

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 PLTGU (Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap)**

PLTGU merupakan kombinasi PLTG dengan PLTU. Gas buang dari PLTG yang umumnya mempunyai suhu diatas 400°C, dimanfaatkan (dialirkan) ke dalam ketel uap PLTU yang menghasilkan uap penggerak turbin uap. Dengan cara ini, umumnya didapat PLTGU dengan daya sebesar 50% daya PLTG. Ketel uap yang digunakan untuk memanfaatkan gas buang PLTG mempunyai desain khusus untuk memanfaatkan gas buang dimana disebut *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). Pada gambar 2.1 memperlihatkan bagan dari 3 buah unit PLTG dengan sebuah unit PLTU yang memanfaatkan gas buang dari 3 unit PLTG tersebut, 3 unit PLTG beserta 1 unit PLTU ini disebut 1 blok PLTGU. Setiap unit PLTG mempunyai sebuah ketel uap penampung gas buang yang keluar dari unit PLTG. Uap dari 3 unit PLTG kemudian ditampung dalam sebuah pipa pengumpul uap bersama yang disebut Common Steam Header. Dari pipa pengumpul uap bersama, uap dialirkan ke turbin uap PLTU dari turbin tekanan tinggi dan turbin tekanan rendah. Keluar dari turbin tekanan rendah, uap kondensor untuk diembunkan. Dari kondensor, air dipompa untuk dialirkan ke ketel uap.

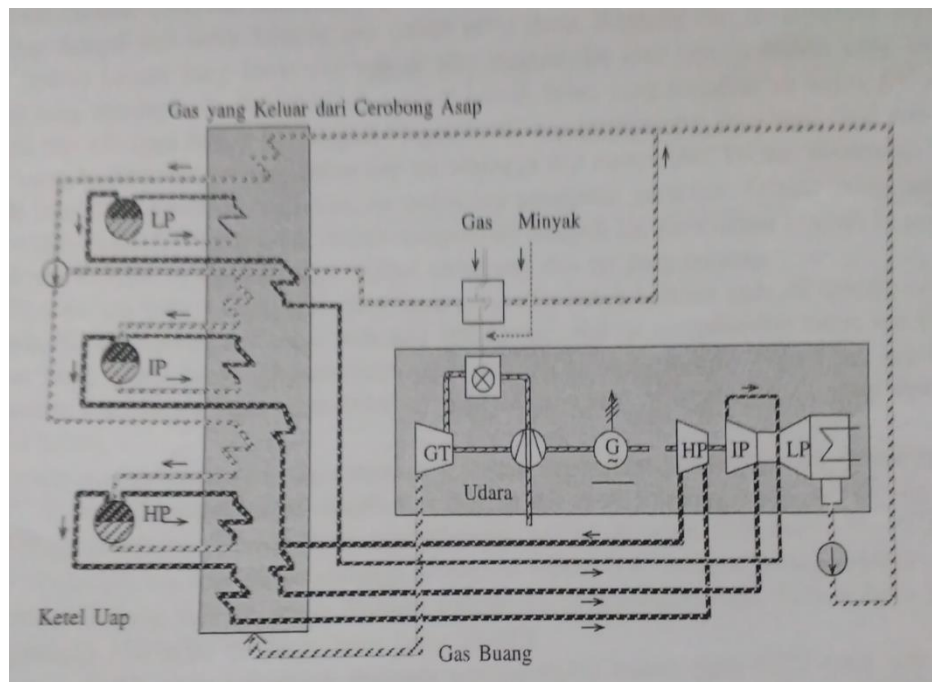
HRSG dalam perkembangannya dapat terdiri dari 3 drum dengan tekanan uap yang berbeda. Tekanan Tinggi (HP), Tekanan Menengah (MP), Tekanan Rendah (LP). Dalam operasinya, unit turbin gas dapat dioperasikan terlebih dahulu untuk menghasilkan daya listrik , sementara dalam gas buangnya berproses untuk menghasilkan uap dalam ketel pemanfaatan gas buang. Kira-kira 6 jam kemudian, setelah uap dalam ketel cukup banyak, uap dialirkan ke turbin uap untuk menghasilkan daya listrik.

Turbin gas dapat dibedakan berdasarkan siklusnya, kontruksi poros dan lainnya. Menurut siklusnya turbin gas terdiri dari:

1. Turbin gas siklus tertutup (Close cycle)
2. Turbin gas siklus terbuka (Open cycle)



Perbedaan dari kedua tipe ini adalah berdasarkan siklus fluida kerja. Pada turbin gas siklus terbuka, akhir ekspansi fluida kerjanya langsung dibuang ke udara atmosfer, sedangkan untuk siklus tertutup akhir ekspansi fluida kerjanya didinginkan untuk kembali ke dalam proses awal.



Gambar 2.1 Siklus Fluida Pada PLTGU

Sumber : Djiteng Marsudi, Marsudi. Pembangkit Energi Listrik Edisi Kedua. 2011.

Hal 117

Keterangan :

- G : Generator
- GT : Gas Turbin
- HP : High Pressure (Tekanan Tinggi)
- IP : Intermediate Pressure ( Tekanan Sedang)
- LP : Low Pressure ( Tekanan Rendah)

Karena daya yang dihasilkan turbin uap tergantung pada banyaknya gas buang yang dihasilkan unit PLTG, yaitu kira-kira 50% daya unit PLTG, maka



dalam mengoperasikan PLTGU ini, pengaturan daya PLTGU dilakukan dengan mengatur daya PLTG, sedangkan unit PLTU menyesuaikan dengan gas buang yang diterima dari unit PLTGnya. Lalu ditinjau dari efisiensinya pemakaian bahan bakar, PLTGU tergolong sebagai unit yang paling efisien di antara unit-unit termal (bisa mencapai 45%)<sup>[2]</sup>. Dimana ada beberapa aspek yang harus diperhatikan yaitu diantaranya tekanan turbin, temperature turbin, dan putaran turbin sehingga untk mencari rata-ratanya dalam satu hari dapat dengan persamaan

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \dots\dots\dots \text{(pers 2.1)}$$

Dimana : x = data yang dicari  
 $x_{1-n}$  = data yang ke...  
 n = banyaknya jumlah

### 2.2 Turbin Uap

Turbin merupakan suatu penggerak dimana mengubah energi potensial dari uap yang dihasilkan menjadi energy kinetik yang akan berubah menjadi putaran poros turbin. Ide dari pembuatan turbin uap ini diketahui kira-kira tahun 120 SM. Hero di Alexandria membuat prototip yang bekerja pada prinsip reaksi. Yang terdiri dari bejana yang berisikan air, penampang berbentuk bola, pipa-pipa, dan air yang dipanaskan dalam bejana tersebut akan menghasilkan uap yang akan dikeluarkan melalui nosel. Beberapa abad kemudian pada tahun 1629, Giovanni Branca memberikan gambaran pada sebuah mesin yang terdiri dari ketel uap, nosel, roda yang memiliki sudu-sudu, poros dan roda gigi. Uap yang dihasilkan didalam ketel akan dialirkan ke nosel dalam kecepatan tinggi sehingga akan memutar roda dan akhirnya menggerakkan mesinnya tersebut. Dan pada akhirnya berkembanglah hingga saat ini. Turbin uap saat ini secara dapat digolongkan menjadi 3 macam yaitu turbin impuls, reaksi dan gabungan<sup>[6]</sup>.

---

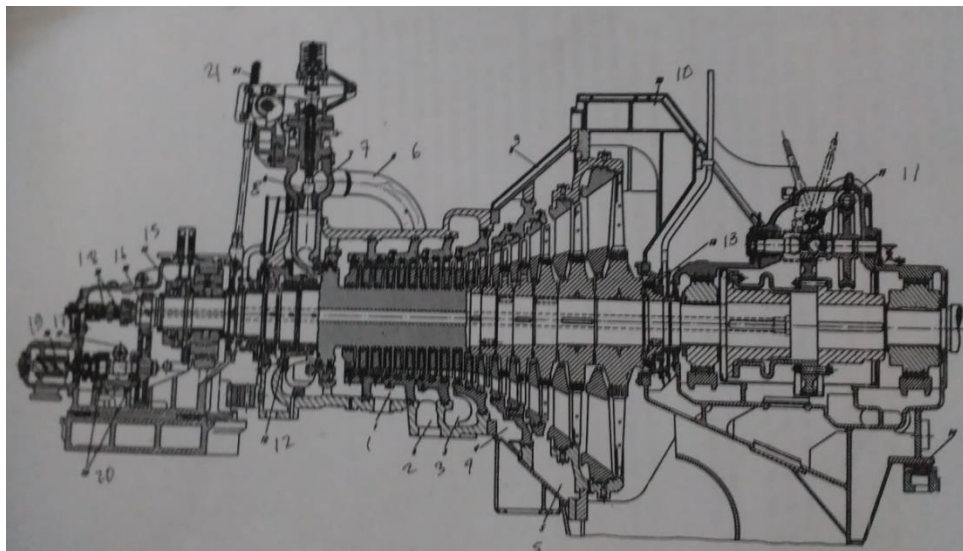
<sup>[2]</sup>Marsudi Djiteng.Pembangkit Energi Listrik Edisi Kedua.2011. Hal 115-117

<sup>[6]</sup>Shylyakin P. Turbin Uap. 1999. Hal. 3

---



Adapun turbin impuls mengubah energi potensial supaya menjadi energi kinetik didalam nosel. Uap yang keluar dari dalam nosel dengan kecepatan mutlak memasuki sudu-sudu turbin. Hal ini disebabkan oleh perputaran cakram turbin, kecepatan uap pada jalan masuk ke laluan-laluan sudu akan mempunyai relative terhadap laluan sudu, nilai yang berbeda, dan juga arahnya berbeda. Kecepatan ini dikenal sebagai kecepatan relative. Sedangkan turbin reaksi pada umumnya dibuat hanya sebagai turbin nekatingkat. Dalam turbin reaksi mengalami ekspansi baik pada suhu pengarah maupun sudu gerak sehingga mengarahkan dorongan pada sudu dalam arah aksial. Untuk mengurangi dorongan aksial ini biasanya dipasang sudu-sudu gerak pada drum yang juga berfungsi sebagai rotor. Sudu-sudu pengarah dipasang pada stator turbin.



Gambar 2.2 Konstruksi Turbin Uap

Sumber: P.Shylyakin. Turbin Uap.1999. Hal 9

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 1-5 | : | Ruang Ekstraksi Untuk Pemanasan Air Pengisian Regeneratif |
| 6   | : | Pipa Suplai   |
| 7   | : | Ruang Kosong Uap  |
| 8   | : | Katup   |
| 9   | : | Bagian Las-Lasan  |
| 10  | : | Pipa Buang  |



- 11 : Alat Pemutar Poros
- 12 : Paking Labirin Depan
- 13 : Paking Labirin Belakang
- 14 : Titik Tetap Paking Labirin
- 15 : Bantalan Luncur dan Dorong
- 16 : Roda Gigi dan Pengatur Kecepatan
- 17 : Gigi Cacing Pengatur
- 18 : Pengatur Keamanan
- 19 : Pompa Roda Gigi
- 20 : Penurun Tekanan Minyak
- 21 : Batang Gigi Untuk Menjalankan Poros

### **2.3 Klasifikasi Turbin Uap**

Turbin uap dapat diklasifikasikan ke dalam kategori yang berbeda tergantung pada konstruksinya, proses penurunan kalor, kondisi-kondisi awal dan akhir uap dan pemakainnya.<sup>[6]</sup>

#### **2.3.1 Menurut Arah Aliran Uap**

Menurut arah aliran uapnya terbagi menjadi

##### **1. Turbin Aksial**

Turbin ini memiliki uap yang akan mengalir kedalam arah yang sejajar terhadap sumbu turbin, tegak lurus terhadap sumbu turbin satu atau lebih, tingkat kecepatannya rendah.

##### **2. Turbin Radial**

Turbin ini memiliki uap yang mengalir dalam arah yang tegak lurus terhadap sumbu turbin.

---

<sup>[6]</sup> Shylyakin P. Turbin Uap. 1999. Hal. 10-12

---



### **2.3.2 Menurut Jumlah Silindernya**

Menurut jumlah dari silindernya turbin ini terdiri dari

1. Turbin Silinder Tunggal
2. Turbin Silinder Ganda
3. Turbin Tiga Silinder
4. Turbin Empat Silinder

### **2.3.3 Menurut Metode Pengaturannya**

Menurut metode pengaturannya turbin ini terdiri dari

1. Turbin Dengan Pencekikan (Throtting)

Uap yang berada pada turbin ini masuk melalui satu atau lebih katup pencekik yang dioperasikan serempak.

2. Turbin Dengan Nosel

Uap yang berada pada tipe ini masuk melalui dua atau lebih pengatur pembuka (regulator) yang berurutan.

3. Turbin Dengan Langkau (By Pass Governing)

Uap pada turbin ini akan dialirkan ke tingkat pertama juga langsung dialirkan ke satu, dua atau bahkan 3 tingkat menengah turbin tersebut.

### **2.3.4 Menurut Proses Penurunan Kalor**

Berdasarkan proses penurunan kalornya turbin ini terbagi atas

1. Turbin Kondensasi Dengan Regenerator

Pada jenis turbin ini uap pada tekanan yang lebih rendah dari tekanan atmosfer dialirkan ke kondensor. Disamping itu uap juga akan dialirkan dari tingkat-tingkat menengahnya untuk memanaskan air pengisian ketel. Kalor uap selama proses kondensasi semuanya hilang pada turbin ini.

2. Turbin Tekanan Lawan ( Back Pressure Turbin)

Uap buang dapat dipakai sebagai keperluan untuk pemanasan dan proses. Serta untuk mensuplai uap kepada konsumen pada berbagai kondisi tekanan dan temperature.

---



### 3. Turbin Tumpang

Jenis turbin ini memiliki tekanan lawan dengan perbedaan bahwa uap buang dari jenis turbin ini jauh lebih lanjut masih dipakai untuk turbin-turbin kondensasi tekanan menengah dan rendah. Turbin ini biasanya bekerja pada kondisi tekanan dan temperatur uap awal yang tinggi dengan maksud untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik.

#### **2.3.5 Menurut Kondisi-Kondisi Uap Pada Sisi Masukan Turbin**

Menurut kondisi berdasarkan masukan pada sisi masukan turbin yaitu

##### 1. Turbin Tekanan Rendah

Turbin jenis ini memakai uap pada tekanan 1,2 sampai 2 ata

##### 2. Turbin Tekanan Menengah

Turbin jenis ini memakai uap pada tekanan sampai 40 ata

##### 3. Turbin Tekanan Tinggi

Turbin jenis ini memakai uap pada tekanan lebih dari 40 ata

##### 4. Turbin Tekanan Sangat Tinggi

Turbin jenis ini memakai uap pada tekanan 170 ata atau lebih dari temperature diatas 550°C atau lebih.

#### **2.3.6 Menurut Pemakaian di Bidang Industri**

Berdasarkan pemakaiannya di bidang industri turbin uap dapat di bagi menjadi :

##### 1. Turbin Stasioner

Turbin jenis ini memiliki kecepatan putar yang konstan sehingga sering dipakai terutama untuk menggerakkan alternator.

##### 2. Turbin Uap Stasioner

Turbin jenis ini memiliki kecepatan putaran yang bervariasi dan sering dipakai untuk menggerakkan blower turbo, air circulator, pompa, dll. Semua jenis turbin yang digunakan ini tergantung pada kecepatan putarnya yang dapat

---



dihubungkan langsung atau melalui roda gigi reduksi mesin-mesin yang digerakkan.<sup>[6]</sup>

## **2.4 Konstruksi Turbin**

### **2.4.1 Nozel**

Nozel adalah salah satu diantara komponen terpenting dalam turbin uap yang berfungsi sebagai sarana konversi energi yang mengkonversikan energi thermal menjadi kinetik. Karena memiliki fungsi yang sangat penting maka nozel tersebut harus memiliki syarat diantaranya yaitu dapat menghindari perubahan tiba-tiba dari arah aliran uap khususnya untuk kecepatan-kecepatan tinggi Nozel sendiri ada dua jenis yaitu Nozel Konvergen dan Nozel Konvergen Divergen. Nozel Konvergen yaitu jenis nozel yang cocok untuk mengekspansikan uap dari tekanan-tekanan tertentu ke tekanan-tekanan yang lebih tinggi dari tekanan kritis yang bersangkutan. Sedangkan Nozel Konvergen Divergen adalah jenis nozel yang mengekspansikan uap dari tekanan-tekanan awal tertentu ke tekanan-tekanan yang lebih rendah dari tekanan kritis yang bersangkutan.

### **2.4.2 Sudu-Sudu Pemandu**

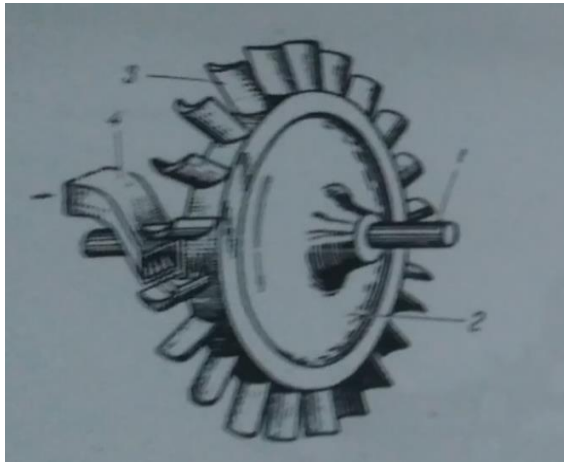
Sudu-sudu pemandu (guide blade) adalah sejenis sudu-sudu tetap yang berfungsi untuk membalikkan arah uap dari arah keluar menjadi arah masuk. Dalam grup sudu-sudu pemandu tidak terjadi proses konversi energi. Sudu-sudu turbin pemandu dioperasikan hanya pada kelompok turbin kompon. Sudu-sudu pemandu dipasang pada bagian dari casing dalam tegak lurus terhadap sumbu turbin.

---

<sup>[6]</sup> Shylyakin P. Turbin Uap. 1999. Hal. 10-12

---





Gambar 2.3 Sudu Pada Turbin Uap

Sumber : Shylyakin P. Turbin Uap.1999. Hal 5

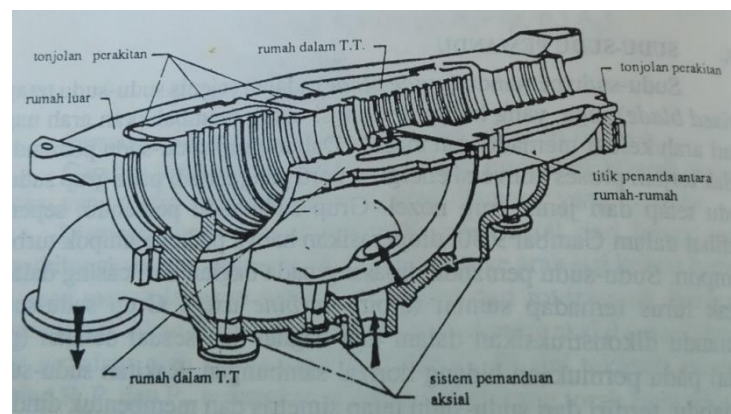
Keterangan :

- 1 : Poros
- 2 : Cakram
- 3 : Sudu
- 4 : Nosel<sup>[6]</sup>

#### 2.4.3 Silinder (Casing)

Silinder (casing) adalah rumah turbin, silinder atau rumah turbin ini memiliki fungsi untuk menyatukan komponen-komponen instalasi turbin dalam satu unit operasional jadi sebagai bingkai turbin. Rumah turbin akan menjadi penyekat ruang uap dan berbentuk yang mengikut bentuk arah aliran uap didalamnya. Turbin-turbin modern umumnya memiliki sebuah silinder ganda (double sylinder) dengan maksud bahwa mempunyai rumah bagian dalam (internal casing) dan rumah bagian luar (outernal casing) sekeliling rumah bagian dalam. Bila perlu uap vertilisasi dapat disirkulasikan antara kedua casing tersebut untuk mengurangi perbedaan temperature antara bagian luar dan bagian dalam.

---



Gambar 2.4 Silinder atau Casing Turbin Uap

Sumber : A. Muin Syamsir. Pesawat-Pesawat Konversi energi II (Turbin Uap).  
1993. Hal 85

#### 2.4.4 Katup Penutup Uap

Uap dari super heater mengalir melalui dua sistem kontrol uap masuk yang dipasang secara paralel. Prinsip dasar dari fungsi kedua sistem ini “mengalir atau tidak” atau disebut dengan sistem go/no go dan keduanya disebut katup penutup uap (stop valve). Katup dengan kedudukan tunggal, pas dengan sebuah katup pemandu (pilot valve) yang dipergunakan juga untuk menyeimbangkan tekanan uap pada kedua sisi dari katup utama (main valve), atau untuk memungkinkan aliran uap yang lebih perlahan-lahan pada awal pembukaan katup. Katup-katup penutup (stop valve) digerakkan oleh sebuah motor servo hidrolik tunggal atau ganda dengan sebuah pegas spiral untuk mengembalikan posisi katup pada kedudukannya pada penurunan tekanan kerja fluida (minyak hidrolik). Motor Servo katup dikontrol oleh peralatan pengaman turbin (turbine safety equipment). Peralatan ini memeriksa bahwa kondisi operasional turbin adalah normal. Apabila salah satu peralatan tidak bekerja maka katup penutup uap akan menutup dengan sempurna. Untuk membukanya kembali sesudah suatu kejadian maka sistem pengaman harus distel kembali.



#### **2.4.5 Katup Kontrol**

Katup kontrol adalah jenis katup dengan kedudukan tunggal yang bekerja berdasarkan jumlah aliran uap yang sepadan dengan gerakan alat kontrol. Uap dari masing-masing katup mengalir melalui suatu pemipaan yang terpisah ke gelang saluran masuk turbin yaitu suatu ruangan yang berbentuk lingkaran pada sisi masuk, untuk mensuplai uap ke sudu-sudu tetap.

#### **2.4.6 Governor**

Governor adalah sebuah pengontrol kecepatan tipe sentrifugal. Pada puncak governor terdapat ruang oli dengan tekanan tetap lebih atau kurang. Terdapat di piston terdapat ruangan yang dihubungkan ke ruang atas melalui sebuah saluran dalam piston dan juga dengan sebuah lubang pembuang. Oli keluar melalui lubang tersebut tergantung pada perbedaan antara poros pengontrol kecepatan bobot balans dan pangkal dari poros berlubang yang terpasang di piston. Jadi begitu putaran bertambah maka poros pengontrol bobot balans mengangkat, mengurangi sepanjang saluran keluar oli dan tekanan didalam ruangan yang berada di piston switch. Gaya pegas yang terpakai untuk piston berkurang dan piston bergerak naik. Poros governor menggerakkan katup kontrol untuk mereduksi jumlah aliran uap.

#### **2.4.7 Superheaters**

Superheater adalah sebuah perangkat yang berfungsi untuk memanaskan uap basah menjadi uap kering. Dimana sisa-sisa terakhir dari uap air dari uap jenuh yang meninggalkan tabung boiler dapat dipindahkan. Hal ini juga meningkatkan suhu di atas suhu penyerapan. Panas gas pembakaran dari boiler perapian juga digunakan kembali. Uap yang dipanaskan bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi ukuran turbin, membuat sudu-sudu turbin tetap kering ketika uap sedang dipanaskan, dan untuk mencegah dan menghilangkan korosi pada sudu-sudu turbin.<sup>[3]</sup>

---

<sup>[3]</sup> Nag.PK.Power Plant Engineering Second Edition.2002.Hal 52-54

---



#### **2.4.8 Economiser**

Economiser adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk menyerap panas dari gas buang keluaran untuk memelihara temperatur dari jumlah atau volume air menuju kondensor. Economiser menaikkan efisiensi 16temperature boiler hingga 10-20 %. Sehingga, 5-15 % dapat menghemat konsumsi bahan bakar.

#### **2.4.9 Pemanas Awal Udara (Air Preheater)**

Pemanas awal udara digunakan untuk memperoleh kembali panas dari cerobong gas sejak panas dari cerobong gas tidak bisa diproses di economiser. Efisiensi kerja boiler meningkat 1% jika rata-rata temperature udara ditingkatkan sebesar 20°C. Sebelum udara menuju ke kipas, udara yang dipanaskan oleh beberapa pemanas sehingga udara yang masuk menuju ke Pemanas Awal Udara sudah dalam kondisi yang panas. Sehingga tidak akan terjadinya pengembunan dan korosi pada pipa gas di pemanas awal udara.

#### **2.4.10 Kondensor**

Kondensor adalah untuk mengembalikan exhaust steam dari turbin ke fase cairnya agar dapat dipompakan kembali ke boiler dan digunakan kembali. Kondensor terbagi diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu Jet Kondensor dan Surface Kondensor. Pada Jet Kondensor, uap dikondensasikan dengan air pendingin. Secara alami, temperature dan air pendingin adalah sama ketika melewati kondensor. Oleh karena itu, proses kondensasi tidak bisa dilakukan kembali secara langsung untuk penggunaan sebagai tekanan untuk air menuju boiler. Disisi lain pada permukaan kondensor, tidak ada kontak langsung antara uap yang dikondensasikan dan sirkulasi pada cooling water. Sedangkan pada surface Condensor, air pendingin yang melalui tabung dan uap melalui sekelilingnya. Melewati tabung air pendingin disirkulasikan. Oleh piring penyekat, jumlah air dibagi menjadi dua bagian, terletak dibagian tabung atas dimana air pendinginnya sedikit lebih panas. Uap pembuangannya dari turbin masuk menuju kondensor dari atas dan menuju tabung yang lebih panas. Dan akhirnya terkondensi pada

---



tabung pendingin bagian bawah dan dikirim oleh pompa ekstraksi menuju boiler melalui economizer.<sup>[3]</sup>

## **2.5 Sistem Proteksi**

Sistem proteksi adalah susunan perangkat proteksi secara lengkap yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat-perangkat lain yang dibutuhkan untuk melakukan fungsi tertentu berdasarkan prinsip-prinsip proteksi sesuai dengan definisi yang terdapat pada standar IEC 6255-20.<sup>[4]</sup> Dengan demikian sekarang bagaimana caranya supaya gangguan yang terjadi seminim mungkin berakibat terhadap konsumen ataupun kalau berakibat, sesedikit dan sesingkat mungkin. Salah satu cara ialah dengan sistem pengaman yang baik, dalam hal ini disamping perangkat kerasnya (rele) juga perangkat lunaknya diantaranya penyetelannya. Apabila penyetelan rele ini tidak benar, maka dapat tidak selektif atau akan terjadi salah kerja (miss trip). Secara umum rele proteksi harus bekerja sesuai dengan yang diharapkan dengan waktu yang cepat sehingga tidak akan mengakibatkan kerusakan secara dini atau walaupun terjadi gangguan tidak menimbulkan pemadaman bagi konsumen.

Rele proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan adanya ketidaknormalan pada peralatan atau bagian dari sistem tenaga listrik dan segera secara otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa lampu atau bel. Rele proteksi dapat merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya misalnya arus, tegangan, daya, sudut fase, frekuensi, impedansi dan sebagainya dengan besaran yang telah ditentukan kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Tugas dari rele proteksi berfungsi untuk menunjukkan lokasi dan macam gangguannya. Dengan data tersebut memudahkan analisa dari gangguannya.<sup>[5]</sup>

---

<sup>[3]</sup> Nag.PK.Power.Plant Engineering Second Edition.2002.Hal 52-54

<sup>[4]</sup> Pandjaitan.Bonar.Praktikum-Praktikum Sistem Tenaga Listrik.2010.Hal 4

<sup>[5]</sup> Samaullah.Hazairin.Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik.2004.Hal 1-3

---



### **2.5.1 Syarat Sistem Proteksi**

Sistem proteksi tentu haruslah memiliki ketentuan-ketentuan yang berlaku diantaranya yaitu : <sup>[4]</sup>

#### **1. Faktor Keandalan**

Kebutuhan perangkat sistem proteksi dengan tingkat keandalan yang tinggi merupakan salah satu factor pertimbangan yang sangat penting dalam perencanaan. Sebuah peralatan proteksi dapat digunakan yang andal berarti bisa mengamankan suatu peralatan dengan baik dan sesuai dengan fungsinya.

#### **2. Selektivitas**

Selektivitas suatu system proteksi adalah kemampuan untuk melakukan tripping secara tepat sesuai rencana yang telah ditentukan pada waktu mendesain system proteksi tersebut. Dalam pengertian lain, suatu system proteksi tenaga harus bisa bekerja secara selektif sesuai klasifikasi dan jenis gangguan yang harus diamankan.

#### **3. Stabilitas**

Stabilitas system proteksi biasanya terkait dengan skema unit proteksi yang dimaksudkan untuk menggambarkan kemampuan system proteksi tertentu untuk tetap bertahan pada karakteristik kerjanya dan tidak terpengaruh factor luar daerah proteksinya seperti adanya arus beban lebih dan arus gangguan lebih. Dengan kata lain, stabilitas dapat juga didefinisikan sebagai kemampuan untuk tetap konsisten hanya bekerja pada daerah proteksi dimana dia dirancang tanpa terpengaruh oleh berbagai parameter luar yang tidak merupakan besaran yang perlu ditimbangkan.

#### **4. Kecepatan**

Fungsi dari suatu system proteksi adalah untuk mengisolasi gangguan secepat dan sesegera mungkin. Tujuan utamanya adalah mengamankan kontinuitas pasokan daya dengan menghilangkan setiap gangguan sebelum gangguan tersebut berkembang kearah yang membahayakan stabilitas dan

---



hilangnya sinkronisasi system yang akhirnya dapat meruntuhkan system tersebut. Oleh karena itu proteksi harus bekerja secepat mungkin sehingga gangguan tersebut tidak merambat bahkan merusak peralatan yang ada.

## **5. Sensitivitas**

Sensitivitas adalah istilah yang sering dikaitkan dengan harga besaran penggerak minimum, seperti level arus minimum, tegangan, daya dan besaran lain. Artinya, semakin rendah besaran parameter penggerak maka perangkat tersebut dikatakan semakin sensitive.<sup>[4]</sup>

### **2.5.2 Cara Kerja Sistem Proteksi**

Fungsi utama peralatan proteksi atau perlindungan adalah melepaskan atau memisahkan peralatan yang terganggu dari sistem keseluruhannya guna memperkecil kerusakan yang dapat terjadi dan sebanyak mungkin mempertahankan kontinuitas penyediaan tenaga listrik. Peralatan pengaman harus melakukannya dalam waktu yang secepatnya sehingga perlu seluruhnya dilaksanakan secara otomatis. Hal ini dilakukan dengan rele pengaman.<sup>[5]</sup>

## **2.6 Pembagian Tugas Sistem Proteksi**

Karena adanya kemungkinan kegagalan pada sistem pengaman maka harus dapat diatasi yaitu dengan penggunaan pengamanan cadangan (back up protection). Dengan demikian pengaman menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi :

### **1. Pengaman Utama**

Pengaman utama pada umumnya selektif dan cepat dan bahkan jenis tertentu mempunyai sifat mutlak misalnya rele diferensial. Dan digunakan sebagai pengaman utama atau inti.

---

<sup>[4]</sup>Pandjaitan.Bonar.Praktikum-Praktikum Sistem Tenaga Listrik.2010.Hal 7-14

<sup>[5]</sup>Samaulah Hazairin.Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik.2004.Hal 5-15

---



## **2. Pengaman Cadangan**

Pengaman cadangan umumnya memiliki perlambatan waktu hal ini untuk memberikan kesempatan kepada pengaman utama untuk berkerja dahulu, dan jika pengaman utama gagal baru pengaman cadangan berkerja dan rele ini tidak seselektif pengaman utama. Pada pengamanan cadangan dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu :

a. Pengaman Cadangan Setempat, yang berfungsi menginformasikan adanya gangguan tersebut kepada seluruh pemutus tenaga (PMT) yang terkait dengan kegagalan sistem proteksi sehingga pemutus tenaganya tidak membuka.

b. Pengaman Cadangan Remot (Remote), dalam hal ini bila terdapat suatu kegagalan suatu pengamanan maka pengaman disisi hulunya harus dapat mendeteksi dan kemudian bekerja dengan suatu perlambatan waktu. Disamping itu hal diatas pada sistem pengaman kita kenal apa yang disebut daerah pengamanan (Protection Zone), dalam hal ini semua komponen peralatan dalam sistem tenaga listrik harus termasuk didalam daerah pengamanan, sehingga tidak ada daerah yang mati.

### **2.7 Prinsip Dasar Kerja Rele**

Untuk merencanakan maupun mengevaluasi cara kerja sistem, perlulah kita mengetahui cara kerja / prinsip dasar kerja rele beserta sifat-sifatnya. Semua rele mempunyai input berupa besaran (arus atau tegangan) atau beberapa besaran input. Rele disebut beroperasi/bekerja bila kontak-kontak yang terdapat pada rele tersebut bergerak membuka ataupun menutup dari suatu kondisi mula (tertutup atau terbuka). Kontak-kontak yang mempunyai posisi tertutup pada kondisi belum bekerja dan kemudian rele bekerja sehingga mengakibatkan kontak-kontak tersebut membuka.

---

<sup>[5]</sup>Samaulah Hazairin.Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik.2004.Hal 5-15

---





## **2.8 Jenis-jenis Rele Proteksi**

### **1. Rele Arah (Directional Relay)**

Pada dasarnya rele ini menggunakan prinsip dasar rele induksi dengan satu besaran input. Pada rele ini arah induksi ini besaran input terdiri dari besar penggerak arus, dan besaran pembanding arus atau tegangan.<sup>[5]</sup>



Gambar 2.5 Rele Arah

Sumber : <https://www.gegridsolutions.com/multilin/catalog/icw.htm>

### **2. Rele Diferensial**

Rele diferensial mempunyai bentuk yang bermacam-macam tergantung dari peralatan yang diamankan. Pengertian diferensial itu sendiri mengandung unsur membedakan satu dengan yang lainnya, semua besaran yang masuk ke rele. Batasan rele Diferensial menurut Mason adalah “Rele Diferensial adalah suatu rele yang bekerja bila ada perbedaan vector dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan”.

Dengan demikian setiap jenis rele, bila dihubungkan dengan cara tertentu dapat dibuat bekerja seperti Rele Diferensial. Dengan kata lain tidak begitu banyak susunan rele yang telah dihubungkan dengan satu cara tertentu dalam sirkuit yang membuat rele tersebut bekerja sebagai rele diferensial. Lalu Rele Diferensial memiliki sifat sangat efektif dan cepat sehingga tidak perlu koordinasi dengan rele yang lainnya, sebagai pengaman utama, tidak dapat digunakan sebagai pengaman cadangan untuk daerah berikutnya, dan daerah pengamannya dibatasi oleh pasangan trafo arus dimana rele diferensial dipasang.

---

<sup>[5]</sup>Samaulah Hazairin.Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik.2004.Hal 26-66

---

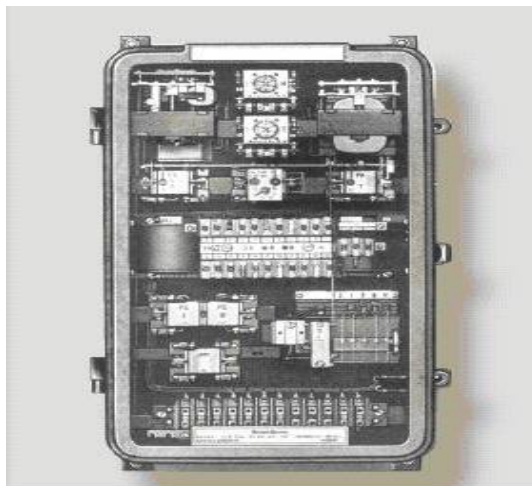


Gambar 2.6 Rele Diferensial

Sumber:[http://www.gepowercontrols.com/pt/product\\_portfolio/residential/residual\\_current\\_device/rcd\\_rd5\\_rd6.html](http://www.gepowercontrols.com/pt/product_portfolio/residential/residual_current_device/rcd_rd5_rd6.html)

### 3. Rele Jarak

Dalam rele jarak terdapat keseimbangan antara tegangan dan arus dan perbandingannya dinyatakan dalam impedansi-impedansi yang merupakan ukuran listrik untuk suatu saluran transmisi. Pada umumnya yang disebut impedansi dapat berupa tahanan resistansi saja  $R$ , reaktansi saja  $X$  atau kombinasi dari keduanya. Dalam terminology rele pengaman, impedansi rele mempunyai karakteristik yang berhubungan dengan seluruh komponen impedansi



Gambar 2.7 Rele jarak

Sumber:[https://www.pacw.org/nocache/issue/spring\\_2008\\_issue/history/distance\\_protection\\_the\\_early\\_developments/complete\\_article/1/print.html](https://www.pacw.org/nocache/issue/spring_2008_issue/history/distance_protection_the_early_developments/complete_article/1/print.html)

---



#### **4. Rele Arus Lebih (OCR)**

Rele arus lebih adalah suatu rele yang bekerjanya didasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu sehingga rele ini dapat dipakai sebagai pola pengaman arus lebih. Karakteristik yang dimiliki oleh rele arus lebih yaitu seketika dimana waktu kerjanya tidak ada penundaan dan sangat singkat yaitu sekitar (20-100 ms), lalu ada waktu tertentu dimana kerja rele diperpanjang dengan nilai tertentu dan tidak tergantung dari besarnya arus yang menggerakkan, dan waktu terbalik dimana kerja rele diperpanjang dengan besarnya nilai yang berbanding terbalik dengan arus yang menggerakkan.



Gambar 2.8 Rele Arus Lebih atau OCR

Sumber: <http://bangalore.all.biz/numerical-over-current-relay-ocrg375213#.V3UzF9J97tQ>

#### **5. Rele Tegangan**

Rele ini bekerja dengan menggunakan tegangan sebagai besaran ukur, disini rele akan bekerja bila tegangan yang terdeteksi melebihi atau dibawah tegangan settingnya. Oleh karena itu rele tegangan diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu Over Voltage Relay (OVR) rele yang bekerja berdasarkan kenaikan tegangan yang mencapai atau melebihi nilai settingnya, dan Under Voltage Relay (UVR) yang berkerja berdasarkan turunnya tegangan atau dibawah nilai settingnya

---



Gambar 2.9 Rele Tegangan

Sumber : <http://sg.rs-online.com/web/p/monitoring-relays/3611726/>

## 6. Rele Frekuensi

Frekuensi merupakan salah satu parameter yang dapat menunjukkan keadaan yang tidak normal pada suatu sistem tenaga listrik. Berkurangnya daya pembangkit akan mengakibatkan turunnya putaran pembangkit dan frekuensi sistem, keadaan ini mutlak harus dihindari karena akan mengganggu kestabilan dari sistem tenaga listrik. Pada umumnya rele frekuensi ini digunakan untuk mendeteksi frekuensi sistem tenaga listrik, menjaga frekuensi sistem tenaga atau generator, melepaskan beban lebih bila frekuensi turun dibawah nilai yang disetting.<sup>[5]</sup>



Gambar 2.10 Rele Frekuensi

Sumber : <http://www.amazeprotech.com/id/product/DIGITAL-FREKUENSI-RELAY/AEFR.html>



## 7. Rele Over Speed

Over speed adalah suatu kejadian dimana putaran pada turbin melebihi dari putaran nominalnya. Dimana biasanya rele over speed ini memiliki toleransi putaran sebesar 10-12 %. Dimana jika suatu putaran nominal turbin 3000 rpm maka sekitar 3300 rpm rele akan bekerja.



Gambar 2.11 Rele Over Speed

Sumber : dokumentasi

## 2.9 Sistem Pemutus Hubungan Pada Over Speed

Secara umum, turbin uap dilengkapi dengan dua peralatan trip putaran lebih (over speed tripping) untuk mengurangi sampai tingkat minimum, yang disebabkan oleh sistem proteksi yang tidak bekerja. Karena salah satu kondisi operasional yang berbahaya ialah terjadinya putaran lebih (over speed), yaitu putaran yang berlaku diatas putaran yang direncanakan. Biasanya kelebihan putaran yang ditoleransi yaitu sekitar 10 %. Dimana alat proteksi akan bekerja jika putaran melewati putaran nominalnya.<sup>[1]</sup>

Putaran Lebih (Over Speed) =  $n \text{ nominal} + \text{Toleransi}$ ..... (pers 2.2)

Dimana:  $n \text{ nominal}$  = putaran nominal turbin uap dan toleransi 10%.

---

<sup>[1]</sup> A.MuinSyamsir.Pesawat-Pesawat Konversi Energi 2 (Turbin Uap).1993.Hal 432