

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik terdiri atas pembangkitan, penyaluran dan distribusi. Salah satu jenis pembangkit adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Komponen – komponen utama dalam PLTU adalah Boiler, Turbin, Kondenser dan Generator Sinkron. Boiler berperan mengubah panas dari sumber energi / bahan bakar untuk menghasilkan uap yang digunakan menggerakkan turbin. Kapasitas dan kualitas uap yang dihasilkan berpengaruh terhadap keluaran daya listrik PLTU.

Biaya bahan bakar merupakan komponen tertinggi dalam struktur biaya produksi tenaga listrik, untuk itu perlu di desain sebuah sistem pembangkit dengan yang efisien. Efisiensi penggunaan bahan bakar akan sangat ditentukan oleh kinerja boiler, karena pada bagian inilah yang berhubungan langsung dengan bahan bakar untuk proses produksi uap panas yang dibutuhkan untuk memutar turbin.

Upaya peningkatan efisiensi pembangkit dapat dilakukan dengan menurunkan rasio udara, temperatur gas buang, menaikkan tekanan/temperatur uap, menambah reheat dan menurunkan tekanan kondenser [1]. Salah satu upaya meningkatkan efisiensi pembangkit adalah dengan menerapkan teknologi supercritical.

Penggunaan teknologi supercritical akan meningkatkan efisiensi yang berakibat pada pengurangan konsumsi bahan bakar dan emisi CO₂, misalnya pada pembangkit subcritical emisi CO₂ adalah 850 kg/MWh, sedangkan di pembangkit supercritical emisi CO₂ sebesar 800 kg/MWh [2]. Simulasi dan studi empiris dari pembangkit berkapasitas 600 MW juga menunjukkan emisi CO₂ yang lebih kecil pada pembangkit listrik dengan teknologi supercritical [3][4]. PLTU subcritical dengan kapasitas 660 MW efisiensinya adalah 36,3%, 37,6% dan 38,9 %, sedangkan dengan aplikasi supercritical efisiensi menjadi 38,1%, 39,5% dan 40,9 % untuk masing-masing batubara jenis CV 3.300, 4100 dan 5.500 [1].

Beberapa tantangan dalam aplikasi teknologi supercritical adalah tentang material pipa yang khusus, persyaratan air umpan boiler yang ketat dan potensi

korosi semakin tinggi dan lainnya [1]. Saat ini PLTU batubara di Jawa telah mengaplikasikan teknologi supercritical antara lain PLTU Paiton III 865MW, PLTU Cirebon 700MW, PLTU Cilacap 1000MW dan PLTU Banten 2x1000MW, serta beberapa masih dalam tahap pengerjaan maupun persiapan operasi.

Solusi lain untuk mendapatkan pembangkit dengan efisiensi yang tinggi yaitu dengan melakukan optimasi dari parameter-parameter setting yang mempengaruhi nilai efisiensi, khususnya pada komponen boiler seperti kualitas batubara, suhu dan tekanan air umpan, suhu dan tekanan kerja boiler. Pada penelitian ini diterapkan sebuah teknik optimasi Algoritma Genetika yang sudah berbasis kecerdasan buatan.

Kelebihan dari penggunaan Algoritma Genetika ini adalah nilai fitness yang dicari dapat menyelesaikan pada masalah optimum global yang pada metode geometrik lebih sulit ditemukan atau sering terjebak pada optimum lokal dan pada beberapa kasus juga dapat mempersingkat waktu dalam pencarian optimum global dalam suatu optimasi parameter di metode pengolahan data [5]. Algoritma Genetika memenuhi kriteria dalam hal cakupan penelusuran dan intensifikasi solusi prospektif sehingga memiliki kemungkinan yang cukup baik untuk menemukan solusi optimum global dengan beban komputasi yang dapat diterima [6].

1.2 Perumusan Masalah

Dalam sebuah sistem nilai efisiensi merupakan parameter yang utama. Perbedaan prinsip kerja dari boiler subcritical dengan supercritical tentunya juga akan menghasilkan efisiensi yang berbeda. Efisiensi dapat ditingkatkan dengan pengaturan parameter-parameter yang paling optimum. Oleh karena itu dibuat perumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana melakukan analisis termodinamika pada pembangkit listrik berdasarkan data *heat mass balance*?
- b. Bagaimana perbandingan efisiensi pada pembangkit listrik dalam kondisi subcritical dengan supercritical?
- c. Bagaimana menentukan optimasi parameter-parameter untuk memperoleh nilai efisiensi yang optimum menggunakan Algoritma Genetika?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, dilakukan beberapa batasan untuk menghindari pembahasan yang mengambang dan fokus pada masalah yang diteliti, yaitu:

- a. Perhitungan efisiensi boiler dengan menggunakan metode langsung, perhitungan efisiensi pembangkit listrik dengan analisis termodinamika berdasarkan data *heat mass balance* penelitian terdahulu yang masih menggunakan teknologi subcritical.
- b. Perbandingan kinerja subcritical dan supercritical hanya berdasarkan perbedaan tekanan steam yang dihasilkan boiler.
- c. Kualitas batubara berdasarkan nilai kalornya, tanpa melihat jenis dan komposisi campuran.
- d. Pemodelan/simulasi sistem menggunakan software Matlab.
- e. Algoritma Genetika hanya diterapkan untuk optimasi parameter-parameter input-output khusus pada komponen boiler, yaitu temperatur feedwater, temperatur steam, dan temperatur reheater.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dalam tesis ini adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung efisiensi pembangkit listrik tenaga uap secara analisis termodinamika berdasarkan data *heat mass balance*.
- b. Mengetahui perbandingan efisiensi pembangkit listrik tenaga uap dalam kondisi subcritical dan supercritical.
- c. Melakukan optimasi dari berbagai parameter untuk menghasilkan nilai efisiensi yang optimum pada pembangkit listrik tenaga uap menggunakan Algoritma Genetika.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Memberikan gambaran dalam perencanaan sebuah PLTU batubara yang efisien, dengan diperoleh parameter-parameter setting yang paling optimum.

- b. Sebagai referensi untuk melakukan evaluasi dan modifikasi bagi pembangkit yang telah beroperasi.

1.7 Keaslian Penelitian

PLTU batubara dengan teknologi supercritical semakin menarik untuk dikembangkan karena efisiensi pembangkit meningkat, biaya bahan bakar berkurang dan beban emisi menurun. Sudah banyak studi dengan topik yang membahas teknologi boiler pada PLTU:

- a. Penelitian dengan simulasi menggunakan *EES (Engineering Equation Software)* untuk mengetahui pengaruh gas buang dan suhu udara masuk pada efisiensi termal untuk sistem boiler. Pemodelan dengan 7 macam skema optimasi, baik dari sisi teknologi komponen maupun penyesuaian parameter setting. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur gas buang atau udara masuk sebesar 10-15°C, akan meningkatkan efisiensi termal sistem boiler 0,8%-1% [7].
- b. Penelitian tentang evaluasi sistem boiler untuk memastikan bahwa rancangan atau desain sistem boiler mampu bekerja dan menghasilkan pengkondisian udara yang direncanakan, serta mengevaluasi peluang penghematan energi [8]. Pengujian kinerja sistem boiler dilakukan dengan pengaturan berbagai variasi temperatur keluaran air panas, serta dengan melihat berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur setting. Setelah itu, setiap kenaikan temperatur dihitung besar efisiensi yang dihasilkan.

Penelitian ini hanya mengevaluasi salah satu parameter yang mempengaruhi efisiensi yaitu suhu air umpan boiler, sehingga masih memungkinkan dilakukan penelitian lanjutan dengan tambahan evaluasi parameter.

- c. Penelitian untuk memperoleh nilai efisiensi termal maksimum pada pembakaran batubara di boiler dengan memvariasikan campuran bahan bakar batubara lignit dan kulit kacang mete [9]. Penelitian ini menganalisis komposisi campuran untuk memperoleh efisiensi yang optimum. Optimasi

hanya berdasarkan parameter masukan dari campuran bahan bakar untuk mendapatkan efisiensi paling optimum.

- d. Pemodelan sebuah pembangkit pada kondisi operasi normal menggunakan software *gate cycle*, dilakukan untuk mengetahui efisiensi termal dan daya supercritical dengan memvariasikan tekanan pada boiler dan tekanan reheater untuk mendapatkan nilai optimum. Sedangkan perhitungan manual menggunakan analisis termodinamika [10].

Penelitian ini membandingkan efisiensi pada kondisi eksisting subcritical menjadi supercritical, dan pengaruh variasi tekanan reheater.

- e. Analisis termodinamika pada pembangkit listrik, dan simulasi dengan memvariasikan temperatur uap panas lanjut dan pengaruh operasi Feedwater Heater terhadap daya dan efisiensi pembangkit [11].
- f. Penelitian untuk meningkatkan efisiensi boiler dengan memanfaatkan panas dari gas buang untuk pengeringan bahan bakar dan pemanasan awal udara pembakaran serta pengontrolan udara yang masuk ke sistem pembakaran menggunakan algoritma kendali logika fuzzy [12].

Penelitian ini akan melakukan analisis termodinamika pada sebuah pembangkit acuan. Pembangkit yang masih masih bekerja dalam kondisi subcritical akan disimulasi bekerja dengan berbagai variasi tekanan steam sampai dengan kondisi supercritical. Algoritma Genetika digunakan untuk mengoptimasi temperatur feedwater, temperatur steam boiler, dan temperatur reheater.