

BAB II

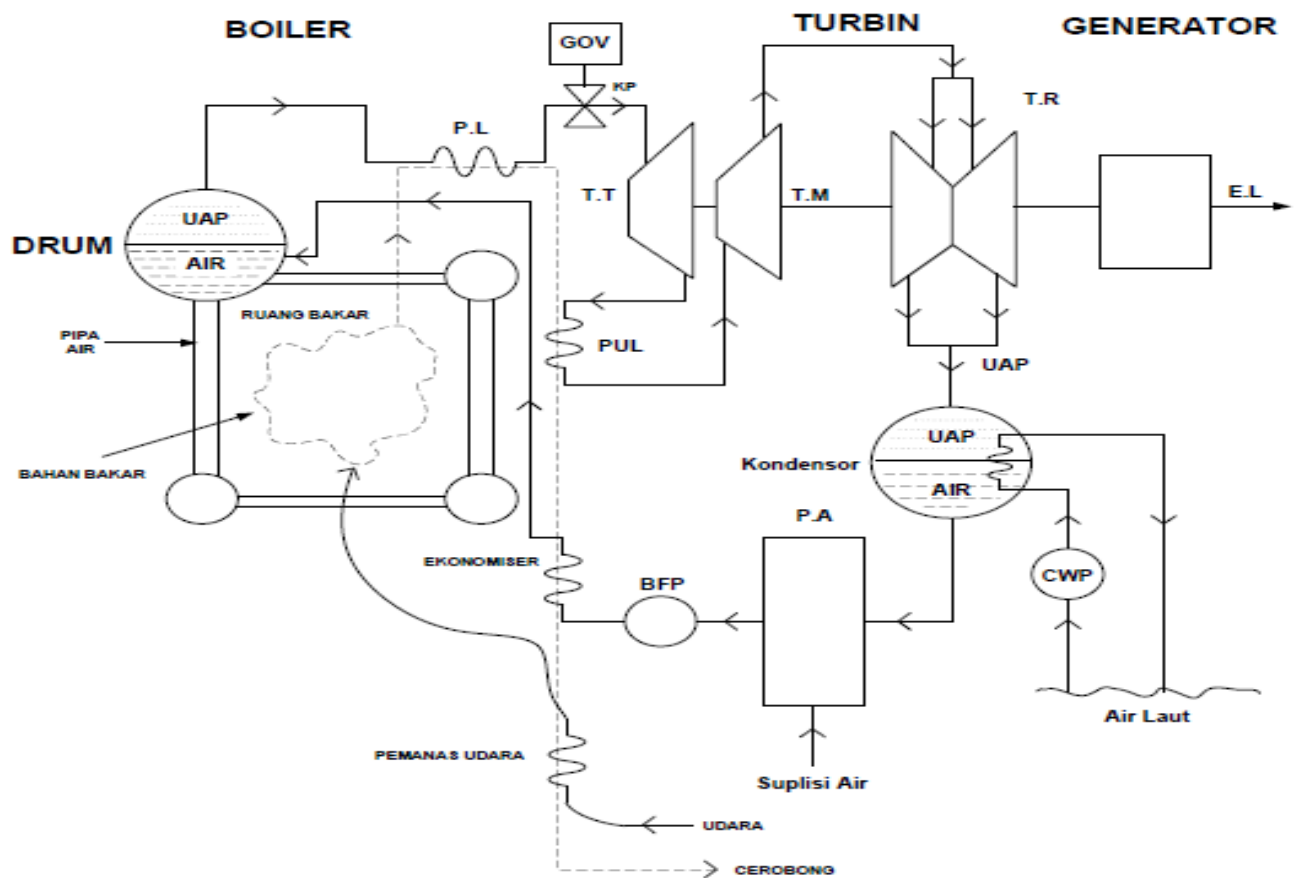
PERAN PLTU DALAM PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK

2. 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pada sistem tenaga listrik terdiri atas pembangkitan, penyaluran dan distribusi. Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dibangun pusat-pusat pembangkitan energi listrik diberbagai negara khususnya di Indonesia. Salah satu jenis pembangkit yang digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Energi primer yang digunakan dapat berupa batubara (padat), minyak bumi (cair), dan gas. Mengingat akan melimpahnya sumber daya alam di Indonesia salah satunya hasil tambang berupa batubara dan batubara merupakan bahan bakar yang termurah, maka PLTU berbahan bakar batubara yang paling banyak digunakan di Indonesia hingga saat ini dalam sistem pembangkitan tenaga listrik.

2.1.1 Prinsip Kerja PLTU

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas (kalor) dari hasil pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar dari ketel uap PLTU. Dimana energi panas ini digunakan untuk memanaskan air yang ada didalam pipa ketel untuk menghasilkan uap. Uap yang dihasilkan ini di gunakan untuk memutar turbin uap sehingga dapat digunakan untuk membangkitkan energi listrik melalui generator. Secara garis besar sistem pembangkit listrik tenaga uap terdiri dari beberapa peralatan utama diantaranya: boiler, turbin, generator, dan kondensor.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja PLTU

Keterangan Gambar :

Gov : Governor

P.L : Pemanas Lanjut (*Superheater*)

P.U : Pemanas Ulang (*Reheater*)

KP : Katup Pengatur Uap

T.T : Turbin Tekanan Tinggi

T.M : Turbin Tekanan Menengah

T.R : Turbin Tekanan Rendah

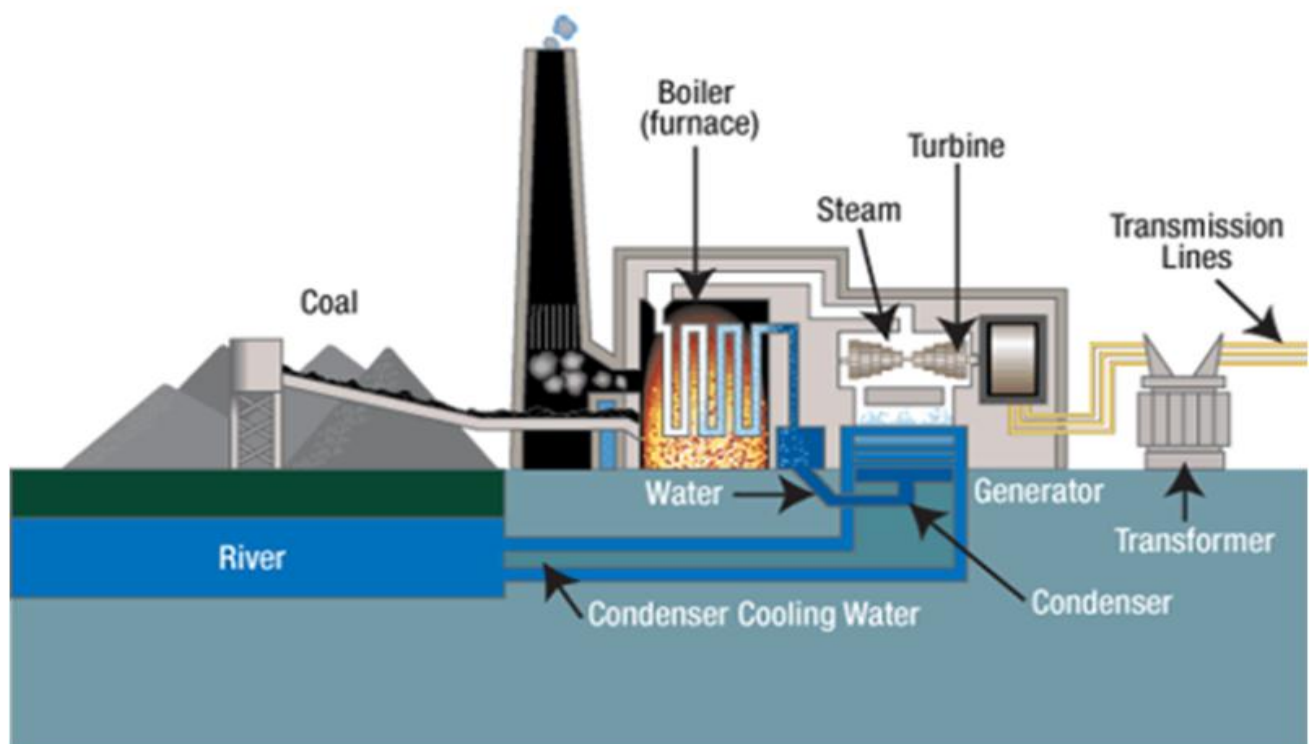
E.L : Energi Listrik

CWP : *Cooling Water Pump*

Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahap, yaitu:

1. Energi kimia dalam bahan bakar dirubah menjadi energi panas (kalor) dalam bentuk uap yang bertekanan dan temperatur tinggi didalam boiler.
2. Energi panas (kalor) dalam bentuk uap tersebut dialirkan ke turbin uap. Oleh turbin energi panas tersebut dirubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
3. Energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin digunakan untuk menggerakkan generator. Generator mengubah energi mekanik tersebut menjadi energi listrik.

2.1.2 Bagian-Bagian PLTU



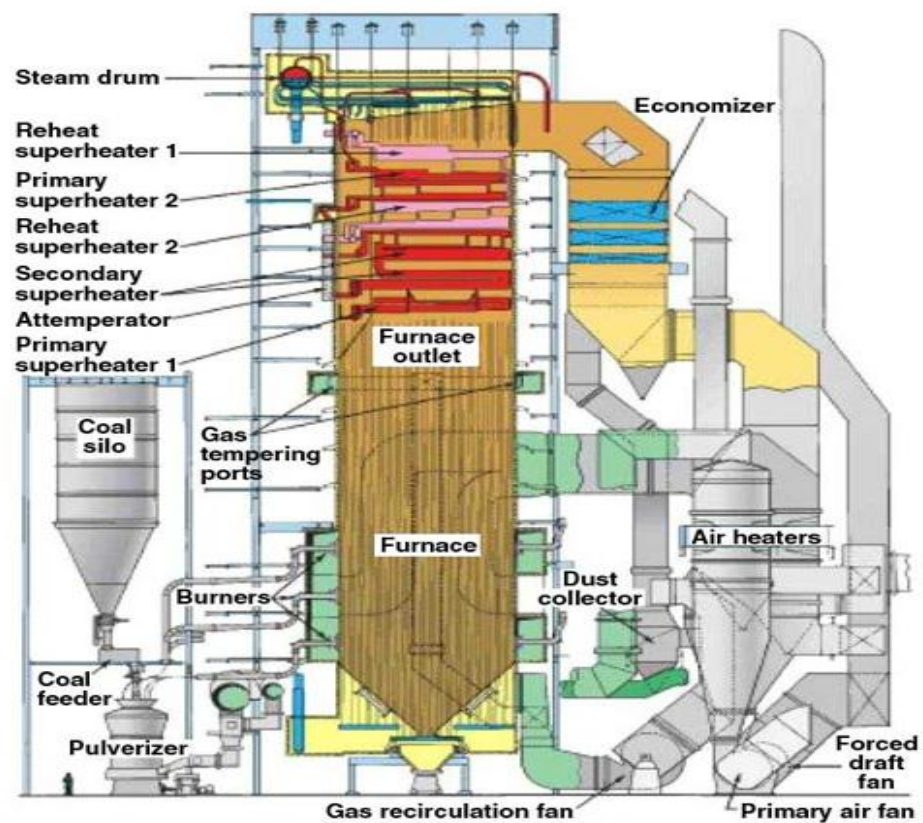
Gambar 2.2 Bagian-bagian PLTU

2.1.3 Bagian Utama PLTU

Bagian utama yang terdapat pada suatu PLTU yaitu :

1. Boiler

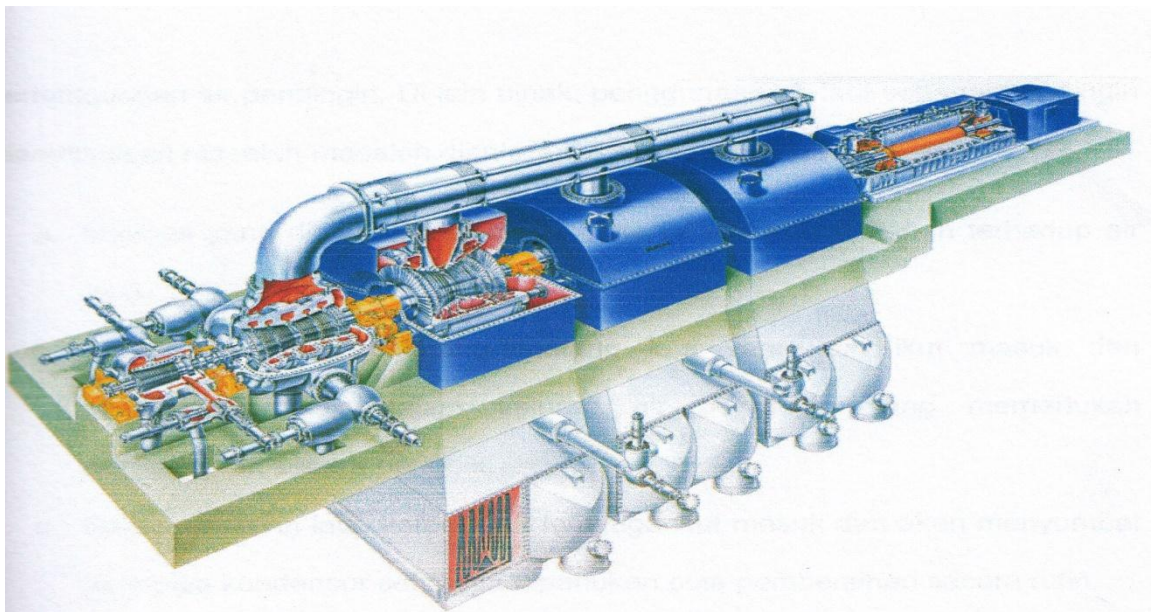
Merupakan peralatan yang terdiri dari Steam Drum, Economizer Tube, Water Wall Tube, Superheater, Re-Heater dan Burner. Dimana didalam boiler air dipanaskan sehingga menghasilkan uap panas lanjut yang akan dialirkan ke turbin sebagai media putarnya.



Gambar 2.3 Konstruksi boiler

2. Turbin uap

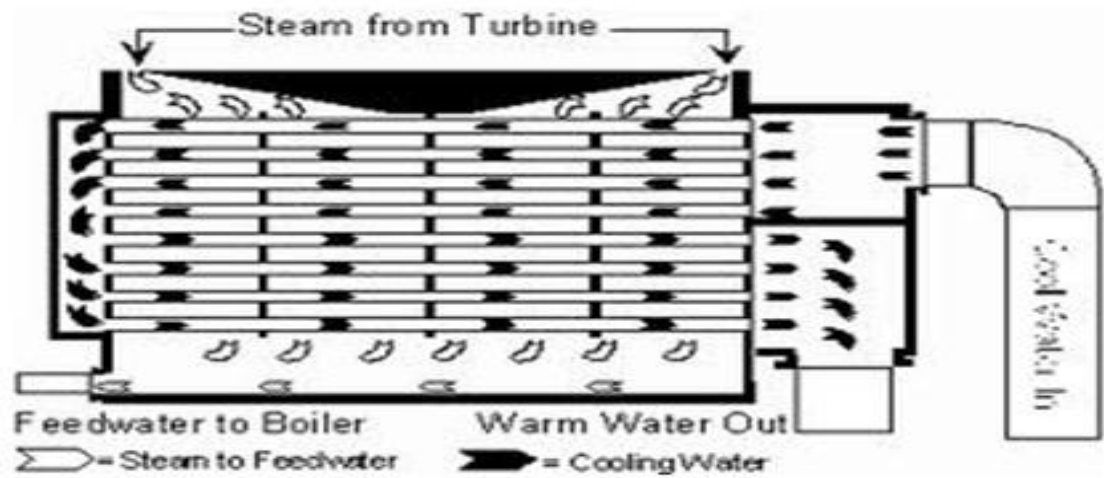
Turbin uap berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang dikandung oleh uap menjadi energi putar (energi mekanik). Poros turbin dikopel dengan poros generator sehingga ketika turbin berputar generator juga ikut berputar.



Gambar 2.4 Turbin Uap

3. Condenser

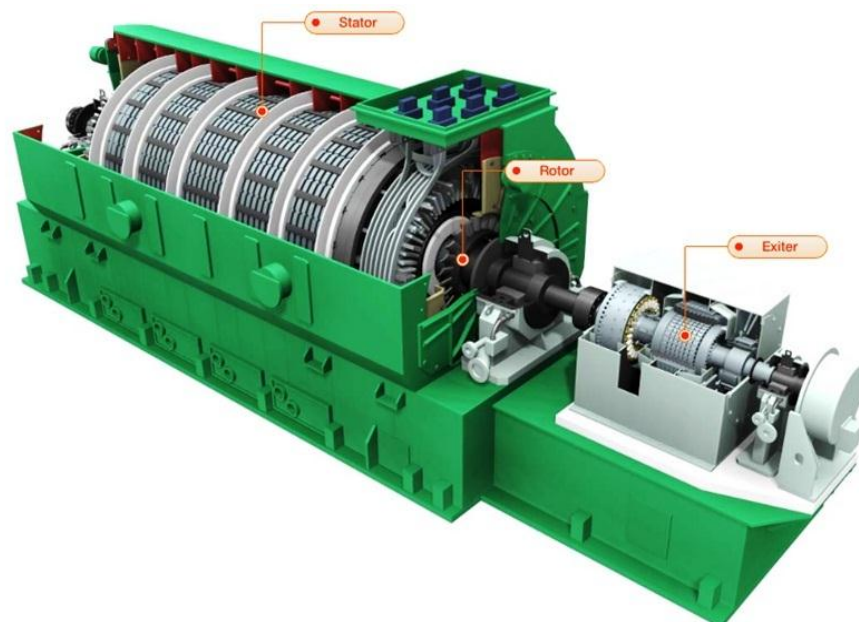
Condenser berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin (uap yang telah digunakan untuk memutar turbin). Dengan media pendinginannya air laut atau air sungai.



Gambar 2.5 Prinsip kerja condenser

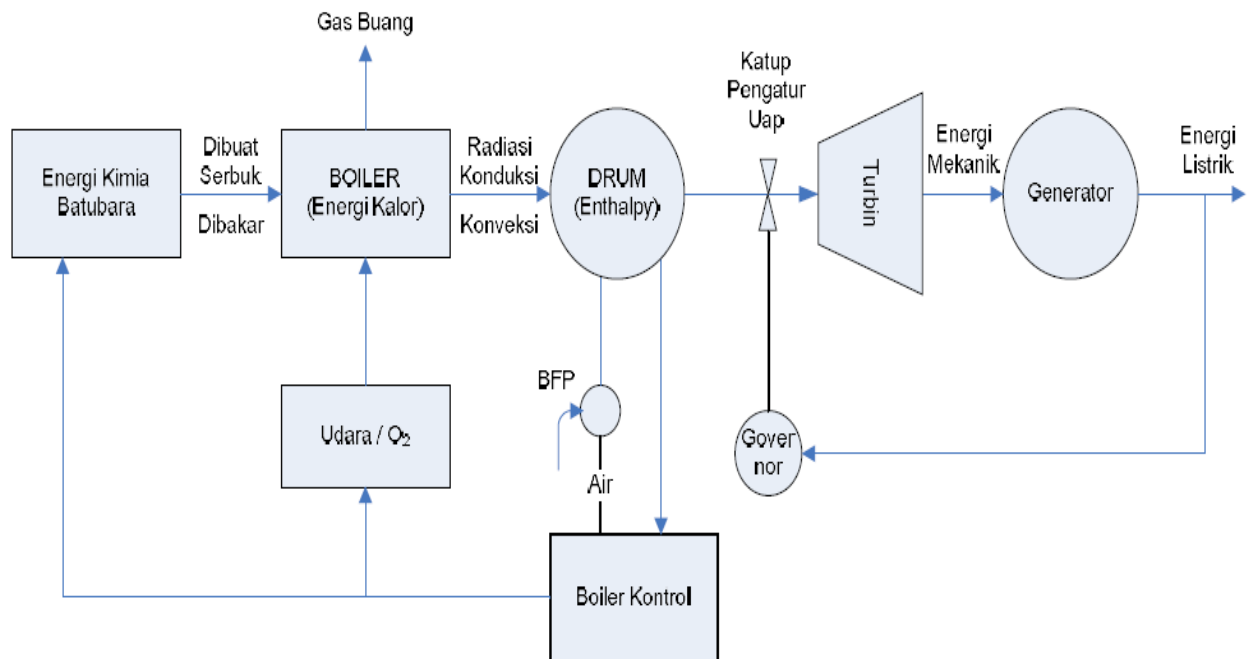
4. Generator

Generator berfungsi untuk mengubah energi putar dari turbin menjadi energi listrik.



Gambar 2.6 Generator

2.2 Proses Konversi Energi Di PLTU



Gambar 2.7 Konversi Energi PLTU

Dalam PLTU, energi primer yang di konversikan menjadi energi listrik adalah bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa batubara (padat), minyak (cair) atau gas. Ada kalanya PLTU menggunakan kombinasi beberapa macam bahan bakar.

Konversi energi tingkat pertama yang berlangsung dalam PLTU adalah konversi energi primer menjadi energi panas (kalor). Hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari ketel uap PLTU. Didalam ruang bakar bahan bakar dibakar dengan udara (O₂) menghasilkan energi panas (kalor). Energi panas ini kemudian dipindahkan ke dalam air melalui proses aliran yang ada di dalam pipa ketel untuk menghasilkan uap yang dikumpulkan dalam drum dari ketel. Uap dari drum ketel dialirkan ke turbin uap. Dalam turbin uap, energi (enthalpy) uap di konversikan

menjadi energi mekanik penggerak generator, dan akhirnya energi mekanik dari turbin uap ini di konversikan menjadi energi listrik oleh generator. Secara skematis proses tersebut di atas di perlihatkan pada gambar 2.7.

2.2.1 Siklus Uap dan Air

A. Proses Konversi Energi Kalor Menjadi Enthalpy

Batubara merupakan bahan bakar utama PLTU. Sebelum dibakar batubara digiling menjadi serbuk di dalam *pulverizer* kemudian ditiup dengan udara dari *Primary Air Fan* menuju ke *furnace* boiler melalui pipa-pipa (*coal piping*). Pada saat start up, pembakaran tidak langsung dilakukan dengan batubara, tetapi mempergunakan bahan bakar minyak. Baru setelah beban mencapai $\pm 20\%$ batubara pelan-pelan mulai masuk menggantikan minyak. Karena pada saat start, suhu ruang bakar relatif rendah, jauh dari titik nyala batubara sehingga diperlukan pembakaran awal dengan bantuan bahan bakar minyak (BBM). Bahan bakar minyak relatif lebih mudah terbakar dibandingkan batubara pada suhu rendah.

Dalam ruang bakar serbuk yang sudah panas tersebut bercampur dengan udara dari *Forced Draft Fan* (FD Fan) yang berfungsi untuk menghasilkan *secondary air* untuk mensuplai udara ke ruang bakar. Udara dari *Forced Draft Fan* (FD Fan) sebelumnya dipanaskan dalam pemanas udara atau *Air Heater*. Pemanasan tersebut dilakukan oleh *Air Heater* dengan cara konduksi dengan memanfaatkan panas dari gas buang sisa pembakaran di dalam *furnace*. Proses ini akan menghasilkan pembakaran yang sempurna di ruang bakar. Bahan bakar yang dicampur udara ini dinyalakan dalam ruang bakar sehingga terjadi pembakaran dalam ruang bakar. Pembakaran dalam ruang bakar mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi panas (kalor).

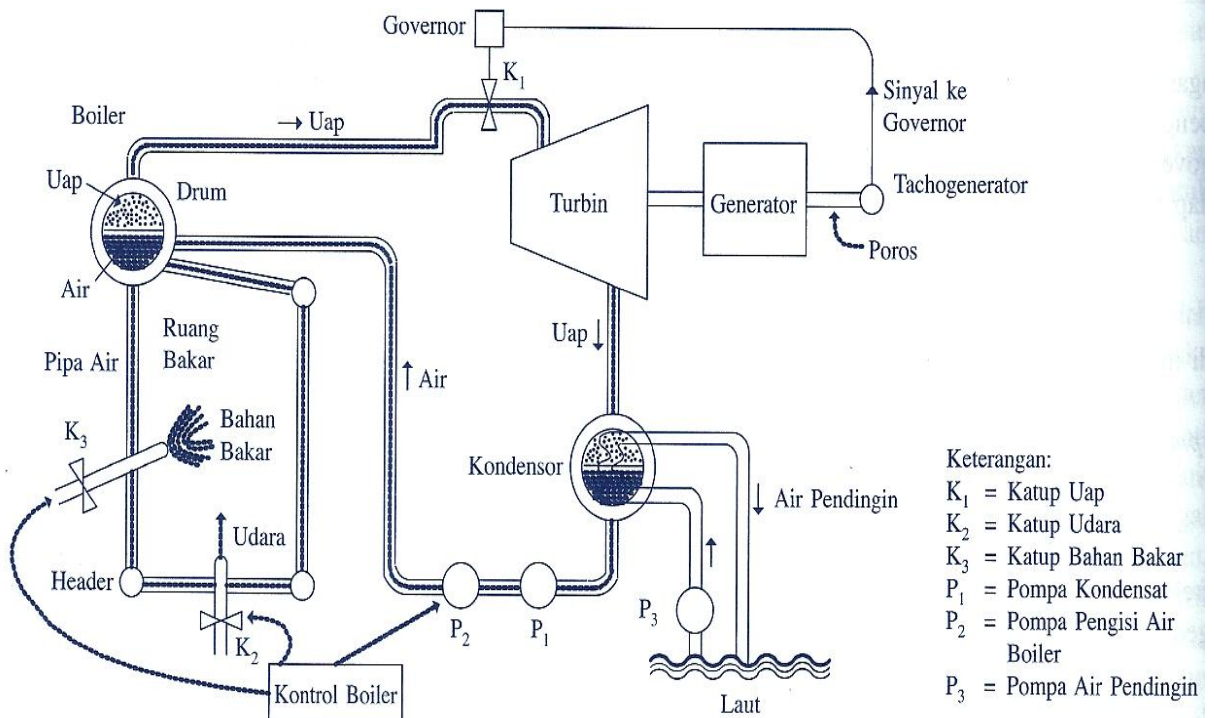
Kalor yang timbul di dalam ruang bakar itu ditransfer ke dalam air yang ada di dalam pipa boiler melalui proses radiasi, konduksi, dan konveksi. Energi panas yang timbul dalam ruang pembakaran sebagai hasil pembakaran, setelah dipindahkan ke dalam air yang ada dalam pipa air ketel, akan menaikkan air dan menghasilkan uap. Uap ini akan berkumpul di drum ketel. Uap yang terkumpul dalam drum ketel ini mempunyai tekanan dan suhu yang tinggi dimana bisa mencapai 100 kg/cm² dan 530°C. Energi uap yang tersimpan dalam drum ketel dapat digunakan untuk mendorong atau memanasi sesuatu (uap ini mengandung *enthalpy* yang besar). Drum ketel berisi air di bagian bawah dan uap yang mengandung *enthalpy* di bagian atas.

B. Proses Fasa Uap Menjadi Air

Proses perubahan fasa uap menjadi air terjadi di dalam kondensor. Dari turbin tekanan rendah, uap dialirkan ke kondensor untuk diembunkan. Kondensor memerlukan air pendingin untuk mengembunkan uap yang keluar dari turbin tekanan rendah. Oleh karena itu, banyak PLTU yang dibangun di pantai, karena dapat memanfaatkan air laut sebagai pendingin kondensor dalam jumlah yang besar. Namun ada juga beberapaa PLTU yang dibangun di pusat kota sehingga PLTU tersebut menggunakan *Cooling Tower* sebagai tempat untuk menampung air dingin. Uap bekas yang telah didinginkan di dalam kondensor tersebut akan terkondensasi dari fasa uap menjadi air. Dari kondensor, air dipompa ke pengolah air dan kemudian dialirkan kembali ke drum boiler dengan terlebih dahulu dipanaskan di dalam *economizer*.

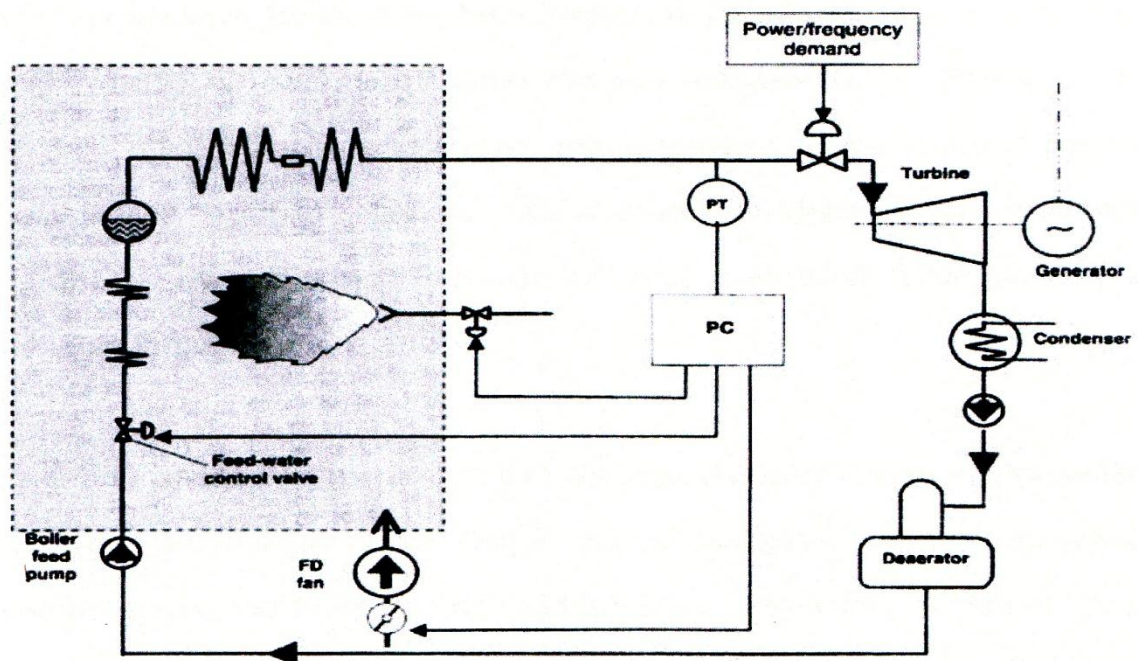
2.3 Pengendalian atau Kontrol Pada PLTU

Beban sistem selalu berubah, daya yang disediakan oleh PLTU harus bisa mengikuti perubahan beban sistem. Oleh karenanya kontrol pada PLTU harus bisa mengikuti perubahan beban dan melakukan pengendalian atas proses konversi energi dalam PLTU. Sistem kontrol yang paling penting dalam PLTU adalah sistem kontrol pada boiler. Tujuannya adalah untuk mengatur masuknya bahan bakar ke dalam ruang bakar agar sesuai dengan beban dalam sistem yang dibutuhkan. Sistem kontrol yang kompleks digunakan oleh pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik konsumen secara real time. Secara umum sistem kontrol permintaan beban listrik (load demand) pada PLTU dibagi menjadi tiga, yaitu: Boiler Follow Turbin, Turbine Follow Boiler dan Coordinate Control.



Gambar 2.8 Skema kontrol boiler pada unit PLTU

A. Boiler Follow Turbin



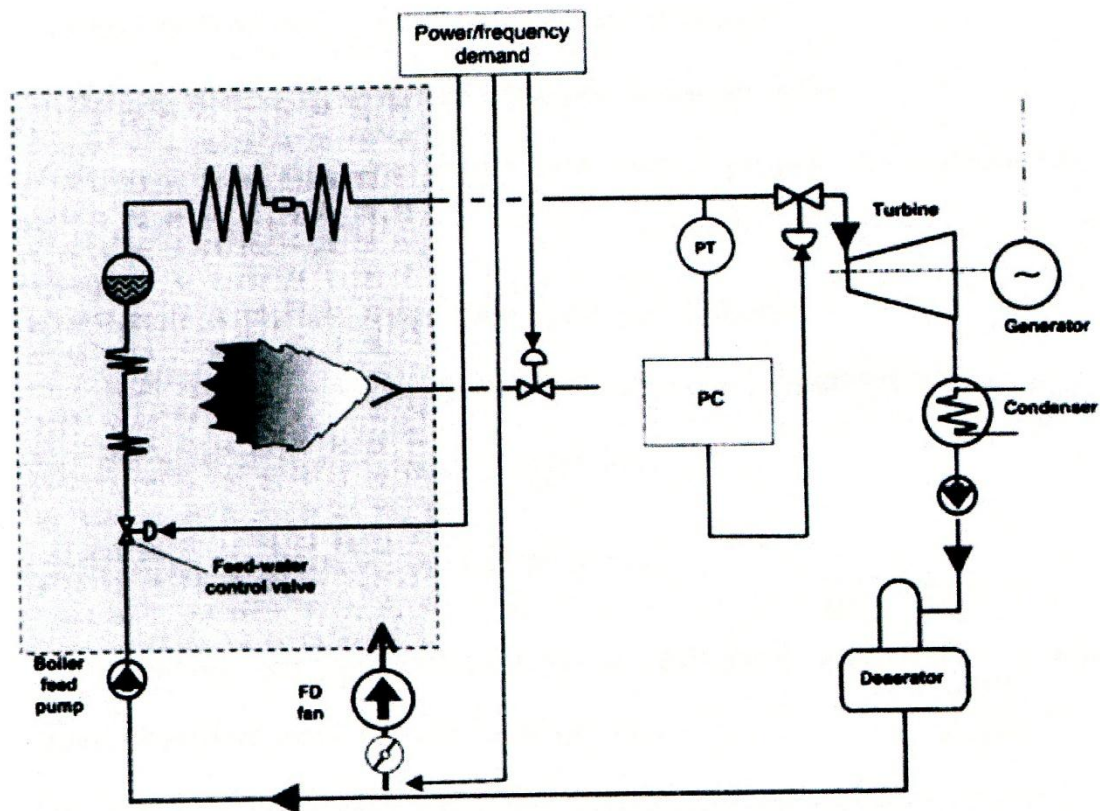
Gambar 2.9 Sistem Kontrol Boiler Follow Turbin

Dalam mode operasi Boiler Follow Turbin, kebutuhan uap penggerak turbin diikuti oleh boiler sedangkan turbin mengikuti kebutuhan beban (load demand). Apabila beban berubah maka peristiwa ini dideteksi oleh governor dan governor akan memberi respon untuk menambah atau mengurangi uap penggerak turbin. Governor merupakan alat yang mendeteksi (menjadi sensor) frekuensi beban sistem yang selalu berubah menurut waktu. Apabila beban naik maka frekuensi akan turun dan sebaliknya apabila beban turun maka frekuensi akan naik. Perubahan frekuensi ini dideteksi oleh governor yang selanjutnya memberikan respon berupa pengaturan katup pengatur (regulating valve). Respon governor yang menambah atau mengurangi uap ke turbin melalui pengaturan katub

pengatur menyebabkan tekanan dan suhu uap dari boiler berubah. Perubahan tekanan dan suhu uap ini kemudian direspon oleh sistem kontrol boiler untuk melakukan koreksi agar tekanan uap dan suhu uap dalam boiler kembali pada nilai set point.

Respon dari sistem kontrol boiler adalah lambat dibandingkan dengan respon sistem kontrol turbin. Mengenai kelambatan sistem kontrol boiler dalam mengikuti perubahan uap yang dibutuhkan oleh turbin. Apabila kebutuhan uap turbin lebih besar dari penyediaan uap boiler maka kebutuhan uap yang diminta turbin disuplai terlebih dahulu oleh uap yang tersimpan didalam drum boiler. Apabila kebutuhan turbin mendadak berkurang maka kelebihan uap ini disimpan dalam drum boiler. Karena terbatasnya persediaan uap didalam drum dan sebaliknya kemampuan menampung uap terbatas maka perubahan beban dari unit PLTU tidak boleh terlalu besar, yaitu antara 1% - 5% permenit (ramping rate). Jadi sistem kontrol boiler merespon kebutuhan uap dari turbin yang diatur oleh sistem kontrol turbin yaitu governor dan regulating valve. Apabila PLTU mengikuti program Load Frekuensi Kontrol, maka mode unit harus Boiler Follow Turbin karena sistem pengendalian boiler follow turbin ini merupakan suatu sistem kendali dimana pengendalian sebuah boiler harus mengikuti perubahan yang terjadi pada turbin.

B. Turbine Follow Boiler



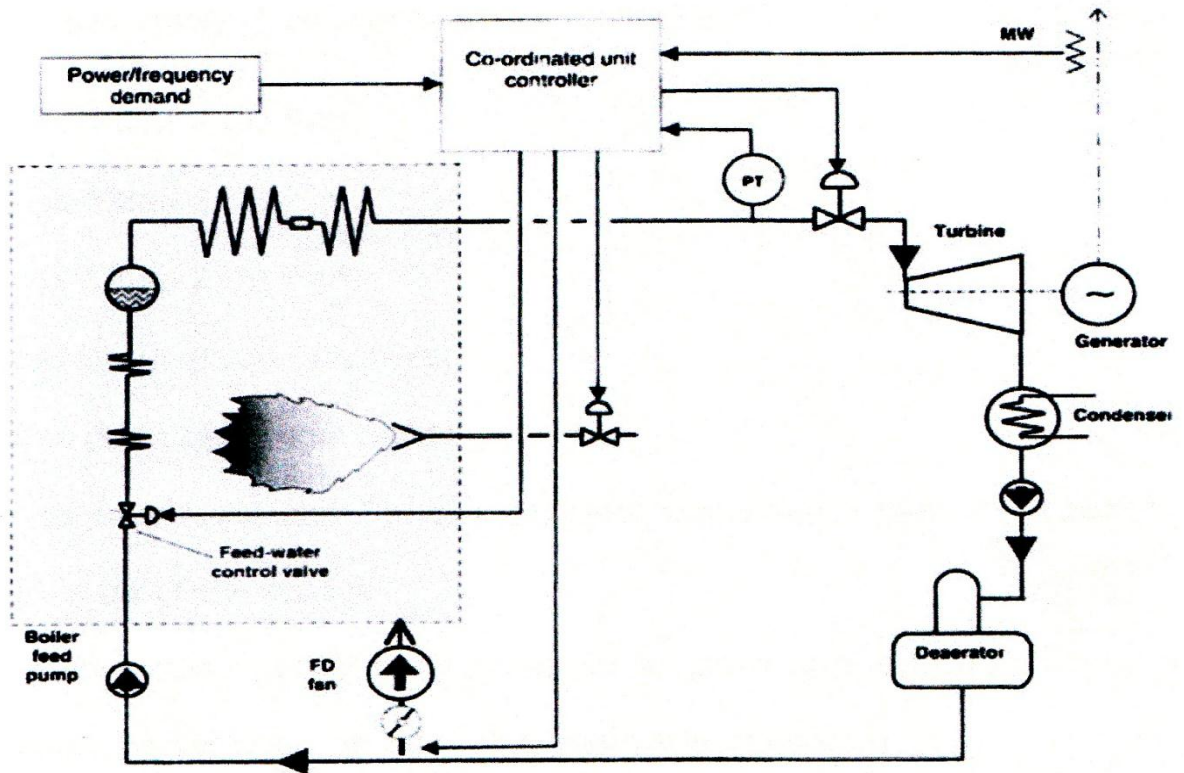
Gambar 2.10 Sistem Kontrol Turbin Follow Boiler

Sistem pengendalian Turbin Follow Boiler ini merupakan suatu sistem kendali dimana pengendalian sebuah turbin harus mengikuti perubahan yang terjadi pada boiler. Pada proses boiler follow turbin dimana turbin mengikuti perubahan beban sistem (frekuensi turun) kemudian diikuti oleh boiler mengikuti penyediaan uap baik jumlah, tekanan suhunya sesuai kebutuhan turbin yang dinyatakan dengan besarnya pembukaan Regulating Valve Turbin oleh governor, tetapi dalam keadaannya boiler tidak bisa mengikuti kebutuhan uap turbin, maka mode operasi harus dirubah menjadi Turbin Follow Boiler. Governor tidak difungsikan dan turbin menghasilkan daya sesuai dengan produksi uap boiler. Apabila level air dalam

drum mendekati batas minimum, maka mode operasi harus Turbin Follow Boiler untuk mencegah turunnya level air dalam drum lebih lanjut.

Pada mode ini operasi governor tidak difungsikan dan turbin menghasilkan daya sesuai dengan produksi uap boiler. Katub pengatur (regulating valve) dibuat dengan posisi terbuka penuh sedangkan governor dikunci (tidak dioperasikan). Pengaturan daya turbin diatur langsung oleh sistem kontrol boiler. Load demand (MW) langsung mengatur sistem kontrol boiler untuk mengatur antara lain bahan bakar, udara, aliran uap, dan juga aliran air sesuai dengan daya yang diinginkan. Mode operasi ini bersifat menyediakan daya yang dibangkitkan oleh unit dengan nilai yang konstan dengan kata lain mengambil beban dasar (Base Load). Sistem Kontrol Turbin Follow Boiler ini memungkinkan unit untuk dioperasikan secara lebih efisien karena dapat dipilih posisi beban konstan dengan efisiensi yang maksimum. Pada mode operasi turbin follow boiler ini set point berupa nilai MW yang menjadi nilai base load (beban dasar) yang diinginkan. Nilai MW yang sesungguhnya dibangkitkan oleh generator dibandingkan dengan nilai set point dan selisihnya menjadi acuan untuk respon dari sistem kontrol boiler. Respon ini berupa pengaturan bahan bakar, udara, aliran air oleh BFP dan aliran uap. Apabila set point dalam sistem kontrol boiler berupa tekanan uap maka (MW daya yang diinginkan) harus dikonversikan menjadi tekanan yang kemudian dibandingkan dengan set point yang berupa tekanan uap. Selisih kedua tekanan ini merupakan sinyal untuk respon yang harus dilakukan oleh Sistem Kontrol Boiler.

C. Boiler-Turbin Coordinate (Coordinated Kontrol)



Gambar 2.11 Skema sistem coordinate control

Dalam mode operasi Coordinated kontrol ini sistem kontrol boiler dapat memindahkan secara otomatis mode operasi dari Boiler Follow Turbin ke mode operasi Turbin Follow Boiler dan sebaliknya tergantung keadaan pada saat operasi.

Mode operasi Sistem Kontrol Terkoordinasi mempunyai fungsi antara lain sebagai berikut:

1. Membangkitkan sinyal demand aliran steam turbin.
2. Membangkitkan sinyal demand laju pembakaran boiler.

3. Mengatur sinyal demand beban unit secara proposional berdasarkan error pada frekuensi.
4. Memantau status grup-grup/ketinggian pembakaran.
5. Merubah batas dan block beban berdasarkan jumlah grup-grup burner dan feeder-feeder yang sedang disservice.

Jadi dalam mode operasi Coordinated Kontrol, unit bisa berpartisipasi dalam pengaturan frekuensi dan juga bisa mempunyai MW yang ditentukan. Kontrol boiler yang terkoordinir harus mengawasi jangan sampai ada alat-alat bantu yang mengalami beban lebih. Jika ada salah satu alat bantu yang mengalami beban lebih, maka Kontrol Boiler memerintahkan pengaturan kembali sistem dari kondisi auto ke manual. Begitu juga apabila alat bantu ada yang mengalami gangguan. Dalam proses kembali ke manual ini terjadi proses penyesuaian ala-alat kontrol dari otomatis ke manual.

2.4 Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik

Gangguan adalah peristiwa yang menyebabkan trip-nya PMT di luar kehendak operator yang dalam bahasa inggris disebut fault. Gangguan dalam sistem tenaga listrik tidak diingikan, tetapi tidak bisa dihindari. Gangguan sesungguhnya merupakan perubahan beban yang ekstrim, sehingga tidak bisa dikendalikan oleh sistem kontrol dan harus diatasi oleh sistem proteksi.

Gangguan di sistem tenaga listrik harus di atasi oleh sisi proteksi listrik, namun ada kalanya gangguan di sistem tenaga listrik yang menyebabkan sistem proteksi listrik bekerja harus diikuti dengan proteksi sistem mesin yang berkaitan dengan proses konversi energi listrik, agar ketika terjadi gangguan peralatan yang

digunakan tidak mengalami kerusakan yang serius. Secara umum klasifikasi gangguan pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh 2 faktor, yaitu:

1. Gangguan yang berasal dari sistem
2. Gangguan yang berasal dari luar sistem

Penyebab gangguan yang berasal dari dalam sistem antara lain :

1. Tegangan dan arus abnormal.
2. Kesalahan mekanis karena proses penuaan
3. Beban lebih.
4. Kerusakan material seperti isolator pecah, kawat putus, atau kabel cacat isolasinya.

Sedangkan untuk gangguan yang berasal dari luar sistem antara lain:

1. Gangguan-gangguan mekanis karena pekerjaan galian saluran lain. Gangguan ini terjadi untuk sistem kelistrikan bawah tanah.
2. Pengaruh cuaca seperti hujan, angin, serta surja petir. Pada gangguan surja petir dapat mengakibatkan gangguan tegangan lebih dan dapat menyebabkan gangguan hubung singkat karena tembus isolasi peralatan (*breakdown*).
3. Pengaruh lingkungan seperti pohon, binatang dan benda-benda asing serta akibat kecerobohan manusia.

Bila ditinjau dari segi lamanya waktu gangguan, maka dapat dikelompokkan menjadi :

1. Gangguan temporer, yaitu peristiwa yang menyebabkan trip-nya PMT tetapi beberapa saat kemudian (setelah 5 detik) apabila PMT dimasukan, keadaannya akan normal kembali (gangguan sudah hilang).
2. Gangguan permanen, yaitu peristiwa yang menyebabkan trip-nya PMT, kemudian bila PMT dimasukan kembali PMT tersebut trip lagi. PMT ini baru bisa dimasukan kembali secara normal setelah dilakukan perbaikan atas bagian yang menimbulkan gangguan.

2.4.1 Macam-macam Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

a. Tegangan Lebih (Over Voltage)

Tegangan lebih merupakan suatu gangguan akibat tegangan pada sistem tenaga listrik lebih besar dari seharusnya. Gangguan tegangan lebih dapat terjadi karena kondisi eksternal dan internal pada sistem berikut ini:

1. Kondisi Internal

Hal ini terutama karena isolasi akibat perubahan yang mendadak dari kondisi rangkaian atau karena resonansi. Misalnya operasi hubung pada saluran tanpa beban, perubahan beban yang mendadak, operasi pelepasan pemutus tenaga yang mendadak akibat hubungan singkat pada jaringan, kegagalan isolasi, dan sebagainya.

2. Kondisi Eksternal

Kondisi eksternal terutama akibat adanya sambaran petir. Petir terjadi disebabkan oleh terkumpulnya muatan listrik, yang mengakibatkan bertemunya muatan positif

dan negatif. pertemuan ini berakibat terjadinya beda tegangan antara awan bermuatan positif dengan muatan negatif, atau awan bermuatan positif atau negatif dengan tanah. Bila beda tegangan ini cukup tinggi maka akan terjadi loncatan muatan listrik dari awan ke awan atau dari awan ke tanah.

Jika ada menara (tiang) listrik yang cukup tinggi maka awan bermuatan yang menuju ke bumi ada kemungkinan akan menyambar menara atau kawat tanah dari saluran transmisi dan mengalir ke tanah melalui menara dan tahanan pentanahan menara. Bila arus petir ini besar, sedangkan tahanan tanah menara kurang baik maka akan timbul tegangan tinggi pada menaranya. Keadaan ini akan berakibat dapat terjadinya loncatan muatan dari menara ke penghantar fase. Pada penghantar fase ini akan terjadi tegangan tinggi dan gelombang tegangan tinggi petir yang sering disebut surja petir. Surja petir ini akan merambat atau mengalir menuju ke peralatan yang ada di gardu induk.

b. Hubung Singkat

Hubung singkat adalah terjadinya hubungan penghantar bertegangan atau penghantar tidak bertegangan secara langsung tidak melalui media (resistor/beban) yang semestinya sehingga terjadi aliran arus yang tidak normal (sangat besar). Hubung singkat merupakan jenis gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik, terutama pada saluran udara 3 fase. Meskipun semua komponen peralatan listrik selalu diisolasi dengan isolasi padat, cair (minyak), udara, gas, dan sebagainya. Namun karena usia pemakaian, keausan, tekanan mekanis, dan sebab-sebab lainnya, maka kekuatan isolasi pada peralatan listrik

bisa berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Hal ini akan mudah menimbulkan hubung singkat.

Pada beban isolasi padat atau cair, gangguan hubung singkat biasanya mengakibatkan busur api sehingga menimbulkan kerusakan yang tetap dan gangguan ini disebut gangguan permanen (tetap). Pada isolasi udara yang biasanya terjadi pada saluran udara tegangan menengah atau tinggi, jika terjadi busur api dan setelah padam tidak menimbulkan kerusakan, maka gangguan ini disebut gangguan temporer (sementara). Arus hubung singkat yang begitu besar sangat membahayakan peralatan, sehingga untuk mengamankan peralatan dari kerusakan akibat arus hubung singkat maka hubungan kelistrikan pada seksi yang terganggu perlu diputuskan dengan peralatan pemutus tenaga atau circuit breaker (CB).

Gangguan hubung singkat yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik 3 fase sebagai berikut.

- 1) satu fase dengan tanah
- 2) fase dengan fase
- 3) 2 fase dengan tanah
- 4) Fase dengan fase dan pada waktu bersamaan dari fase ke 3 dengan tanah
- 5) 3 fase dengan tanah
- 6) Hubung singkat 3 fase

Empat jenis gangguan pertama menimbulkan arus gangguan tidak simetris. Sedangkan dua jenis gangguan terakhir menimbulkan arus gangguan hubung singkat simetris. Perhitungan arus hubung singkat sangat penting untuk menentukan kemampuan pemutus tenaga dan untuk koordinasi pemasangan relai pengaman.

c. Beban Lebih (Over Load)

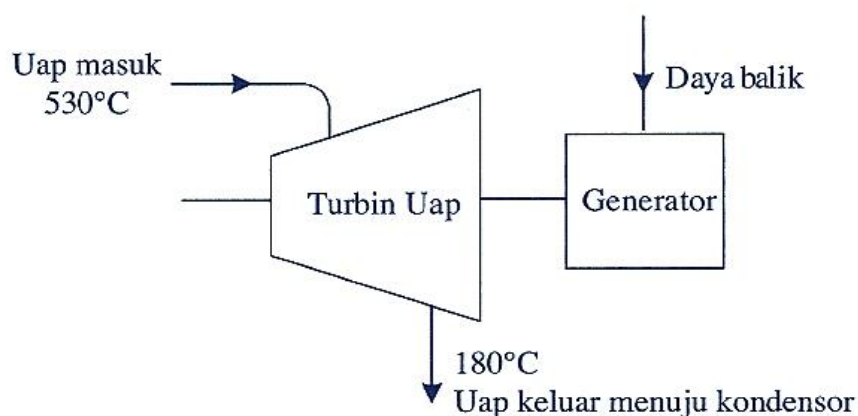
Beban lebih merupakan gangguan yang terjadi akibat konsumsi energi listrik melebihi energi listrik yang dihasilkan pada pembangkit. Gangguan beban lebih sering terjadi terutama pada generator dan transformator daya. Pada transformator distribusi sekunder yang menyalurkan energi listrik pada konsumen akan memutuskan aliran melalui relay beban lebih jika konsumsi tenaga listrik oleh konsumen melebihi kemampuan transformator tersebut.

d. Daya Balik (Reverse Power)

Daya balik merupakan suatu gangguan berubahnya fungsi generator menjadi motor (beban) pada sistem pembangkit tenaga listrik. Gangguan ini terjadi pada sistem tenaga listrik yang terintegrasi (interconnected system). Pada kondisi normal generator-generator yang tersambung secara paralel akan bekerja secara serentak dalam membangkitkan tenaga listrik. Namun karena sesuatu sebab, misalnya gangguan hubung singkat yang terlalu lama, gangguan medan magnet, dan sebagainya, maka akan terjadi ayunan putaran rotor sebagian dari generator pada sistem tersebut. Ayunannya bisa lebih cepat atau lebih lambat dari putaran sinkron. Hal ini menyebabkan sebagian generator menjadi motor dan sebagian

berbeban lebih. Dengan demikian terjadi aliran tenaga listrik yang berbalik, yaitu generator yang seharusnya menghasilkan tenaga listrik, justru berbalik menjadi motor yang menyerap tenaga listrik. Kejadian ini akan terjadi pada sistem tegangan tinggi atau ekstra tinggi yang lebih luas, misalnya pada sistem tenaga listrik terintegrasi (Jawa-Bali). Apabila terjadi daya balik di unit PLTU maka menimbulkan tidak terjadi konversi dalam turbin uap sehingga suhu uap yang keluar dari turbin bisa masih sama atau setidaknya mendekati suhu uap ketika masuk ke turbin yaitu sekitar 530°C seperti yang terlihat pada Gambar 2.14. Dalam keadaan normal tidak ada daya balik, maka suhu uap yang keluar dari turbin adalah sekitar 180°C . Jika hal ini terjadi uap yang menuju kondensor dengan suhu kira-kira 530°C akan merusak bagian-bagian kondensor yang tidak didesain terhadap suhu sekitar 530°C .

Untuk mengamankan gangguan di atas biasanya pada penyerentakan generator telah dilengkapi dengan relai daya balik (reserve power relay).



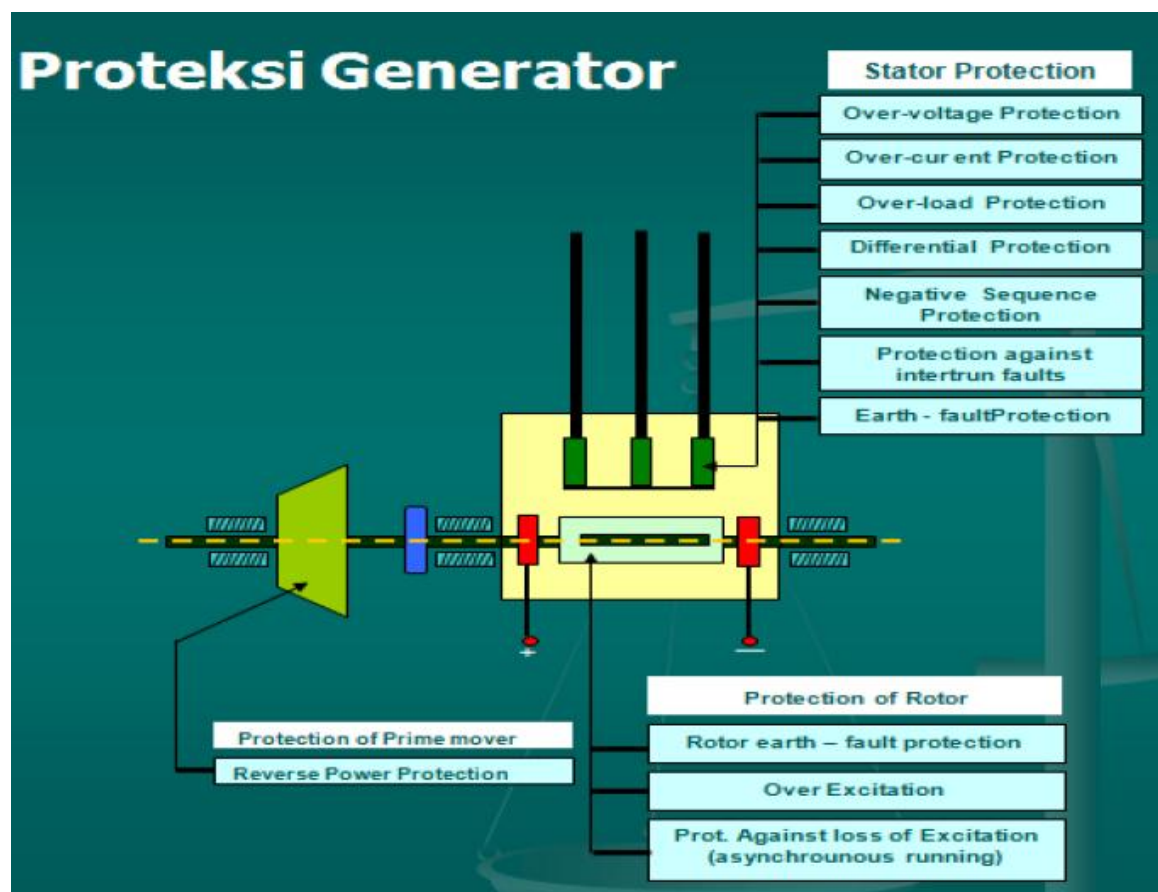
Gambar 2.12 Uap masuk dan uap keluar dari turbin

2.5 Gangguan Pada Generator

Generator yang digunakan di PLTU umumnya adalah generator sinkron 3ϕ , secara garis besar bagian dari generator sinkron yang perlu mendapat proteksi adalah.

- A. Kumparan stator
- B. Kumparan rotor
- C. Mesin penggerak generator

Seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.13 Proteksi pada Generator

Gangguan dalam generator sinkron bisa terjadi pada:

A. Kumparan stator

Gangguan pada kumparan stator bisa berupa hubung singkat antar fasa atau hubung singkat fasa ke tanah, dan bisa juga terjadi gangguan lepas kontak.

B. Kumparan rotor

Gangguan pada kumparan rotor bisa berupa gangguan hubung singkat antar lilitan rotor atau lilitan rotor terhubung dengan tanah (body).

C. Mesin penggerak

Gangguan pada mesin penggerak berupa gangguan mekanik seperti:

- Tekanan minyak pelumas terlalu rendah.
- Suhu air pendingin terlalu tinggi atau vibrasi terlalu tinggi.

Gangguan pada mesin penggerak baik berupa tekanan minyak pelumas terlalu rendah dan suhu air pendingin terlalu tinggi atau vibrasi terlalu tinggi dapat menimbulkan kerusakan pada bantalan. Untuk menghindarkan tetap berputarnya generator sebagai akibat daya yang berubah generator menjadi motor, maka PMT generator perlu di trip.

Gangguan pada kumparan stator perlu diproteksi dengan relay diferensial, yang membuka sirkuit breaker generator apabila relay tersebut bekerja. Selain membuka sirkuit breaker generator relay diferensial harus mentrip sirkuit breaker sistem penguat yang bertujuan untuk menghentikan gaya gerak listrik yang di bangkitkan dalam kumparan stator generator sehingga arus gangguan dapat segera dihentikan, serta menutup katup uap utama pemutar turbin yang bertujuan

untuk menghindari terjadinya putaran lebih (over speed) pada turbin ketika turbin kehilangan beban secara tiba-tiba.