

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik akan semakin meningkat seiring dengan kemajuan teknologi. Besarnya energi listrik yang di konsumsi akan berkorelasi dengan kemajuan teknologi. Kebutuhan listrik Indonesia mencapai 1.172 kilowatt-jam perorang pada tahun 2022, dan akan terus meningkat dengan pertumbuhan ekonomi yang diharapkan mencapai 5,3% pada tahun 2024, untuk mencapai hal ini kapasitas pembangkit harus ditingkatkan (EBTKE, 2023).

Energi listrik yang kita butuhkan sehari-hari kebanyakan dihasilkan oleh pusat pembangkit listrik tenaga diesel, tenaga gas, tenaga uap, tenaga air dan jenis pembangkit tenaga lainnya. Mesin – mesin tersebut termasuk dalam mesin-mesin konversi energi atau biasa disebut mesin thermal. Dalam pengoperasiannya, mesin – mesin tersebut mengkonsumsi sejumlah energi besar energi bahan bakar dan umumnya menggunakan bahan bakar batubara, minyak atau gas. ( Chandrasa Soekardi, 2014 ).

Seiring dengan perkembangan zaman kebutuhan akan energi listrik diperkirakan tiap tahunnya akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri dan pertumbuhan jumlah penduduk. PT SOCI Mas merupakan salah satu perusahaan yang saat ini fokus bergerak dibidang industri oleochemical atau industri pengolahan minyak kelapa sawit menjadi bahan-bahan kimia seperti asam lemak (*fatty Acid*) dan gliserin. Pada proses produksinya PT. SOCI Mas menggunakan pembangkit sendiri tanpa menggunakan Listrik dari PLN , Pembangkit listrik yang digunakan adalah PLTU ( Pembangkit Listrik Tenaga Uap.

Pada PLTU di PT.SOCI Mas ini memiliki komponen-komponen yang sama dengan PLTU pada Perusahaan lain nya yaitu Ketel Uap , Turbin Uap, kondensor

dan pompa namun yang membedakan PLTU PT.SOCI Mas dengan PLTU lainnya adalah di PT.SOCI Mas menggunakan dua ketel uap yaitu Ketel Uap dengan kapasitas 35 ton/jam dan ketel uap dengan kapasitas 50 ton/jam. Yang membedakan kedua ketel uap ini adalah pada ketel uap kapasitas 35 ton/jam sepenuhnya digunakan untuk proses sedangkan pada ketel uap kapasitas 50 ton/jam digunakan untuk membangkitkan listrik perusahaan dan ke proses.

Pembangkit listrik yang digunakan adalah PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tentu membutuhkan ketel Uap yang merupakan suatu alat atau bejana yang bertekanan yang dirancang sedemikian rupa dengan tujuan untuk menghasilkan uap (steam) yang kemudian dibuat menjadi uap superpanas dan dengan sifat dan kondisi tertentu yang dipergunakan untuk menggerakkan turbin agar menghasilkan listrik. Ketel Uap yang digunakan pada PLTU PT.SOCI Mas adalah Ketel Uap yang berjenis CFB (*Circulating Fluidized Bed*) dengan batubara sebagai bahan bakarnya.

Dimana *Circulating* berarti Terjadinya Sirkulasi Batubara yang belum habis terbakar dari furnace (Ruang Bakar) ke cyclone kemudian masuk ke loopseal dan kembali lagi ke Furnance, Fluidized berarti Penghembusan udara primer untuk menjaga material bed dan batubara tetap melayang didalam Furnance, Bed berarti material-material berupa partikel-partikel kecil yang digunakan sebagai media awal transfer panas dari HSD pembakaran batubara. Untuk itu berdasarkan pernyataan diatas saya sebagai penulis tertarik untuk membahas lebih rinci dan spesifik lagi mengenai **“ANALISIS PEMBAKARAN PADA KETEL UAP CFB KAPASITAS 35 TON/JAM UAP DI PT SOCI MAS** “sebagai judul Skripsi. Perumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang disebutkan di atas maka tujuan dari penulisan tugasakhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana Menganalisa Efisiensi Pembakaran ketel uap CFB kapasitas 35 Ton/Jam?
2. Untuk mengetahui Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi Ketel Uap CFB

## **1.2. Batasan Masalah**

Untuk Lebih Mengarahkan ke pokok pembahasan dalam penyusunan laporan tugas ini, maka penulis memberi batasan cakupan masalah. Adapun batasan masalah yang akan dibahas pada laporan ini adalah:

1. Penjelasan system pembakaran ketel uap
2. Menganalisa data pada ketel uap
3. Menghitung efisiensi dengan rata – rata dengan data looksheet selama 5 hari

## **1.3. Tujuan**

Berdasarkan masalah yang disebutkan di atas maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana Menganalisa Efisiensi Pembakaran ketel uap CFB kapasitas 35 Ton/Jam?
2. Untuk mengetahui Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi Ketel Uap CFB.

## **1.4. Manfaat**

Adapun manfaat penulisan tugas akhir skripsi ini adalah sebagai berikut ;

1. Sebagai persyaratan dalam menyelesaikan Program Pendidikan sarjana di Universitas Islam Sumatra Utara
2. Bermanfaat bagi penulis dan pembaca dalam menambah ilmu pengetahuan, pengalaman dan wawasan baik secara praktek maupun secara teori yang nantinya akan sangat berguna sebagai bekal ataupun persiapan untuk masuk dalam dunia industry maupun bidang lainnya.
3. Dapat menjadi referensi tambahan dan pengetahuan bagi mahasiswa atau orang orang yang ingin mempelajari tentang ketel uap pipa air

khususnya di Universitas Islam Sumatera Utara Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi.

4. Dapat menjadi salah satu referensi untuk pengoperasian ketel uap yang lebih efektif dan efisien bagi pihak industri.

### **1.5. Sistematika Laporan**

Tugas akhir ini disusun sedemikian rupa sehingga diharapkan dapat disajikan secara sistematis. Penyusunan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, masing-masing bab diuraikan sebagai berikut:

#### **1. BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir dan sistematika laporan.

#### **2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan kajian pustaka dan landasan teori dari penelitian tugas akhir.

#### **3. BAB 3 METODE**

Bab ini berisikan penjelasan tentang metode-metode pengambilan data dan penyusunan tugas akhir.

#### **4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang hasil yang telah diperoleh dari tugas akhir.

#### **5. BAB 5 PENUTUP**

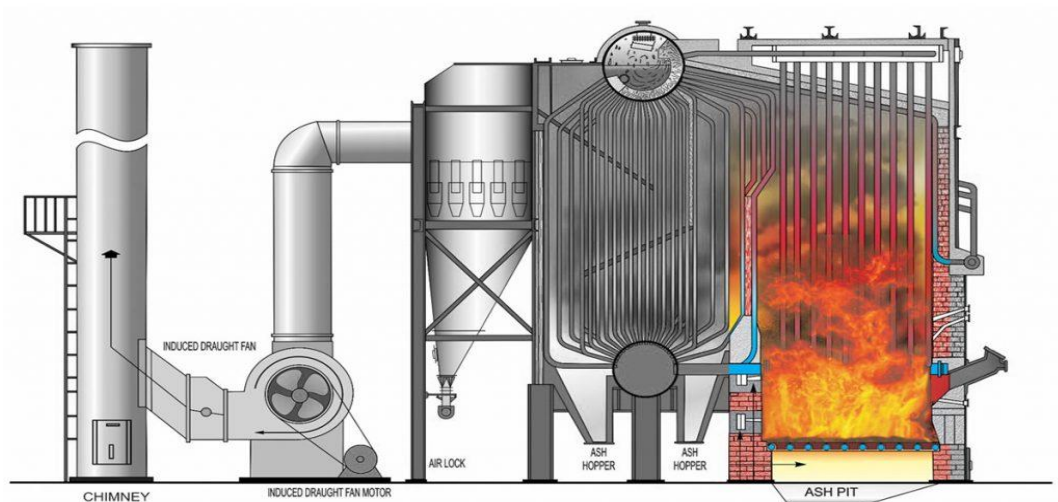
Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dan saran untuk meningkatkan hasil penelitian yang lebih akurat dimasa yang akan datang dengan pembahasan dibidang yang sama.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Pengertian Boiler atau Ketel Uap

Boiler atau ketel uap adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan uap yang terdiri dari dua komponen penting yaitu system pemanas untuk menghasilkan panas dari pembakaran bahan bakar dan system yang mengubah air menjadi uap (Pravitasari, 2023). Boiler atau ketel uap adalah suatu bejana tertutup yang didalamnya berisi air untuk dipanaskan. Energi panas dari uap air keluaran *boiler* tersebut selanjutnya digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti untuk turbin uap, pemanas ruangan, mesin uap, dan lain sebagainya. Dalam proses konversi energinya, *boiler* memiliki fungsi sebagai mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi panas (*thermal*) yang diterima oleh fluida kerja. Panas yang diberikan kepada fluida yang ada di *boiler* berasal dari proses pembakaran dengan berbagai macam jenis bahan bakar yang dapat digunakan, seperti kayu, batubara, minyak bumi, dan gas (Ir. M.J. Djokosetyardjo, 2006).



Gambar 2.1. Boiler

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volumenya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik. 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.

Air yang disuplai ke boiler untuk dirubah menjadi steam disebut air umpan. Dua sumber air umpan adalah: (1) Kondensat atau steam yang mengembun yang kembali dari proses dan (2) Air *makeup* (air baku yang sudah diolah) yang harus diumpankan dari luar ruang boiler dan *plant* proses. Untuk mendapatkan efisiensi boiler yang lebih tinggi, digunakan *economizer* untuk memanaskan awal air umpan menggunakan limbah panas pada gas buang.

Sebuah *boiler* harus dilengkapi peralatan yang dapat mempermudah atau membantu kinerjanya sehingga pengoperasiannya berjalan dengan baik dan aman. *Boiler* harus mempunyai kriteria atau persyaratan sebagai berikut :

1. Dapat menghasilkan uap dengan berat tertentu dalam waktu yang ditentukan, serta tekanannya lebih besar dari satu atmosfer.

2. Apabila menggunakan alat superheater, maka suhu uap pada pemakaian terakhir tidak berubah terlalu banyak dan dapat diatur dengan mudah
3. Jika pemakaian uap tidak stabil, maka tekanan uap tidak boleh berubah banyak.
4. Kadar air yang dihasilkan pada uap panas harus sedikit.
5. Uap harus dibentuk dengan jumlah bahan bakar sehemat mungkin.

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

Uap yang dihasilkan *boiler* adalah uap panas lanjut(*superheat*) dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pipa, laju aliran, dan panas 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.

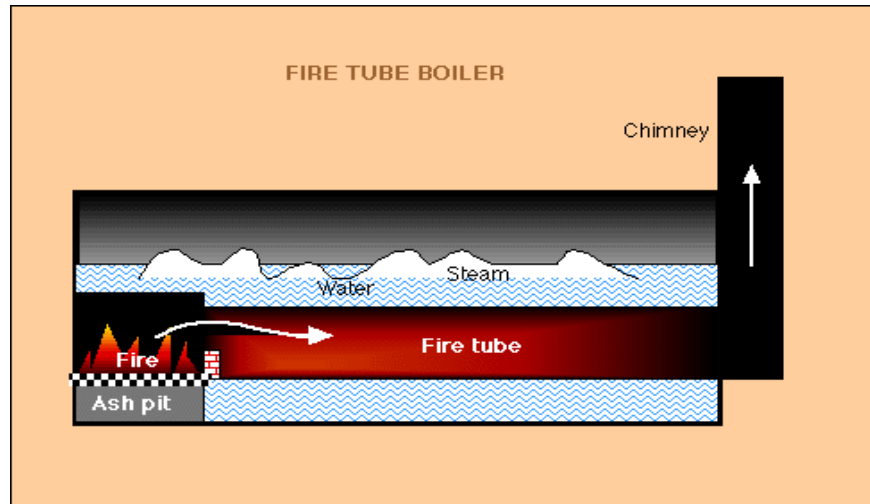
## **2.2. Jenis Boiler**

Berbagai ragam jenis bentuk boiler telah berkembang mengikuti kemajuan teknologi dan evaluasi dari jenis *boiler* sebelumnya yang dipengaruhi oleh gas buang boiler yang mempengaruhi lingkungan dan produksi uap seperti apa yang dihasilkan.

### **1. Fire Tube Boiler**

Pada *fire tube boiler*, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan boiler ada didalam *shell* untuk dirubah menjadi steam. *Fire tube boilers* biasanya digunakan untuk kapasitas steam yang relative kecil

dengan tekanan steam rendah sampai sedang. Sebagai pedoman, *fire tube boilers* kompetitif untuk kecepatan steam sampai 12.000 kg/jam dengan tekanan sampai 18 kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 2.2. Fire Tube Boiler

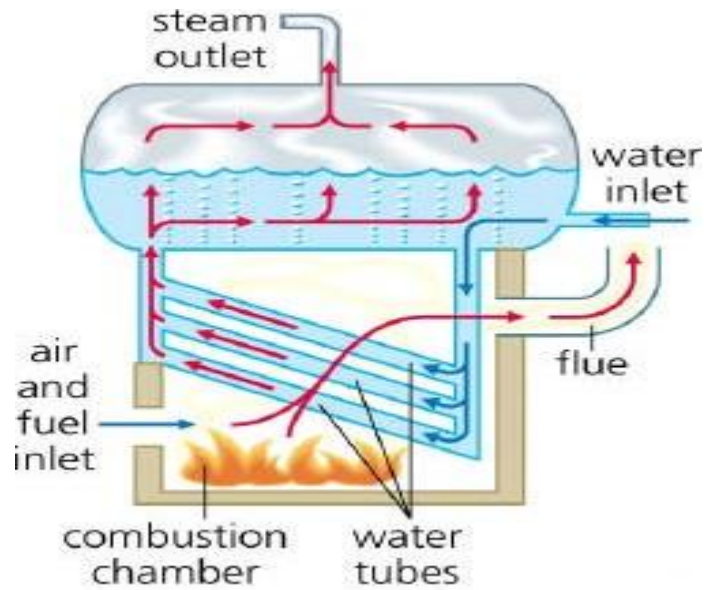
Fire tube boilers dapat menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar padat dalam oprasionalnya. Untuk alasan ekonomis, sebagian besar fire tube boiler dikonstruksi untuk semua bahan bakar.

## 2. Water Tube Boiler

Pada *water tube boiler*, air umpan boiler mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakar membentuk steam pada daerah uap dalam drum. Boiler ini dipilih jika kebutuhan steam dan tekanan steam sangat tinggi seperti pada kasus boiler untuk pembangkit tenaga.

*Water tube boiler* yang sangat modern dirancang dengan kapasitas steam antara 4.500 – 12.000kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak *water tube boilers* yang dikonstruksi secara paket jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas. Untuk *water tube* yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket.





Gambar 2.3. Diagram sederhana water tube boiler

Karakteristik water tube boilers sebagai berikut:

- a. *Forced, induced* dan *balanced* draft membantu untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.
- b. Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari *plant* pengolahan air
- c. Memungkinkan untuk tingkat efisiensi panas yang lebih tinggi.

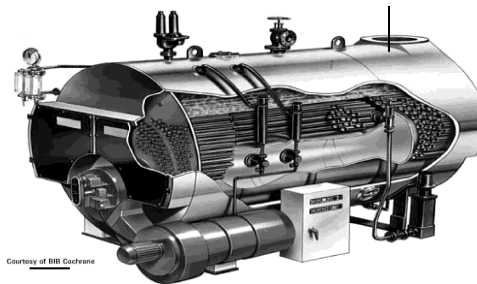
### 3. Paket Boiler

Disebut boiler paket sebab sudah tersedia sebagai paket yang lengkap. Pada saat dikirim ke pabrik, hanya memerlukan pipa steam, pipa air, suplai bahan bakar dan sambungan listrik untuk dapat beroperasi. Paket boiler biasanya merupakan tipe shell and tube dengan rancangan *fire tube* dengan transfer panas baik radiasi maupun konveksi yang tinggi. Ciri-ciri dari *packaged boilers* adalah:

- a. Kecilnya ruang pembakaran dan tingginya panas yang dilepas menghasilkan penguapan yang lebih cepat.
- b. Banyaknya jumlah pipa yang berdiameter kecil membuatnya memiliki perpindahan panas konvektif yang baik.

- c. Sistem *forced* atau *induced draft* menghasilkan efisiensi pembakaran yang baik.
- d. Sejumlah lintasan/*pass* menghasilkan perpindahan panas keseluruhan yang lebih baik.
- e. Tingkat efisiensi termisnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan *boiler* lainnya.

Boiler tersebut dikelompokkan berdasarkan jumlah *pass* nya – yaitu berapa kali gas pembakaran melintasi boiler. Ruang pembakaran ditempatkan sebagai lintasan pertama setelah itu kemudian satu, dua, atau tiga set pipa api. Boiler yang paling umum dalam kelas ini adalah unit tiga *pass*/ lintasan dengan dua set *fire-tube*/ pipa api dan gas buangnya keluar dari belakang boiler.

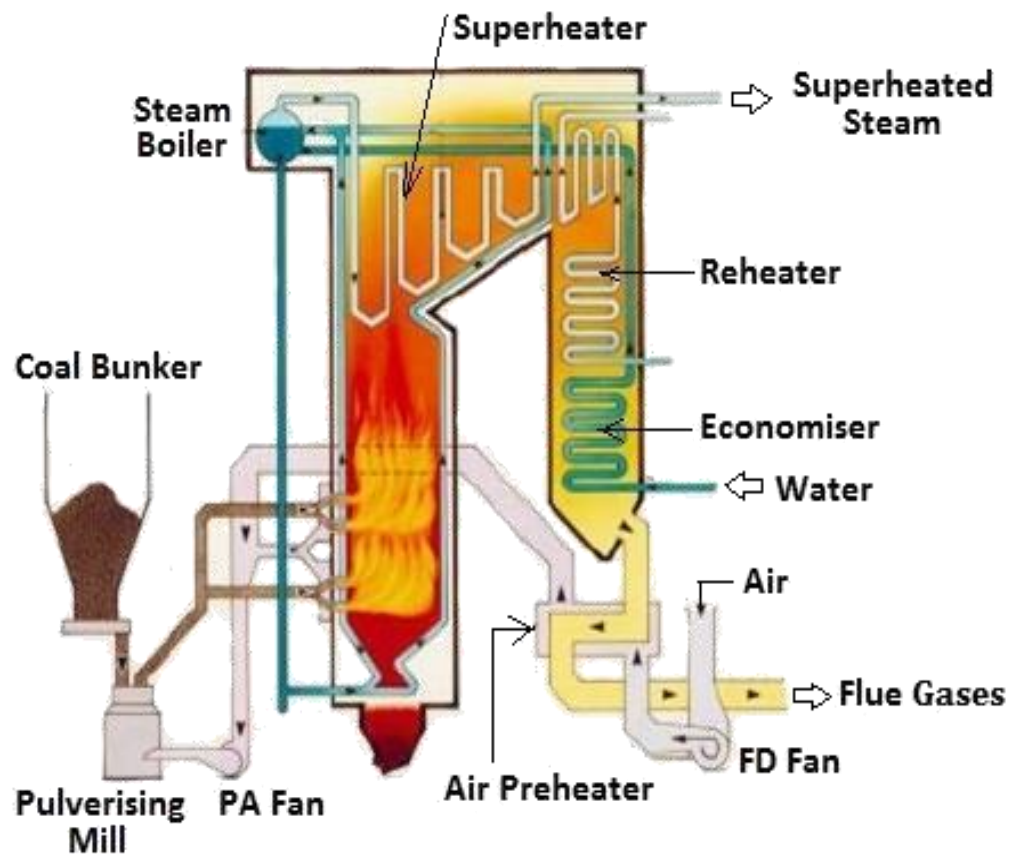


Gambar 2.4. Jenis Paket Boiler 3

### 2.3. Pengkajian Prinsip Kerja Boiler

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

Uap yang dihasilkan *boiler* adalah uap panas lanjut(*superheat*) dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pipa, laju aliran, dan panas 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 2.5. Prinsip Kerja Boiler.

*Boiler* yang fungsinya disebut juga sebagai steam generator (penghasil uap), ialah suatu bentuk sistem pembakaran yang merupakan gabungan dari beberapa peralatan yang di desain untuk saling terhubung dalam suatu proses untuk mengubah air menjadi uap bertekanan yang kemudian digunakan untuk

menggerakkan turbin dan generator sehingga menghasilkan listrik di sebuah power plant (pembangkit listrik). Secara umum, di dalam boiler terdapat 3 proses yaitu:

- a. Proses air menjadi steam
- b. Proses bahan bakar (batubara, cangkang, oil, dan serabut) sampai menjadi abu sisa pembakaran.
- c. Proses udara sampai menjadi gas buang.

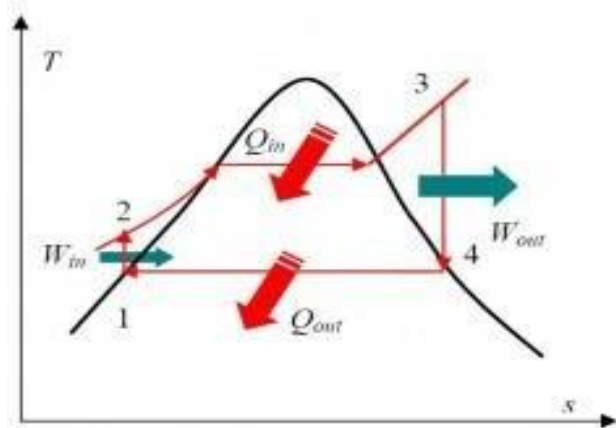
Di dalam prinsip kerja boiler perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada di dalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran di ruang bakar dilakukan secara kontiniu dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Uap yang dihasilkan oleh ketel uap adalah uap panas lanjut (superheat) dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan perpindahan panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan.

#### **2.4. Siklus Rankine**

Siklus Rankine adalah sebuah siklus termodinamika yang mengkonversi energi panas menjadi kerja/energi gerak. Dikembangkan oleh William John Macquorn Rankine pada abad ke-19 dan sejak saat itu banyak diaplikasikan pada mesin-mesin uap. Saat ini siklus Rankine digunakan pada pembangkit-pembangkit listrik. Karena Rankine adalah siklus uap-cair, maka yang paling sesuai adalah menggambarkan prosesnya dalam diagram P-v dan T-s. Fluida kerjanya biasanya, tetapi tidak selalu, adalah H<sub>2</sub>O (Chandrasa Soekardi : 2014)

Siklus Rankine ideal terdiri dari proses kompresi isentropik pada pompa, penambahan kalor pada tekanan konstan di boiler/ketel uap, ekspansi isentropik pada turbin dan pelepasan kalor pada tekanan tetap di kondensor. Temperatur air sedikit meningkat selama proses kompresi isentropik karena ada penurunan kecil dari volume jenis air, air masuk boiler sebagai cairan kompresi pada kondisi 2 dan meninggalkan boiler sebagai uap kering pada kondisi 3. Boiler pada dasarnya penukar kalor yang besar dimana sumber panas dari pembakaran gas, reaktor nuklir atau sumber yang lain ditransfer secara esensial ke air pada tekanan konstan.

Uap *superheater* pada kondisi masuk ke turbin yang mana uap diekspansikan secara isentropik dan menghasilkan kerja oleh putaran poros yang dihubungkan pada generator listrik. Temperatur dan tekanan uap jatuh selama proses ini mencapai titik 4, dimana uap masuk ke kondensor dan pada kondisi ini uap biasanya merupakan campuran cairan-uap jenuh dengan kualitas tinggi. Uap dikondensasikan pada tekanan konstan di dalam kondensor yang merupakan alat penukar kalor mengeluarkan panas ke medium pendingin.



Gambar 2.6. Diagram Siklus Rankine

Proses yang terjadi dalam siklus Rankine, setiap siklus mengubah keadaan fluida (tekanan dan/atau wujud) yaitu:

Proses 1-2 : Fluida kerja/air dipompa dari tekanan rendah ke tinggi, sehingga mengalami kenaikan temperatur dan tekanan. Proses ini terjadi di pompa air pengisi dan langkahnya disebut isentropis;

Proses 2-2' : Air yang telah dipompakan selanjutnya dipanaskan sampai mencapai titik didihnya. Proses ini terjadi di economizer atau di deaerator;

Proses 2'-3 : Pada langkah ini, air (*saturated water*) berubah wujud menjadi uap jenuh (*saturated steam*). Langkah ini disebut sebagai proses penguapan

(*vapourising*) secara isobar isothermis. Proses ini terjadi di ketel uap yaitu *wall tube*;

Proses 3-4 : Uap dipanaskan lebih lanjut hingga menjadi *superheated steam*. Langkah ini terjadi di superheater dengan proses isobar;

Proses 4-5 : *Superheated steam* dari *boiler* masuk ke turbin dan menghasilkan energi listrik, hal ini mengurangi temperatur dan tekanan uap. Langkah ini adalah ekspansi isentropis, dan terjadi di dalam turbin;

Proses 5-1 : Uap air yang keluar dari turbin masuk ke kondensor dan mengalami kondensasi secara isobarik. Uap air diubah fasenya menjadi cair kembali sehingga dapat digunakan kembali pada proses siklus.

## **2.5. Unsur – Unsur Pembakaran**

Pembakaran adalah reaksi kimia yang terjadi antara material yang dapat terbakar dengan oksigen pada volume dan temperatur tertentu. Tujuan utama pembakaran adalah untuk melepaskan semua energi dalam bahan bakar, dengan seminimal mungkin terjadi kehilangan yang disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna dan udara lebih. Dalam suatu reaksi pembakaran lengkap, suatu senyawa bereaksi dengan zat pengoksidasi, dan produknya adalah senyawa dari tiap elemen dalam bahan bakar dengan zat pengoksidasi.

Dalam kenyataannya, proses pembakaran tidak pernah sempurna. Dalam gas cerobong dari pembakaran karbon (seperti dalam pembakaran batubara) atau senyawa karbon (seperti dalam pembakaran hidrokarbon, kayu, dan lainnya) akan ditemukan baik karbon yang tidak terbakar maupun senyawa karbon (CO dan lainnya). Jika pembakaran pada suhu tinggi menggunakan udara (mengandung 78% nitrogen), maka sebagian kecil nitrogen akan bereaksi menjadi berbagai jenis nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) yang berbahaya. Ada tiga unsur pembakaran, yaitu :



Gambar 2.7. Segi tiga pembakaran

Ketiga dari ketiga unsur ini biasanya disebut segitiga pembakaran. Pada kondisi tertentu bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya. Tanpa bantuan sumber penyalan pembakaran jenis seperti ini disebut pembakaran spontan.

#### 1. Bahan Bakar

Bahan bakar adalah semua benda yang dapat mendukung terjadinya pembakaran. Ada tiga wujud bahan bakar , diantaranya yaitu :

##### a. Bahan bakar padat

Bahan bakar padat ini terdapat dibumi kita ini berasal dari zat-zat organik. Bahan bakar padat mengandung unsur-unsur kimia seperti, Karbon(C), Nitrogen(N), Hidrogen(H), Belerang(S), Oksigen(O<sub>2</sub>), Abu, dan Air yang terikat didalam suatu persenyawaan kimia.

##### b. Bahan bakar cair

Bahan bakar cair ini berasal dari minyak bumi. Minyak bumi didapat dari dalam tanah dengan mengebornya padaladang-ladang minyak, dan memompakan minyak ke atas permukaan bumi, untuk selanjutnya diolah lagi menjadi berbagai jenis minuyak bumi.

c. Bahan bakar gas

Bahan bakar gas ini berasal dari gas bumi (*petrol gas*) atau biasa disebut dengan gas alam. Seperti halnya minyak bumi, gas alam juga diperoleh dengan pengeboran dari dalam tanah, baik dari tanah maupun dilepas pantai terhadap lokasi-lokasi yang diduga terdapat kandungan gas alam.

2. Oksigen

Didalam udara terdapat bermacam-macam unsur seperti nitrogen, argon, dan salah satunya adalah oksigen. Pada kondisi normal udara terdapat jumlah oksigen sebesar 20%, dan oksigen dengan kadarnya minimum yaitu sebesar 16% dapat menjadi unsur-unsur pembentuk api.

3. Sumber Panas

normal udara terdapat jumlah oksigen sebesar 20%, dan oksigendengan kadarnya minimum yaitu sebesar 16% dapat menjadi unsur-unsur pembentuk api.



## 2.6. Kebutuhan Udara

Untuk dapat menghitung kebutuhan oksigen dan udara secara teoritis bagi proses pembakaran bahan bakar, maka perlu diingat berat dari unsur atom dari masing-masing unsur yang terkait dalam reaksi pembakaran. Agar mempermudah mengingatnya gunakan daftar tabel berikut :

Tabel 2.1 Berat Unsur Atom

<b>Nama Unsur Kimia</b>	<b>Simbol</b>	<b>Berat Atom</b>
<b>Karbon</b>	<b>C</b>	<b>12</b>
<b>Hidrogen</b>	<b>H</b>	<b>1</b>
<b>Oksigen</b>	<b>O</b>	<b>16</b>
<b>Nitrogen</b>	<b>N</b>	<b>14</b>
<b>Sulfur</b>	<b>S</b>	<b>32</b>

(sumber: buku *heat engineering*)

Selain itu untuk menghitung kebutuhan udara teoritis maka harus diketahui komposisi dari udara.

Tabel 2.2 Tabel Komposisi udara

<b>Kandungan Massa Udara(%)</b>		<b>Kandungan Volume Udara(%)</b>	
<b>Oksigen</b>	<b>23</b>	<b>Oksigen</b>	<b>21</b>
<b>Nitrogen</b>	<b>77</b>	<b>Nitrogen</b>	<b>79</b>

(sumber: buku *heat engineering*)

Fungsi dari sistem udara pembakaran adalah untuk menyediakan udara yang cukup untuk kebutuhan proses pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar (*Furnace*). Karena proses pembakaran berlangsung terus selama ketel uap beroperasi, maka pasokan udara pembakaran pun harus dilakukan secara terus menerus serta produk gas hasil pembakaran juga harus dikeluarkan secara terus-menerus.

## 2.7. Pembakaran Pada Boiler

Ada beberapa hal yang mempengaruhi pembakaran pada boiler :

### 1. Neraca panas ( Neraca kalor)

Neraca panas merupakan keseimbangan energi total yang masuk ketel uap terhadap yang meninggalkan ketel uap dalam bentuk yang berbeda. Parameter kinerja ketel uap, seperti efisiensi dan rasio penguapan, berkurang terhadap waktu disebabkan buruknya pembakaran, kotornya permukaan penukar panas dan buruknya operasi dan pemeliharaan. Bahkan untuk ketel uap yang baru sekalipun, alasan seperti buruknya kualitas bahan bakar dan kualitas air dapat mengakibatkanburuknya kinerja ketel uap.

Neraca panas dapat membantu dalam mengidentifikasi kehilangan panas yang dapat atau tidak dapat dihindari. Uji efisiensi ketel uap dapat membantu dalam menemukan penyimpangan efisiensi ketel uap dari efisiensi terbaik dan target area permasalahan untuk tindakan perbaikan. Gambar berikut memberikan gambaran berbagai kehilangan yang terjadi untuk pembangkitan steam. Kehilangan berikut dapat dihindari atau dikurangi:

- a. Kehilangan gas cerobong. Udara berlebih (diturunkan hingga ke nilai minimum yang tergantung dari teknologi *burner*, operasi (kontrol), dan pemeliharaan).
- b. Kehilangan karena bahan bakar yang tidak terbakar dalam cerobong dan abu (mengoptimalkan operasi dan pemeliharaan; teknologi *burner* yang lebih Gambar 2.8 Kehilangan panas pada ketel uap berbahan bakar batubarabaik).
- c. Kehilangan dari *blowdown* (pengolahan air umpan segar, daur

ulangkondensat).

- d. Kehilangan kondensat (manfaatkan sebanyak mungkin kondensat).
- e. Kehilangan konveksi dan radiasi (dikurangi dengan isolasi ketel uap yang lebih baik).

## 2. Nilai Kalor

Nilai kalor adalah suatu reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara yang menghasilkan panas. Besarnya suatu panas yang ditimbulkan dalam satu satuan bahan bakar dibakar sempurna disebut nilai kalor bahan bakar. Berdasarkan asumsi ikut tidak panas laten pengembunan uap air dihitung sebagai bagian dari nilai kalor suatu bahan bakar, maka nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

### a. Nilai Kalor Atas (*High Heating Value*)

Nilai kalor atas diperoleh dengan cara melakukan eksperimen dengan menggunakan *bomb calorimeter* dimana hasil pembakaran bahan bakar akan didinginkan sampai suhu kamar sehingga sebagian besar uap air yang terbentuk dari pembakaran hidrogen mengembun dan melepaskan panas laten.

### b. Nilai Kalor Bawah (*Low Heating Value*)

Nilai kalor bawah merupakan nilai kalor bahan bakar tanpa panas laten yang berasal dari pengembunan uap air. Umumnya kandungan hidrogen dalam bahan bakar cair berkisar 15% yang berarti setiap satu satuan bahan bakar 0.15 merupakan bagian dari hidrogen. Pada proses pembakaran sempurna, air yang dihasilkan dalam pembakaran bahan bakar adalah setengah dari jumlah mol hidrogen.

## 3. Efisiensi *Boiler*

Efisiensi *boiler* adalah perbandingan antara energi evaporasi (penguapan) terhadap energi suplai bahan bakar atau perbandingan

energi keluaran(*output*) terhadap energi masuk(*input*). Untuk mengetahui besarnya efisiensi suatu *boiler* dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Efisiensi Boiler} = \frac{\text{Energi Keluar}(Q_{out})}{\text{Energi Suplai bahan Bakar } (Q_{in})} \dots\dots\dots(1)$$

$$\eta_b = \frac{m_u (h_u - h_a)}{m_{bb} \cdot LH} \times 100\%$$

## 2.8. Komponen Utama PLTU PT SOCI Mas

### 1. *Boiler* (Ketel Uap)

ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk merubah fasa air menjadi fasa uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berbeda dalam pipa-pipa dengan panas hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontiniu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar. Uap yang dihasilkan ketel uap adalah uap *superheat* dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran dan panas pembakaran yang diberikan.

Tabel 2.1. Spesifikasi Ketel uap PLTU PT Soci Mas

<b>Jenis Pemanas Awal</b>	Pasir silika
<b>Jenis Bahan Bakar Awal</b>	Solar
<b>Jenis Bahan Bakar</b>	Batubara
<b>Tekanan Uap</b>	53 Bar
<b>Kapasitas Produksi Uap</b>	50 ton/jam
<b>Temperatur Uap</b>	485 <sup>0</sup> C



Gambar 2.8. Ketel uap PLTU PT Soci Mas

## 2. Turbin

Turbin adalah suatu perangkat yang mengkonversikan energi uap (*Energy Thermal*) yang bertemperatur tinggi dan tekanan tinggi menjadi energi mekanik (putaran). Ekspansi uap yang dihasilkan tergantung dari sudu-sudu pengarah dan sudu-sudu putar.

Tabel 2.2 Spesifikasi Ketel uap PLTU PT Soci Mas

<b>Type Turbin</b>	Kondensasi
<b>Putaran</b>	3000 rpm
<b>Tekanan Uap</b>	49 Bar
<b>Temperatur Uap</b>	470 °C



Gambar 2.9. Turbin Uap PLTU PT SOCI Mas

### 3. Generator

Generator adalah suatu alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri dari 2 bagian:

1. Stator adalah bagian yang diam, terdiri dari kumpulan-kumpulan tembaga dan inti besi.
2. Rotor pada generator adalah bagian yang berputar, terdiri dari lilitan dan kutub-kutub magnet.

Tabel 2.3. Spesifikasi Generator PLTU PT SOCI MAS

<b>Type</b>	QW-W10-2
<b>Kapasitas</b>	10 MW
<b>Tegangan</b>	11000 V
<b>Frekuensi</b>	50 Hz
<b>Kecepatan</b>	3000 RPM



Gambar 2.10. Generator PLTU

#### 4. Kondensator

Kondensator adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengkondensasikan fasa uap (uap bekas) dari turbin menjadi air kondensat (uap jenuh) untuk mengisi ketel uap, dimana uap bekas dari LP turbin masuk ke kondensator melalui pipa-pipa kondensator dengan media pendingin berupa air laut yang dipompakan CWP (*Circulating Water Pump*).

Tabel 2.4. Spesifikasi Kondensator PLTU

<b>Type</b>	Two processes and surface
<b>Kapasitas Sirkulasi Air</b>	3500 t/h
<b>Temperatur Air Masuk</b>	28°C





Gambar 2.11. Kondensor PLTU

## 2.9. Komponen Pendukung PLTU PT SOCI Mas

### 1. Komponen PLTU Pada Alur Bahan Bakar

#### a. Gudang

Tempat penyimpanan persediaan bakar yakni batubara dengan kapasitas 400 ton

#### b. Crane

Salah satu alat berat yang dipakai pada bidang industri. *Crane* berfungsi sebagai pengangkutan barang berat secara horizontal. *Crane* berada di dalam gudang penyimpanan batubara untuk mengangkut batubara yang akan dimasukkan ke dalam *Jaw Crusher*.

#### c. *Jaw Crusher*

*Jaw Crusher* merupakan alat yang berfungsi untuk menghancurkan batubara yang diangkut dari gudang sampai ukuran diatas 10 mm dan dibawah 80 mm

**d. Hammer Crusher**

*Hammer Crusher* merupakan alat yang berfungsi menghancurkan batubara dari *Jaw Crusher* hingga berukuran dibawah 10 mm

**e. Conveyor**

Alat yang berfungsi untuk membawa batubara yang sudah dihancurkan

**f. Elevator**

Alat yang berfungsi menaikkan batubara secara vertikal

**g. Bunker**

Tempat penampung batubara yang sudah dihancurkan sampai dengan ukuran dibawah 10 mm sebelum dimasukkan ke ruang bakar

**h. Coal feeder**

Alat yang menyuplai batubara ke dalam ruang bakar

**i. Ruang Bakar**

Tempat terjadinya proses pembakaran pada ketel uap. Di dalam ruang bakar batubara dibakar secara melayang dengan bantuan hembusan udara dari *blower* dengan media pemanas pasir. Suhu di dalam ruang bakar lebih dari 800°C.

**2. Komponen PLTU pada Alur Udara**

**a. Primary Blower**

Disebut dengan *primary air fan* karena fungsi utama dari *fan* ini adalah untuk menyuplai  $O_2$  serta menyemarakkan proses pembakaran secara *bubbling*. *Primary Blower* ini merupakan hembusan udara yang pertama kali masuk ke ruang bakar untuk start awal ketel uap.

**b. Secondary Blower**

Disebut juga dengan *secondary air fan* dan berfungsi untuk menjaga kebutuhan udara di dalam ruang bakar tetap terjaga konstan agar terjadi pembakaran yang sempurna.

**c. Induced Draft Fan**

Berfungsi untuk memberikan tekanan negatif (*vacuum pressure*) pada ketel uap serta mentransfer flue gas sisa pembakaran dari ketel uap menuju

ke cerobong (*chimney*). Semakin tinggi temperatur udara *flue gas* dan persentase oksigen yang keluar dari cerobong maka mengindikasikan bahwa proses pembakaran di dalam ketel uap tidak terjadi secara sempurna.

#### **d. Air Preheater**

*Air Preheater* merupakan sistem yang berfungsi sebagai pemanas udara awal untuk *primary air* dan *secondary air* sampai ke tingkat temperatur tertentu, dengan memanfaatkan panas dari udara *flue gas* yang dibawa oleh *induced draft fan*. Tujuan utama dari proses pemanasan awal ini adalah untuk meningkatkan temperatur udara sebelum masuk ke dalam ketel uap sehingga proses pembakaran dapat terjadi dengan cepat dan efisien, serta untuk menghilangkan uap air dari udara agar mencegah terjadinya korosi pada peralatan metal di dalam ketel uap.

#### **e. Electrostatic Precipitator**

*Electrostatic Precipitator* (ESP) adalah sistem pembantu yang berfungsi untuk menangkap ash/abu dari hasil proses pembakaran dengan cara memberikan muatan negatif kepada abu-abu tersebut melalui perangkat elektroda (*discharge electrode*). Selanjutnya abu tersebut akan bergerak ke dalam sebuah kolom yang terbuat dari plat yang memiliki muatan lebih positif (*collecting electrode*), sehingga secara alami abu tersebut akan tertarik dan menempel pada plat-plat tersebut. Setelah abu terakumulasi pada plat tersebut, sebuah sistem rapper khusus akan membuat abu tersebut jatuh ke bawah dan keluar dari sistem ESP.

#### **f. Cerobong (Chimney)**

Cerobong atau *chimney* udara adalah peralatan yang berfungsi sebagai media transfer *flue gas* menuju ke udara atmosfer. Pada dasarnya *chimney* juga berfungsi sebagai *induced draft* yaitu dengan menggunakan perbedaan tekanan udara antara sisi inlet (yang berada di permukaan tanah) dengan udara di sisi outlet (yang berada lebih tinggi di ujung cerobong asap) sehingga udara akan secara natural mengalir dari tekanan yang tinggi ke daerah yang bertekanan lebih rendah.

### **3. Komponen PLTU pada Alur Air dan Uap**

#### **a. WTP ( *Water Treatment Plant* )**

Sebuah sistem yang difungsikan untuk mengolah air dari kualitas air baku yang kurang bagus agar mendapatkan kualitas air pengolahan standart yang di inginkan ditentukan untuk operasional ketel uap.

#### **b. Demin Water Tank**

Tempat penampungan air demin. Air demin ialah jenis air tanpa kandungan logam berat seperti nitrat, kalsium dan magnesium setelah melalui proses dimana elektron dalam air dinetralsisir.

#### **c. Deaerator**

adalah suatu komponen dalam sistem tenaga uap yang berfungsi untuk menghilangkan oksigen atau gas-gas terlarut lainnya pada pada *feed water* sebelum masuk kedalam ketel uap. Berfungsi juga sebagai tempat penyimpanan air yang menyuplai air ke dalam ketel uap.

#### **d. Ekonomisator**

Adalah alat untuk memanaskan air pengisi ketel uap dengan memanfaatkan panas dari gas sisa pembakaran di dalam ketel uap. Dengan meningkatnya temperatur air pengisi ketel uap maka efisiensi ketel uap juga akan meningkat.

#### **e. Steam Drum**

Suatu komponen pada ketel uap yang berfungsi untuk memisahkan uap air dengan air pada proses pembentukan uap *superheater*.

#### **f. Hotwell**

Sebagai penampung air hasil kondensasi uap bekas turbin.

#### **g. Pompa kondensat**

Berfungsi untuk mengalirkan air kondensat dari *hotwell* melintasi sistem air kondensat menuju ke *deaerator*.

#### **h. Cooling tower**

Untuk mendinginkan air panas dari kondensor dengan cara dikontakkan langsung dengan menggunakan kipas (*fan*).