

# ANALISIS PERFORMANSI WATER TUBE BOILER KAPASITAS 240 TON/JAM DI PLTU SULBAGUT-1 TANJUNG KARANG

Oleh:

Alvin William Rimbun Panjaitan <sup>1)</sup>

Parulianson DH Nainggolan <sup>2)</sup>

Sawin Sebayang <sup>3)</sup>

Saut Pardede <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung <sup>1,2,3,4)</sup>

E-mail :

[alvinkawhi@gmail.com](mailto:alvinkawhi@gmail.com) <sup>1)</sup>

[paruliansonnainggolan@gmail.com](mailto:paruliansonnainggolan@gmail.com) <sup>2)</sup>

[sawinsebayang11@gmail.com](mailto:sawinsebayang11@gmail.com) <sup>3)</sup>

[sautparsaoran@yahoo.com](mailto:sautparsaoran@yahoo.com) <sup>4)</sup>

## ABSTRAK

Di zaman yang semakin canggih membuat masyarakat dunia tertantang, akan pesatnya perkembangan dunia yang menyebabkan antar negara berkompetisi. Hal ini berpengaruh akan adanya pemenuhan kebutuhan energi tak terkecuali energi listrik. Seiring berjalannya waktu, kebutuhan akan energi listrik semakin mendesak dan sangat penting. Berbagai inovasi dalam bidang pembangkitan tenaga listrikpun diciptakan, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Selain itu kerap sekali efisiensi kualitas kerja tersebut diabaikan padahal peningkatan efisiensi kualitas kerja boiler itu sendiri akan memberikan nilai ekonomis sendiri bagi perusahaan. Dalam hal itu peningkatan efisiensi boiler sangat penting guna mendapatkan hasil keluaran yang handal. *Boiler* adalah suatu perangkat atau wadah yang digunakan untuk merubah fasa air menjadi fasa uap, dan mempunyai fungsi sebagai mengubah energi kimia yang ada pada bahan bakar menjadi energi panas yang diterima oleh fluida (air). Terjadinya perubahan fasa diakibatkan adanya pembakaran yang ada di ruang bakar. Uap yang dihasilkan perangkat ini adalah uap kering yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. *Boiler* di PT GORONTALO LISTRIK PERDANA PLTU Sulbagut-1 Tanjung Karang mempunyai tekanan kerja 8,00 Mpa, dan bertemperatur 540,0°C. Dengan memproduksi uap sebesar 204,0 ton/jam. Kebutuhan energi panas pada *boiler* adalah 505.055.040 kJ/jam, kebutuhan energi panas pada penguapan adalah 560.681.760 kJ/jam dan kebutuhan suplai bahan bakar sebesar 687.065.200 kJ/jam. Dan membutuhkan bahan bakar sebanyak 39,1 ton/jam dengan mensuplai udara sebesar 509.820,99 kg udara /jam. Dimana menghasilkan gas buang atau gas asap hasil pembakaran sebesar 448.035 kg asap/jam. Dan hasil efisiensi yang diperoleh *boiler* adalah 81,60%.

**Keywords : Boiler, Efisiensi, Bahan Bakar**

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu sumber listrik ialah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah mesin konversi energi dimana energi kimia yang terkandung didalam bahan bakar akan dikonversi kan (diubah)

menjadi energi listrik. Jenis pembangkit listrik *thermal* ini banyak digunakan di Indonesia, dikarenakan efisiensinya yang maksimal dan bahan bakarnya mudah didapat dengan harga yang terjangkau.

Ketel uap atau *boiler* adalah salah satu bagian dari Pembangkit Listrik

Tenaga Uap (PLTU), ketel uap ini merupakan bejana tertutup yang didalamnya berisikan air yang akan dipanaskan hingga menjadi uap kering. Energi panas dari uap kering keluaran ketel uap tersebut selanjut nya akan didistribusikan dalam hal keperluan, seperti turbin uap, mesin uap, dan lain sebagainya. Secara proses konversi energi, ketel uap ini memiliki fungsi untuk mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi kalor (panas) yang ditransferkan kedalam fluida kerja(uap kering). Uap kering yang dihasilkan oleh ketel uap ini akan digunakan untuk menggerakkan turbin uap dimana putaran turbin dipengaruhi tekanan dan temperatur uap yang dihasilkan oleh ketel uap, turbin uap dihubungkan dengan generator dengan cara dikopling dan menghasilkan energi listrik.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **Pengertian Boiler**

*Boiler* atau ketel uap ialah bejana tertutup yang didalamnya berisikan air yang akan dipanaskan. Hasil energi panas dari uap air dari *boiler* tersebut selanjutnya digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti untuk turbin uap, penghangat ruangan, mesin uap, dan lain sebagainya. Dalam proses konversi energinya, *boiler* memiliki cara kerja

mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi panas (*thermal*) yang diterima oleh fluida kerja. Panas yang diberikan kepada fluida yang ada pada *boiler* di mulai dari proses pembakaran dengan berbagai macam jenis bahan bakar yang dapat digunakan, seperti cangkang/serabut sawit, batubara, minyak bumi, dan gas.

Sebuah *boiler* harus di lengkapi peralatan yang dapat mempermudah atau membantu kinerjanya sehingga pengoperasiannya berjalan dengan baik dan aman.

*Boiler* harus mempunyai kriteria atau persyaratan sebagai berikut :

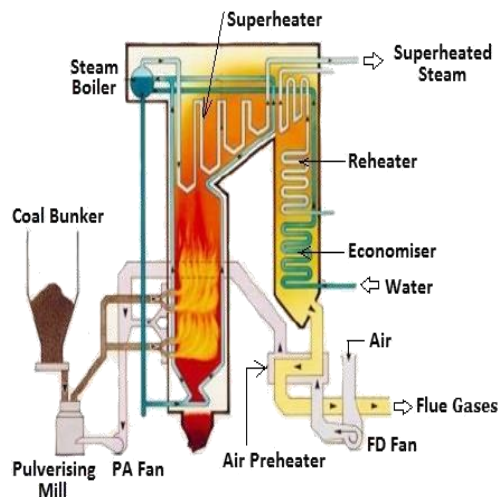
1. Dapat memproduksi uap *superheat* dengan berat tertentu dalam waktu yang ditentukan, serta tekanannya lebih besar dari satu atmosfer.
2. Apabila menggunakan alat super heater, maka suhu uap pada pemakaian terakhir tidak berubah terlalu banyak dan dapat diatur dengan mudah.
3. Jika penggunaan uap yang tidak stabil, maka tekanan uap tidak berubah banyak.
4. Kadar air yang dihasilkan pada uap panas harus efisien.
5. Uap harus dibentuk dengan jumlah bahan bakar sehemat mungkin.

## Prinsip Kerja Boiler

Prinsip kerja boiler adalah mesin konversi yang dimana fungsinya mengubah air menjadi uap. Siklus perubahan air terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara terus menerus yang ada di ruang bakar dengan menyuplai sumber bahan bakar dan udara luar.

Uap yang dihasilkan boiler adalah uap panas lanjut (*superheat*) dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Hasil produksi uap tergantung pada luas permukaan pipa, kecepatan aliran, dan hasil pembakaran yang diberikan.

Pada pembangkit umumnya boiler disebut juga sebagai pembangkit uap (*steam generator*) dikarenakan arti kata boiler hanya pendidih, sementara pada kenyataannya dari boiler dihasilkan uap *superheat* dan bertekanan tinggi.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Boiler

## 3. METODE PENELITIAN

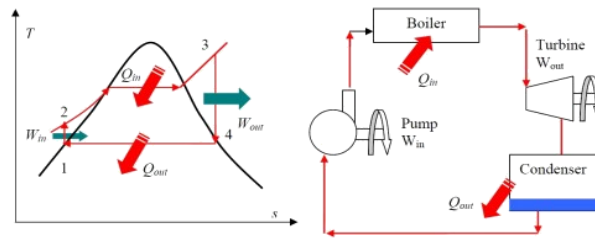
### Jadwal Penelitian

Data yang terdapat didalam laporan tugas akhir ini diperoleh pada saat selesai melakukan praktik kerja lapangan di Pembangkit Listrik Tenaga Uap GORONTALO LISTRIK PERDANA PLTU Unit 1&2 2x50MW Tanjung

Karang yang berlokasi di Gorontalo Utara. Waktu pengambilan data dilakukan pada tanggal 2 Oktober 2022.

### Sistem PLTU

Prinsip kerja dari suatu PLTU secara teoritis merupakan penerapan dari siklus tertutup atau siklus rankine ideal. Diagram alir dan diagram T-S dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir dan diagram T-S Siklus Rankine Ideal

Dimana :

- Proses 1-2 : Air kondensat memasuki pompa, kemudian ditekan oleh pompa sehingga menghasilkan tekanan dari fluida kerja. Pada fase ini fluida kerja masih berwujud cair sehingga pompa tidak membutuhkan input tenaga yang terlalu besar. Secara normal, pada siklus ini tidak terjadi perubahan entropi.
- Proses 2-3 : Cairan bertekanan tinggi dari hasil kompresi pada pompa masuk mengalir ke dalam boiler. Pada boiler ini, fluida secara Isobaris (tidak terjadi perubahan tekanan fluida selama proses). Panas Boiler didapatkan dari hasil pembakaran dari luar, seperti: pembakaran batubara, solar, maupun reaksi nuklir. Pada proses ini terjadi perubahan wujud dari fluida fase cair menjadi fase campuran, kemudian menjadi uap jenuh hingga uap lanjut (kondisi superheated).
- Proses 3-4 : Uap bertekanan dan bertemperatur tinggi dari boiler ini

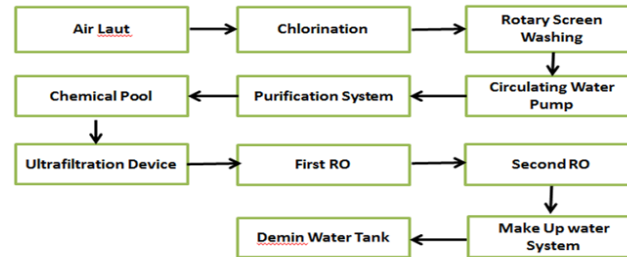
masuk ke dalam turbin uap. Pada proses ini terjadi proses ekspansi secara isentropik (ideal) akibat dari pergerakan turbin. Hal ini dikarenakan energi yang tersimpan di dalam uap air telah dikonversi menjadi energi gerak turbin. Yang menyerap energi dari uap menjadi kerja turbin. Pada proses ini terjadi penurunan tekanan pada fluida.

- Proses 4-1 : Fluida keluar dari turbin dalam kondisi bertekanan rendah dengan wujud campuran maupun masih dalam kondisi uap. Selanjutnya fluida masuk ke dalam kondensor dan akan mengalami proses kondensasi (perubahan bentuk fluida menjadi cair maupun cair jenuh). Pada proses ini tidak terjadi perubahan pada tekanan fluida (Isobaris). Fluida ini nantinya kan kembali menuju pompa dan terus berlanjut. Siklus ini berlangsung secara terus menerus dengan tertutup.

### Proses Produksi di PLTU Proses Pengolahan Air

Proses pengolahan air ini terjadi di *Water Treatment Plant* (WTP) dimana bahan baku air ini adalah air laut dan diolah menjadi air tanpa mineral atau air

demin yang sesuai dengan standart air yang berlaku untuk diproduksi di ketel uap nantinya.



Gambar 3.2. Proses Produksi Air

#### A. Air laut

Air laut adalah komponen utama dalam pengolahan air untuk menjalankan sistem di PLTU ini. Air laut ini nanti akan melewati beberapa proses hingga air menjadi air demin (bebas dari mineral).

#### B. Chlorination

Klorinasi merupakan pemberian senyawa klorin pada air laut yang bertujuan untuk membunuh kuman dan mengoksidasi bahan-bahan kimia dalam air. Setelah air diklorinasi, maka selanjutnya akan difilter di *rotary screen*.

#### C. Rotary Screen

*Rotary Screen* adalah sebuah alat yang berfungsi untuk memfilter air laut yang sudah melewati dari proses klorinasi. Pada proses ini, air laut difilter dari sampah-sampah pada air laut. Air yang sudah difilter

akan menuju *Circulating Water Pump* (CWP).

#### D. Circulating Water Pump (CWP)

*Circulating Water Pump* (CWP) adalah pompa yang dimanfaatkan dalam sirkulasi air pendingin (air laut) pada kondensor dan juga untuk pengolahan air di *Water Treatment Plant* (WTP) pada industri pembangkitan (PLTU). Untuk pengolahan air di *Water Treatment Plant* (WTP), air dari *Circulating Water Plant* (CWP) akan diproses terlebih dahulu di sistem *pretreatment*.

#### E. Sistem pretreatment

Sebelum air dari *Circulating Water Pump* (CWP) ini diolah ke sistem *Water Treatment Plant* (WTP), akan melewati di sistem ini terlebih dahulu. Sistem ini terdiri dari Sistem Purifikasi dan *Chemical Pool*.

F. Sistem Purifikasi

Sistem purifikasi adalah sistem pemurnian air laut yang memiliki lima kolam yang berfungsi untuk memfilter air laut dari lumpur-lumpur yang ada pada air laut. Air yang sudah difilter akan diproses selanjutnya di *Chemical Pool* dan lumpur di sistem purifikasi tadi akan dibuang ke *Sludge Pool*. Di *Sludge Pool* ini nanti, lumpur-lumpur akan ditampung dan dialirkan kembali ke laut.

G. *Chemical Pool*

*Chemical pool* adalah sistem pencampuran air laut dengan senyawa kimia yang berfungsi untuk menghilangkan garam-garam pada

air laut yang sudah melewati proses sistem purifikasi. Selanjutnya, air dari proses ini akan dialirkan ke sistem *Water Treatment Plant (WTP)*.

H. *Water Treatment Plant (WTP)*

*Water Treatment Plant (WTP)* ini merupakan kelanjutan dari sistem *pretreatment*. Di sistem ini terdiri dari *Ultrafiltration Device, First RO, Secondary RO, dan Make Up Water*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari hasil survey yang dilakukan pada tanggal 02 oktober 2022 di PT GLP PLTU SULBAGUT-1 TANJUNG KARANG Unit 1&2 2x50MW didapat data sebagai berikut:

Tabel 4.1. Data lapangan

Jenis Parameter	Data	Satuan
Tekanan Kerja boiler, p	8,0	Mpa
Temperatur Uap boiler, Tu	540,0	°C
Temperatur air umpan, Ta	175,0	°C
Produksi uap yang dihasilkan, mu	204,0	ton/h
Kebutuhan bahan bakar, mbb	39,1	ton/h

**Analisa Gas Asap Hasil Pembakaran**

Dari hasil reaksi pembakaran pada 1 kg bahan bakar batubara, didapat hasil pembakarannya sebagai berikut:

1. Untuk melakukan pembakaran 0,6857 kg C yang mana menghasilkan pembakaran sebanyak 2,5165 kg CO<sub>2</sub>

2. Untuk melakukan pembakaran 0,0516 kg H<sub>2</sub> yang mana menghasilkan pembakaran sebanyak 0,4644 kg H<sub>2</sub>O
3. Untuk melakukan pembakaran 0,0033 kg S yang mana menghasilkan pembakaran sebanyak 0,0066 kg SO<sub>2</sub>

Didapat selama pembakaran massa oksigen bebas ( $O_2$  excess) dalam gas asap adalah:

$$\begin{aligned} m_{O_2} &= 23/100 \times \text{mud excess} \\ &= 23/100 \times 4,3463\text{kg} \\ &= 0,9996\text{kg asap/kg bahan bakar} \end{aligned}$$

Jumlah massa  $N_2$  didalam gas asap atau gas buang adalah:

$$\begin{aligned} m_{N_2} &= 77/100 \times \text{mud actual} + \text{kandungan } N_2 \text{ pada bahan bakar} \\ &= 77/100 \times 13,0389 \text{ kg} + 0,018 \text{ kg} \\ &= 10,0579 \text{ kg asap/kg bahan bakar} \end{aligned}$$

Maka didapat jumlah total gas asap selama pembakaran adalah:

$$\begin{aligned} m_{g \text{ act}} &= m_{CO_2} + m_{H_2O} + m_{SO_2} \\ &+ m_{N_2} + m_{O_2} \\ &= 2,5165\text{kg} + 0,04644\text{kg} + 0,0066\text{kg} + \\ &10,0579\text{kg} + 0,9996\text{kg} \\ &= 14,045\text{kg gas asap/kg bahan bakar} \end{aligned}$$

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Culp, Archie W.1996. "Prinsip-Prinsip Konversi Energi (Penerjemah Darwin Sitompul)".Jakarta:Erlangga.
- Djokosetyardjo, M.J. 2016. Ketel Uap. Jakarta: CV Pelita Kasih.
- Syamsir, Muin. 2010. Pesawat-Pesawat Konversi I (Ketel Uap). Jakarta: CV Rajawali.
- El-Wakil, MM., Powerplant Technology, McGraw-Hill Book Co.,1985.
- The International Association for the Properties of Water and

Steam.1995.Properties Of Saturated Water ,US:IAP

Kinsky,Roger.1989.Heat Engineering. McGraw-Hill Book Company Australia PtyLimited.

Siregar, Samuel. 2014. Tugas Akhir Performansi Boiler Jenis Pipa Air Dengan Tekanan Kerja 90 Bar dan Kapasitas 200 ton/jam pada PT PLN(Persero) Sektor Pembangkitan Belawan.

Sitompul M.Eng, Ir.Darwin. 2016. Prinsip-Prinsip Konversi Energi.Erlangga:Jakarta.