

An illustration showing various energy sources: wind turbines, a factory with smokestacks, solar panels, and power transmission towers, all set against a sun and a light green background with circular patterns.

MESIN KONVERSI ENERGI

Prawoto dan Reza Abdu Rahman

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik

**UNIVERSITAS PANCASILA
JAKARTA**





PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)

- PLTU merupakan mesin konversi energi yang merubah energi kimia bahan bakar menjadi energi listrik.
- Proses konversi energi pada PLTU berlangsung melalui 3 tahapan, yaitu:
 1. energi kimia dalam bahan bakar diubah menjadi energi panas dalam bentuk uap bertekanan dan temperatur tinggi.
 2. energi panas (uap) diubah menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran.
 3. energi mekanik diubah menjadi energi listrik.

Dibanding jenis pembangkit lainnya PLTU memiliki beberapa keunggulan. antara lain:

- Dapat dioperasikan dengan menggunakan berbagai jenis bahan bakar
- Dapat dibangun dengan kapasitas yang bervariasi



- Dapat dioperasikan dengan berbagai mode pembebanan
- Kontinuitas operasinya tinggi
- Usia pakai (life time) relatif lama

Namun PLTU juga mempunyai beberapa kelemahan yang harus dipertimbangkan dalam memilih jenis pembangkit termal, antara lain:

- Sangat tergantung pada tersedianya pasokan bahan bakar .
- Tidak dapat dioperasikan (start) tanpa pasok listrik dari luar .
- Memerlukan tersedianya air pendingin yang sangat banyak dan kontinyu.
- Investasi awalnya mahal



Prinsip Kerja

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

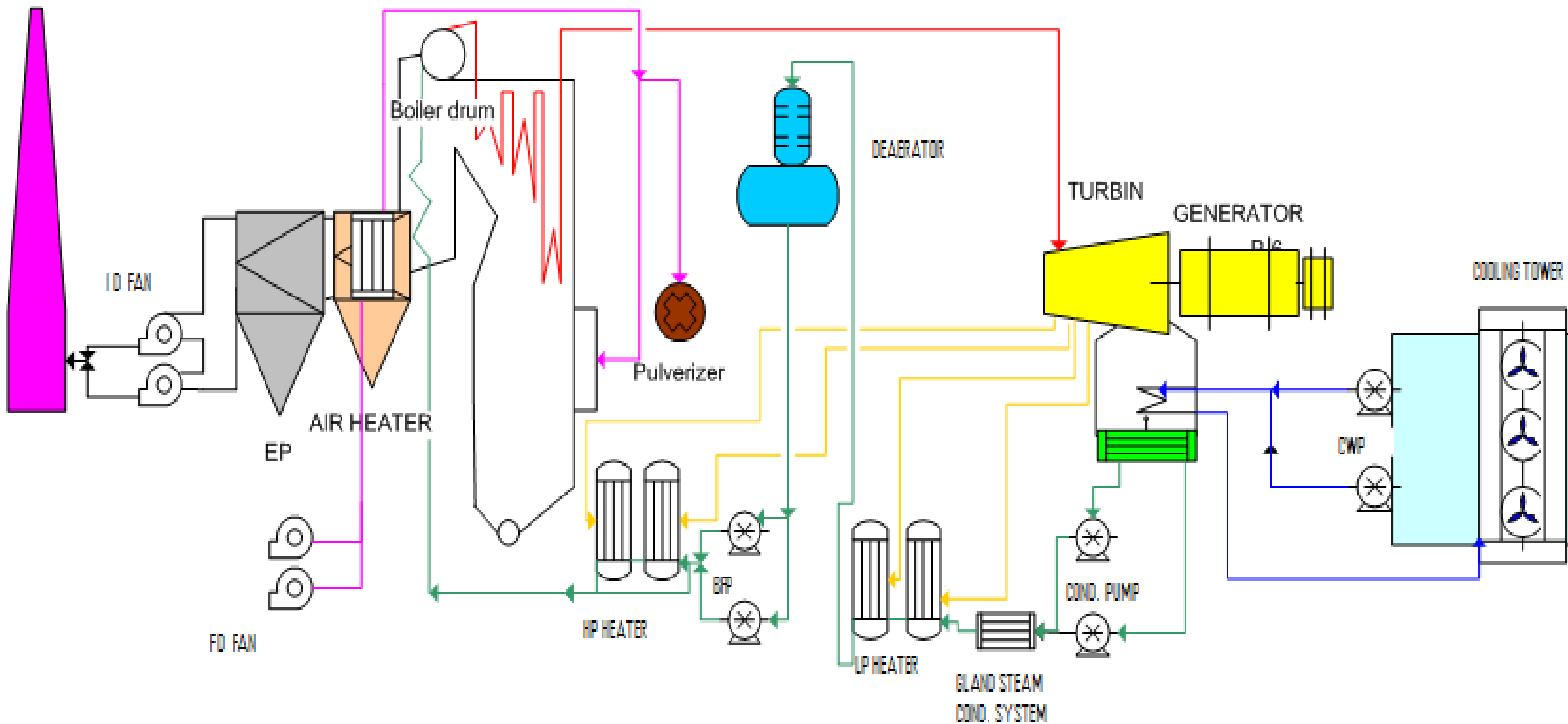
- Pertama air diisikan ke boiler hingga penuh seluruh luas permukaan pemindah panas. Didalam boiler air dipanaskan dengan gas panas hasil pembakaran bahan bakar dengan udara sehingga berubah menjadi uap.
- Kedua, uap hasil produksi boiler dengan tekanan dan temperatur tertentu diarahkan untuk memutar turbin sehingga menghasilkan daya mekanik berupa putaran.
- Ketiga, generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan.



- Uap bekas keluar turbin masuk ke kondensor untuk didinginkan dengan air pendingin agar berubah kembali menjadi air. Air kondensat hasil kondensasi uap kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi boiler. Demikian siklus ini berlangsung terus menerus dan berulang-ulang. Gambar 1. menunjukkan diagram sederhana PLTU dengan komponen utama dan siklus kerja sistem sistemnya.
- 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, disebabkan oleh kebocoran kebocoran baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Untuk mengganti air yang hilang, maka perlu adanya penambahan air kedalam siklus.
- Kriteria air penambah (make up water) ini harus sama dengan air yang ada dalam siklus.



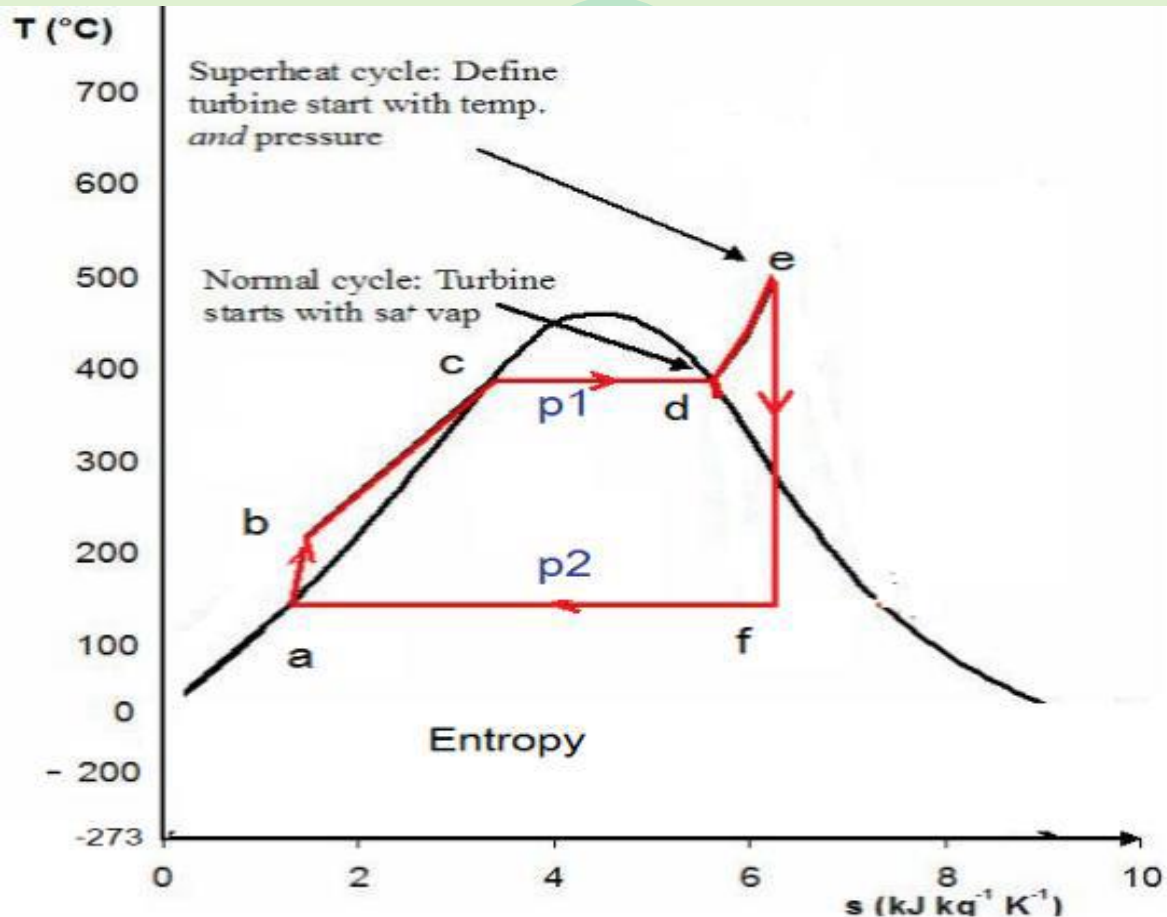
STACK



Gambar 1. Siklus fluida kerja sederhana (air uap) PLTU

Siklus Rankine

Siklus kerja PLTU yang merupakan siklus tertutup dapat digambarkan dengan diagram T – s (temperatur – entropi). Siklus ini adalah penerapan siklus rankine ideal. Adapun urutan langkahnya adalah sebagai berikut



- a - b : air dipompa dari tekanan P2 menjadi P1. Langkah ini adalah kompresi isentropis, dan proses ini terjadi pada pompa air pengisi.
- b - c : air bertekanan dinaikkan temperaturnya hingga mencapai titik didih.
- c - d : air berubah wujud menjadi uap jenuh. Langkah ini disebut vapourising (penguapan) dengan proses isobar isotermis, terjadi di boiler.
- d - e ; uap dipanaskan lebih lanjut hingga mencapai temperatur kerjanya. Langkah ini terjadi di boiler dengan proses isobar.
- e - f : uap melakukan kerja sehingga tekanan dan temperaturnya turun. Langkah ini adalah ekspansi isentropis, dan terjadi di dalam turbin.
- f – a : pembuangan panas laten uap sehingga berubah menjadi air kondensat. Langkah ini adalah isobar isotermis, dan terjadi di dalam kondensor.

Diagram T – S siklus PLTU (siklus rankine)

BAGIAN-BAGIAN PLTU

PLTU adalah mesin pembangkit yang terdiri dari komponen utama dan instalasi peralatan penunjang.

Komponen utama PLTU:

- (i) Boiler
- (ii) Turbin uap
- (iii) Kondensor
- (iv) Generator

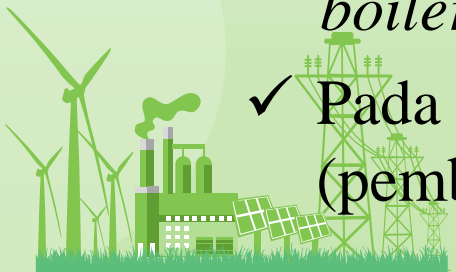
Peralatan penunjang PLTU:

- a) Desalination plant (unit desalinasi) untuk air laut
- b) Reverse Osmosis (RO)
- c) Pre Treatment untuk unit yang menggunakan pendingin air tanah/sungai
- d) Demineraliser plant (unit demineralisasi)
- e) Hidrogen plant (unit hidrogen) untuk unit yang menggunakan H₂ sebagai pendingin Generator
- f) Chlorination plant (unit chlorin) untuk air laut
- g) Auxiliary boiler
- h) Penanganan batubara dan abu

Tiap-tiap komponen utama dan peralatan penunjang dilengkapi dengan sistem-sistem dan alat bantu yang mendukung kerja komponen tersebut.

(1). *Boiler*

- ✓ *Boiler* atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk merubah air menjadi uap.
- ✓ Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa atau drum dengan panas hasil pembakaran bahan bakar.
- ✓ Pembakaran dilakukan secara kontinu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar.
- ✓ Uap yang dihasilkan boiler adalah uap superheat dengan tekanan dan temperatur yang tinggi.
- ✓ Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan.
- ✓ Boiler yg konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan *water tube boiler* (*boiler* pipa air), apabila pipa-pipa dialiri gas panas disebut *boiler* pipa api.
- ✓ Pada unit pembangkit, *boiler* juga dapat disebut dengan *steam generator* (pembangkit uap) karena pada boiler dihasilkan uap superheat bertekanan tinggi.



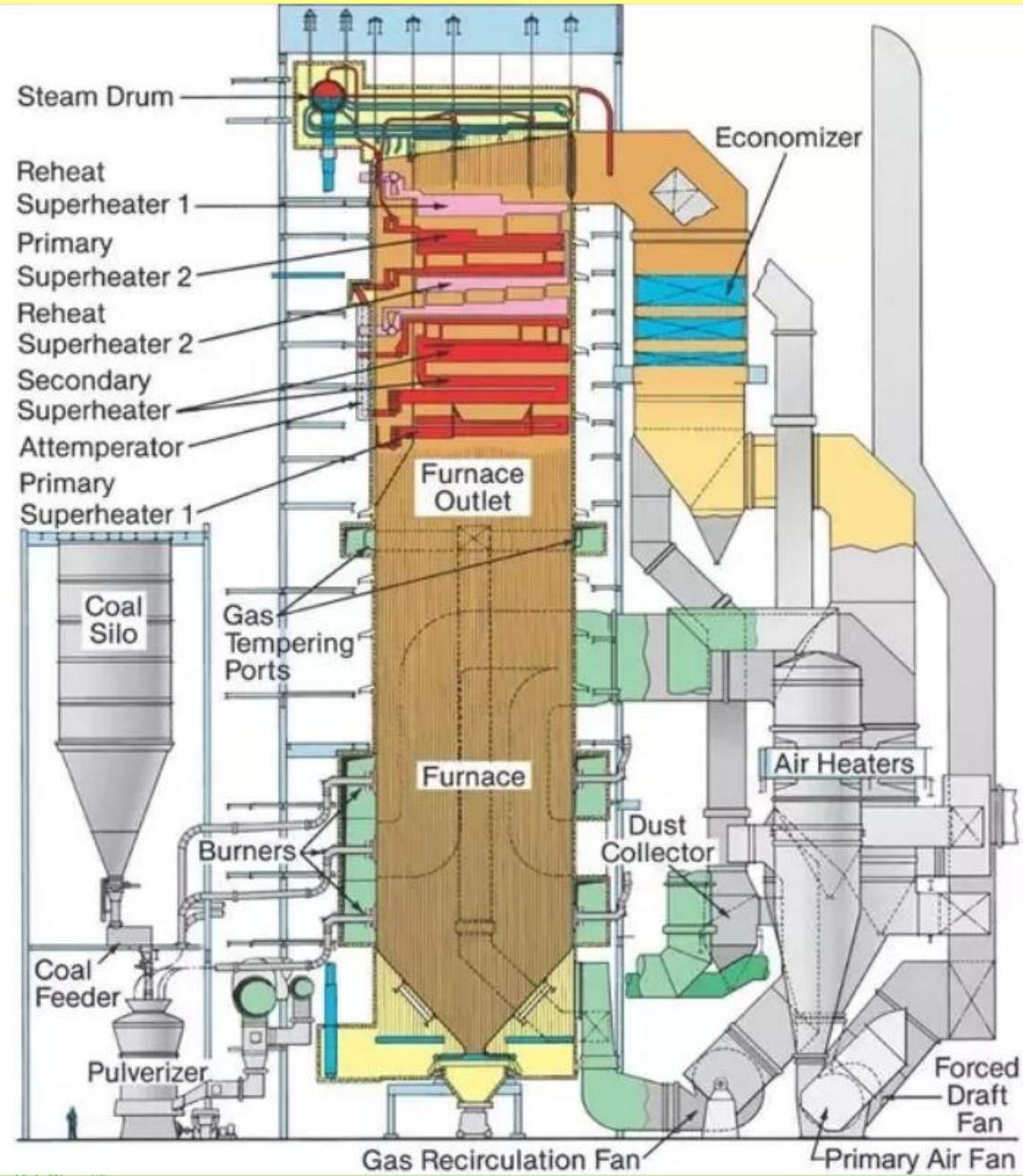
Ditinjau dari bahan bakar yang digunakan, PLTU dapat dibedakan menjadi:

- PLTU Batubara
- PLTU Minyak
- PLTU gas
- PLTU nuklir atau PLTN
- PLTU Biomassa

Jenis PLTU batu bara masih dapat dibedakan berdasarkan proses pembakarannya, yaitu PLTU dengan pembakaran batu bara bubuk (*Pulverized Coal / PC Boiler*) dan PLTU dengan pembakaran batu bara curah (*Circulating Fluidized Bed / CFB Boiler*).

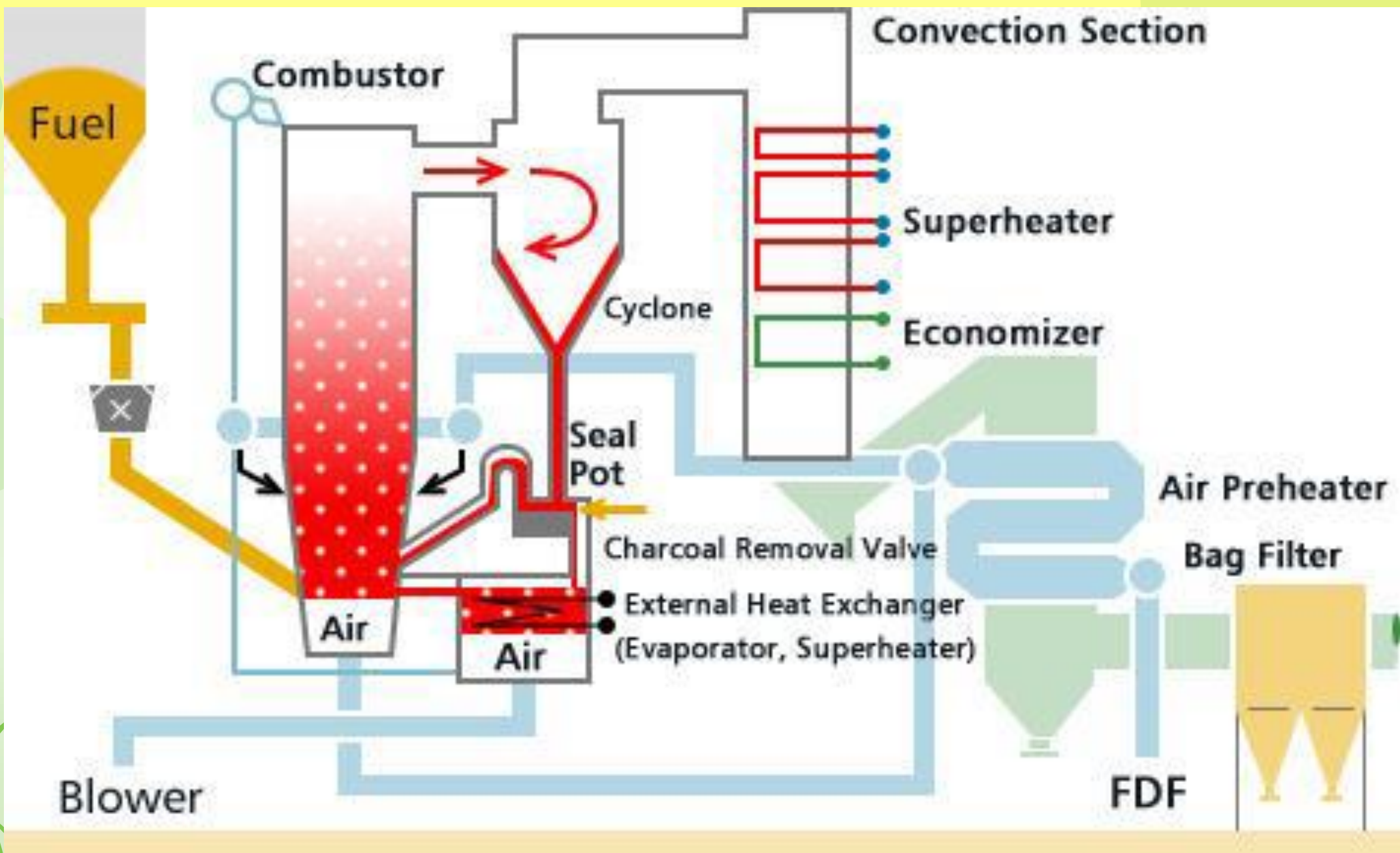
Perbedaan antara PLTU Batu bara dengan PLTU minyak atau gas adalah pada peralatan dan sistem penanganan dan pembakaran bahan bakar serta limbah abunya. PLTU batubara mempunyai peralatan bantu yang lebih banyak dan lebih kompleks dibanding PLTU minyak atau gas. PLTU gas merupakan PLTU yang paling sederhana peralatannya.





Tata Letak PLTU Pulverizer





Tata letak CFB Boiler Batubara

(2). Turbin_Uap

Turbin uap berfungsi untuk merubah energi panas yang terkandung dalam uap menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran. Uap dengan tekanan dan temperatur tinggi mengalir melalui nosel sehingga kecepatannya naik dan mengarah dengan tepat untuk mendorong sudu-sudu turbin yang dipasang pada poros. Akibatnya poros turbin bergerak menghasilkan putaran (energi mekanik).

Uap yang telah melakukan kerja di turbin tekanan dan temperatur turun hingga kondisinya menjadi uap basah. Uap keluar turbin ini kemudian dialirkan kedalam kondensor untuk didinginkan agar menjadi air kondensat, sedangkan tenaga putar yang dihasilkan digunakan untuk memutar generator.

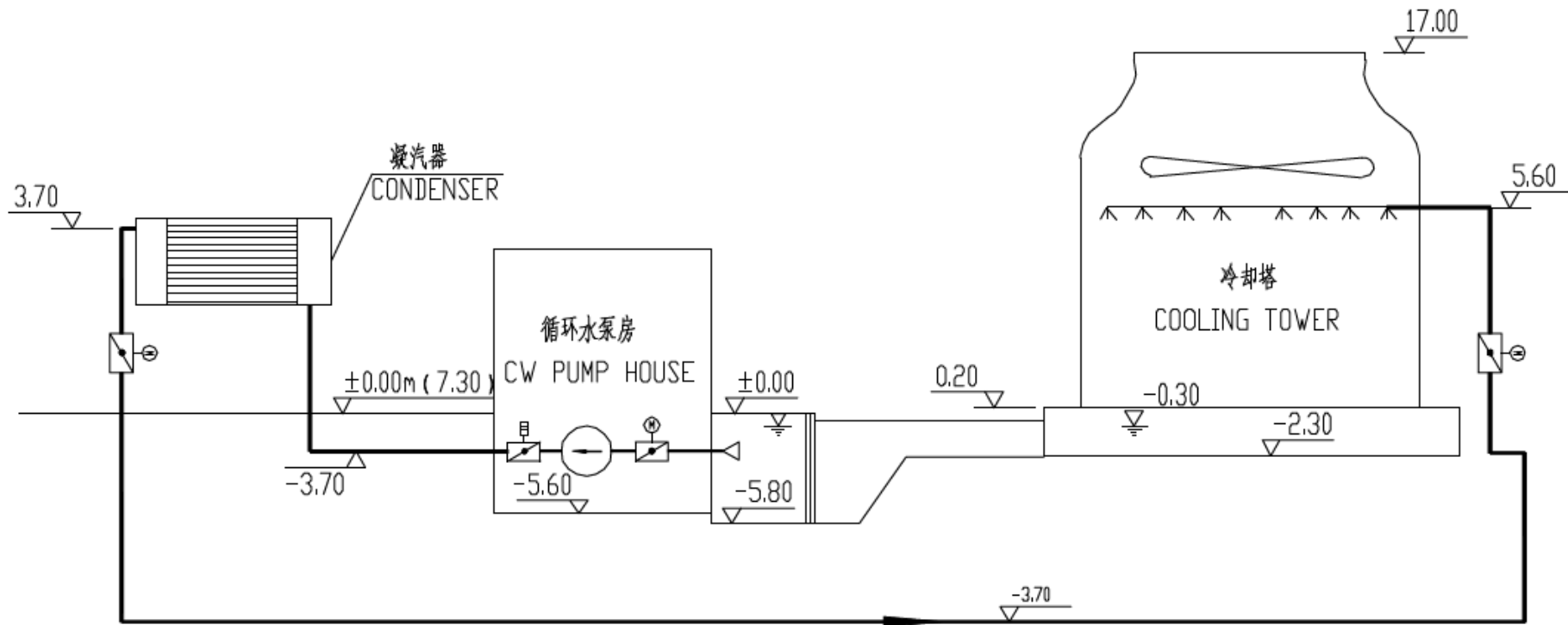


(3). Kondensor

Kondensor adalah peralatan untuk merubah uap menjadi air. Proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa-pipa (tubes). Uap mengalir diluar pipa-pipa sedangkan air sebagai pendingin mengalir di dalam pipa-pipa. Kondensor seperti ini disebut kondensor *tipe surface* (permukaan). Kebutuhan air untuk pendingin di kondensor sangat besar sehingga dalam perencanaan biasanya sudah diperhitungkan. Air pendingin diambil dari sumber yang cukup persediannya, yaitu dari danau, sungai atau laut.

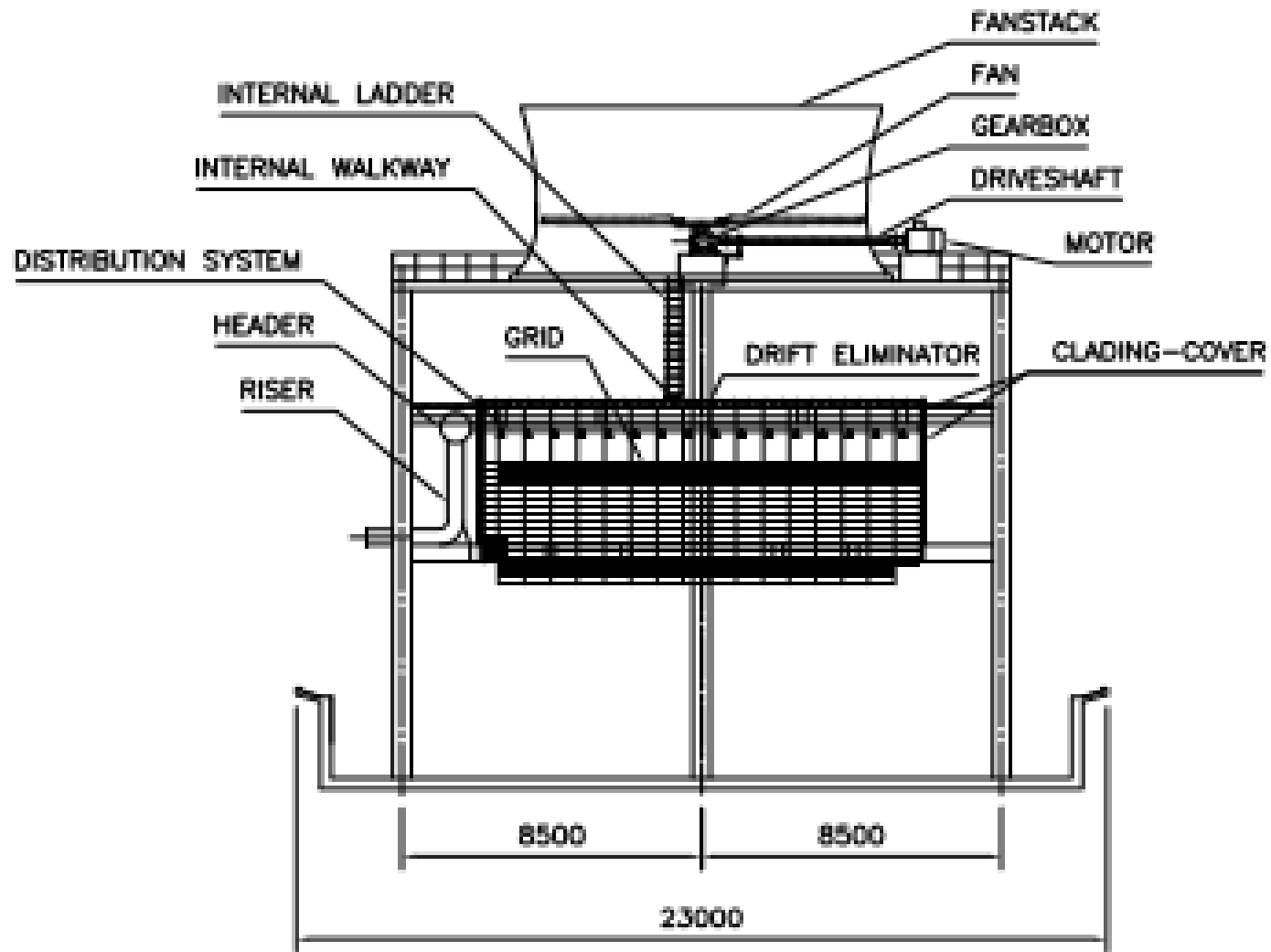
Posisi kondensor umumnya terletak dibawah turbin sehingga memudahkan aliran uap keluar turbin untuk masuk kondensor karena gravitasi.

Laju perpindahan panas tergantung pada aliran air pendingin, kebersihan pipa-pipa dan perbedaan temperatur antara uap dan air pendingin. Proses perubahan uap menjadi air terjadi pada tekanan dan temperatur jenuh, dalam hal ini kondensor berada pada kondisi vakum. Karena temperatur air pendingin sama dengan temperatur udara luar, maka temperatur air kondensatnya maksimum mendekati temperatur udara luar. Apabila laju perpindahan panas terganggu, maka akan berpengaruh terhadap tekanan dan temperatur.

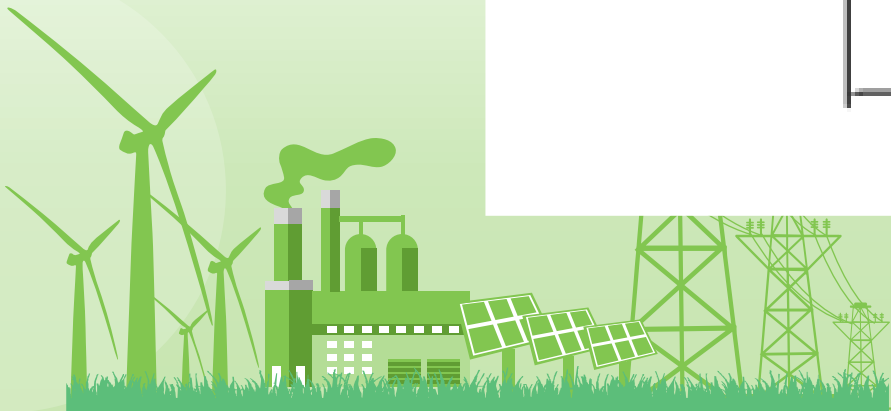


供水系统高程图
WATER SUPPLY ELEVATION SCHEME

Pendinginan air Kondensor



Cooling Tower

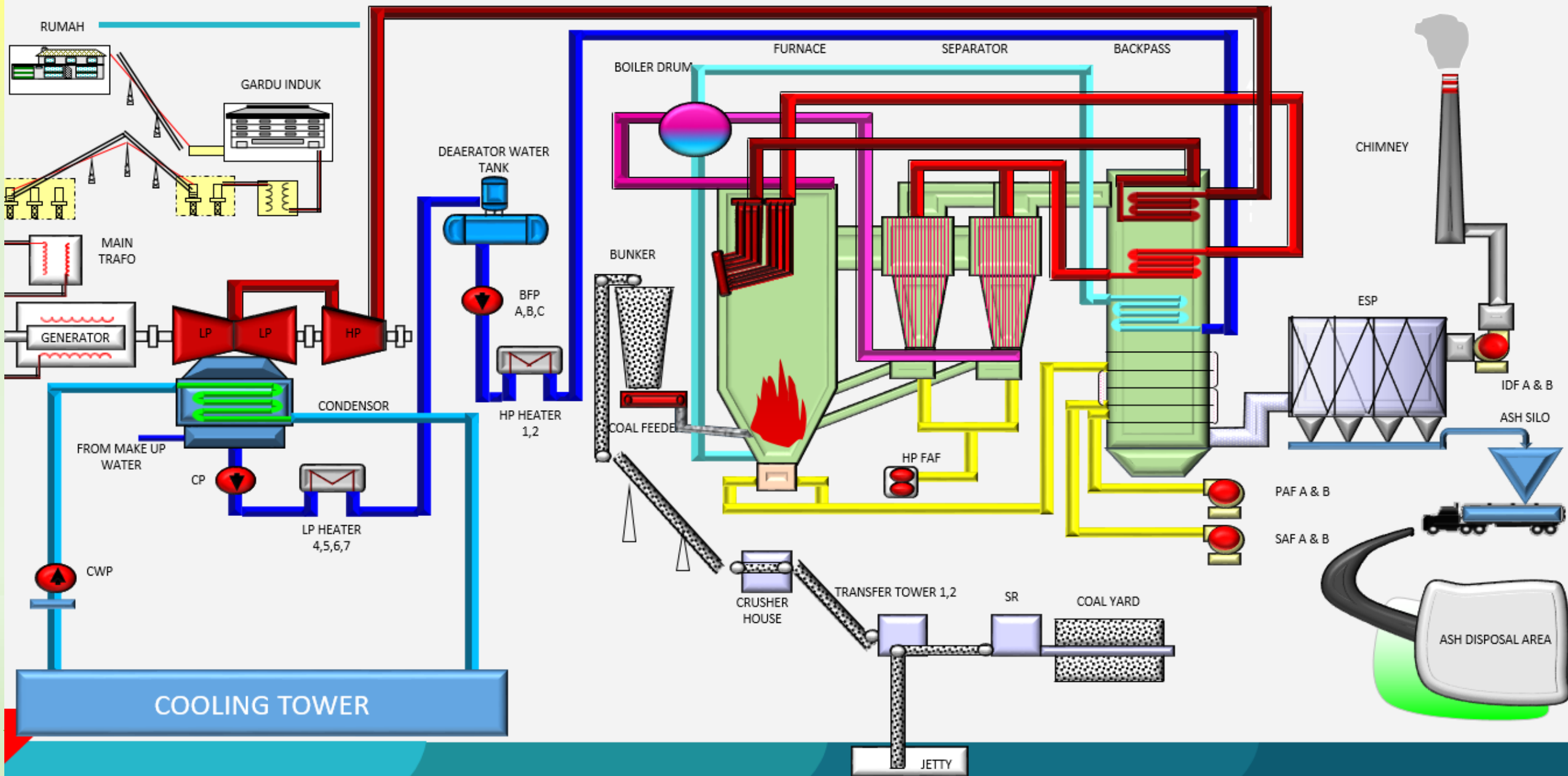


(4). Generator

Tujuan utama dari kegiatan di PLTU adalah menghasilkan energi listrik. Produksi energi listrik merupakan target dari proses konversi energi di PLTU. Generator dikopel langsung dengan turbin, akan menghasilkan tegangan listrik manakala turbin berputar.

Proses konversi energi didalam generator adalah dengan memutar medan magnet didalam kumparan. Rotor generator sebagai medan magnet menginduksi kumparan yang dipasang pada stator sehingga timbul tegangan diantara kedua ujung kumparan generator. Untuk membuat rotor agar menjadi medan magnet, maka dialirkan arus DC ke kumparan rotor. Sistem pemberian arus DC kepada rotor agar menjadi magnet ini disebut eksitasi.





Siklus PLTU



Terima kasih

