

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

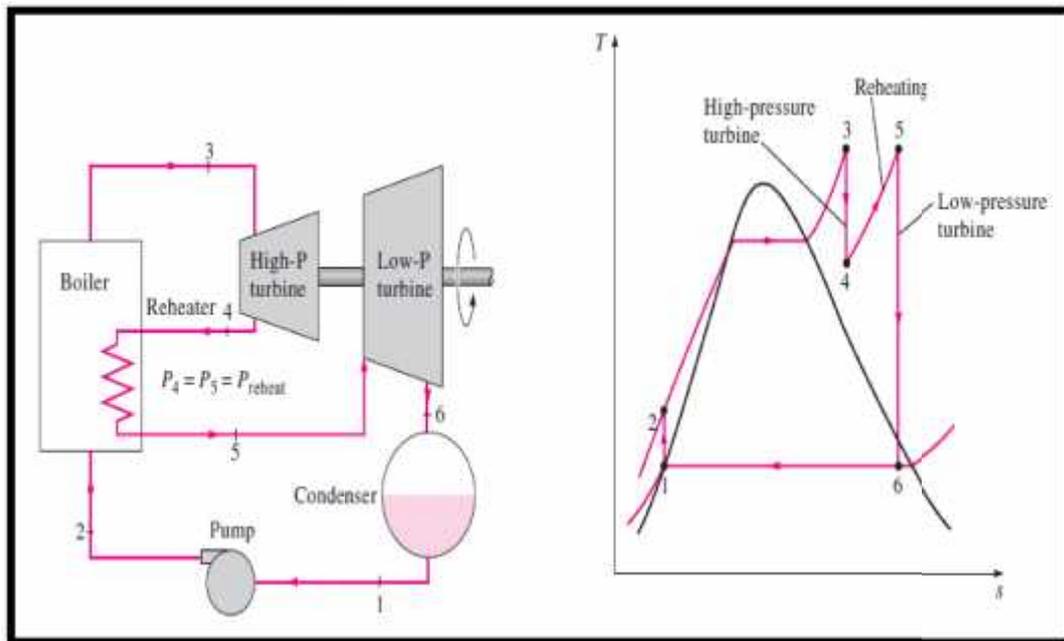
Pembangkit listrik tenaga uap batubara secara sederhana adalah salah satu jenis pembangkit listrik dimana listrik yang dihasilkan berasal dari putaran generator yang seporos dengan turbin uap yang diputar oleh uap yang dihasilkan dari pembakaran batubara di dalam *boiler*. Pembangkit listrik jenis ini berdasarkan siklus rankine dengan siklus rankine regenerative dan pemanas ulang

2.1 Siklus Rankine

Siklus merupakan rangkaian sebuah proses dimana dimulai dari suatu tingkat kondisi yang akan kembali ke tingkat kondisi semula dan selalu berulang. Pada pembangkit tenaga uap, fluida yang mengalami proses-proses tersebut adalah air. Air berfungsi sebagai fluida kerja. Air dalam siklus kerjanya mengalami proses-proses pemanasan, penguapan, ekspansi, pendinginan, dan kompresi. Siklus standar pembangkit tenaga uap adalah siklus *Rankine*. Siklus *Rankine* sederhana terdiri dari empat komponen utamayaitu pompa, *boiler*, turbin, dan *condensor*.

2.1.1 Siklus Rankine dengan Pemanas Ulang

Siklus Rankine dengan Pemanas Ulang adalah proses pemanasan ulang uap di dalam *boiler* setelah keluar dari turbin tekanan tinggi yang akan masuk ke turbin tekanan rendah, Bertujuan untuk menaikkan entalpi uap sehingga energi uap juga ikut naik. Ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi siklus. Proses siklus Rankine dengan pemanas ulang dijelaskan pada gambar 2.1.



Sumber : Boles and Cengel, 565

Gambar 2.1. Siklus Rankine dengan Pemanasan Ulang

Adapun penjelasan siklus rankine dengan pemanasan ulang diatas sebagai berikut:

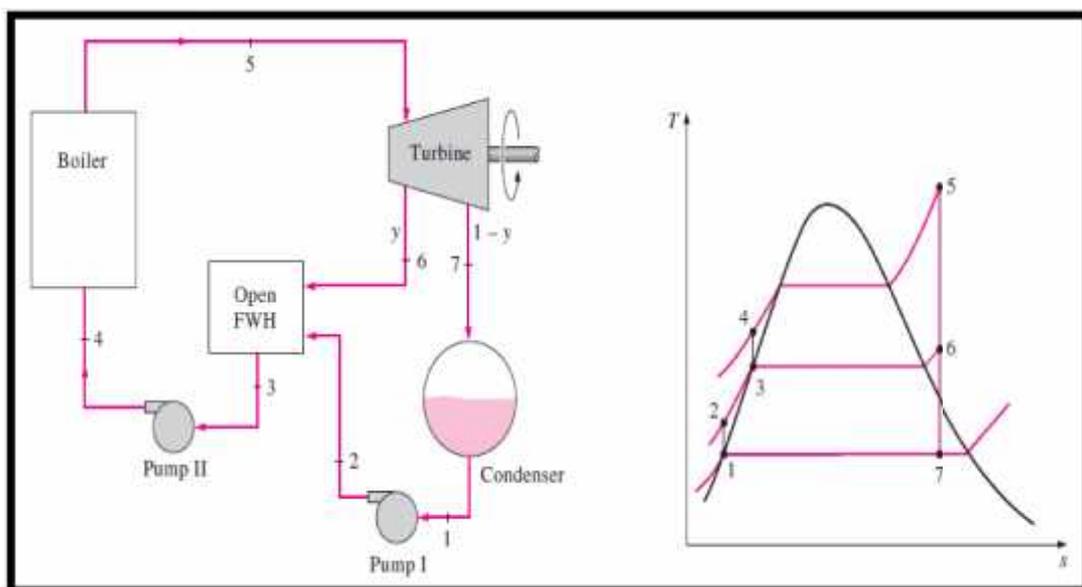
- 1 – 2 : Kompresi isentropis pada pompa
- 2 – 3 : Penambahan kalor dengan tekanan konstan di *boiler*
- 3 – 4 : Ekspansi isentropis pada *High Pressure Turbine*
- 4 – 5 : Pemanasan ulang uap dari turbin tingkat pertama dengan tekanan konstan
- 5 – 6 : Ekspansi isentropis menuju *Low Pressure Turbine*
- 4 – 1 : Pelepasan kalor dengan tekanan konstan pada kondensor

2.1.2 Siklus Rankine Regeneratif

Siklus Rankine regeneratif adalah modifikasi siklus rankine dimana air sebagai fluida kerja dinaikan temperaturnya dengan memanfaatkan uap ekstraksi dari turbin sehingga kalor yang dibutuhkan untuk pemanasan fluida kerja pada *boiler* berkurang. Hal ini tentu saja akan menaikkan efisiensi siklus. Regenerasi tidak hanya meningkatkan

efisiensi siklus tetapi juga salah satu cara deaerasi. Deaerasi adalah proses menghilangkan kadar oksigen dalam air yang dapat menyebabkan korosi pada jalur perpipaan. Proses regenerasi umumnya dengan menggunakan alat yang biasa disebut *feed water heater* dengan prinsip kerja seperti *heat exchanger*. (Boles and Cengel,2006:594)

Feed Water Heater dibagi menjadi 2 jenis yaitu tipe terbuka dan tertutup. *Open feed heater* atau pemanas kontak langsung, dimana sebuah ruangan pencampuran antara uap ekstraksi dengan fluida kerja (air), prosesnya dapat dilihat pada gambar 2.2



Sumber : Boles and Cengel, 569

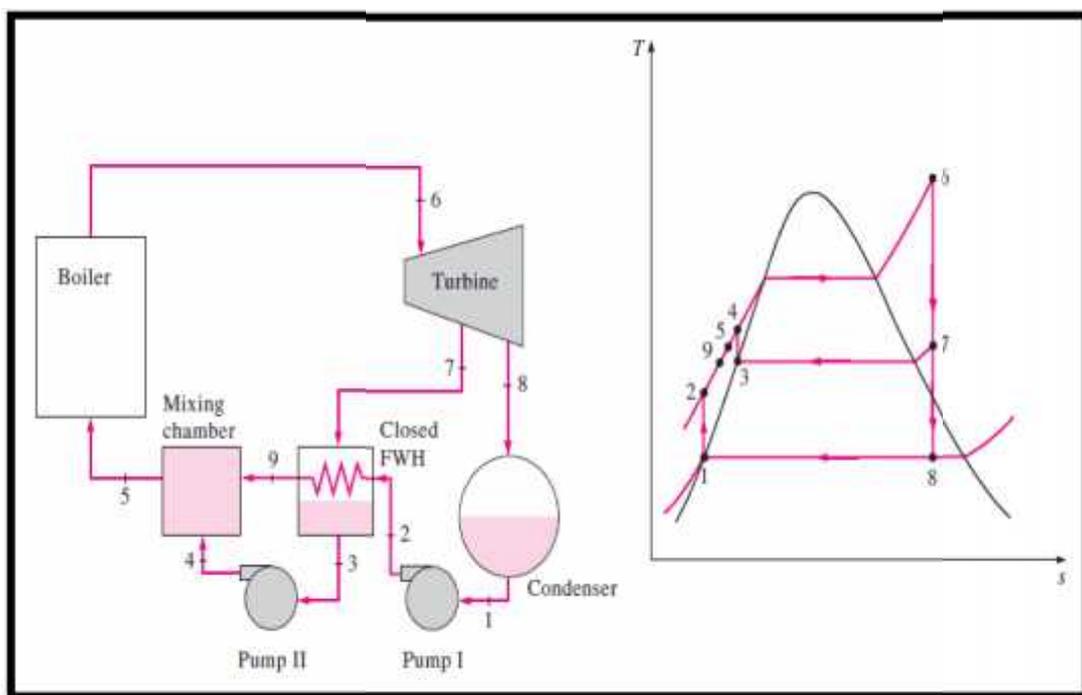
Gambar 2.2 Siklus Rankine Regeneratif dengan *Open Feedwater Heater*

Adapun penjelasan siklus rankine regeneratif dengan *Open Feedwater Heater* adalah sebagai berikut :

- 1 – 2 : Air pengisi dari *hotwell* dipompa menuju *Open Feedwater Heater*
- 2 – 3 : Air pengisi bercampur dengan uap ekstraksi dari turbin (proses 6 – 3)
- 3 – 4 : Air pengisi yang telah dipanaskan dipompa menuju *boiler*

- 4 – 5 : Penambahan kalor ke air pengisi di *boiler*
- 5 – 6 : Uap masuk turbin sebagian diekstraksi menuju *Open Feedwater Heater*
- 5 – 7 : Ekspansi uap di turbin
- 7 – 1 : Pelepasan kalor di dalam kondensor

Tipe pemanas awal yang kedua adalah *Close Feedwater Heater* atau pemanas sistem tertutup. Prinsip kerjanya adalah panas dari uap ekstraksi dipindah ke air pengisi namun tanpa terjadi kontak langsung seperti pada gambar 2.3 :



Sumber : Boles and Cengel, 570

Gambar 2.3 Siklus Rankine Regeneratif dengan *Close Feedwater Heater*

Adapun penjelasan dari siklus rankine regeneratif dengan *Close Feedwater Heater* diatas adalah sebagai berikut :

- 1 – 2 : Air dari *hotwell* dipompakan menuju ke *Close Feedwater Heater*
- 2 – 9 : Air dipanaskan di dalam *Close Feedwater Heater* dengan menggunakan uap ekstraksi dari turbin (7 – 3).

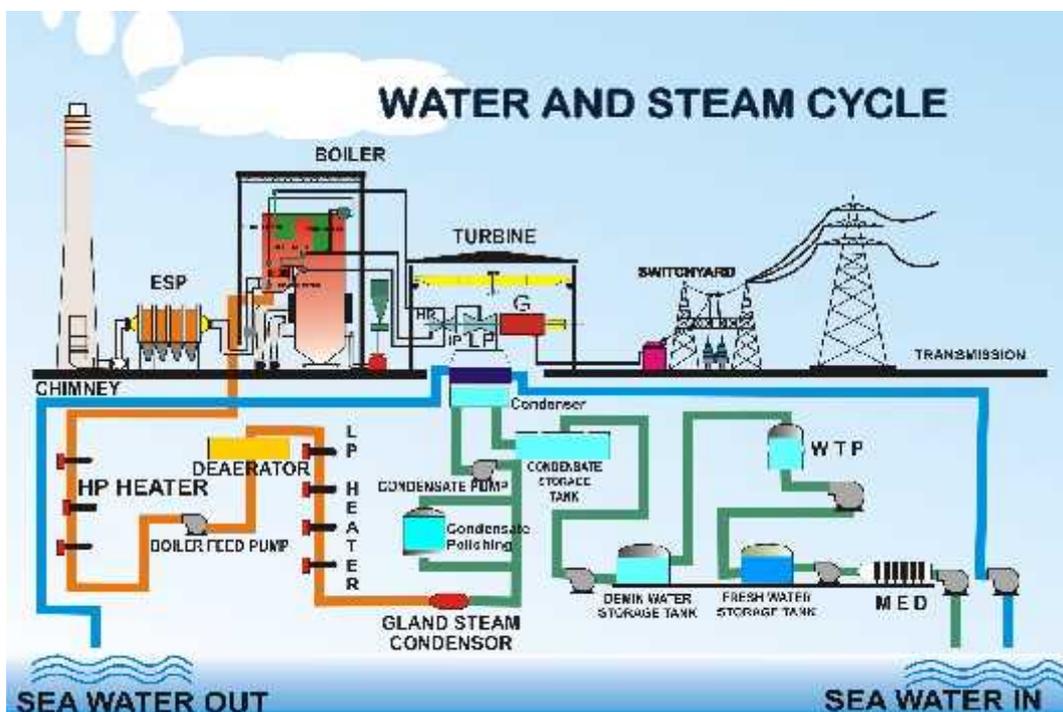
3 – 4 : Uap ekstraksi yang terkondensasi dipompakan menuju *mixing chamber*.

Di dalam *mixing chamber* air kondensasi ini bercampur dengan air pengisi yang telah dipanaskan.

5 – 6 : Campuran dari *mixing chamber* dipompakan oleh pompa II menuju ke *boiler* untuk dipanaskan kemudian dialirkan ke turbin untuk diekspansikan.

8 – 1 : Pelepasan kalor di dalam kondensor

2.2 Siklus Produksi PLTU



Gambar 2.4 Siklus PLTU

Proses pertama pengolahan air laut adalah penyaringan untuk menghilangkan kotoran-kotoran atau sampah yang berukuran cukup besar. Klorinasi adalah tahap setelah proses pengolahan pertama, bertujuan membuat mabuk biota-biota laut yang ada di air laut agar tidak membuat sarang atau berkembang biak di pipa kondensordan jalur pipa *CWP* (*circulating water pump*).

Air laut yang telah diklorinasi digunakan untuk dua tujuan yaitu sebagai pendingin kondensor yang dipompa oleh *CWP* dan sebagai suplai *desalination plant* yang dipompa oleh *desal pump*. Air untuk suplai *desalination plant* disaring lagi dengan saringan yang lebih halus pada *travelling bar screen*. Pada *desalination plant* air laut diolah untuk menghilangkan kadar garamnya. *Desalination plant* di PLTU Rembang menggunakan sistem *MED (Multi Effect Desalination)* yaitu dengan menguapkan air laut menggunakan uap panas sebagai sumber kalor. Pada saat *start up* unit, uap panas diperoleh dari *auxiliary boiler*, sedang ketika unit beroperasi kontinyu uap panas diperoleh dari *auxiliary steam header*.

Hasil dari proses desalinasi adalah air tawar (*raw water*) yang ditampung di *raw water tank*. Proses selanjutnya adalah proses pengurangan kadar mineral-mineral yang terkandung di air tawar yang terjadi di *WTP (water treatment plant)*. Proses yang terjadi di *water treatment plant* adalah pengikatan ion-ion positif dan negatif dari *raw water* dengan menggunakan resin. Resin yang digunakan bermuatan positif dan negatif, jadi ion positif yang terkandung dalam air akan terikat oleh resin bermuatan negatif, sementara ion negatif yang terkandung dalam air akan terikat oleh resin bermuatan positif.

Hasil dari *WTP* adalah *demin water* (air bebas mineral) yang ditampung di *demin water tank*. Air yang berada pada *demin water tank* ini kemudian dipompakan menuju *condensate tank* sebagai air penambah. Pada *condensate tank* ini air ditampung dan akan digunakan untuk menambah air kondensat di *hot well* kondensor bila terjadi kekurangan. Dari *hot well* kondensor air kondensat akan dipompakan menggunakan *condensate pump* menuju *condensate polisher*. *Condensate polisher* berupa tangki yang

didalamnya berisi resin kation dan resin anion seperti yang terdapat pada *water treatment plant*. Fungsi dari *condensate polisher* adalah menurunkan nilai konduktivitas air dengan cara menangkap *impurities* (kotoran) yang terkandung. *Impurities* pada air kondensat bisa berasal dari korosi yang berasal dari jalur air uap PLTU maupun dari kebocoran pipa pendingin kondensor. Apabila konduktivitas dari air kondensat naik melebihi batas yang diijinkan, maka *Condensate polisher* perlu dioperasikan untuk menurunkan konduktivitasnya, jika tidak maka akan di-*bypass*. Air yang sudah lewat dari *condensate polisher* kemudian mengalir melewati *LP heater (low pressure heater)* untuk pemanasan awal. Media pemanasnya adalah uap ekstraksi yang diambil dari *low pressure turbine (LP turbine)*.

Prinsip kerja *LP heater* adalah air kondensat dialirkan di dalam pipa dan uap panas mengalir di luar pipa. PLTU Rembang menggunakan empat buah *LP heater* untuk pemanasan awal pada tekanan rendah secara bertahap. Proses selanjutnya air menuju *deaerator* untuk proses pengurangan unsur oksigen yang masih terkandung dalam air kondensat. Pada proses pengolahan di *deaerator* terjadi kontak langsung antara air pengisi dan uap oleh karena itu disebut *open feed water (direct contact)*. Uap yang digunakan berasal dari ekstraksi uap *IP turbine*. Dari *deaerator* air kondensat dipompakan oleh *boiler feed pump* untuk menambah tekanannya. Setelah diberi tekanan oleh *boiler feed pump*, air kondensat berubah sebutannya menjadi air pengisi. Air pengisi lalu menuju *HP heater* untuk pemanasan awal. Prinsip kerja dari *HP heater* sama dengan *LP heater*, bedanya hanya pada tekanan dan temperatur air pengisi serta sumber uap ekstraksi. PLTU Rembang menggunakan tiga buah *HP heater* sehingga pemanasan awal air pengisi pada tekanan tinggi dilakukan secara bertahap. Proses

selanjutnya setelah melewati *HP heater* air pengisi kemudian masuk ke bagian awal *boiler* yang disebut *economizer* untuk dipanaskan lebih lanjut. Dari *economizer* air pengisi masuk ke *steam drum*. *Steam drum* adalah bejana yang menampung air pengisi *boiler* yang masih berfase cair dan yang telah menjadi uap jenuh. Pada *steam drum* uap basah akan dipisahkan dari air dengan sebuah alat yang disebut *separator*. Uap basah akan disalurkan menuju *superheater*, sedangkan air pengisi menuju *downcomer* untuk disirkulasikan pada bagian *boiler* yang disebut *water wall*. Pada *water wall* air akan menerima kalor hasil pembakaran sehingga berubah menjadi uap basah, kemudian naik kembali menuju *steam drum*.

Pada *superheater*, uap basah dari *steam drum* akan dipanaskan lagi menjadi uap panas lanjut (uap kering). Uap panas lanjut ini kemudian dialirkan ke *HP turbine* untuk memutar sudu-sudu *HP turbine*. Uap selanjutnya akan mengalami ekspansi. Uap dari *HP turbine* akan kembali dipanaskan di *boiler* pada bagian *reheater*. Pada *reheater*, uap akan dipanaskan lagi pada tekanan konstan lalu dialirkan ke *IP turbine* untuk memutar sudu-sudu *IP turbine*. Uap yang keluar dari *IP turbine* tidak dipanaskan lagi, tapi langsung dialirkan ke *LP turbine* untuk memutar sudu-sudu *LP turbine*. Poros *HP*, *IP*, *LP turbine*, dan generator dirancang seporos sehingga rotor generator akan ikut berputar ketika turbin berputar. Gerak putar pada rotor yang memiliki medan magnet menimbulkan arus listrik induksi pada stator generator. Arus listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan ke jaringan. Kecepatan putar turbin dipertahankan pada putaran 3000 rpm supaya generator menghasilkan arus listrik AC frekuensi 50 Hz. Pengaturan putaran turbin dilakukan dengan mengubah laju aliran uap yang masuk ke turbin. Laju aliran uap diatur dengan memanipulasi bukaan katup *governor*.

Uap yang keluar dari *LP turbine* kemudian dialirkan menuju kondensor untuk dikondensasikan menjadi air pengisi. Proses kondensasi uap menggunakan media pipa-pipayang dialiri oleh air laut sebagai pendingin. Air laut dipompakan oleh CWP (*circulating water pump*). Air kondensat kemudian digunakan lagi sebagai air pengisi *boiler* dengan proses yang sama. Begitulah siklus air dan uap yang terjadi di PLTU Rembang

2.3 Boiler

Sebuah PLTU tidak dapat dipisahkan dari *Boiler*, karena *boiler* merupakan salah satu komponen utama yang terdapat dalam PLTU. *Boiler* adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk uap panas atau steam. Uap ini memiliki temperatur dan tekanan yang tinggi, sehingga mampu menggerakkan sebuah turbin uap.

2.3.1 Boiler Unit #20 PLTU Rembang

PLTU 1 Jawa Tengah Rembang memiliki 2 buah unit pembangkit yaitu unit #10 dan unit #20 yang menghasilkan daya maksimal masing-masing 315 MW. Pada Unit #20 terdapat beberapa komponen untuk menghasilkan energi listrik salah satunya *boiler*. *Boiler* pada unit #20 PLTU Rembang merupakan *boiler* dengan jenis parameter *sub-critical*, memiliki 20 *burner* batubara, 12 *burner* minyak, tekanan berimbang pada *furnace*, satu *furnace* (ruang bakar), satu sistem *reheat*, pembuangan kerak padat, menggunakan kerangka baja, dengan pelindung hujan pada atas *boiler*. Dinding ruang bakar ketel terbuat dari pipa-pipa air dan pipa-pipa penguapan sedang bagian luarnya dibungkus dengan isolasi tahan panas. Berikut spesifikasi *boiler* unit 10 PLTU 1 Jawa Tengah Rembang:

Model : DG1025/18.2-II13 Dongfang *Boiler* Co.Ltd

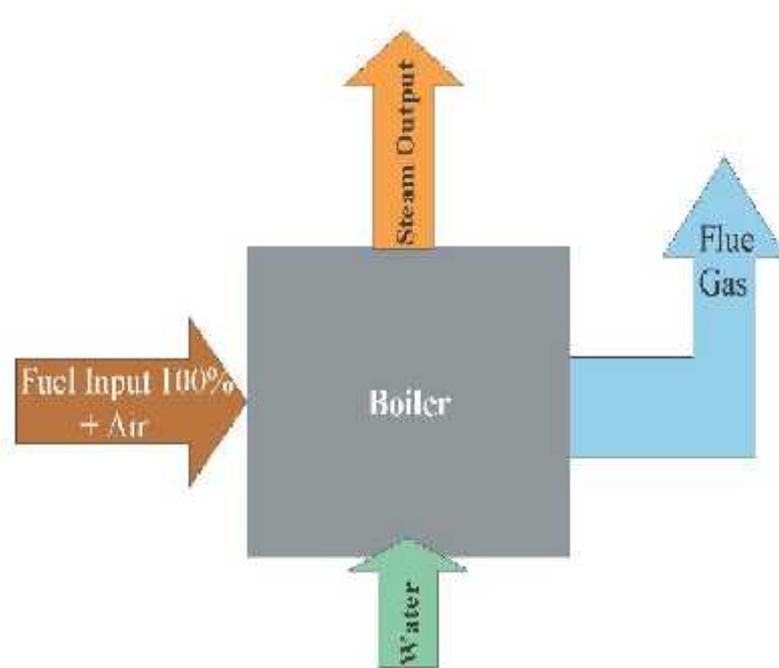
Kapasitas	: 1025 ton/jam
Tek. Uap superheater	: 17,4 Mpa
Temp. Uap superheater	: 541°C
Bahan bakar penyalaaan	: HSD
Bahan bakar utama	: Mix Batu bara <i>Low Rank</i> dan <i>Mid Rank</i>
Jumlah Burner batu bara	: 20 buah
Jumlah Burner minyak	: 12 buah
Dimensi Ruang Bakar	: 14706.6×13743.4mm. Ketinggian 62.8 m

2.3.2 Effisiensi *Boiler*

Kinerja sebuah PLTU tak bisa dilepaskan dari kinerja *boiler*. Menurut ASME PTC 4.1 untuk menghitung effisiensi *Boiler* dapat diperoleh dengan dua metode yaitu dengan metode tidak langsung (*indirect*) dan metode langsung (*direct*).

a. Metode Langsung

Perhitungan effisiensi dengan metode langsung (*direct*) *Boiler* merupakan perhitungan effisiensi *Boiler* yang menggunakan perbandingan antara fluida kerja (air dan uap) dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar sesuai dengan ilustrasi gambar 2.5.



Sumber Buerau of Energy Effisiensi

Gambar 2.5 Skema Direct Method

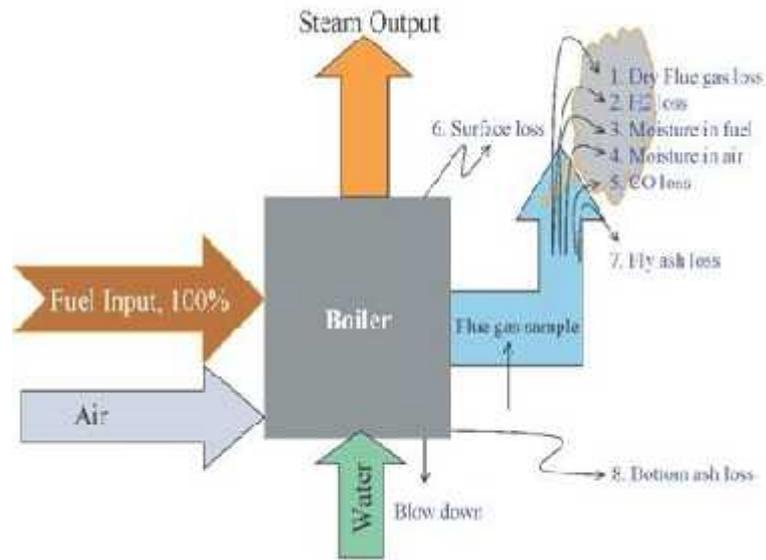
Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi *Boiler* dengan metode langsung (direct) sebagai berikut

$$\text{Boiler efisiensi} = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100 \% (\%)^1$$

b. Metode Tidak Langsung

Perhitungan Efisiensi dengan Metode Tidak Langsung (*Indirect*) merupakan perhitungan efisiensi *boiler* yang menggunakan perbandingan antara kehilangan energi dengan energi yang masuk sesuai ilustrasi pada gambar

¹ The American Society of Mechanical Engineers, Fire Steam Generator Performance Test Codes, ASME, U.S.A, 2008, hal. 72



Sumber Buerau of Energy Effisiensi

Gambar 2.6 Skema Indirect Method

Adapun persamaan untuk menghitung efisiensi *Boiler* dengan metode ini adalah sebagai berikut

$$= \frac{\text{Input} - \text{Losses}}{\text{Input}} \times 100 \% \quad 2$$

Input merupakan energi panas yang diperoleh dari tranformasi energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar, sehingga *input* merupakan nilai kalori bahan bakar. Sedangkan untuk *losses* atau kerugian didapat seperti tampak pada ilustrasi gambar yaitu

1. Kerugian panas karena gas panas kering (*dry flue gas loss*)
2. Kerugian panas karena kandungan hidrogen dalam bahan bakar (*H₂ in fuel*)
3. Kerugian panas karena kandungan air dalam bahan bakar (*moisture in fuel*)
4. Kerugian panas karena kandungan air dalam udara (*moisture in air*)
5. Kerugian panas karena *Carbon Monoksida* (*CO loss*)

² Udiklat Suralaya PT PLN (Persero), Modul 2 Pengoperasia (Effisiensi), PT PLN (Persero), Suralaya, 2008, hal. 6

6. Kerugian panas karena permukaan radiasi, konveksi dan yang tidak terhitung lainnya.
7. Kerugian karena tidak terbakarnya *fly ash*(*carbon*)
8. Kerugian karena tidak terbakarnya *bottom ash* (*carbon*)

2.4 Kesetimbangan massa dan energi

Proses aliran *steady* sering kita jumpai terutama pada peristiwa mengalirnya fluida di dalam suatu peralatan. Aliran *Steady* ini berkaitan dengan berlangsungnya suatu proses tidak tergantung kepada waktu, dengan kata lain jumlah massa yang masuk sama dengan jumlah massa yang keluar atau bersifat kontinue. Seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out}^3$$

Perubahan yang terjadi kenaikan atau penurunan dalam energi total sistem selama proses sama dengan perbedaan antara jumlah energi yang masuk dan energi total meninggalkan sistem selama proses tersebut. Secara umum persamaan energi pada suatu proses adalah :

$$E_{system} = E_{in} - E_{out}^4$$

Untuk sistem tertutup seperti sebuah siklus dimana kondisi awal identik dengan kondisi akhir :

$$E_{in} = E_{out}^5$$

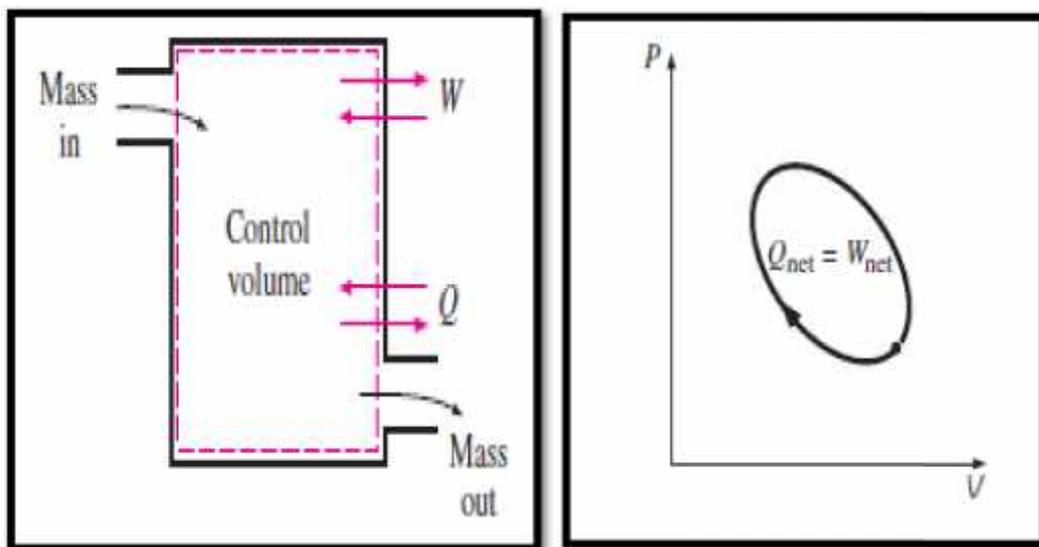
³Cengel, Y.A. dan Boles, M.A., *Thermodynamics An Engineering Approach 5th edition*, 2006: 230.

⁴ *ibid*: 74

⁵ *ibid*: 231

Dalam suatu sistem tertutup tidak terdapat aliran massa yang melewati batas sistemnya maka kesetimbangan energi dalam suatu siklus dapat dinyatakan energi panas sebanding dengan kerja yang terjadi :

$$W_{\text{net,out}} = W_{\text{net,in}} \quad ^6$$



Sumber : Boles and Cengel, 74

Gambar 2.7 Skema Kesetimbangan Energi

2.5 Turbin Uap

Turbin uap merupakan suatu peralatan yang berfungsi untuk merubah energi yang terkandung dalam uap (entalpi) menjadi energi mekanik berupa momen putar pada poros turbin. Saat uap mengalir melalui nosel dan sudu diam yang terpasang pada stator turbin, maka terjadilah perubahan energi panas yang terkandung pada uap menjadi energi kinetik berupa kecepatan aliran uap. Saat uap kecepatan tinggi mengalir melalui sudu gerak yang terpasang pada rotor turbin, maka terjadilah perubahan energi kinetik menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin.

Pada PLTU Rembang digunakan Turbin dengan spesifikasi berikut :

⁶ *ibid*: 74

Tabel 2.1 Spesifikasi Turbin PLTU Rembang

Model	N300-16.7/538/538-8
Type	Sub-Critical parameter, intermediate reheat, double casing with double steam exhaust condensing
Manufacturer	Dongfang Turbines Co. Ltd
Speed	3000 rpm
Rotation Direction	Clockwise (viewed from T to G)
Rated Output	300 MW
Maximum Output	325, 839 MW
Main Steam Pressure	16,7 MPa
Reheat Steam Pressure	3,528 MPa
Reheat Steam Temperature	537°C
Back Pressure	8,7 kPa
Max Steam Flow	1025 t/h
Steam Distribution Mode	Electrical Governing
EHC Type	HP EHC
Number of Stages	Governing stages + 8 HP + 6 IP + 2x6 LP
Number of Extraction Stages	8 (4 LPH, 1 Deaerator, 3HP)

Kinerja suatu PLTU dipengaruhi oleh kinerja turbin uapnya. Salah satu acuan untuk mengukur kinerja turbin uap adalah dengan mengukur turbine heat rate. Turbine Heat Rate atau Tara Kalor Turbin sendiri ialah jumlah kalor yang dibutuhkan siklus Turbin untuk menghasilkan satu KWh bruto.

Adapun persamaan *heat rate* sebagai berikut :

$$\text{Heat rate} = \frac{\text{Panas masuk dari boiler}}{\text{listriik keluar dari generator}} \frac{\text{Kj/h}}{\text{Kw}} \dots\dots^7$$

2.6 Net Plant Heat rate

Salah satu cara menilai kinerja PLTU secara keseluruhan adalah dengan menghitung berapa *heat rate* pltu tersebut. *Heat rate* atau Tara Kalor didefinisikan sebagai banyaknya panas yang diperlukan untuk membangkitkan satu kwh listrik. Heat rate diperoleh dengan cara membagi konsumsi panas per jam dengan output energi

⁷ PLN.Persero ,Pendidikan dan pelatihan,1997:32

listrik dalam satu jam. Karena itu heat rate dinyatakan dalam satuan KJ/Kwh, BTU/Kwh atau Kcal/Kwh. Secara umum dikenal dua macam heat rate yaitu *Heat Rate Bruto* dan *Heat Rate Netto*. Pada *heat rate bruto*, maka output energi listrik yang diukur adalah energi listrik yang dihasilkan oleh generator. Sedangkan untuk *heat rate netto*, energi listrik yang diukur adalah energi listrik yang dihasilkan generator dikurangi energi listrik yang dipakai untuk menggerakkan alat-alat bantu PLTU (energi listrik yang bangkitkan generator – pemakaian sendiri) dan juga ditambah dengan losses trafo.

2.7 Batubara

Batubara adalah salah satu sumber energi di dunia. Batubara adalah campuran yang sangat kompleks dari zat kimia organik yang mengandung karbon, oksigen dan hydrogen dalam sebuah rantai karbon. Menurut undang-undang no 4 tahun 2009 tentang mineral dan batubara, batubara merupakan endapan senyawa organik karbonan yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuhan-tumbuhan dan bisa terbakar. Dalam pengertian lain, batubara adalah batuan sedimen (padatan) yang dapat terbakar, berasal dari tumbuhan, serta berwarna cokelat sampai hitam, yang sejak pengendapannya terkena proses fisika dan kimia yang mengakibatkan pengkayaan kandungan karbonnya (Wolf 1984 dalam Anggayana 1999).

2.7.1 Komposisi Batubara

Secara umum, batubara terdiri dari unsur karbon (C), oksigen (O), dan hidrogen (H). Selain itu, pada batubara juga ditemukan unsure belerang (S), nitrogen (N), dan beberapa unsur logam pengotor yang terjebak saat pembentukan batubara. Secara kimia, batubara terdiri dari bahan penyusun batubara non-bahan batubara.

Di batubara dikenal istilah impurities yaitu pengotor. Terdapat dua impurities, yaitu *inherent impurities* yang merupakan pengotor bawaan yang terdapat pada batubara. Pengotor ini merupakan pengotor bawaan pada saat pembentukan batubara. Kemudian *External impurities* yang merupakan pengotor yang berasal dari luar, biasa timbul pada saat proses penambangan. Selain itu terdapat lagi beberapa unsur pembentuk batubara yang menentukan kualitasnya, antara lain :

- a) *Heating Value*
- b) *Moisture Content*
- c) *Ash Content*
- d) *Sulfur Content*
- e) *Volatile matter*
- f) *Fixed Carbon*
- g) *Hardgrove Grindability Index (HGI)*
- h) *Ash Fusion Character of coal*

2.7.2 Klasifikasi Batubara

Batubara diklasifikasikan berdasarkan sifat kimia dan bentuk fisiknya. Sistem yang paling banyak digunakan oleh berdasar ASTM. Klasifikasi batu bara ini mencakup keadaan metamorphosis yang paling rendah, sampai tinggi (ASTM D 388) antara lain:

- Antrasit

Batubara antrasit memiliki kualitas yang paling tinggi. Antrasit mengandung 86 sampai 98 % massa karbon tetap (kandungan karbon dalam bentuk unsur). Antrasit terbakar lambat, nilai kalornya lebih rendah dari batubara bitumin. Batubara jenis antrasit dibagi dalam tiga kelompok. Dalam urutan fixed carbon dari yang tinggi sampai

rendah. Ketiga kelompok itu adalah meta – antrasit lebih dari 98% fixed carbon; antrasit, 93 sampai 98 %; dan semi antrasit, 86 sampai 92%.⁸

- Bitumin

Bitumin merupakan kelompok batubara terbesar dan mengandung 46 – 86 % massa karbon tetap dan 20 – 40 % *volatile matter* yang lebih kompleks daripada yang terdapat pada antrasit. Nama batubara bitumin berasal dari bitumin, yaitu residu aspal yang diperoleh dari destilasi bahan bakar tertentu. Nilai kalor batubara bitumin berkisar dari 11000 sampai lebih dari 14000 Btu/lb (sekitar 25600 sampai 32600 kJ/kg).⁹

- Subbitumin

Subbitumin merupakan kelas batubara yang nilai kalorinya lebih rendah dari pada batubara bitumin, yaitu antara 8300 – 11500 Btu/lb (sekitar 19300-26750 kJ/kg). Kandungan lembaban yang terkait didalamnya relatif tinggi yaitu antara 8300 – 11500 Btu/lb (sekitar 19300 – 26750 kJ/kg). Kandungan kelembaban yang terkait didalamnya relatif tinggi yaitu sekitar 15-30%, tetapi kandungan belerangnya pada umumnya rendah¹⁰.

- Lignit

Lignit merupakan batubara kualitas paling rendah. Lignit berasal dari bahasa latin yaitu *lignum* yang berarti kayu. Warna lignit coklat, strukturnya berlapis, dan didalamnya masih terlihat sisa-sisa kayu. Lignit kebanyakan berasal dari tumbuhan dan banyak mengandung resin *volatile matter*. Nilai kalornya berkisar antara 6300-8300

⁸ Wiharjo, Danu. Analisa Nilai Excess Air Untuk Meningkatkan Efisiensi Pembakaran Boiler pada Load Rate 641.15 MW di PLTU PAITON Unit 7. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Politeknik Negeri Malang. 2011. Hal 13

⁹ Ibid. Hal 13

¹⁰ Ibid. Hal 14

Btu/lb (sekitar 14650 sampai 19300 kJ/kg). Kandungan moisturennya tinggi dan nilai kalornya rendah, lignit tidak ekonomis untuk diangkat dalam jarak jauh dan biasanya dibakar dalam utilities di lokasi tambang. Lignit dibagi dua kelompok yaitu lignit A dan lignit B.¹¹

Sementara pada PLTU Rembang klasifikasi batubara menganut pada perjanjian dengan pemasok batubara, dan hanya menggunakan batubara tipe LRC dan MRC. Berikut kualifikasi batubara berdasarkan Perjanjian Jual Beli Batubara (PJBB).

Tabel 2.2 Perjanjian jual beli batubara LRC

PARAMETER	PLN BB LRC		PT Kideco		PT TITAN	
	RANGE		RANGE		Range	
	Penolakan	Tipikal	Penolakan	Tipikal	Penolakan	Tipikal
GCV (kcal/kg)	<4200	4500	<4000 dan >4500	4200	<4000	4200
Total Moisture (% ar)	>35	30	>38	35	>35	30
Total Sulphur (% ar)	>0,35	0.33	>0.15	0,09	>0,35	0,33
Ash Content (% ar)	>7	6	>6	3,5	>6	5
HGI	<45 dan >65	65	< 45 dan > 65	50	<45 dan >65	60

Tabel 2.3 Perjanjian jual beli batubara MRC

PARAMETER	PT PLN BB MRC		PT KPC	
	RANGE		Range	
	Penolakan	Tipikal	Penolakan	Tipikal
GCV (kcal/kg)	<4500	5000	<4900 dan >5500	5200
Total Moisture (% ar)	>31	28	>27	22,5
Total Sulphur (% ar)	>1,2	0,8	>0,55	0,4
Ash Content (% ar)	>13	8	>4	5
HGI	<46	50	<42 dan > 65	45

¹¹ Ibid. Hal 14