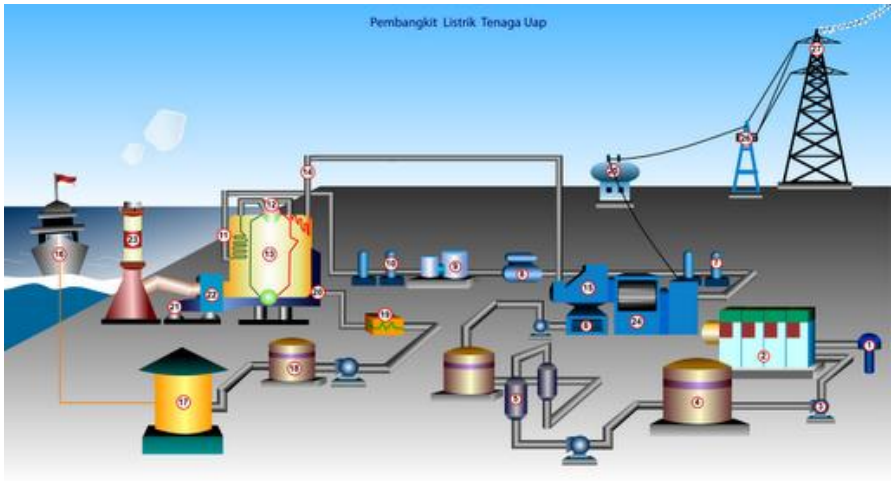
BAB II

SISTEM KERJA PLTU BATUBARA

2.1 PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah jenis pembangkit listrik tenaga thermal yang banyak digunakan karena memiliki nilai efisiensi yang cukup tinggi serta kemudahan dalam memperoleh bahan bakar sehingga dapat dikatakan ekonomis. Maka dari itu, PLTU merupakan pembangkit listrik yang paling banyak dibangun di Indonesia.



Gambar 2.1 Sistem Kerja PLTU

Dalam rangka memenuhi peningkatan kebutuhan akan tenaga listrik khususnya di Pulau Jawa sesuai dengan kebijaksanaan pemerintah serta untuk meningkatkan pemanfaatan sumber energi primer dan diversifikasi

sumber energi primer untuk pembangkit tenaga listrik, maka semakin banyak dibangun PLTU yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar utama. Selain bahan bakar yang mudah didapat, PLTU batubara merupakan pembangkit listrik yang memiliki tingkat kompleksitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan PLTU minyak.

Proses pembangkitan energi listrik pada PLTU tidak lepas dari peranan suatu sistem penyaluran bahan bakar batubara ke sistem pembakaran yang didalamnya terdapat suatu rangkaian proses produksi energi listrik yang memerlukan beberapa peralatan.

2.2 SISTEM BAHAN BAKAR

Batu bara dari conveyor dimasukkan Coal Bunker, kemudian batu bara masuk ke *Coal Feeder*, yang mana jumlah aliran yang masuk ke *Pulverizer* diatur oleh *Coal Feeder* tersebut. Di dalam Pulverizer batu bara dihancurkan dengan ukuran yang lebih kecil menjadi serbuk batu bara yang halus. Serbuk batu bara yang halus tersebut di salurkan menuju *coal burner* dengan di dorong oleh hembusan udara dari *Primary Air Fan* (PAF), yang kemudian di jadikan sebagai bahan bakar utama di dalam ruang bakar.

- Coal Bunker

  Merupakan sarana penampung (*storage*) sementara batubara untuk memasok kebutuhan boiler. Kapasitas bunker umumnya dirancang agar dapat memasok kebutuhan boiler selama beberapa jam, tanpa ada tambahan pemasokan batubara ke bunker.

- Coal Feeder

  Coal feeder memiliki fungsi penting yaitu untuk memberikan pasokan batubara secara terus-menerus manakala penggiling batubara (mill/pulverizer) dalam keadaan operasi serta mengatur aliran batubara.

- Mill / Pulverizer

  Mill / Pulverizer berfungsi untuk menggiling bongkahan batubara menjadi serbuk halus, agar lebih mudah bercampur dengan udara pembakaran didalam ketel sehingga proses pembakaran sempurna akan berlangsung lebih cepat.

- Conveyor

  Berfungsi untuk mengalirkan batubara dari Tongkang, ST/RE ataupun emergency hopper menuju ke Coal Bunker.

2.2.1 Sistem Udara Pembakaran

Fungsi dari sistem udara Pembakaran adalah menyediakan udara yang cukup untuk kebutuhan proses pembakaran bahan bakar didalam ruang bakar boiler. Pada PLTU batubara, untuk mendapatkan efisiensi pembakaran yang baik, bongkahan batubara harus digiling menjadi bubuk halus didalam pulverizer. Untuk mengalirkan serbuk batubara dari pulverizer ke burner diperlukan media transportasi. Adapun media yang digunakan adalah udara yang dihembuskan melalui sebuah Fan yang dikenal dengan istilah *Primary Air Fan* (PAF). Disamping sebagai sarana transportasi serbuk batubara, udara primer juga berfungsi untuk mengeringkan

batubara didalam Pulverizer. Untuk memenuhi fungsi ini, maka temperatur udara primer harus cukup tinggi untuk menguapkan air dari batubara. Karena itu umumnya dilengkapi dengan pemanas udara tersendiri yang dipasang disisi hisap PA Fan.

Fungsi udara sekunder adalah memasok kebutuhan udara untuk proses pembakaran yang sempurna didalam ruang bakar. Pasokan udara sekunder disediakan oleh FDF (*Force Draft Fan*). Udara berasal dari atmosfir dihisap oleh FD Fan dan dialirkan ke air preheater. Air preheater berfungsi untuk memanaskan udara pembakaran dengan menggunakan gas buang. Udara panas dari air heater kemudian masuk ke dalam windbox yang berfungsi untuk mendistribusikan udara pembakaran ke masing-masing ruang bakar agar terjadi proses pembakaran yang sempurna.

2.2.2 Sistem Gas Bekas

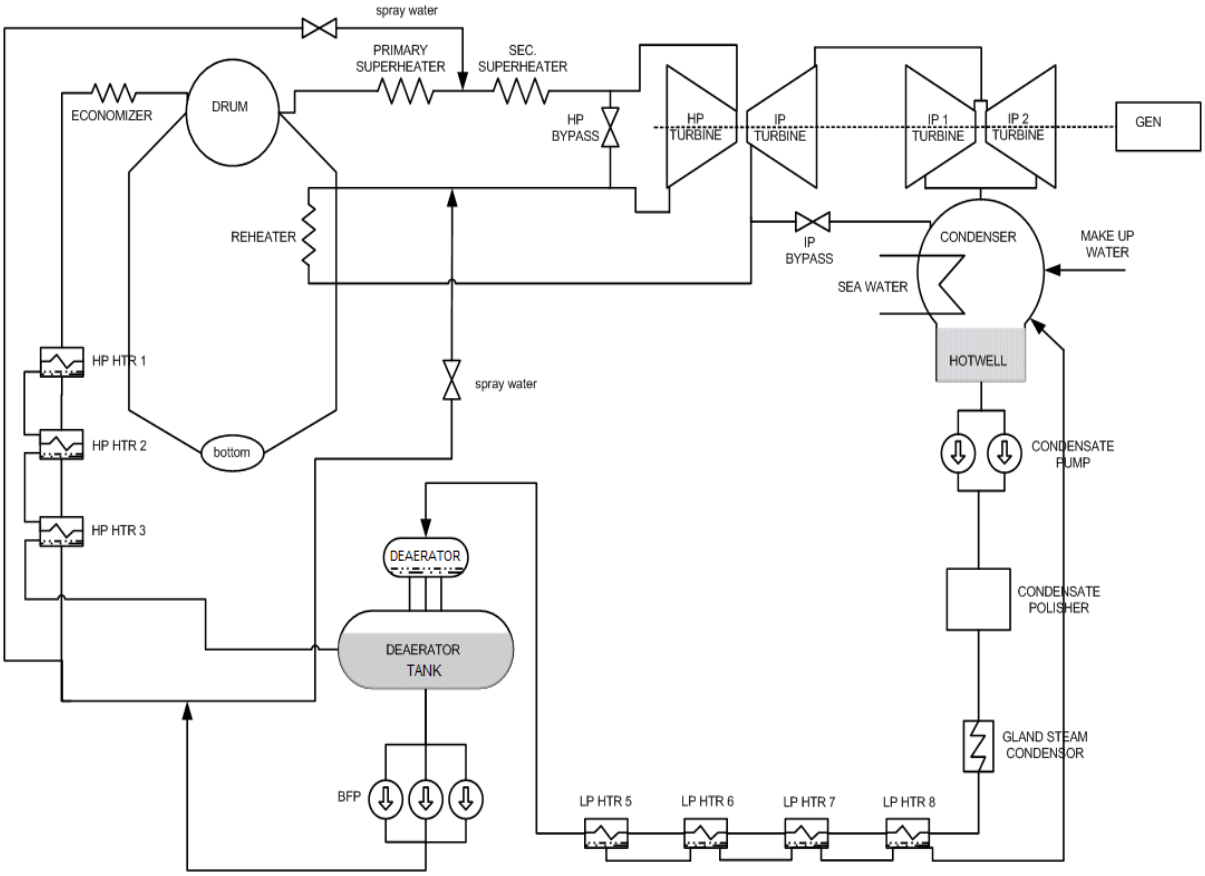
Gas bekas (*Flue gas*) adalah merupakan gas-gas hasil dari proses pembakaran diruang bakar boiler. Didalam ruang bakar, gas bekas mengalir kearah atas dan mentransfer kandungan panasnya ke air yang berada didalam pipa-pipa dinding ruang bakar. Dari ruang bakar, gas bekas selanjutnya mengalir melintasi superheater dan reheater untuk memanaskan uap. Dari sini, gas bekas kemudian berbalik arah menuju kebawah melintasi primary superheater dan *economizer*. Didalam *economizer*, sisa-sisa panas yang masih terkandung dalam gas bekas dipakai untuk memanaskan air pengisi

yang akan masuk ke Boiler drum. Setelah melintasi *economizer,* gas kemudian keluar meninggalkan boiler dan mengalir menuju pemanas udara (air heater). Air heater adalah komponen terakhir yang memanfaatkan sisa panas dalam gas bekas untuk memanaskan udara pembakaran dalam perjalanannya menuju windbox. Dari Air heater, gas bekas selanjutnya mengalir kedalam pengumpul abu /Electrostatic Precipitator. Pengumpul abu berfungsi untuk memisahkan gas bekas dari partikel abu untuk mengurangi emisi pencemar padat dari gas bekas ketika gas bekas dibuang ke udara melalui stack. Setelah melalui pengumpul abu, gas bekas dihisap dulu oleh IDF dan baru dibuang ke udara melalui stack.

2.3 SIKLUS FLUIDA

Siklus fluida kerja PLTU merupakan siklus tertutup yaitu, pertama air diisikan ke boiler, Didalam boiler air ini dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap. Uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk melakukan kerja di turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran. Uap bekas keluaran turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah menjadi air. Air kondensat ini kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler.Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang.

Putaran turbin digunakan untuk memutar generator yang dikopel langsung dengan turbin sehingga ketika turbin berputar dihasilkan energi listrik dari terminal output generator. Sekalipun siklus fluida kerjanya merupakan siklus tertutup, namun jumlah air dalam siklus akan mengalami pengurangan. Pengurangan air ini disebabkan oleh kebocoran didalam sistem. Maka digunakan *make up water*, Untuk mengganti air yang hilang.



Gambar 2.2 Siklus Fluida (Air dan Uap) PLTU

Keterangan siklus kerja PLTU diatas secara singkat :

- Sebelum boiler dapat menghasilkan uap yang nantinya akan digunakan untuk memutar turbin dan menghasilkan air kondensat, awalan untuk air pengisi boiler disuplai dari demineralized water dan make up tank.
- Air demin tersebut ditampung pada hotwell dan selanjutnya dipompa dengan condensate pump menuju condensate polishing untuk dilakukan proses permurnian air condensat dengan kimia dari zat-zat yang dapat menimbulkan korosi dan reaksi kimia lainnya.
- Setelah mengalami pemurnian, lalu menuju gland steam condenser. Disini air kondensat mengalami proses pemanasan awal didalam gland steam condenser dengan menggunakan uap perapat turbin (apabila sedang operasi).
- Selanjutnya air kondensat akan melalui low pressure heater 8,7 yang berada dalam seat shell dan menggunakan uap ekstraksi dan ekstraksi no 7 dan 8 pada low pressure turbin. Setelah itu, menuju low pressure heater 6 dan 5 yang menggunakan ekstraksi no 6 dan 5 low pressure turbin. Temperatur air kondensat akan mengalami kenaikan karena menerima panas dari uap ekstraksi.
- Di deaerator, air kondensat akan mengalami proses dearasi yaitu proses pembuangan gas-gas yang tidak dapat terkondensasi dan akan menghambat proses selanjutnya.
- Air kondensat dipompa dengan menggunakan boiler feed pump. Terdapat dua tipe penggerak pompa pada boiler feed pump yaitu dengan turbin (Boiler Feed Pump Turbin/BFPT) sebanyak dua unit dan

motor listrik (Main Boiler Feed Pump/MBFP) sebanyak satu unit. Saat start-up, digunakan MBFP namun setelah uap mampu dihasilkan maka BFPT akan dioperasikan.

- Di high Pressure Heater (HPH) 3,2 dan 1, air pengisi mengalami pemanasan untuk menaikkan temperaturnya dengan menggunakan uap ekstraksi no 3 dari Intermedite pressure turbin (IP Turbin), no 2 dan 1 dari High Pressure Turbin (HP Turbin).
- Air pengisi akan melalui Economizer untuk memanaskan air pengisi dengan menggunakan flue gas. Kemudian Air pengisi akan ditampung di Steam Drum dan dialirkan melalui pipa downcomer menuju header
- Uap jenuh akan ditampung di steam drum dan didalam steam drum, air dan uap akan terpisah dengan kondisi uap berada diatas air. Uap ini akan mengalir secara alami menuju superheater guna merubah uap jenuh menjadi uap lanjut (*Superheated Steam)* yang akan digunakan untuk memutar high pressure turbin (HP Turbin).
- Exhaust Steam dari HP Turbin akan dipanaskan kembali (*reheat)* menggunakan flue gas dan dialirkan kembali ke Intermedite Pressure Turbin (IP Turbin). Exhaust steam IP Turbin dipakai untuk memutar sudu-sudu dari Low Pressure Turbin (LP Turbin).
- Exhaust steam IP Turbin akan didinginkan di kondensor untuk dapat dihasilkan air untuk dipakai kembali sebagai air pengisi boiler. Dan seterusnya, siklus air dan uap terjadi secara tertutup.

2.3.1 Sistem Air Kondensat

Sistem air kondensat adalah sumber pasokan untuk sistem air pengisi. Ruang lingkup sistem air kondensat adalah mulai dari hotwel sampai ke deaerator. Air kondensat berasal dari proses kondensasi uap beakas didalam kondensor

- Hotwell

  berfungsi untuk menampung air hasil kondensasi uap bekas didalam kondensor sebagai pemasok utama sistem air kondensat.

- Condensate Extraction Pump

  Berfungsi untuk mengalirkan air kondensat dari hotwell melintasi sistem air kondensat menuju ke deaerator.

- Gland Steam Condensor

  Gland steam condensor adalah penukar panas untuk mengkondensasikan uap bekas dari perapat poros turbin.

- Condensate Polisher

  Merupakan perangkat penukar ion seperti demineralizer plant yang ditempatkan didalam siklus air kondensat. Fungsinya untuk menjaga kualitas air kondensat.

- LP Heater

  Pemanas awal air tekanan rendah berfungsi untuk meningkatkan effisiensi siklus dengan cara memanaskan air kondensat yang melintasinya. Media pemanas yang digunakan adalah uap yang diekstrak dari turbin dan disebut uap ekstraksi.

2.3.2 Sistem Air Pengisi

Sistem air pengisi adalah kelanjutan dari sistem air kondensat. Terminal akhir dari sistem air kondensat adalah deaerator yang merupakan pemasok air kesisi hisap pompa air pengisi. Mulai dari sini, air yang sama berubah nama menjadi air pengisi. Perbedaan yang mencolok antara air kondensat dengan air pengisi terletak pada tekanannya. Tekanan air pada sistem air pengisi naik lebih tinggi.

- Deaerator

  Membuang gas-gas tak terkondensasi khususnya oksigen yang terkandung dalam air kondensat. Air kondensat ditampung dalam deaerator storage tank untuk dipompakan ke boiler drum.

- Boiler Feed Pump

  Untuk memompa air dari deaerator menuju drum.

- HP heater

  Untuk menaikkan temperatur air pengisi dengan media pemanas uap bekas memutar turbin

- Economizer

  Sebagai pemanas akhir atau untuk memanaskan air sebelum memasuki drum, media pemanas yang digunakan adalah flue gas.

- Drum

  Tempat penampungan air dan uap dan tempat terjadinya proses pemisahan antara air dan uap basah.

2.4 SISTEM UAP, TURBIN, GENERATOR

2.4.1 Boiler

Boiler berfungsi merubah air menjadi uap, dimana uap itu sendiri merupakan energi primer penghasil tenaga listrik. Boiler terdiri dari pipa yang berisi air yang berjajar di dinding furnace/ruang bakar. Batu bara yang memasuki furnace akan dibakar dan menghasilkan energi panas, yang kemudian diserap oleh air didalam pipa. Suhu air meningkat dan dikonversi menjadi uap. Uap ini kemudian disalurkan dari boiler ke turbin uap.

Bagian Utama Boiler

- Furnace

  Furnace berfungsi sebagai ruang pembakaran bahan bakar yang dibatasi oleh pipa-pipa *boiler* (Pipa Wall Tube)

- Burner dan Ignitor

  Burner adalah ruang tempat pembakaran batubara dimana terdapat peralatan yang akan menyemprotkan bahan bakar dan udara masuk ke dalam *furnace* sehingga batubara akan terbakar.

- Ignitor

  Ignitor adalah alat pemantik api untuk start awal proses pembakaran dengan bantuan minyak solar.

- Wall Tube

  untuk mengubah air menjadi uap melalui wall tube yang ada di dalam boiler.

- Superheater

  Berfungsi untuk memanaskan uap jenuh yang keluar dari *steam drum* dengan mamanfaatkan gas panas hasil pembakaran.

- Reheater

  Berfungsi untuk memanaskan ulang uap bekas yang keluar dari *HP Turbin* yang masih berpotensi dan berdaya besar, uap ini dipanaskan dengan memanfaatkan gas hasil pembakaran dan digunakan untuk menggerakan *IP Turbn*.

- Economizer

  Berfungsi untuk memanaskan air sebelum masuk ke *Steam Drum* dengan memanfaatkan panas dari sisa gas pembakaran.

2.4.2 Turbin Uap

Turbin Uap adalah alat yang merubah energi kinetik yang terkandung dalam uap menjadi energi mekanik (putaran).Uap kering dari *boiler* dimasukkan ke *turbin* melalui *Governor Valve* sebagai pengatur besarnya aliran uap yang masuk ke *turbin*.

Jenis-jenis / Tingkat Turbin :

1. Turbin tekanan tinggi (HP Turbine).
2. Turbin tekanan menengah (IP Turbine).
3. Turbin tekanan rendah (LP Turbine).

Valve Pengatur Supply Uap Turbin :

1. *Governoor valve,* berfungsi mengatur aliran uap ke *HP turbine.*
2. ICV (Interceptor Control Valve), berfungsi mengatur aliran uap ke *IP turbine.*
3. MSV (Main Stop Valve), *valve* yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran uap dari *superheater* yang akan masuk ke *HP turbine.*
4. RSV (Reheat Stop Valve), valve utama yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran uap dari *reheater* yang akan masuk ke *IP turbine.*

2.4.3 Generator

Generator adalah alat untuk mengubah energi mekanik pada turbin menjadi energi listrik. Prinsip kerja *generator* adalah apabila belitan berputar di dalam medan magnet, maka ujung-ujung belitan tersebut keluar tegangan (GGL). *Generator* PLTU menerapkan prinsip pembangkitan listrik berdasarkan induksi, unsur utama membangkitkan listrik berdasarkan induksi adalah :

- Medan magnet
- Penghantar
- Kecepatan (putaran)

Generator PLTU membangkitkan tenaga listrik dengan tegangan 20 KV. Listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan ke Transformator Generator untuk dinaikkan tegangannya menjadi 150 KV