

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap secara terus menerus mengubah energi yang ada di dalam bahan bakar fosil (batu bara, minyak bumi, gas alam) atau bahan bakar fisi (uranium, thorium) dalam bentuk poros kerja dan akhirnya menjadi energi listrik. Kinerja fluida adalah air yang sewaktu-waktu berada pada fasa cair dan sewaktu-waktu pada fasa uap selama siklus beroperasi. Komponen-komponen pada pembangkit listrik tenaga uap tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1 (<http://generalpowerplant.blogspot.com>, 2015) berikut ini:



Gambar 2.1 Komponen-komponen Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Sistem kerja PLTU menggunakan bahan bakar Batu Bara. Kelebihan dari PLTU adalah daya yang dihasilkan sangat besar. Konsumsi energi pada peralatan PLTU bersumber dari putaran turbin uap. PLTU adalah suatu pembangkit yang menggunakan uap sebagai penggerak utama (*prime mover*). Untuk menghasilkan uap, maka haruslah ada proses pembakaran untuk memanaskan air.

PLTU merupakan suatu energi pembangkit tenaga listrik yang mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan uap air sebagai fluida kerjanya, yaitu dengan memanfaatkan energi energi uap untuk menggerakkan proses sudu-sudu turbin menggerakkan poros turbin, untuk selanjutnya poros turbin menggerakkan generator yang kemudian dibangkitkannya energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan akan menyuplai alat-alat yang disebut beban.

2.1.1 Prinsip Kerja PLTU

Prinsip kerja dari PLTU adalah dengan menggunakan siklus air-uap-air yang merupakan suatu sistem tertutup air dari kondensat atau air dari hasil proses pengondensasian di kondensor dan air *make up water* (air yang dimurnikan) dipompa oleh *condensat pump* ke pemanas tekanan rendah. Disini air dipanasi kemudian dimasukkan oleh daerator untuk menghilangkan oksigen, kemudian air ini dipompa oleh *boiler feed water pump* masuk ke *economizer*. Dari *economizer* yang selanjutnya dialirkan ke pipa untuk dipanaskan pada *tube boiler*.

Pada *tube*, air dipanasi berbentuk uap air. Uap air ini dikumpulkan kembali pada *steam drum*, kemudian dipanaskan lebih lanjut pada *superheater* sudah berubah menjadi uap kering yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi, dan selanjutnya uap ini digunakan untuk menggerakkan sudu turbin tekanan tinggi, untuk sudu turbin menggerakkan poros turbin. Hasil dari putaran poros turbin kemudian memutar poros generator yang dihubungkan dengan *coupling*, dari putaran ini dihasilkan energi listrik.

Energi listrik yang dihasilkan dari generator disalurkan dan didistribusikan lebih lanjut ke pelanggan. Uap bebas dari turbin selanjutnya dikondensasikan dari kondensor dan bersama air dari *make up water pump* dipompa lagi oleh pompa kondensat masuk ke pemanas tekanan rendah, daerator, *boiler feed water pump*, pemanas tekanan tinggi, *economizer*, dan akhirnya menuju boiler untuk dipanaskan menjadi uap lagi. Proses ini akan terjadi berulang-ulang.

2.1.2 Siklus Rankine

Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Panas yang disuplai secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida bergerak. Pada *steam boiler*, ini akan menjadi reversible tekanan konstan pada proses pemanasan air untuk menjadi uap air, lalu pada turbin proses ideal akan menjadi reversible ekspansi adiabatik dari uap, pada kondenser akan menjadi reversible

tekanan konstan dari panas uap kondensasi yang masih *saturated liquid* dan pada proses ideal dari pompa akan terjadi reversible kompresi adiabatik pada cairan akhir dengan mengetahui tekanannya. Ini adalah siklus reversible, yaitu keempat proses tersebut terjadi secara ideal yang biasa disebut Siklus Rankine.

Salah satu peralatan yang sangat penting di dalam suatu pembangkit tenaga listrik adalah Boiler (Steam Generator) atau yang biasanya disebut ketel uap. Alat ini merupakan alat penukar kalor, dimana energi panas yang dihasilkan dari pembakaran diubah menjadi energi potensial yang berupa uap. Uap yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi inilah yang nantinya digunakan sebagai media penggerak utama Turbin Uap. Energi panas diperoleh dengan jalan pembakaran bahan bakar di ruang bakar. Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan, sistem *steam* dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk *boiler* secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam boiler. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem.

2.2 Boiler

Boiler merupakan mesin kalor (*thermal engineering*) yang mentransfer energi-energi kimia atau energi otomis menjadi kerja (usaha). Boiler atau ketel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan steam. Steam diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan. Boiler mengubah energi-energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Boiler dirancang untuk melakukan atau memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, yang biasanya berupa pembakaran bahan bakar.

Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan (*feed water system*), sistem steam (*steam system*) dan sistem bahan bakar (*fuel system*). Sistem air umpan (*feed water system*) menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem steam (*steam sistem*) mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui system pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar (*fuel sistem*) adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.

2.2.1 Proses Kerja Boiler

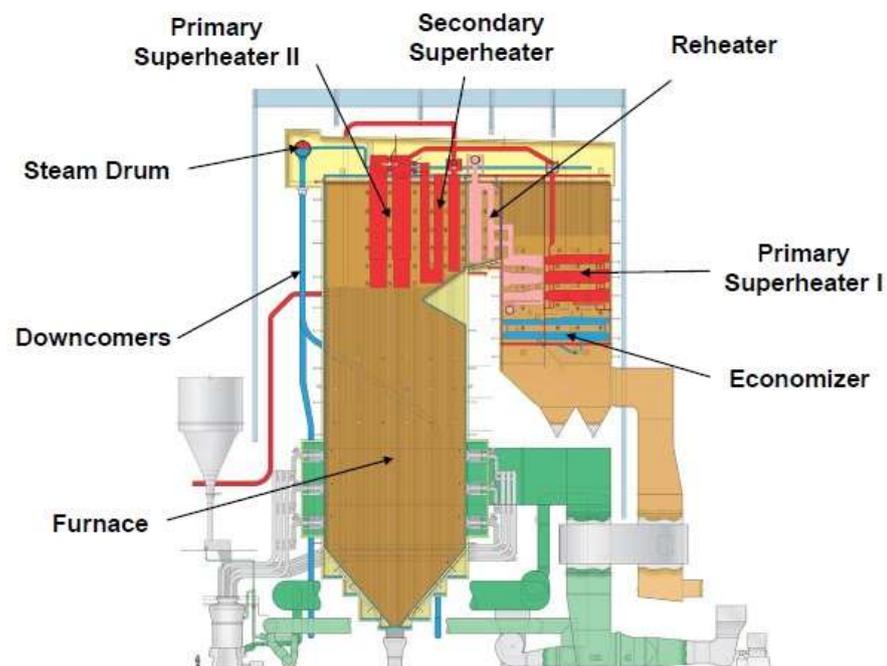
Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem boiler memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan steam

yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem boiler mengenal keadaan tekanan-temperatur rendah (low pressure/LP), dan tekanan-temperatur tinggi (high pressure/HP), dengan perbedaan itu pemanfaatan steam yang keluar dari sistem boiler dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin (commercial and industrial boilers), atau membangkitkan energi listrik dengan merubah energi kalor menjadi energi mekanik kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik (power boilers). Namun, ada juga yang menggabungkan kedua sistem boiler tersebut, yang memanfaatkan tekanan-temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa steam dari turbin dengan keadaan tekanan-temperatur rendah dapat dimanfaatkan ke dalam proses industri dengan bantuan heat recovery boiler.

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan dari sistem steam. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan

bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem.

2.2.2 Komponen-komponen boiler



Gambar 2.2 *Komponen Boiler*

Komponen-komponen boiler seperti pada gambar 3.2 (<http://bubihh.blogspot.com>, 2014)

Furnace : Komponen ini merupakan tempat pembakaran bahan bakar. Beberapa bagian dari furnace diantaranya : refractory, ruang perapian, burner, exhaust for flue gas, charge and discharge door.

Steam Drum : Komponen ini merupakan tempat penampungan air panas dan pembangkitan steam. Steam masih bersifat jenuh (saturated).

Superheater : Komponen ini merupakan tempat pengeringan steam dan siap dikirim melalui main steam pipe dan siap untuk menggerakkan turbin uap atau menjalankan proses industri.

Air Heater : Komponen ini merupakan ruangan pemanas yang digunakan untuk memanaskan udara luar yang diserap untuk meminimalisasi udara yang lembab yang akan masuk ke dalam tungku pembakaran.

Economizer : Komponen ini merupakan ruangan pemanas yang digunakan untuk memanaskan air dari air yang terkondensasi dari sistem sebelumnya maupun air umpan baru.

Safety valve : Komponen ini merupakan saluran buang steam jika terjadi keadaan dimana tekanan steam melebihi kemampuan boiler menahan tekanan steam.

Blowdown valve : Komponen ini merupakan saluran yang berfungsi membuang endapan yang berada di dalam pipa steam.

2.2.3 Furnace

Furnace adalah suatu ruangan yang digunakan sebagai tempat pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan kalor dan kemudian kalor digunakan untuk memanaskan bahan baku. *Furnace* secara luas dibagi

menjadi dua jenis berdasarkan metoda pembangkitan panasnya, yaitu *furnace* yang menggunakan bahan bakar dan *furnace* yang menggunakan listrik.

2.2.4 Bagian-Bagian Furnace

Furnace terdiri dari beberapa bagian utama yaitu :

1. Bagian Radiasi

Terdiri dari ruang pembakaran dimana tube ditempatkan di sekeliling ruang bakar. Masing-masing tube dihubungkan dengan elbow. Fluida proses disirkulasikan di dalam rangkaian tube, dan panas ditransfer dari bahan bakar secara radiasi. Sebagian panas 8 di transfer secara konveksi antara udara dan bahan baker yang panas dengan tube. Suhu flue gas (gas buang) yang keluar dari bagian radiasi cukup tinggi (berkisar antara 700 s.d. 1100 C).

2. Bagian konveksi

Untuk merecovery panas sensible dari flue gas, maka fluida proses disirkulasikan pada kecepatan tinggi melalui rangkaian tube yang dipasang secara parallel maupun tegak lurus, pada suatu bagian dimana panas ditransfer secara konveksi. Tube kadang-kadang diberi sirip untuk memperluas permukaan transfer panas dengan flue gas. Efisiensi furnace dengan bagian konveksi akan lebih besar daripada furnace yang hanya dengan bagian radiasi saja.

3. Stack

Berfungsi untuk mengalirkan gas hasil pembakaran (flue gas) ke udara bebas. Bagian konveksi pada furnace biasanya terletak di bagian atas. Tube di bagian radiasi, ditempatkan di depan dinding isolasi refractory furnace. Antara tube dengan dinding furnace dipisahkan dengan oleh ruang kosong dengan jarak sekitar satu kali diameter tube. Meskipun panas yang diterima tube tidak terdistribusi secara merata, panas radiasi akan menjangkau keseluruhan permukaan tube. Tekanan di dalam furnace dijaga negatif di bawah tekanan atmosfer demi keamanan. Tekanan dalam furnace diatur dengan stack draft, atau kadang-kadang dengan draft fan, yang berada di atas bagian konveksi atau diletakkan di tanah di samping furnace.

2.3 Batu Bara



Gambar 2.3 Batu bara

Batu bara seperti pada gambar 3.3 (surabaya.tribunnews.com, 2018) adalah salah satu bahan bakar fosil yang berasal dari batuan sedimen yang dapat terbakar dan terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa

tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen (Wikipedia, 2016). Batubara memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Analisis unsur memberikan rumus formula empiris seperti $C_{137}H_{97}O_9NS$ untuk bituminus dan $C_{240}H_{90}O_4NS$ untuk antrasit.

2.4 Bat Algoritma (BA)

Bat Algoritma (BA) atau biasa di sebut algoritma kelelawar merupakan algoritma optimasi metaheuristik dan termasuk kedalam swarm intelligence. Algoritma ini terinspirasi dari peristiwa echolocation pada microbats. Echolocation merupakan cara kelelawar untuk melakukan navigasi dan menentukan lokasi mangsanya dengan menggunakan pantulan gema dari suara yang dikeluarkan. Pada algoritma ini kelelawar adalah agen pencari solusi, sedangkan solusi direpresentasikan oleh posisi kelelawar. Algoritma ini dikembangkan berdasarkan kelebihan dari penentuan posisi dengan menggunakan velocity pada algoritma particle swarm optimization(PSO) dan cooling schedule pada algoritma simulated annealing(SA). Dengan kelebihan yang dimilikinya diharapkan algoritma ini dapat memberikan hasil yang optimal sesuai dengan yang diharapkan