan biasanya campuran air yang terbentuk diinjeksikan lagi keperut bumi untuk menjaga kelestarian alam. Kondensor jenis ini banyak digunakan pada PLTP.

2. Kondensor Permukaan (Surface Condensor).

Prinsipnya air pendingin dan uap yang didinginkan tidak dicampur, terpisah air pendingin didalam pipa-pipa (tubes) pendingin sedangkan uap yang terkondensasi didalam cangkang (shell). Pada Kondensor Permukaan air

pendingin yang tersedia dalam jumlah besar dan diharapkan air yang masuk kedalam kondensor air yang bersih.

## **2.4 Generator Sinkron**

### **2.4.1 Pengertian generator sinkron**

Hampir semua energi listrik dibangkitkan dengan menggunakan generator sinkron. Generator sinkron (sering disebut alternator) adalah mesin sinkron yang digunakan untuk mengubah daya mekanik menjadi daya listrik. Generator sinkron dapat berupa generator sinkron tiga fasa atau generator sinkron AC satu fasa tergantung dari kebutuhan. Untuk memutar rotor generator digunakan prime mover (penggerak mula) yang dapat berupa turbin ataupun mesin diesel.

### **2.4.2 Kontruksi Generator Sinkron**

Konstruksi umum Generator AC adalah sebagai berikut :

#### **1. Rangka Stator**

Merupakan rumah dari bagian – bagian generator lain yang terbuat dari besi tuang.

#### **2. Stator**

Stator memiliki alur – alur sebagai tempat meletakkan lilitan stator. Lilitan stator berfungsi sebagai sebagai tempat GGL induksi.

#### **3. Rotor**

Rotor adalah bagian yang berputar, pada bagian ini terdapat kutub–kutub yang memiliki inti dan kumparan medan yang lilitannya dialiri arus searah yang menjadi arus penguatan.

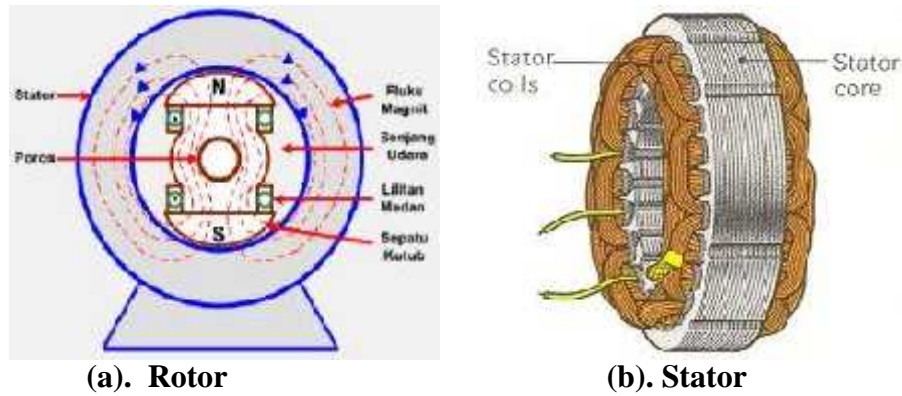
#### **4. Cincin Geser**

Terbuat dari bahan kuningan atau tembaga yang dipasang pada poros dengan memakai isolasi. Cincin geser atau yang biasa disebut slip ring ini berputar bersama – sama dengan poros dan rotor.

#### **5. Generator Penguat**

Generator penguat merupakan generator searah yang dipakai sebagai sumber arus pada generator utama.

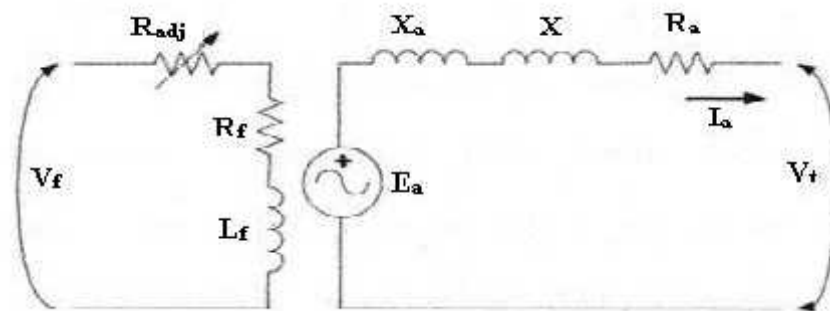
Pada umumnya generator AC ini dibuat sedemikian rupa, sehingga lilitan tempat terjadinya GGL induksi tidak bergerak, sedangkan kutub-kutub akan menimbulkan medan magnet berputar.



**Gambar 2.6 Konstruksi Generator**

### 2.4.3 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron

Stator merupakan group belitan jangkar yang terbuat dari tembaga. Belitan belitan ini diletakkan pada alur-alur (slot), dimana suatu belitan konduktor akan mengandung tahanan ( $R$ ) dan induktansi ( $L$ ), maka belitan stator akan mengandung tahanan stator ( $R_a$ ) dan induktansi sendiri ( $L_f$ ). Akibat adanya pengaruh reaktansi reaksi jangkar  $X_a$  dan reaktansi bocor jangkar  $X$  maka rangkaian ekuivalen suatu generator sinkron dapat dilihat seperti gambar 2.6 :

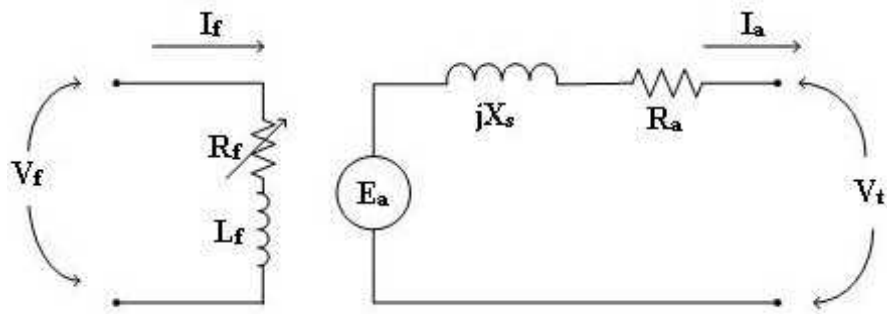


**Gambar 2.7 Rangkaian Ekuivalen Generator Sinkron**

Dimana :

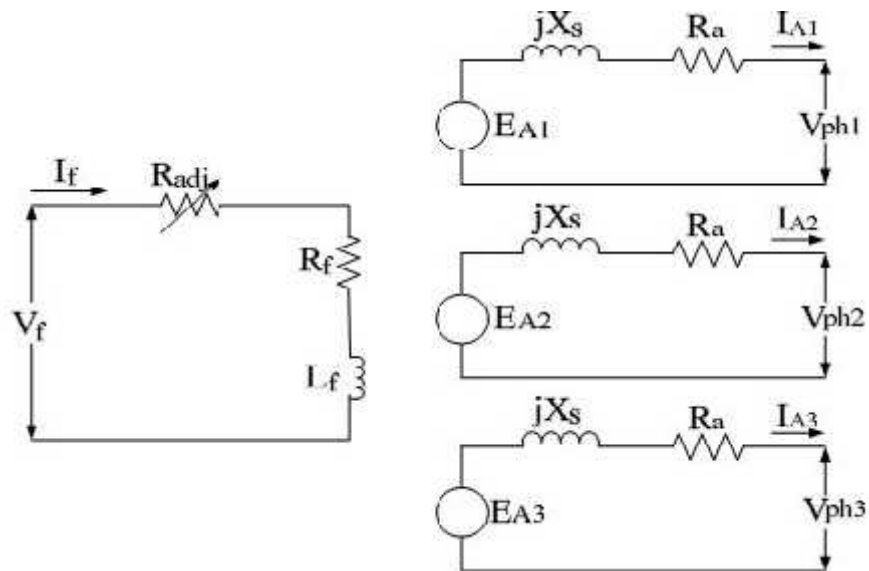
- $V_f$  = Tegangan Eksitasi (Volt)
- $R_f$  = Tahanan Belitan Medan (Ohm)

- $L_f$  = Induktansi Belitan Medan (Henry)
- $R_{adj}$  = Tahanan Varibel (Ohm)
- $E_a$  = Ggl yang dibangkitkan generator sinkron (Volt)
- $V_t$  = Tegangan terminal generator sinkron (Volt)
- $X_a$  = Reaktansi armatur (Ohm)
- $X$  = Reaktansi Bocor (Ohm)
- $X_s$  = Reaktansi sinkron (Ohm)
- $I_a$  = Arus Jangkar (Ampere)



**Gambar 2.8 Penyederhanaan Rangkaian Generator Sinkron**

Karena tegangan yang dibangkitkan oleh generator sinkron adalah tegangan bolak-balik tiga fasa maka gambar yang menunjukkan hubungan tegangan induksi perfasa dengan tegangan terminal generator akan ditunjukkan pada gambar 2.8 :



**Gambar 2.9 Rangkaian Ekivalen Generator Sinkron Tiga Fasa**

#### 2.4.4 Prinsip Dasar Generator Sinkron

Generator sinkron bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Generator sinkron mempunyai belitan jangkar yang merupakan elemen diam pada stator dan belitan eksitasi itu dimagnetisasikan oleh arus searah yang dipasok oleh sumber arus searah dari luar atau dari generator itu sendiri dengan jalan mengambil sebagian arus yang keluar dari stator lalu diserahkan sebagai penguat. Jika stator generator sinkron diputar pada suatu kecepatan tertentu yang disebut dengan putaran sinkron, belitan medan magnet pada rotor tersebut dialiri arus searah, sehingga menghasilkan fluksi yang turut berputar dan memotong belitan jangkar yang terdapat pada bagian stator. Akibat adanya perubahan fluksi persatuan waktu yang dirasakan oleh belitan jangkar, maka pada belitan jangkar akan terjadi tegangan induksi.

Prinsip kerja generator sinkron berdasarkan induksi elektromagnetik. Setelah rotor diputar oleh penggerak mula (prime mover), dengan demikian kutub-kutub yang ada pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub diberi arus searah maka pada permukaan kutub akan timbul medan magnet (garis-garis gaya fluks) yang berputar, kecepatannya sama dengan putaran kutub. Garis-garis gaya fluks yang berputar tersebut akan memotong kumparan jangkar distator, sehingga menimbulkan *GGL* atau tegangan induksi, yang besarnya :

$$E = -N \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- E = Tegangan induksi (Volt)
- N = Jumlah lilitan
- d = Fluksi yang berubah-ubah (Weber)
- dt = Waktu perubahan fluksi (detik)

#### 2.4.5 Kecepatan Putaran Generator

Kecepatan putaran suatu generator sinkron tergantung kepada penggerak mulanya, Seperti pada pembangkit listrik tenaga air (PLTA), penggerak mulanya berupa turbin. Jadi apabila putaran turbinnya tinggi, maka putaran pada generator



juga akan tinggi. Dan jika sebaliknya, jika putaran turbin rendah maka putaran pada generator juga akan rendah. Putaran pada generator selalu dijaga konstan agar frekuensi dan tegangan yang dihasilkan generator sinkron tetap konstan. Untuk menentukan besarnya frekuensi yang dihasilkan oleh generator dapat dicari berdasarkan besarnya jumlah putaran dan banyaknya jumlah pasang kutub pada generator sinkron, sehingga diperoleh hubungan :

$$f = \frac{p \cdot n}{120} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

- f = frekuensi listrik (Hz)
- p = Jumlah kutub pada rotor
- n = Kecepatan putaran rotor (rpm)

Umumnya frekuensi listrik yang dihasilkan suatu generator sinkron di Indonesia 50 Hz. Ini berarti untuk generator sinkron yang mempunyai satu pasang kutub diperlukan sebanyak 25 putaran setiap detik atau sama dengan 60 x 25 = 1500 putaran per menit.

Untuk menjaga frekuensi yang dihasilkan generator sinkron sebesar 50 Hz dan untuk generator sinkron yang mempunyai jumlah kutub pada rotornya lebih dari satu pasang maka jumlah putarannya ini disesuaikan dengan persamaan di atas. Kecepatan putaran juga sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dihasilkan generator sinkron. Jika putarannya turun, maka tegangan generator sinkron juga akan turun dan apabila putarannya bertambah maka akan mengakibatkan bertambahnya tegangan yang dihasilkan oleh generator. Jadi jika putaran generator sinkron bertambah maka akan mengakibatkan bertambahnya kemampuan pembangkitan daya dari generator sinkron. Tetapi biasanya dalam pengoperasiannya jumlah putaran generator sinkron dijaga konstan dan yang diatur biasanya adalah arus penguat medannya.

#### 2.4.6 Daya Generator Sinkron

Generator untuk pembangkit listrik tenaga air menggunakan generator sinkron. Daya yang dihasilkan oleh generator 1 phasa dihitung dengan persamaan:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$P$  = Daya yang dihasilkan generator (Watt)

$V$  = Tegangan terminal generator (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

$\cos$  = Faktor daya

#### **2.4.7 Sistem Eksitasi**

Sistem eksitasi adalah sistem mengalirkan pasokan listrik DC sebagai penguatan pada generator listrik, sehingga menghasilkan tenaga listrik dan besar tegangan output bergantung pada besarnya arus eksitasi.

Sistem eksitasi pada generator terdiri dari 2 macam :

6. Sistem eksitasi dengan menggunakan sikat
7. Sistem eksitasi dengan tanpa sikat

##### **2.4.7.1 Sistem Eksitasi Dengan Sikat**

Sistem menggunakan menggunakan sikat, sumber tenaga listrik berasal dari sumber listrik yang berasal dari generator arus searah (DC) atau generator arus bolak balik (AC) yang disearahkan terlebih dahulu dengan menggunakan rectifier. Untuk mengalirkan arus eksitasi dari main exciter ke rotor generator menggunakan slip ring dan sikat arang, demikian juga penyaluran arus yang berasal dari pilot eksiter ke main exciter

##### **2.4.7.2 Sistem Eksitasi Tanpa Sikat**

Penggunaan sikat atau slip ring untuk menyalurkan arus excitasi ke rotor generator mempunyai kelemahan karena besarnya arus yang mampu dialirkan pada sikat arang relative kecil. Untuk mengatasi keterbatasan sikat arang, pada generator pembangkit menggunakan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat

Keuntungan sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat antara lain adalah :

1. Energi yang diperlukan untuk eksitasi diperoleh dari poros utama, sehingga keandalan tinggi.

2. Biaya perawatan berkurang karena pada sistem eksitasi tanpa sikat tidak terdapat sika, komutator dan slip ring.
3. Pada sistem eksitasi tanpa sikat tidak terjadi kerusakan isolasi karena melekatnya debu karbon akibat sikat arang.
4. Mengurangi kerusakan akibat udara buruk sebab semua peralatan ditempatkan pada ruang tertutup.
5. Selama operasi tidak diperlukan pengganti sikat, sehingga meningkat keandalan operasi dapat berlangsung kontinyu pada waktu yang lama.
6. Pemutus medan generator dan bus exciter atau kabel tidak diperlukan lagi.
7. Biaya pondasi berkurang, sebab saluran udara dan bus exciter atau kabel tidak memerlukan pondasi.

## **2.5 Sinkronisasi**

Operasi paralel pusat-pusat tenaga listrik pada dasarnya merupakan perluasan bekerja paralel satu generator dengan generator lain, dengan tambahan resistansi dan reaktansi saluran-saluran interkoneksi. Proses menghubungkan paralel satu generator dengan generator lainnya dinamakan sinkronisasi, atau dapat juga dikatakan bahwa sinkronisasi pada generator adalah memparalelkan kerja dua buah generator atau lebih untuk mendapatkan daya sebesar jumlah generator tersebut dengan syarat syarat yang telah ditentukan.

### **2.5.1 Syarat-Syarat Sinkronisasi**

Jika kita hendak memparalelkan dua generator atau lebih tentunya kita harus memperhatikan beberapa persyaratan paralel generator tersebut. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi adalah :

1. Tegangan kedua generator harus mempunyai amplitude yang sama.
2. Tegangan kedua generator harus mempunyai frekuensi harus sama.
3. Tegangan anatar generator harus sefasa.

Dengan persyaratan diatas berlaku apabila :

1. Lebih dari dua generator yang akan kerja paralel.
2. Dua atau lebih sistem yang akan dihubungkan sejajar.

3. Generator atau pusat tenaga listrik yang akan dihubungkan pada sebuah jaringan.

## **2.6 Automatic Voltage Regulator**

Unit AVR (Automatic Voltage Regulator) berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil tidak terpengaruh pada perubahan beban yang selalu berubah-ubah dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan output generator. Prinsip kerja dari AVR adalah mengatur arus penguatan (excitaci) pada exciter.

Apabila tegangan output generator dibawah tegangan nominal tegangan generator maka AVR akan memperbesar arus penguatan (excitaci) pada exciter. Dan juga sebaliknya apabila tegangan output generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan mengurangi arus penguatan (excitaci) pada exciter. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan output generator akan dapat distabilkan. AVR secara otomatis dikarenakan dilengkapi dengan peralatan seperti alat yang digunakan untuk pembatasan penguat minimum ataupun maximum yang bekerja secara otomatis.

## **2.7 Governor**

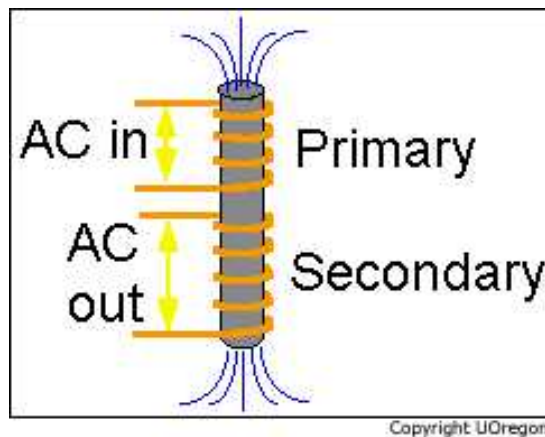
Governor digunakan sebagai 'interface' antara turbin penggerak dan generator. Pengaturan putaran turbin sejak turbin mulai bergerak sampai steady state dilakukan oleh governor, jadi bukan diambil alih oleh governor. Fungsi utama pengaturan putaran ini adalah untuk menjaga kestabilan sistem secara keseluruhan terhadap adanya variasi beban atau gangguan pada sistem.

Ada dua mode operasi governor, yaitu droop dan isochronous. Pada mode droop, governor sudah memiliki "setting point"  $P_{mech}$  (daya mekanik) yang besarnya sesuai dengan rating generator atau menurut kebutuhan. Dengan adanya "fixed setting" ini, output daya listrik generator nilainya tetap dan adanya perubahan beban tidak akan mengakibatkan perubahan putaran turbin (daya berbanding lurus dengan putaran).

Lain halnya dengan mode isochronous, “set point” putaran governor ditentukan berdasarkan kebutuhan daya listrik sistem pada saat itu (real time). Kemudian melalui internal proses di dalam governor (sesuai dengan kontrol logic dari manufaktur), governor akan menyesuaikan nilai output daya mekanik turbin supaya sesuai dengan daya listrik yang dibutuhkan sistem. Pada saat terjadi perubahan beban, governor akan menentukan setting point yang baru sesuai dengan aktual beban sehingga dengan pengaturan putaran ini diharapkan frekuensi listrik generator tetap berada di dalam rentang yang dapat diterima (acceptable range) dan generator tidak mengalami (out of synchronization).

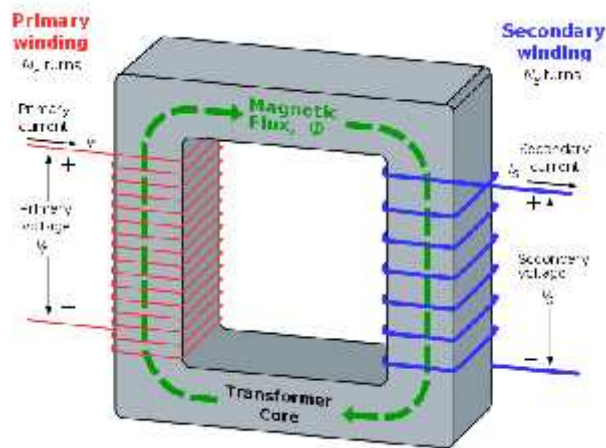
## 2.8 Transformator

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya / tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi faraday dan hukum lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet. Dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda potensial (gambar 2.9).



**Gambar 2.10 Arus Bolak-Balik Mengelilingi Inti Besi**

Arus yang mengalir pada belitan primer akan menginduksi inti besi transformator sehingga didalam inti besi akan mengalir flux magnet dan flux magnet ini akan menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial.



**Gambar 2.11 Prinsip Kerja Transformator**

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :

- 1) Transformator daya
- 2) Transformator distribusi
- 3) Transformator pengukuran (transformator arus dan transformator tegangan).

## 2.9 Perkiraan Beban

Langkah pertama dari perencanaan pengoprasian suatu pembangkit diperlukan terlebih dahulu suatu perkiraan beban yang harus dilayani, karena sifat dari energi Listrik itu sendiri tidak dapat disimpan melainkan langsung habis digunakan oleh konsumen. Oleh karena itu daya yang dibangkitkan harus selalu sama dengan daya yang digunakan konsumen. Apabila pembangkit daya listrik tidak mencukupi kebutuhan konsumen, maka hal ini akan ditandai oleh turunnya frekuensi dalam sistem. Sebaliknya apabila pembangkitan daya lebih besar dari pada kebutuhan konsumen, maka frekuensi akan naik. Adapun frekuensi yang diizinkan di Indonesia yaitu 50 Hertz dengan batas-batas penyimpangan yang masih diizinkan.

Karena kebutuhan konsumen yang terus berubah-ubah sepanjang waktu, maka untuk mempertahankan frekuensi (agar tetap 50 Hertz) maka diusahakan daya yang dibangkitkan di ubah-ubah sepanjang waktu disesuaikan dengan

kebutuhan konsumen agar frekuensi masih tetap terjaga konstan. Maka dalam hal pembangkitan memerlukan perencanaan operasi pembangkit yang cukup rumit dan menyangkut biaya bahan bakar yang mahal, diperlukan perkiraan beban atau perkiraan kebutuhan daya konsumen sebagai dasar dari perencanaan operasi.

### **2.9.1 Beban Rata-rata**

Beban rata-rata adalah jumlah beban untuk suatu waktu tertentu dengan menghitung seberapa besar beban terpakai dengan lama waktu pembebanan itu terjadi. Dan dapat disimpulkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Beban rata rata harian} = \frac{\text{jumlah beban per hari x jam pembebanan .....(4)}}{24 \text{ jam}}$$

### **2.9.2 Beban Puncak (Maksimum Demand)**

Beban puncak ( maksimum demand atau beban maksinum) adalah beban yang terjadi pada waktu tertentu dengan jumlah beban yang tertinggi dengan jumlah beban mendekati baban terpasang dan dapat dilihat setelah dikelompokkan setiap baban pemakaian setiap jamnya dalam satu hari dan dibuat kurvanya.

### **2.9.3 Kurva Beban**

kurva beban adalah bagian dari perencanaan beban yang berfungsi untuk kegiatan perencanaan dan pengoperasian suatu pembangkit. Dengan kurva beban dapat diketahui kebutuhan energi dan durasi kebutuhan daya, kurva lama beban dapat diperoleh dari kurva beban harian, bulanan, tahunan. Luas daerah dibawah kurva lama beban adalah jumlah energi yang dikonsumsi selama satu hari, satu bulan, satu tahun. Untuk mendapatkan kurva lama beban ini, maka menyusun grafik kurva beban setiap tingkatan. Beban pada kurva lama beban dihubungkan dengan durasi pemakaiannya.

## **BAB III**

### **SISTEM PEMBANGKITLISTRIK TENAGA UAP (PLTU) BIOMASSA APLIKASI PT.GROWTH ASIA**

#### **3.1 Umum**

Sejalan dengan kebijaksanaan pihak swasta dalam usaha dan penanaman modal mempercepat realisasi program pengembangan industri sebagai penghasil Non Migas, PT. Growth Asia dibentuk untuk pengembangan energi listrik. Energi listrik saat ini sangat dibutuhkan seiring berkembangnya teknologi, saat ini teknologi mampu menggantikan manusia sebagai pelaksana pekerjaan, dan rata-rata teknologi ini membutuhkan listrik sebagai sumber energi mulai dari barang-barang elektronik maupun penggunaan kebutuhan industri lainnya. Itulah sebabnya maka kebutuhan energi listrik terus menerus meningkat.

PT. Growth Asia di bangun pada tahun 2009 di Kawasan Industri Medan (KIM) Tahap 3 Jl. Pulau Tidore, Kav. B5, dengan luas lahan 4,6 Ha, yang bergerak dibidang usaha Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa dengan kapasitas power 2 X 15 MW dan tidak mengalami perubahan kapasitas sampai saat ini.

PLTU ini dibangun untuk memenuhi kebutuhan penggunaan listrik untuk industri peleburan baja di Growth Asia. Selain itu sisa penggunaan daya yang digunakan untuk peleburan baja di PT. Growth Asia, daya yang dihasilkan ini dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di PT. PLN yang semakin meningkat, sebagai bentuk kerja sama antara pihak swasta dengan pihak pemerintah.

#### **3.2 Letak Geografis**

PT. GROWTH ASIA terletak di Kawasan Industri Medan – Tahap 3 Jl. Pulau Tidore, Kav. B5 di wilayah medan barat, sebagai mana kawasan industri yang bermaksud jauh dari pemukiman warga, dengan tujuan tidak mengganggu aktivitas warga yang di sebabkan PLTU BIOMASSA ini mulai dari kebisingan maupun asap bekas pembakaran. Selain dari itu PLTU ini berada di posisi yang



strategis yang menguntungkan perusahaan pembentukan kerja sama dengan perusahaan lainnya yang berada di Kawasan Industri Medan(KIM).

### **3.3 Sumber Daya Manusia**

Dalam sebuah perusahaan tidak terlepas dari tenaga kerja manusia dimana manusia diperlukan sebagai pelaksana maupun pengawas beroperasinya sebuah perusahaan. Untuk memaksimalkan proses operasional PLTU BIOMASSA ini dikelola oleh sumber daya manusia yang handal secara struktur (struktur organisasi), mulai dari Manager, kepala staff, staff, karyawan dari PT.Global Inovasi Prima dan harian lepas PT. RMM.

### **3.4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa**

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa adalah pembangkit yang mengandalkan energi kinetik dari uap untuk memutar generator dan menghasilkan energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Biomassa yang ada di PT.Growth Asia menggunakan bahan bakar biomassa seperti fiber, sekam padi, serbuk kayu, tungkul jagung, kayu sembarang, cangkang, batok kelapa, antiwit, kulit jengkol/pinang, batang sawit, kayu giling dan pelet serbuk kayu.

#### **3.4.1 Komponen-Komponen PLTU Biomassa**

Untuk menghasilkan energi yang baik, suatu PLTU Biomassa membutuhkan komponen-komponen yang sangat berperan untuk menunjang berjalannya produksi. Dari hasil pengamatan dan penelitian pada PLTU Biomassa yang ada di PT.Growth Asia menunjukkan beberapa komponen diantaranya :

- a. Chipper
- b. Water treatment
- c. Boiler
- d. Kondensor
- e. Hotwell
- f. LP Heater
- g. Turbin Uap

h. Generator

### **3.4.1.1 Chipper**

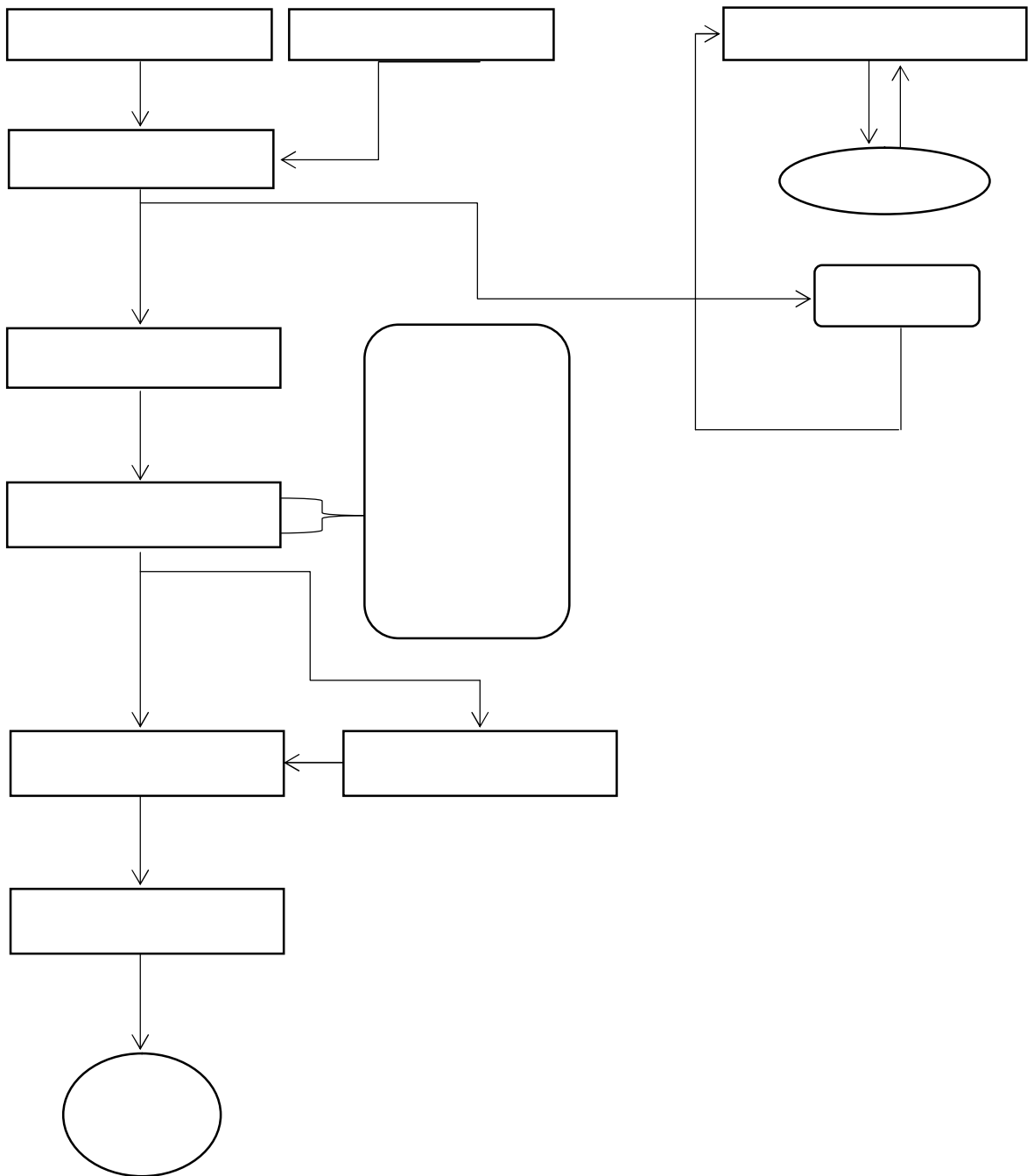
Chipper merupakan alat potong yang biasanya untuk memotong bahan-bahan bakar pada PLTU Biomassa yang berukuran besar, contohnya seperti kayu. Mesin ini memiliki satu deretan mata potong pada kelilingnya yang masih-masih berlaku sebagai pemotong tersendiri pada daur putarannya. Chipper dapat dilihat pada gambar 3.1 :



**Gambar 3.1 Chipper**

### **3.4.1.2 Water Treatment**

Water treatment merupakan salah satu komponen yang penting untuk memenuhi kebutuhan PLTU Biomassa dalam pembangkitan energi listrik dengan tenaga uap. Air yang digunakan diambil dari sungai dan sumur bor setelah melalui beberapa tahap pengolahan. Proses pada water treatment dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 3.2 Sistem Water Treatment**

Sumber air sungai merupakan jalur pengolahan air di PLTU Growth Asia dimulai dari sumber air, yaitu :

1. Air GS (Growth Sumatera) air yang dari sungai yang sudah di olah.
2. Sumur bor

Air GS (Growth Sumatera) sudah melalui pengolahan di PLTU kota bangun. Air ini di suplai ke PLTU Growth Asia dengan frekuensi rata-rata 10 Hz, sedangkan sumur bor adalah air yang masih belum diolah dan masih perlu pengolahan. Sumur bor ada beberapa sumber, yaitu :

Sumur 1 dengan kapasitas 20 Ton/jam

Sumur 2 dengan kapasitas 20 Ton/jam

Sumur 3 dengan kapasitas 20 Ton/jam (Tidak Beroperasi)

Sumur 4 dengan kapasitas 20 Ton/jam

Sumur 5 dengan kapasitas 20 Ton/jam (Tidak Beroperasi)

Sumur 6 dengan kapasitas 20 Ton/jam

Sebelum air menuju *clarifier* terlebih dahulu masuk kedalam mixer. Mixer merupakan tempat pengadukan zat-zat kimia seperti :

- *Coagulant*, yaitu untuk proses pengumpulan partikel-partikel halus yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi, menjadi partikel yang lebih besar sehingga bisa diendapkan.
- *Soda as*, yaitu untuk untuk menetralkan pH.
- *Flowculant*, yaitu untuk mengikat partikel-partikel menjadi endapan flowculant sehingga bisa mengendap di *clarifier*.

Setelah melalui mixer kemudian diteruskan ke *clarifier* yang terlebih dahulu air endapan dari *clarifier* diproses melalui filter pres yang gunanya untuk menyaring air endapan yang ada di *clarifier* kemudian air dipompakan ke kembali ke cooling water basin.

#### **3.4.1.2.1 Clarifier**

Clarifier adalah tempat penampungan air sebelum digunakan, Clarifier ini sebagai tempat pengendapan kotoran-kotoran air, sehingga air jernih *clarifier* ini dilengkapi dengan sekat-sekat dan aliran air yang berliku-liku supaya kotoran-kotoran air terjebak di antara sekat-sekat *clarifier*. Clarifier dapat dilihat pada gambar 3.3 :



**Gambar 3.3 Clarifier**

#### **3.4.1.2.2 Tangki Umpan**

Tangki umpan merupakan tempat penampungan air sebelum proses reverse osmosis serta tangki ini sebagai penyimpanan dan penyuplai air.

#### **3.4.1.2.3 Reverse Osmosis**

Reverse osmosis adalah proses penjernihan air yang dilakukan di water treatment. Dengan menggunakan peralatan-peralatan tertentu dan penambahan zat kimia. Peralatan-peralatan reverse osmosis ialah pompa sand filter, sand filter, carbon filter, cartridge, pompa booster dan membrane.

#### **3.4.1.2.4 Feed Tank**

Feed tank berfungsi sebagai tempat penimbunan air. Penimbunan ini dilakukan untuk menghindari hal-hal tertentu. Dengan adanya penimbunan maka ketersediaan air tetap terjaga sewaktu-waktu ketika ada kerusakan/masalah. Selain dari itu feed tank ini juga berfungsi sebagai tangki umpan ke deaerator. Feed Tank dapat dilihat pada gambar 3.4 :



**Gambar 3.4 Feed Tank**

#### **3.4.1.2.5 Deaerator**

Deaerator berfungsi sebagai perangkat yang digunakan untuk menghilangkan oksigen dan gas-gas terlarut lainnya dari air. Secara khusus, oksigen terlarut dalam air umpan boiler akan menyebabkan kerusakan korosi serius dalam sistem steam dengan melampirkan ke dinding pipa logam dan peralatan logam lainnya dan membentuk oksida (karat). Karbon dioksida terlarut menggabungkan dengan air untuk membentuk asam karbonat yang menyebabkan korosi lebih lanjut. Selain dari itu deaerator juga berfungsi sebagai pemanas awal sebelum ke boiler, tujuan pemanasan ini adalah supaya temperature air ke boiler tidak terlalu rendah, akibat temperature terlalu rendah dapat merusak pipa-pipa boiler. Deaerator dapat dilihat pada gambar 3.5 :



**Gambar 3.5 Deaerator**

Temperature air deaerator ini sekitar 102-105 °C dengan kapasitas 70 ton/jam dan deaerator ini berada di ketinggian ±15 meter dan lebih tinggi dari boiler sekitar 1 meter lebih, dengan tujuan menjaga tidak terjadinya tekanan balik sewaktu-waktu jika terjadi masalah.

#### **3.4.1.2.6 Storage Tank**

Storage tank berfungsi sebagai penyimpanan air, untuk menjaga stock air tetap ada ketika terjadi masalah, selain dari itu storage tank juga berfungsi untuk menyuplai air ke hotwell untuk proses start up turbin (untuk menjaga kevakuman di condenser).

#### **3.4.1.2.7 Colling Water Basin**

Colling water basin merupakan sebagai tempat penampungan air untuk sirkulasi dari condenser dan colling tower, air yang telah dipergunakan untuk mendinginkan steam dalam condenser kemudian air didinginkan di colling tower dan akan ditampung colling water basin. Untuk proses pertukaran air colling water basin ini air di suplay dari clarifier dan pada bagian bawah colling water basin terdapat 4 drain. Colling water basin dapat dilihat pada gambar 3.6 :



**Gambar 3.6 Colling Water Basin**

### 3.4.1.2.8 Filter Press

Filter press adalah alat yang digunakan untuk mengurangi kadar di dalam air. Air yang digunakan di filter press ini adalah air dari bak dari drain clarifier dan dipompakan dengan menggunakan pompa rendem ke colling water basin. Filter press ini menggunakan system hidrolik sebagai penekan saringan air. Filter press dapat dilihat pada gambar 3.7 :



**Gambar 3.7 Filter Press**

Selanjutnya standart parameter water control yang digunakan adalah seperti pada Tabel 3.1 :

**Tabel 3.1 Standart Parameter Water Control**

No	Sample/ Parameter	RO	Feed	Boiler	Condensate	Make-Up	CT
1	PH, Unit	6,4 - 7,5	8,0 - 9,0	10-11	7	6,5-7,4	7,8-8,5
2	TDS, ppm	Max 10	Max 30	1500	10	Max 300	1000
3	P-alkanility, ppm CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-
4	M-alkanility, ppm CaCO <sub>3</sub>	-	40, max	400	-	-	Max 400



5	O-Alkanility ppm CaCO <sub>3</sub>	-	-	2,5 × Silica	-	-	-
6	T-Hardness, ppm CaCO <sub>3</sub>	Trace	Trace	Trace	-	-	Max 300
7	Silica, ppm siO <sub>2</sub>	Max 5	Max 5	30	-	-	Max 120
8	Sulfite, ppm Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	-	10-30	-	-	-
9	Phosphate, ppm PO <sub>4</sub>	-	-	10-30	-	-	5-12
10	Ferro total, ppm Fe	Max 0,2	Max 0,3	Max 1	Max 0,02	-	Max 1
11	Turbidity, FAU	Max 1	-	-	-	Max 3	40
12	Warna, Pt-Co	Max 3	-	-	-	Mas 10	-
13	Free chlorine, ppm Cl <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	0,2-0,5
14	Chlorine, ppm Cl	-	Max30	Max 60	-	-	-

### 3.4.1.3 Boiler

Boiler berfungsi untuk menghasilkan uap atau steam yang akan digunakan untuk memutar poros turbin. Pada PLTU Biomassa steam yang dihasilkan boiler untuk memutar turbin adalah Pressure 35 kg/cm<sup>2</sup> dan temperatur 370<sup>0</sup>C. Boiler mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

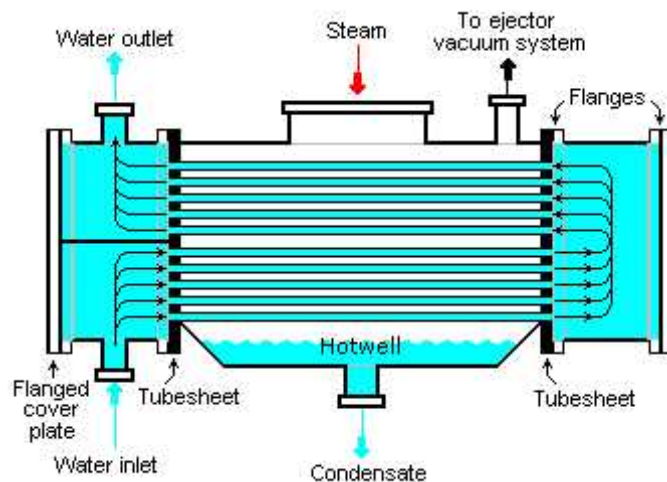
- Merek : TAKUMA
- Model : N 2200
- Max Work Pressure : 46 bar
- Max Steam Evaporation : 70.800
- Steam Temperatur : 380<sup>0</sup>C
- Serial : 1357
- Dibuat : Super Andalas Stell (2011)



**Gambar 3.8 Boiler pada PLTU Biomassa**

#### **3.4.1.4 Condenser**

Condenser merupakan peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air (proses kondensasi). Prinsip kerja condenser ialah proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa-pipa (tubes) uap mengalir diluar pipa-pipa (shell side) sedangkan air sebagai pendingin mengalir di dalam pipa (tube side). Tipe condenser ini tipe surface (permukaan). Air yang digunakan untuk pendingin ini adalah air yang dipompakan pompa 3.3 KV dari tempat penampungan air bak. Condenser ini memiliki inlet water (2 inlet) dan outlet water (2 Outlet). Sedangkan tekanan air yang masuk 2 bar dan didalam condenser ini juga terjadi proses pemvakuman (menghilangkan udara dari dalam condenser). Tujuan dari condensordivakumkan untuk mempercepat proses pendinginan dikarenakan dalam ruang vacum temperature sangat dingin, selain dari itu condenser dibuat vacum untuk menjaga aliran steam stabil (udara panas akan terhisap oleh vacum condenser), jika condenser tidak vacum maka steam akan menumpuk di turbin dan dapat mengakibatkan terjadinya masalah (trip). Sedangkan yang menjaga condenser ini tetap vakum adalah pompa ejector. Setelah steam mengalami proses kondensasi maka steam akan berubah wujud dari wujud gas menjadi cair dan steam yang terkondensasi menjadi air ditampung di hotwell untuk kemudian di pompakan ke daerator.



**Gambar 3.9** Condensor

Komponen Pendukung condensor :

- Pompa ejector

Menjaga tekanan tetap dalam keadaan vacum di condenser. Prinsip kerja dari pompa ejector ini adalah dengan mengekstrak atau membuang udara atau gas-gas lainnya dan membuang ke udara bebas, dengan memanfaatkan media air yang dipompakan dengan pompa ejector dan pada pipa tersebut di pasang alat yang menghubungkan ke condenser dengan kecepatan debit air yang tinggi sehingga dapat menarik udara atau gas-gas lainnya yang ada di condenser dan tekanan pompa ini adalah 8 bar.

### 3.4.1.5 Hotwell

Penampungan air sementara sebelum di pompakan ke daerator oleh pompa condensate, Dan level air ini tidak boleh kepenuhan atau pun sampai habis dikarenakan menjaga ruang vakum. level air di hotwell dijaga menggunakan elektrikal valve yang mengembalikan aliran ke kondensor

Komponen Pendukung Hotwell :

- Pompa condensate

Pompa kondensat ini berfungsi untuk memompakan air (steam yang terkondensasi) di hotwell ke LPheater dan kemudian ke daerator.

### 3.4.1.6 LP heater

LP heater (low pressure heater) ini merupakan pemanasan lanjut air dari gland heater sebelum dikirim ke daerator. Pemanasan ini memanfaatkan steam dari pipe line 3. Syarat pengiriman air ke daerator sekitar  $>80^{\circ}\text{C}$ , maka di LP heater dilakukan pemanasan. Prinsip kerja LP heater ini sama dengan gland heater memanfaatkan perpindahan panas dari steam pipe line 3, air dalam pipa dan steam di luar pipa.

### 3.4.1.7 Turbin Uap

Turbin uap yang digunakan pada PLTU Biomassa adalah turbin impuls jenisturbin ekstraksi dengan kondensasi, yaitu turbin yang sebagian uap bekasnya digunakan sebagian lagi dikondensasikan dalam kondensor untuk mendapatkan air kondensat pengisian ketel. Gambar 3.10 berikut merupakan turbin ekstraksi dengan kondensasi yang digunakan PLTU Biomassa dan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Merek : JIENENG
- Rated Power : 15 MW
- Rated Speed : 3000 rpm
- Inlet Temperatur :  $360^{\circ}\text{C}$
- Cooling Water Temp :  $23^{\circ}\text{C}$
- Delivery Time : 2011



**Gambar 3.10 Turbin Uap pada PLTU Biomassa**

Turbin ini memiliki exhaust tiga bagian, yaitu :

Pipe line 1 : untuk pemanasan air di deaerator

Pipe line 2 : diparalelkan ke pipe line 1

Pipe line 3 : untuk pemanasan air di LP heater

Equipment-equipment utama turbin :

a. Main Stop Valve

Main stop valve merupakan equipment utama yang fungsinya sebagai pemblokir uap yang akan masuk ke turbin setelah melalui proses di boiler. Main steam valve ini menggunakan sistem hidrolik, sehingga ketika dioperasikan saat turbin beroperasi main steam valve ini tidak bisa bekerja, dikarenakan sistem hidrolik itu sendiri, tetapi ketika terjadi masalah pada turbin. Setelah sistem diberhentikan emergency pilot valve maka main steam valve akan menutup secara otomatis, dikarenakan sistem yang ada di governor menutup supply oli.

Pada proses start up main stop valve ini dioperasikan secara manual, main steam valve akan dioperasikan setelah tekanan steam sudah mencapai tekanan yang ditentukan atau sesuai dengan standart.

b. Surge Tank

Surge tank adalah penjaga tekanan pada front gland dan rear gland tetap terjaga. Front gland dan rear gland harus tetap di jaga tekanannya (posisi seal tetap berada di posisi yang ditentukan) untuk menjaga kevakuman kondensor. Fungsi front gland dan rear gland ini adalah :

1. Mencegah uap bocor keluar dari dalam turbin.
2. Mencegah udara luar masuk kedalam turbin.

Tekanan dari surge tank ini harus dijaga pada tekanan 0,2 bar. Pada proses start up surge tank ini mendapat supply steam baru (steam sebelum ke MSV). Pada saat turbin sudah beroperasi normal, steam yang masuk ke surge tank merupakan steam dari turbin yang di alirkan melalui front gland dan dibagikan ke rear gland dan tetap menjaga tekanan pada 0,2 bar.

c. Pressure Regulating Valve

Pressure regulating valve ini merupakan penyeimbang tekanan. Menjaga tekanan di surge tank tetap pada ditekan yang ditentukan (0,2 bar) saat tekanan melebihi 0,2 bar regulating valve akan flow. Membuang steam sampai tekanan berada di 0,2 bar. Namun di PLTU Biomassa jarang dipakai dikarenakan tekanan tetap berada di 0,2 bar. Valve ini bekerja secara otomatis dan jumlah injeksi steam dikontrol sesuai lamanya signal yang diberikan.

### 3.4.1.8 Generator

Generator merupakan salah satu komponen utama dalam proses konversi energi listrik, sebab generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator untuk PLTU Biomassa menggunakan generator sinkron 3 phasa. Generator ini memiliki kecepatan 3000 rpm. Gambar 3.11 berikut merupakan generator yang digunakan pada PLTU Biomassa dan mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Type : QF-15-2
- Rated Voltage : 10500 V
- Rated Current : 1031 A
- Rated Speed : 3000 rpm
- Rated Frequency : 50 Hz
- Rated Output : 18.75 MVA
- Rated Power : 15 MW

- Power Factory : 0.8 lagging
- Connection Style : Y



**Gambar 3.11 Generator pada PLTU Biomassa**

Equipment pendukung generator :

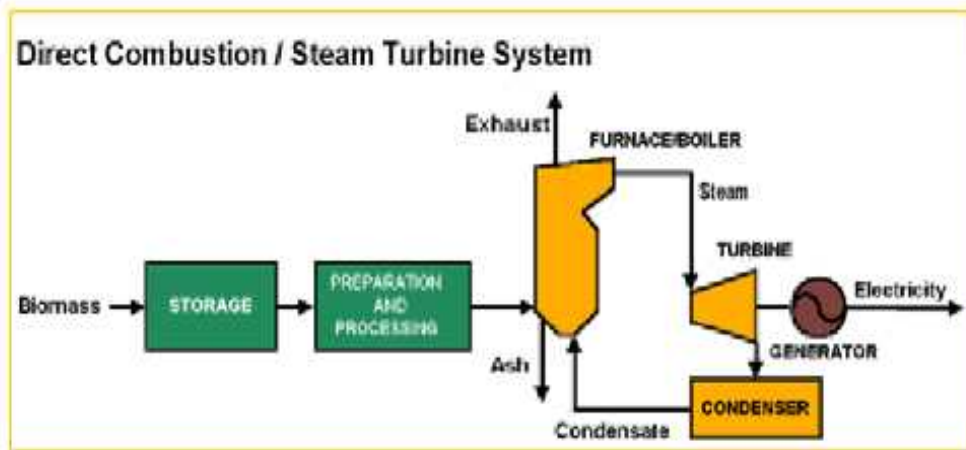
- Air cooling generator

untuk mendinginkan udara yang ada di generator. Akibat putaran yang tinggi dan gesekan udara panas sehingga perlu pendinginan udara. Air cooling generator ini berada dibawah generator. Air yang dialirkan adalah air yang dipompakan pompa 3,3 KV.

### **3.5 Prinsip kerja PLTU Biomassa**

PLTU Biomassa adalah pembangkit listrik thermal yang banyak digunakan karena efisiensinya tinggi sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis.

Tahapan Melalui proses konversi energi pada PLTU Biomassa adalah :



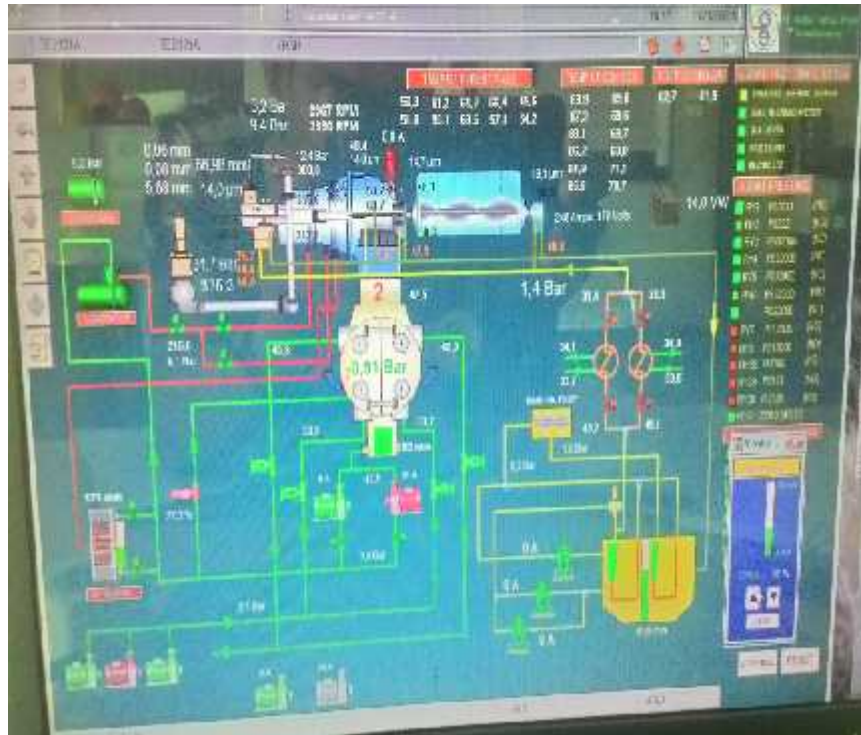
**Gambar 3.12 Single Line Diagram PLTU Biomassa**

Sirkulasi secara tertutup fluida kerja air uap digunakan pada PLTU Biomassa. Siklus tertutup artinya menggunakan fluida yang sama secara berulang-ulang. Urutan sirkulasinya secara singkat adalah sebagai berikut :

1. Air diisikan ke boiler hingga mengisi penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air ini dipanaskan dengan panas hasil pembakaran bahan bakar biomassa dengan udara sehingga berubah menjadi uap.
2. Uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
3. Generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator.
4. Uap keluaran turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air. Air condensate hasil kondensasi uap kemudian disupply kembali ke boiler.
5. Siklus ini berlangsung secara terus menerus.



Proses Pembangkitan PLTU Biomassa terdiri ini siklus gambar-gambar aliran steam, oli dan air PLTU Biomassa PT.Growth Asia



**Gambar 3.13 Sistem Single Line Diagram Turbin**

Keterangan :

Merah : Steam

Kuning : Oli

Hijau : Air

### 3.6 Transformator

Transformator merupakan suatu peralatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah daya listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui suatu gandengan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis, dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya. Pada PLTU Biomassa, trafo yang digunakan sebanyak 6 buah yaitu : 2 buah trafo step up dan

4 buah trafo step down. 2 buah Trafo step up berfungsi untuk menaikkan tegangan dari 10,5/20 KV sebagai syarat pendistribusian ke PLN. 2 buah trafo step down berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 20 KV/400 V digunakan untuk pemakaian sendiri dan 2 buah trafo step down berfungsi untuk menurunkan tegangan dari 20/3,3 KV yang berfungsi sebagai penggerak motor untuk penyuplai air(water treatment). Transformator dapat dilihat pada gambar 3.14 :



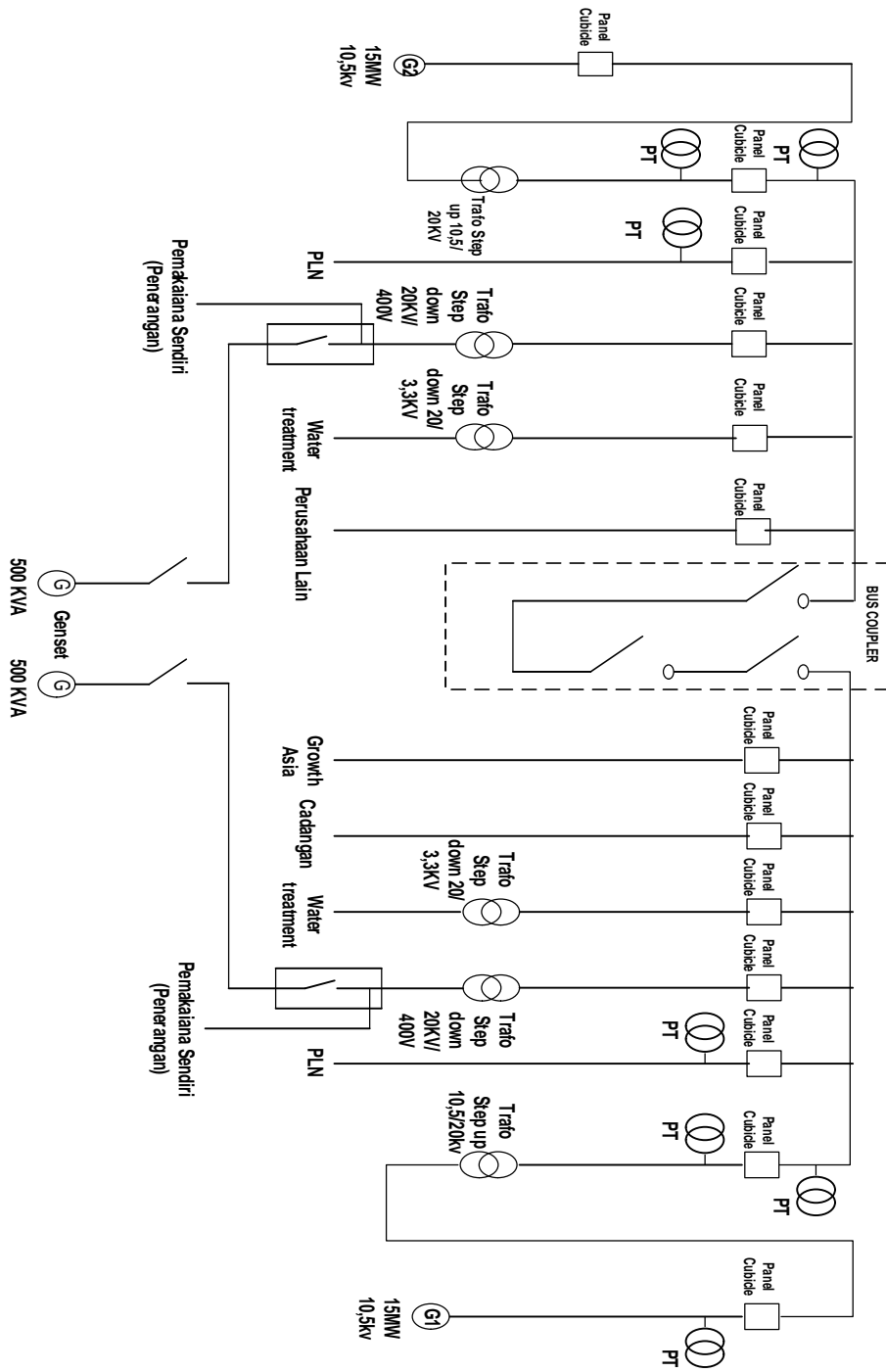
**Gambar 3.14 Transformator pada PLTU Biomassa**

### **3.7 Pendistribusian**

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat.

### **3.8 Proses Pendistribusian Energi Listrik di PLTU Biomassa**

Setelah tenaga listrik dibangkitkan dalam pusat energi listrik, maka energi ini disalurkan (distribusikan) pada konsumen. Proses pendistribusian tersebut dapat dilihat seperti pada gambar 3.15 :



**Gambar 3.15** Proses Pendistribusian Energi Listrik di PLTU Biomassa

Keterangan gambar :

- a. G = Generator
- b. PT = Potensio Transformator
- c. Bus Coupler = Penghubung dan pemutus daya (switch)