



## Analisis Efisiensi Bahan Bakar Boiler Untuk Pemanasan Sitem Uap Pada Industri Perikanan di PT. Dua Putra Utama Makmur Tbk

Abdul Latif

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang

Email : latifadul235@gmail.com

**Abstrak** –Boiler adalah sebuah mesin bejana yang tertutup digunakan untuk mengubah air menjadi uap panas (steam) dengan cara air dipanaskan dengan api menggunakan gas sebagai bahan bakar utama. PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk. Menggunakan TEHA BOILER nomor TH 40B78 dengan kapasitas 2000 kg/jam, permukaan pemanas 40 m<sup>2</sup>, pers yang berfungsi 10 kg/cm<sup>2</sup>, dan uji tekan 15 kg/cm<sup>2</sup> untuk digunakan pada proses pemanasan sistem uap pada industri perikanan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana cara menghitung efisiensi bahan bakar boiler menggunakan metode langsung (direct). Boiler tersebut memiliki dua komponen utama yaitu dapur pembakaran (furnace) dan alat penguap (evaporator). Dapur pembakaran (furnace) adalah suatu ruangan dapur yang digunakan untuk menerima bahan bakar (gas) sebagai pembakaran, fire grate sebagai alas bahan bakar, dan pipa-pipa air ketel yang dapat menerima panas dari bahan bakar. Permasalahan yang banyak terjadi dilapangan pada mesin boiler tidak berefisiensi dengan baik pada saat sistem kerja atau proses operasi dilapangan, khususnya pada saat proses dibawah keadaan operasi pada mesin boiler fire tube selalu mengalami heat loss pada sistem uap atau steam serta sistem bahan bakar yang mempengaruhi efisiensi mesin boiler fire tube tidak maksimal untuk hasil uap yang akan didistribusikan pada mesin. Oleh karena itu dengan kondisi tersebut diperlukan perhitungan efisiensi mesin boiler tipe fire tube yang baik guna memenuhi standar nilai efisiensi yang sesuai pada proses operasi di lapangan.

**Kata Kunci** : Boiler, Furnace, Evaporator, Efisiensi.

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Sejalan dengan tujuan pendidikan nasional, perlu adanya usaha untuk mewujudkan suatu keseimbangan antara dunia industri dan pendidikan. Untuk menghasilkan sarjana yang memiliki pemahaman serta ketrampilan dalam pengembangan teknologi dan bidang-bidang penerapannya. Dengan kemampuan akademis yang handal dan ketrampilan di bidang industri yang cukup, yang hasilnya nanti diharapkan dapat mengembangkan kreativitas dan penalaran untuk memberikan sumbangan pemikiran dalam pengembangan idustri di Indonesia.

Program studi Teknik Elektro Universitas PGRI Semarang mempunyai tujuan agar mahasiswa dapat mengikuti praktek kerja lapangan yang merupakan suatu kegiatan akademis yang dilakukan oleh mahasiswa sebagai salah satu syarat kelulusan di program studi. Melalui pengalaman ini diharapkan dapat menambah wawasan mahasiswa sehingga memiliki daya nalar dan pemahaman mengenai pengetahuan teknik elektro yang terarah, sehingga selanjutnya mahasiswa dapat membuat suatu perencanaan atau perhitungan secara teknis, mencari solusi masalah keteknikan, memahami pengoperasian, dan mampu mengembangkan teknologi dalam lingkungan suatu perusahaan.

Boiler adalah jenis bejana tertutup yang memiliki fungsi utama sebagai alat konversi energi dari air menjadi uap yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak beberapa produk yang ada di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk. Boiler ini mampu membentuk uap dengan tekanan lebih dari satu atmosfer dengan cara memanaskan air yang ada di dalamnya menggunakan gas-gas steam hasil dari pembakaran. Alat ini mampu mengubah energi kimia menjadi energi lain yang dirancang untuk melakukan atau menstransfer panas pada mesin untuk memasak beberapa produk yang ada di perusahaan. Beberapa jenis boiler yang berdasarkan bahan bakar digunakan yaitu menggunakan gas, minyak, LPG dan biomassa.

Uap (steam) yang dihasilkan pada boiler atau ketel uap dapat digunakan sebagai pemanas. Pengoperasian boiler juga harus menyesuaikan pada standar pabrik operasi yang telah ditentukan oleh si pembuat boiler



itu sendiri. Standar tersebut telah menjamin keamanan dan kenyamanan dalam pengoperasian boiler, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam pengoperasian boiler di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk.

Boiler berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengkonversi energi kimia (potensial) dalam hal ini adalah bahan bakar menjadi panas. Boiler uap terdiri dari 2 komponen utama, yaitu :

1. Dapur sebagai alat untuk mengubah energi kimia (bahan bakar) menjadi energi panas.
2. Alat penguap (evaporator) yang mengubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial uap (energi panas).

### **Perumusan Masalah**

Dari latar belakang yang telah diuraikan oleh penulis di atas, dapat diambil beberapa perumusan masalah tentang pengoperasian boiler yang ada di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk sebagai berikut :

1. Bagaimana cara menghitung efisiensi bahan bakar boiler yang ada di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk?
2. Bagaimana prinsip kerja pengoperasian boiler yang ada di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk ?
3. Bagaimana mengatasi kendala saat pengoperasian boiler di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk ?

### **Tujuan Praktek Kerja Lapangan**

Dengan adanya Praktek Kerja Lapangan (PKL) ini, penulis diharapkan dapat menambah wawasan pengetahuan dalam dunia kerja pada industri dan juga mengembangkan kemandirian di dunia industri. Dalam praktikum kerja praktek kali ini yang dilaksanakan di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk bertujuan untuk :

1. Penulis diharapkan dapat mengetahui rancangan boiler yang ada di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk.
2. Penulis diharapkan dapat menghitung efisiensi bahan bakar pada *fire tube boiler* di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk.
3. Penulis diharapkan dapat memahami prinsip kerja pengoperasian boiler yang digunakan dalam proses produksi di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk.
4. Penulis diharapkan dapat mengetahui bahan dan alat yang digunakan dalam proses perancangan boiler di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk.
5. Penulis diharapkan memahami apa saja kendala yang terjadi pada pengoperasian boiler saat proses produksi.

### **Pengertian Boiler**

Boiler atau ketel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk memproduksi steam/uap. Uap diperoleh dengan memanaskan air yang berada didalam bejana dengan bahan bakar. Boiler mengubah energi-energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Boiler juga dirancang untuk memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, yang biasanya berupa pembakaran bahan bakar. Boiler adalah sebuah mesin bejana yang tertutup digunakan untuk mengubah air menjadi uap panas (steam) dengan cara air dipanaskan dengan api menggunakan gas sebagai bahan bakar utama.

Uap/steam yang dihasilkan dari boiler dapat digunakan untuk berbagai proses dalam industri seperti penggerak, pemanas, dan lain-lainnya. Prinsip kerja pengoperasian boiler juga harus susai dengan standard pabrik pembuat boiler tersebut. Agar dapat menjamin keamanan dan kenyamanan dalam pengoperasian sehingga meningkatkan efisiensi ketel uap atau boiler serta dapat menekan biaya operasional. Boiler berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengkonversikan energi kimia (potensial) dalam hal ini



adalah bahan bakar menjadi energi panas. Boiler/ketel uap memiliki 2 komponen utama yaitu : dapur (furnace) dan alat penguap (evaporator).

Dapur pembakaran (furnace) adalah suatu ruangan dapur yang digunakan untuk menerima bahan bakar (gas) sebagai pembakaran, fire grate sebagai alas bahan bakar, dan pipa-pipa air ketel yang dapat menerima panas dari bahan bakar. Didalam dapur (furnace), energi kimia pada bahan bakar dirubah menjadi panas melalui proses pembakaran dan panas yang dihasilkan sebagian besar diberikan kepada air yang berada didalam ketel sehingga, pengaruh dari proses pemanasanair tersebut berubah menjadi uap. Uap yang dihasilkan dari sebuah ketel dapat digunakan berbagai macam keperluan industri. Alat penguap (evaporator) adalah sebuah alat yang digunakan untuk memekatkan larutan maupun untuk menaikkan konsentrasi zat padat. Cara kerja evaporator yaitu mengubah energi pembakaran (energi panas) menjadi energi potensial uap (energi panas), menyisakan residu mineral di dalam evaporator.



Gambar 1. Boiler

### Klasifikasi Boiler

Secara umum ketel dibedakan dalam dua golongan utama yaitu ketel pipa api (*Fire Tube Boiler*) dan ketel pipa air (*Water Tube Boiler*). Beberapa klasifikasi boiler sebagai berikut :

#### 1. Berdasarkan Fluida yang Mengalir Dalam Pipa

##### a. Ketel Pipa Api (*Fire Tube Boiler*)

Boiler jenis ini pada bagian tubenya dialiri dengan gas pembakaran dan bagian lainnya yaitu sell dialiri air yang akan diuapkan. Tube-tubunya langsung didinginkan oleh air yang melindunginya. Jumlah pass dari boiler tergantung dari jumlah laluan horizontal dari gas pembakaran diantara furnace dan pipa-pipa api. Laluan gas pembakaran pada furnace dihitung sebagai pass pertama. Boiler jenis ini banyak dipakai untuk industri pengolahan mulai skala kecil sampai skala menengah.

##### b. Ketel Pipa Air (*Water Tube Boiler*)

Ketel pipa air ini adalah ketel yang peredaran airnya terjadi didalam pipa-pipa yang dikelilingi oleh nyala api dan gas panas dari luar susunan pipa. Kontruksi pipa-pipa yang dipasang didalam ketel dapat berbentuk lurus (*Straight Tube*) dan juga dapat berbentuk pengkolan (*Bend Tube*) tergantung dari jenis ketelnya. Pipa-pipa yang lurus dipasang secara paralel didalam ketel



dihubungkan dengan Header, kemudian Header tersebut dihubungkan dengan bejana uap yang dipasang secara horizontal diatas susunan pipa. Susunan pipa diantara kedua Header mempunyai kecondongan tertentu hal ini dimaksudkan agar dapat menimbulkan peredaran air dalam ketel. Contoh ketel yang termasuk dalam golongan ini adalah Ketel Benson, Ketel Babcock and Wilcox, Ketel Lamont, Ketel Yarrow, dan Ketel Loeffler.

## 2. Berdasarkan Pemakaiannya

### a. Boiler Tetap (*Stasioner Boiler*)

Boiler stasioner adalah boiler yang didudukan diatas fundasi yang tetap seperti boiler untuk pembangkit tenaga, untuk industri dan lain-lain yang sebagainya.

### b. Boiler Mobil (*Mobile Boiler*), Boiler Pindah (*Portable Boiler*)

Boiler mobil adalah boiler yang dipasang pada fundasi yang berpindah-pindah (mobile), seperti boiler pada lokomotif, loko mobil dan boiler panjang serta lainnya termasuk boiler kapal (marine boiler).

## 3. Berdasarkan Letak Dapur

### a. Boiler Dengan Pembakaran Didalam (*Internally Fired Steam Boiler*)

Boiler dengan pembakaran didalam adalah boiler dimana tungku atau dapur terletak didalam shell tersebut boiler yang dipecat secara internal. Dapur menjadi bagian integral dari keseluruhan struktur boiler.

### b. Boiler Dengan Pembakaran Diluar (*Outernallyfired Steam Boiler*)

Boiler dengan pembakaran diluar adalah boiler yang melakukan proses pembakaran diluar dapur. Boiler jenis ini diaplikasikan pada boiler pipa air. Air dialirkan ke boiler melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang disalurkan tadi dipanaskan oleh gas pembakaran di dalam drum. Water tube boiler ini dipilih jika kebutuhan steam dan tekanan steam sangat tinggi seperti pada boiler untuk pembangkit listrik tenaga uap. Boiler Babcock dan Wilcox adalah contoh dari boiler jenis ini.

## 4. Berdasarkan Penggunaan

### a. *Utility Boiler*

*Utility boiler* adalah boiler yang memproduksi uap untuk pembangkit tenaga listrik. Kapasitas besar, tekanan dan temperatur uap tinggi, efisiensi tinggi, dapur dinding pipa air dengan burner, bila dengan tekanan lebih besar dari 14 Mpa biasanya dengan reheater.

### b. *Industrial Boiler*

Industrial boiler adalah boiler yang memproduksi uap untuk pemanas dan proses. Biasanya memiliki kapasitas yang kecil, tekanan dan temperatur uap lebih rendah, dapur dengan burner, stoker atau fluidized bed, tanpa reheater.

### c. *Marine Boiler*

Marine Boiler adalah boiler yang memproduksi uap digunakan sebagai sumber penggerak kapal. Bentuknya kompak, bobot lebih ringan, biasanya menggunakan bahan bakar minyak, tanpa reheater.

## Komponen – Komponen Boiler

Dalam menjalankan fungsinya, boiler didukung oleh beberapa komponen yang memiliki fungsinya masing-masing sebagai berikut :



### 1. Drum Ketel

Drum ketel berfungsi sebagai reservoir air panas dan sebagai tempat pembangkit uap. Didalamnya berisi steam dan air jenuh dengan perbandingan 50% air dan 50% steam. Drum ketel dibagi sedemikian rupa sehingga air tidak bergerak bersama uap. Air bersuhu rendah tenggelam ke dasar dan air bersuhu tinggi naik keatas lalu menguap.

### 2. Tungku Pengapian (*Furnace*)

Pada bagian ini dibakar bahan bakar yang merupakan sumber panas, proses penyerapan panas dengan media air terjadi melalui tabung yang dialiri air, tabung tersebut ditempelkan pada dinding tungku. Didalam tungku, ruang bakar terbagi lagi menjadi dua bagian, terdiri dari ruang pertama dan ruang kedua.

Pada chamber pertama, pemanasan langsung disediakan oleh sumber panas yang diserap oleh pipa, sedangkan pada chamber kedua, panas yang diserap dibagian atas berasal dari udara panas hasil proses pembakaran di chamber pertama. Tugas dari ruang pemanas kedua ini adalah menyerap limbah dari ruang pemanas pertama, sehingga energi panas yang terbuang percuma tidak menjadi terlalu besar, dan mengatur suhu cairan yang dipanaskan di ruang pertama, ke dalam ruangan agar tidak mengalami kehilangan panas yang berlebihan.

### 3. *Superheater*

Komponen ini memiliki tempat pengeringan steam, karena steam yang keluar dari bahan boiler masih basah sehingga tidak dapat digunakan. Pemanas tubular digunakan pada preheater, yang dipanaskan hingga suhu 260-350 derajat celcius. Pada suhu ini, uap mengering dan dapat digunakan untuk menggerakkan turbin dan peralatan lainnya.

### 4. *Airheater*

*Airheater* adalah alat yang memanaskan udara yang digunakan untuk meniup/menghembuskan bahan bakar sehingga terbakar sempurna. Sebelum melewati pemanas udara, udara yang dihembuskan memiliki suhu yang sama dengan suhu udara normal, yaitu 38 derajat celcius. Namun setelah melewati pemanas udara, suhu udara naik menjadi 230 derajat celcius untuk menghilangkan kandungan air yang dikandung, karena uap air dapat mengganggu proses pembakaran.

### 5. *Economizer*

Fungsi economizer adalah untuk menyerap panas dari hasil gas pembakaran setelah melewati superheater. Pemanas air ini berlangsung sedemikian rupa sehingga perbedaan temperatur antara air pengisi dan air di dalam drum boiler tidak terlalu besar, sehingga tidak terjadi thermal stress (tegangan akibat pemanas) didalam drum utama. Selain itu, dengan menggunakan sisa bahan bakar gas, efisiensi boiler meningkat dan proses pembangkit uap dipercepat.

### 6. Gelas Penduga (*Sight Glass*)

Gelas penduga ini dipasang pada drum bagian atas yang digunakan agar dapat mengetahui air yang berada di dalam drum. Tujuannya adalah untuk memudahkan dalam mengontrol ketinggian air dari dalam ketel selama boiler sedang beroperasi. Untuk menggunakannya, gelas ini wajib dicuci secara berkala untuk menghindari terjadinya penyumbatan yang dapat membuat level air tidak dapat dibaca.

### 7. Katup Pengaman (*Safety Valve*)

Komponen yang satu ini digunakan untuk membuang uap apabila tekanan uap telah melebihi batas maksimal atau batas yang ditetapkan. Safety valve ini bisa diatur sesuai dengan aspek maksimum yang telah ditentukan. Katup ini terdiri dari dua jenis, yaitu katup pengaman uap basah (diatur pada tekanan 21 kg per cm kuadrat) dan katup pengaman uap kering (diatur pada tekanan 20,5 kg per cm kuadrat). Safety valve ini bisa diatur dengan aspek maksimum yang telah ditentukan.



## 8. Pengatur Pembuangan Gas Bekas

Induced Draft Fan (IDF) menarik asap dari ruang bakar melalui pengumpul debu dan kemudian keluar keluar melalui cerobong asap. Katup kontrol gas buang disesuaikan sesuai kebutuhan sebelum menyalakan IDF, karena semakin banyak katup terbuka, semakin kuat hisap dari bagian dalam tungku.

## METODE

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi rancangan pada boiler jenis *fire tube boiler* dan memperhitungkan efisiensi bahan bakar mesin *fire tube boiler* sesuai dengan standar operasi. Metode yang digunakan adalah perhitungan aktual metode langsung (*Direct Method*) sesuai persamaan atau rumus dari berbagai literatur serta metode observasi dan literatur, terjun langsung ke lokasi pengamatan, dan studi pustaka. Kemudian data hasil observasi dilapangan akan diolah dan dianalisis dengan perhitungan metode langsung.

Untuk tempat penelitian ini dilakukan di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk, terletak di Jl. Raya Pati – Juwana, No.KM. 7, Pondohan, Purworejo, Kecamatan Pati, Kabupaten Pati, Jawa Tengah 59119. Beberapa data yang diperoleh merupakan data operasi PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk yang diambil dari maintenance sistem kontrol boiler, selama 1 bulan pada saat pelaksanaan praktek kerja lapangan mulai tanggal 2 Agustus 2023 sampai dengan 2 September 2023.

Metodologi penelitian yang dilakukan :

### 1. Studi Literatur

Tujuan dari studi literatur adalah untuk memahami perkembangan pengetahuan dalam penelitian yang ada kaitannya dengan penelitian yang akan dilakukan mengenai rancangan dan efisiensi boiler yang ada di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk.

### 2. Pengumpulan Data

Merupakan proses perolehan informasi yang diperlukan untuk menjawab pertanyaan penelitian atau mencapai tujuan tertentu dalam konteks penelitian atau pengembangan. Berikut adalah beberapa metode umum pengumpulan data :

#### a. Survei atau Kuesioner

Pengumpulan data dapat dilakukan melalui penyebaran survei atau kuesioner kepada responden yang mewakili populasi tertentu.

#### b. Observasi

Melibatkan pengamat langsung terhadap kejadian atau perilaku tertentu. Observasi dapat dilakukan secara partisipatif atau sebagai pengamat yang tidak terlibat langsung dalam situasi yang diamati.

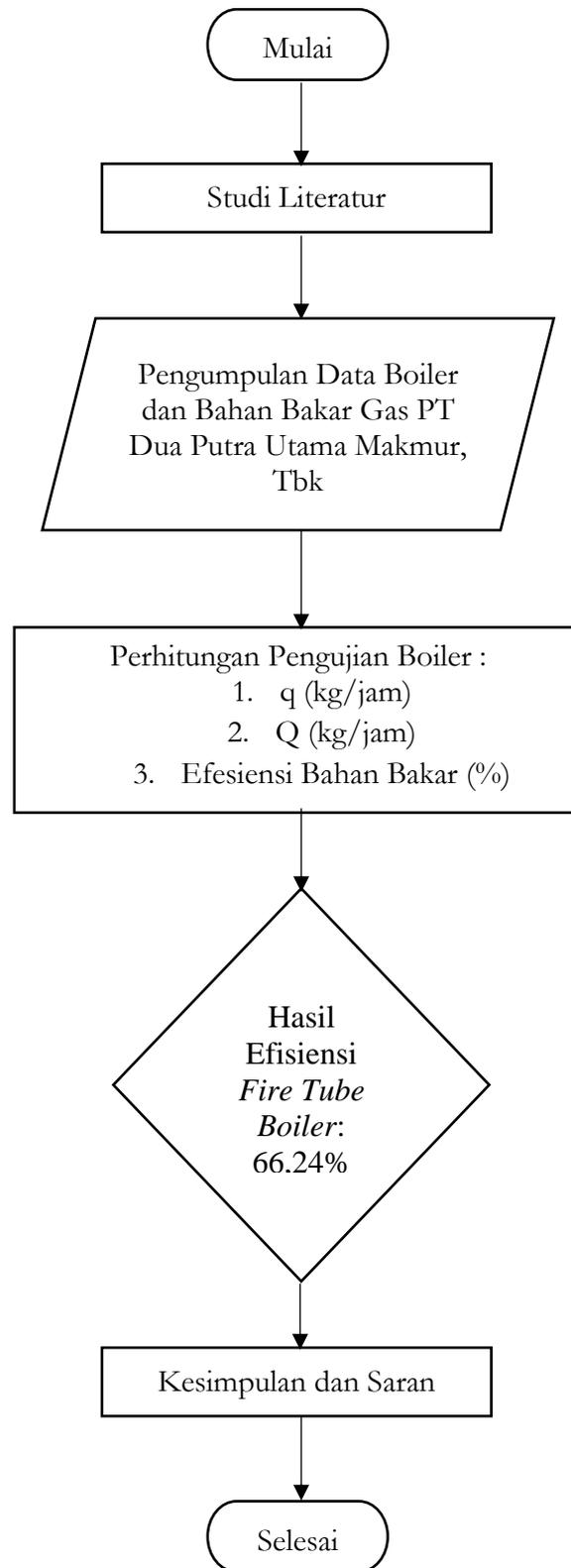
#### c. Wawancara

Peneliti dapat mengumpulkan data dengan melakukan wawancara langsung dengan responden. Wawancara dapat bersifat terstruktur (pertanyaan yang telah dirancang sebelumnya) atau tidak terstruktur (pertanyaan dikembangkan seiring berjalannya wawancara).

#### d. Pengumpulan Data Sekunder

Penggunaan data yang sudah ada, seperti data statistik, laporan atau hasil penelitian sebelumnya yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Adapun tahapan proses kerja mesin *fire tube boiler* dan perhitungan efisiensi bahan bakar *fire tube boiler* dengan metode langsung (*Direct Method*) dilakukan melalui diagram alir proses sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

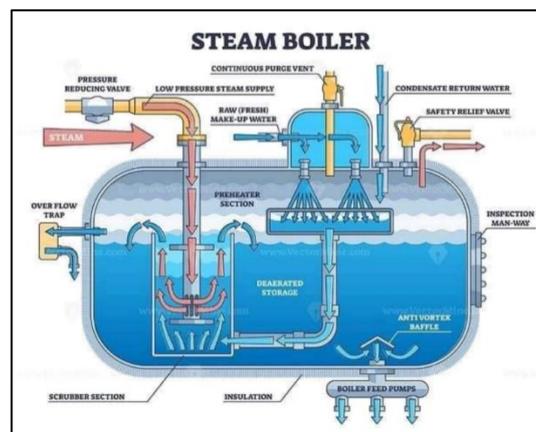


## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Prinsip Kerja Boiler

Prinsip kerja boiler yaitu mengubah dan memindahkan energi yang dikandung bahan bakar menjadi energi yang dikandung uap air. Proses pelepasan energi bahan bakar dilakukan dengan cara mereaksikan bahan bakar dengan oksigen yang diambil dari udara. Pencampuran antara unsur-unsur yang dapat terbakar pada bahan bakar dengan oksigen akan menyebabkan terlepasnya energi yang dikandung bahan bakar. Energi tersebut akan menaikkan tingkat energi gas asap sehingga temperatur gas tersebut naik. Kenaikan temperatur yang tinggi menyebabkan terjadinya perpindahan energi panas, baik radiasi maupun konveksi dari gas asap ke dinding air. Energi tersebut diperlukan untuk menaikkan temperatur air menjadi uap. Gas asap yang telah melepaskan energi mengalami penurunan temperatur. Air yang telah diolah di Water Treatment Plant (WTP) yang memiliki konduktivitas nol dan kandungan  $[\text{SiO}]_2$  rendah, biasanya disebut Demineralisasi Water.

Demineralisasi Water kemudian masuk kedalam deaerator untuk menghilangkan gas  $\text{O}_2$  yang dapat menimbulkan pengkaratan. Didalam deaerator, air dijatuhkan dari atas dan uap dilalirkan menuju keatas agar pemanasan berlangsung dengan efektif. Air yang telah dipanaskan kemudian dialirkan ke dalam boiler untuk dinaikkan temperaturnya dan dijadikan uap. Udara yang diperlukan untuk pembakaran diambil dari ruangan sekitar oleh blower. Udara tersebut kemudian dialirkan ke masing-masing burner dan dicampur dengan bahan bakar dengan komposisi tertentu. Boiler atau ketel uap merupakan suatu bejana tertutup yang terbuat dari baja berfungsi untuk mentransfer panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar ke air yang menjadi uap atau steam. Uap atau steam ini digunakan untuk proses-proses industri penggerak, pemanas, dan lain-lainnya. Pencampuran bahan bakar dengan udara pembakaran terjadi di alat pembakar/burner.



Gambar 3. Prinsip Kerja Boiler

### Desain Boiler

Desain boiler yang digunakan dalam proses produksi untuk pemanas sistem uap industri perikanan didapatkan dari hasil pengumpulan data dari literatur, survei lapangan dan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan. Spesifikasi perancangan boiler didapatkan data sebagai berikut :

Tipe Boiler	: Fire Tube Boiler
Nomor Boiler	: TH 40B78
Kapasitas	: 2000 kg/j
Permukaan Pemanas	: 40 m <sup>2</sup>
Pers yang Berfungsi	: 10 kg/cm <sup>2</sup>



- Uji Tekan : 15 kg/cm<sup>2</sup>
- Entalpi Air : 24 kcal/kg
- Entalpi Uap : 653,3 kcal/kg
- Nilai Panas : 9802 Kcal/kg
- Bahan Bakar : Gas

**Data Hasil Pengukuran Bahan Bakar**

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Bahan Bakar

Stand Awal	Stand Akhir	Akhir - Awal	Stand Awal	Stand Akhir	Akhir - Awal
162042,948	162098,588	55,64	714612,4	714635,7	23,3
162098,588	162170,555	71,967	714635,7	714664,5	28,8
162170,555	162199,572	29,017	714664,5	714676,5	12
162199,572	162240,71	41,138	714676,5	714692,4	15,9
162240,71	162279,226	38,516	714692,4	714707,4	15
162279,226	162314,53	35,304	714707,4	714721,2	13,8
162314,53	162364,51	49,98	714721,2	714741,6	20,4
162364,51	162408,507	43,997	714741,6	714759,2	17,6
162408,507	162460,531	52,024	714759,2	714781,1	21,9
162460,531	162505,177	44,646	714781,1	714799,1	18
162505,177	162544,012	38,835	714799,1	714815,1	16
162544,012	162588,945	44,933	714815,1	714833,6	18,5
162588,945	162623,983	35,038	714833,6	714848,2	14,6
162623,983	162660,739	36,756	714848,2	714863,7	15,5
162660,739	162702,677	41,938	714863,7	714881,5	17,8
162702,677	162738,377	35,7	714881,5	714896,9	15,4
162738,377	162812,978	74,601	714896,9	714935,4	38,5
Total		770,03	Total		323

**Efisiensi Bahan Bakar Metode Langsung**

Dikenal ada dua metode untuk menghitung efisiensi bahan bakar pada boiler, yaitu metode langsung dan metode tak langsung. Metode langsung, atau dikenal juga sebagai metode input-output, dilakukan dengan jalan membandingkan secara langsung energi panas yang diserap oleh air sehingga berubah fase menjadi uap air (energi output), dengan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar boiler (energi input). Rumus sederhana dari perhitungan metode langsung adalah sebagai berikut :

$$\eta_{fuel} = \frac{Q_{steam}}{Q_{fuel}} \times 100\%$$

$$= \frac{Q \times (h_g - h_f)}{q \times GCV} \times 100\%$$

- $\eta_{fuel}$  = Efisiensi bahan bakar boiler (%)
- $Q_{steam}$  = Eenergi panas total yang diserap uap air (kalori/joule)
- $Q_{fuel}$  = Eenergi panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar (kalori/joule)
- $Q$  = Debit uap air keluar boiler (kg/jam)
- $h_g$  = Entalpi uap keluar boiler (kcal/kg)



- $h_f$  = Entalpi air masuk boiler (kcal/kg)  
 $q$  = Debit kebutuhan bahan bakar (kg/jam)  
 GCV = Gross Calorific Value atau nilai kalor spesifik bahan bakar (kcal/kg)

### Perhitungan Efisiensi Bahan Bakar Boiler

Pada bagian ini penulis dapat melakukan pengujian pada boiler yang ada di PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk yang diujikan selama 4 jam dengan bahan bakar gas. Berikut hasil perhitungan yang sudah penulis lakukan selama uji coba :

#### Perhitungan konsumsi bahan bakar gas ( $q$ ) :

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{\text{konsumsi bahan bakar selama pengoperasian}}{\text{pengujian dalam beberapa jam}} \\
 &= \frac{770,03 \text{ kg}}{4 \text{ jam}} \\
 &= 192,5 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

#### Pengukuran Penguapan ( $Q$ ) :

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{\text{Jumlah air pengisi}}{\text{Pengujian dalam beberapa jam}} \\
 &= \frac{7945 \text{ kg}}{4 \text{ jam}} \\
 &= 1986,25 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

#### Efisiensi bahan bakar boiler ( $\eta$ ) :

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{Q \times (h_g - h_f)}{q \times GCV} \times 100\% \\
 &= \frac{1986,25 \times (653,3 - 24)}{192,5 \times 9802} \times 100\% \\
 &= \frac{1986,25 \times 629,3}{192,5 \times 9802} \times 100\% \\
 &= \frac{1249947,125}{1886885} \times 100\% \\
 &= 66,24\%
 \end{aligned}$$

Jadi dari hasil pengujian pembakaran di dalam boiler menggunakan bahan bakar gas yang dilakukan selama 4 jam dengan jumlah bahan bakar 192,5 kg/jam dan menghasilkan jumlah penguapan 1986,25 kg/jam serta persentase efisiensi dari nilai pembakaran ketel uap yaitu sebesar 66,24%.

## **KESIMPULAN**

Prinsip kerja boiler sebenarnya cukup sederhana sama seperti saat sedang mendidihkan air menggunakan panci. Proses pendidihan air tersebut akan selalu diiringi proses perpindahan panas yang melibatkan bahan bakar, udara, material wadah air, serta air itu sendiri.

Uap dihasilkan di dalam boiler berjenis fire tube boiler berkapasitas 2000 kg/j menghasilkan tekanan uap rata-rata sebesar 15 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian, dilakukan pengujian selama 4 jam menggunakan bahan bakar gas untuk memanaskan boiler sehingga menghasilkan jumlah bahan bakar 192,5 kg/jam dan menghasilkan jumlah penguapan 1986,25 kg/jam serta persentase efisiensi dari nilai pembakaran ketel uap yaitu sebesar 66,24%.

## **SARAN**

Problem korosi pada boiler biasanya disebabkan oleh air umpan atau feed water yang dapat dicegah dengan menyediakan plant untuk mengurangi kadar oksigen yang disertai dengan injeksi oxygen scavenger.

Problem efisiensi pembakaran biasanya disebabkan oleh rendahnya kualitas bahan bakar. Maka solusinya adalah menggunakan solid fuel additive yang dapat membantu bahan bakar untuk mencapai nilai pembakaran maksimum. Jika ada, rekomendasi harus berkait dengan hal-hal yang dibahas, pelaksanaan atau hasil penelitian.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Saya mengucapkan terima kasih ditujukan kepada pimpinan PT Dua Putra Utama Makmur, Tbk yang telah memberikan ijin untuk melakukan praktek kerja lapangan dan penelitian. Terima kasih kepada kaprodi teknik elektro Universitas PGRI Semarang yang telah membantu dan membimbing dalam penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdillah, A. K., & Budiman, A. (2020). Perhitungan Efisiensi Mesin Boiler Jenis Fire Tube Menggunakan Metode Direct dan Indirect untuk Produk Butiran - Butiran Pelet. *UG JURNAL*, 14, 1-10.
- Dwiaji, Y. C., & Utama, D. M. (2020). Analisis Efisiensi Boiler Terhadap Pola Pengoperasian Sootblower Di Pltu Suralaya. *Jurnal Simetrik*, 10, 308-312.
- Ginanjar, T., Junaidi, Lubis, G. S., & Simanjuntak, Y. M. (2019). Analisa Kebutuhan Bahan Bakar Boiler Dengan Melakukan Uji Kalori Pada Pabrik Kelapa Sawit Pt. Sentosa Prima Argo. *Universitas Tanjungpura Pontianak*, 1-6.
- Gusti, W. N., Prasetyo, T., & Roihatin, A. (2022). Analisis Efisiensi Fire Tube Boiler Twa Kapasitas 6000 Kg/Jam Untuk Pemanas Kilang Di Ppsdm Migas Cepu Kab. Blora Dengan Metode Langsung. *Politeknik Negeri Semarang*, 3, 1-10.
- Muzaki, I., & Mursadin, A. (2019). Analisis Efisiensi Boiler Dengan Metode Input– Output Di Pt. Japfa Comfeed Indonesia Tbk. Unit Banjarmasin. *Sjme Kinematika*, 4, 37-46.
- Shahab, A., & Amna, S. (2023). Efficiency Analysis Of Fire Tube Boiler Type At Refinery Utility Unit Center For Oil And Gas Human Resources Developme. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2, 3109-3118.