



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Uraian Proses

#### II.1.1 Unit Utilitas Batubara

Departemen Produksi III B merupakan departemen produksi yang tergolong baru di PT. Petrokimia Gresik (Persero). Dibangun mulai dari tahun 2012 dan mulai beroperasi dan diresmikan pada tahun 2015. Departemen produksi III B didirikan dalam rangka memenuhi kebutuhan asam fosfat yang merupakan bahan baku untuk pembuatan pupuk NPK karena kebutuhan akan pupuk majemuk NPK yang semakin meningkat. Sebelumnya kebutuhan asam fosfat hanya dipenuhi dari unit IIIA dan impor, padahal harga asam fosfat yang disuplai dari impor harganya semakin naik. Pada unit III B ini terdapat beberapa perbaikan terhadap proses yang kurang efisien. Unit Produksi III B terdiri dari :

1. Unit Asam Sulfat
2. Unit Asam Fosfat
3. Unit Purifikasi *Gypsum*
4. Unit Batu bara

Unit batubara bertanggung jawab atas *supply* uap (*steam*) ke Pabrik I, Pabrik III, dan juga turbin pembangkit listrik dengan bahan bakar utama yaitu, batubara. Unit Utilitas Batubara dijalankan dengan 2 jenis bahan bakar yaitu batubara dan solar. Proyek UBB ini dimulai tanggal 1 Mei 2008 yang dibangun oleh kontraktor PT. Indonusa Harapan dan diresmikan oleh Mustafa Abubakar selaku Menteri Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Unit ini menghasilkan power 32 MW dan *steam* 2 x 150 ton/jam. Proyek ini merupakan penghematan biaya energi hingga sebesar US100 juta/tahun yang akhirnya akan menurunkan biaya produksi pupuk dan menghemat subsidi pemerintah.



**LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG  
PT. PETROKIMIA – GRESIK  
DEPARTEMEN PRODUKSI III – B**



Unit Utilitas Batubara memiliki 3 kantor yang terletak di kawasan Departemen Produksi III B PT. Petrokimia Gresik yang mana 3 kantor tersebut memiliki fungsinya masing-masing diantaranya :

1. Kantor Utama

Kantor ini digunakan sebagai ruang khusus untuk Kepala Bagian Unit UBB, wakil Kepala Bagian, dan para Koordinatoranya.

2. Kantor Handling

Kantor ini digunakan sebagai tempat untuk mengawasi pemindahan batubara dari Gudang ke bagian Bunker batubara.

3. Kantrol Central Control Room

Kantor ini digunakan sebagai tempat untuk memantau proses pembuatan uap (*steam*); dari bunker batubara sampai ke bagian Output Listrik dan pendistribusian uap ke Pabrik I dan Pabrik III.

Seperti halnya jam kerja yang berlaku pada PT. Petrokimia, pada Departemen Produksi III B khususnya Unit Utilitas Batubara, jam kerja di bagi menjadi 2 bagian yaitu Jam Kerja Kantor dan Jam Kerja Shift.

1. Jam Kerja Kantor Hari :

Senin – Jumat Jam : 07:00 – 12:00 13:00 – 16:00

2. Jam Kerja Shift Hari :

Setiap hari Terdiri dari 3 shift, diantaranya :

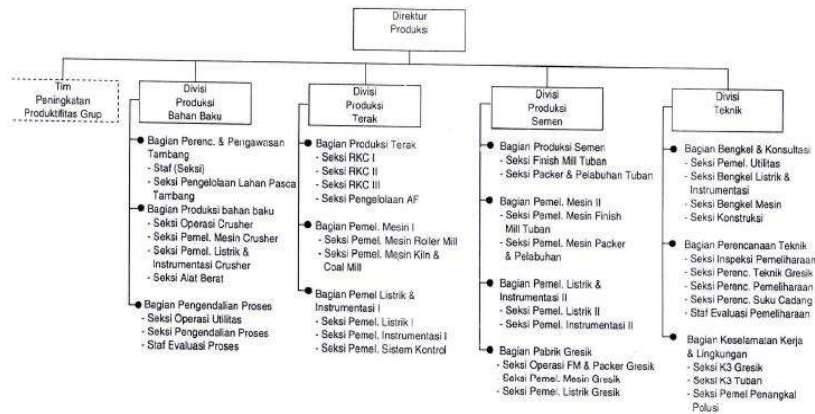
a. Shift pagi : 07:00 – 15:00 WIB

b. Shift sore : 15:00 – 23:00 WIB

c. Shift malam : 23:00 – 07:00 WIB

*Shift* dibagi menjadi empat grup, yaitu A, B, C, dan D. Setiap hari terdapat 3 grup masuk dan satu grup libur.

Unit utilitas batubara saat ini dikepalai oleh Bapak Agus Wahyudi dan dibantu oleh 1 Wakil Kepala Bagian, dan beberapa koordinator-staff. Berikut ini gambar singkat struktur organisasi di UBB.



Gambar 7. Struktur Organisasi Unit Utilitas Batu Bara



Gambar 8. Peta Lokasi Unit Utilitas Batu Bara



Gambar 9. Peta Lokasi Dermaga II PT. Petrokimia Gresik



Gambar 10. Peta Lokasi Unit UBB DEPARTEMEN PRODUKSI III-B

### II.1.2 Ruang Lingkup Unit UBB

1. Unit PLTU dengan *Steam Turbine* kapasitas daya 32 MW
2. Unit *Steam Generator* (Boiler), dengan kapasitas 2 x 150 ton/jam ;  $P = 90 \text{ kg/cm}^2$  dan  $T = 540^\circ\text{C}$ , mampu mensuplai kebutuhan uap sebesar :
  - a. 75 ton/jam uap ( $P = 36 \text{ kg/cm}^2$  (g) ;  $T = 400^\circ\text{C}$ ) yang dikirimkan ke terminal Point Pabrik III.
  - b. 65 ton/jam uap ( $P = 10 \text{ kg/cm}^2$  (g) ;  $T = 400^\circ\text{C}$ ) yang dikirimkan ke terminal Point Pabrik II.



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG  
PT. PETROKIMIA – GRESIK  
DEPARTEMEN PRODUKSI III – B



3. Dermaga dengan kapasitas standar tongkang Batubara 10.000 DWT yang dilengkapi alat bongkar (*Fixed Grab Coal Unloader*) dengan kapasitas rata-rata 300 ton/jam dan *belt conveyor* kapasitas 600 ton/jam.
4. Unit penunjang antara lain :
  - a. Gudang batubara tertutup kapasitas 40.000 ton.
  - b. Gudang batubara terbuka kapasitas 30.000 ton.
  - c. Unit air demin kapasitas 2 x 75 m<sup>3</sup> /jam berikut tangki penyimpanan kapasitas 2000 m<sup>3</sup>.
  - d. Unit air pendingin pabrik kapasitas 7000 m<sup>3</sup> /jam berikut tangki suplai air kapasitas 10.000 m<sup>3</sup>.
  - e. Unit penampung limbah padat
  - f. Unit pengolahan limbah cair

## II.1.3 Batubara

### II.1.3.1 Kelebihan Dan Kekurangan Penggunaan Batubara

Tabel 1. Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Batubara

Kelebihan Penggunaan Batu Bara	Kekurangan Penggunaan Batu Bara
a. Sumber energi termurah, dibandingkan dengan minyak dan gas alam.	a. Pembangkit listrik tenaga batubara merupakan sumber utama polusi udara dan emisi gas rumah kaca.
b. Sumber daya yang memiliki pasokan cadangan terbesar, untuk 250 tahun ke depan.	b. Membutuhkan penanganan dan transportasi khusus. Pengangkutan dari tambang sampai kekonsumen, dari gudang sampai ke boiler membutuhkan penanganan yang spesifik teknik. <i>Handling</i> yang tidak sesuai dapat menyebabkan kegagalan operasional.
c. Batubara dapat ditambang dan dibakar dengan sedikit dampak negatif bagi lingkungan.	



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG  
PT. PETROKIMIA – GRESIK  
DEPARTEMEN PRODUKSI III – B



d. Bahan bakar fosil teraman untuk diangkut, disimpan, dan digunakan.	c. Memicu pemanasan global karena adanya kandungan : SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , merkuri, dll pada gas hasil pembakaran.
---	--

### II.1.3.2 Jenis – Jenis Batubara

Berikut ini jenis-jenis batubara berdasarkan kandungan karbon dari yang tinggi ke rendah :

1. Antrasit

Merupakan batubara dengan kandungan karbon tertinggi diantara jenis lainnya. Memiliki tekstur yang keras, rapuh dan berwarna hitam berkilauan. Sering disebut sebagai *hard coal*, mengandung persentase karbon yang tinggi dan persentase partikel volatil yang rendah.

2. Bitumen

Batubara bitumen biasanya memiliki nilai pemanasan yang tinggi (BTU) dan digunakan dalam pembangkit listrik. Bentuknya kotak-kotak dan tampak mengkilat, jika dilihat dari dekat terdapat beberapa lapisan tipis

3. Subbituminous

Berwarna hitam dan sebagian kusam (tidak berkilau).

4. Lignit

Memiliki konsentrasi karbon yang paling sedikit diantar jenis lainnya. Lignit memiliki nilai kalor yang rendah, kadar air tinggi (*high moisture content*), dan kandungan zat pengotornya juga tinggi.

PT. Petrokimia Gresik menggunakan batubara jenis *subbituminous*. Alasan digunakannya batubara jenis ini karena pabrik sudah didesain/dirancang diawal dengan menyesuaikan permintaan konsumen. Pertimbangan-pertimbangan dilakukan dengan *economic analyzis*.





### II.1.3.3 Parameter kualitas batubara

1. *Gross caloric value* : energi per satuan massa (kcal/kg). Nilai kalor batubara yang disyaratkan oleh Petrokimia Gresik minimum 4100 kcal/kg.
2. *Total moisture* : mempengaruhi penangan dan transportasi. Nilai TM yang rendah menunjukkan kualitas batubara yang bagus.
3. *Sulphur content* : berhubungan dengan laju korosi dan emisi gas.
4. *Fixed carbon* : berbanding lurus dengan volatile matter, untuk menghitung rasio bahan bakar. Semakin tinggi kandungan fixed carbon, maka proses pembakaran semakin efisien.
5. *Size distribution* : terlalu banyak batubara halus akan meningkatkan total moisture dan debu. Syarat dari Petrokimia yaitu, ukuran batubara yang < 2,38 mm (*fine coals*) maksimum 25%. Ukuran yang terlalu besar akan menyusahakan peralatan terutama alat penghancur (mill, *crusher*).
6. *Volatile matte* : nilai yang rendah akan mengurangi proses pembakaran.

### II.1.3.4 Permasalahan *storage* dan *handling* batubara

1. *Spontaneous self combustion*

Batubara dapat terbakar secara spontan saat terpapar oksigen, yang menyebabkannya bereaksi dan memanas saat ventilasi dari *storage* tidak mencukupi untuk pendinginan. Jika bahan-bahan ini disimpan sedemikian rupa sehingga panas tidak dapat keluar, penumpukan panas meningkatkan laju dekomposisi dan dengan demikian laju penumpukan panas meningkat. Setelah suhu penyalaan tercapai, pembakaran terjadi dengan adanya pengoksidasi (oksigen). Untuk mencegah terjadinya hal ini, dapat dilakukan pengadukan pada timbunan batubara untuk menghilangkan akumulasi panas. Selain itu, jika ditemui adanya asap pada timbunan batubara, dapat disemprotkan chemical surfactant untuk mendinginkan batubara dan menghilangkan asap.



## LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG PT. PETROKIMIA – GRESIK DEPARTEMEN PRODUKSI III – B



### 2. *Prone to explosion*

Di ruang tertutup, debu batubara cenderung membentuk awan debu yang, sekali terkena sumber penyulutan (percikan listrik, nyala api terbuka, atau sumber panas bersuhu tinggi), akan meledak dan menghasilkan gelombang kejut yang merusak yang akan meningkatkan endapan dan pemicu batubara di sekitarnya. ledakan sekunder. Ledakan debu batubara umumnya sangat merusak, karena ledakan gelombang kejut, nyala api, dan suhu tinggi dapat mengakibatkan korban jiwa yang sangat besar dan kerusakan properti.

### 3. *Fugitive dust*

Ukuran debu batubara berkisar dari  $< 2$  mikron ( $\mu\text{m}$ ) hingga  $> 100$   $\mu\text{m}$ . Debu ini dihasilkan selama penumpukan, penyimpanan, dan aktivitas reklamasi, termasuk:

- a. Melalui pelepasan debu yang dihasilkan sebelumnya (halus) oleh arus udara saat batubara jatuh ke tumpukan selama penumpukan
- b. Saat batu bara pecah karena benturan ke tumpukan
- c. Oleh angin yang bertiup melintasi tumpukan
- d. Dengan pergerakan pekerja dan mesin di tiang pancang
- e. Selama operasi reklamasi

## II.2 Uraian Tugas Khusus

### II.2.1 Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik merupakan perusahaan BUMN yang mendukung penyediaan pupuk nasional untuk tercapainya program swasembada pangan. Berbagai jenis pupuk dan non pupuk. Terdapat beberapa departemen di PT. Petrokimia Gresik, diantaranya adalah departemen produksi III. Departemen produksi III dibagi menjadi departemen produksi III A dan departemen produksi III B. Departemen produksi III A dan III B memiliki unit produksi yang sama, yaitu pabrik asam fosfat, asam sulfat, ZA II, aluminium fosfat, dan cement retarder. Di Departemen produksi III B terdapat unit utilitas batubara yang merupakan salah satu unit pendukung proses dengan proses yang





## LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG PT. PETROKIMIA – GRESIK DEPARTEMEN PRODUKSI III – B



menunjang berupa listrik, serta sebagai unit pendukung untuk Pabrik I dan II serta anak pabrik yang lainnya.

Utilitas atau biasa dikenal dengan unit pendukung proses merupakan bagian yang terpenting dalam suatu bangunan pabrik untuk menunjang berlangsungnya suatu proses pada pabrik tersebut. Dimana pada utilitas sendiri meliputi unit penyediaan air (air proses, air pendingin, air sanitasi, air umpan *Boiler* dan air perkantoran), unit penyediaan steam, bahan bakar, dan listrik.

### II.2.2 Boiler

*Boiler* adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam (Sugiharto, 2016). *Boiler* atau ketel uap adalah suatu bejana/wadah yang di dalamnya berisi air atau fluida lain untuk dipanaskan. Energi panas dari fluida tersebut selanjutnya digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti untuk turbin uap, pemanas ruangan, mesin uap, dan lain sebagainya. Secara proses konversi energi, *Boiler* memiliki fungsi untuk mengkonversi energi kimia yang tersimpan di dalam bahan bakar menjadi energi panas yang tertransfer ke fluida kerja (Suprianto, 2015).

*Boiler* merupakan bagian terpenting dari penemuan mesin uap sebagai pemicu lahirnya revolusi industri. *Boiler* merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menghasilkan steam (uap) dalam berbagai keperluan. Air di dalam *boiler* dipanaskan oleh hasil pembakaran bahan bakar (sumber panas lainnya) sehingga terjadi perpindahan panas dari sumber panas tersebut ke air yang mengakibatkan menjadi panas atau berubah wujud menjadi uap. Dimana air yang lebih panas akan memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan air yang lebih dingin, sehingga terjadilah perubahan berat jenis air di dalam *boiler*. Karena air yang memiliki berat jenis yang lebih kecil akan naik, dan sebaliknya air yang memiliki berat jenis yang lebih tinggi akan turun secara drastic hingga ke dasar (Admin, 2012).



Panas yang diberikan kepada fluida di dalam *boiler* berasal dari proses pembakaran dengan berbagai macam jenis bahan bakar yang dapat digunakan, seperti kayu, batubara, solar/minyak bumi, dan gas. Dengan adanya kemajuan teknologi, energi nuklir pun juga digunakan sebagai sumber panas pada *boiler* (Suprianto, 2015).

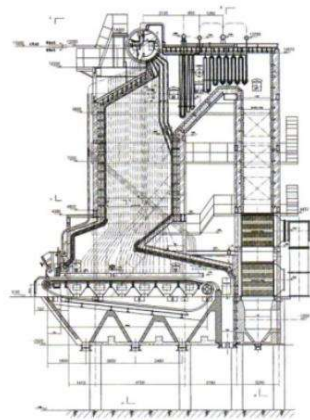
### II.2.3 Jenis – Jenis *Boiler*

Berdasarkan teknologi dengan proses pembakaran, maka *Boiler* dibagi menjadi tiga secara umum :

#### 1. *Stoker Type Boiler*

Jenis *boiler stoker* mekanik ini menggunakan rantai berjalan sebagai tempat pembakaran bahan bakar yang umumnya berupa padatan. Secara singkat proses kerjanya adalah dengan meniupkan udara panas dari bawah rantai sehingga bahan bakar padat (misalnya batu bara) dapat terbakar. *Boiler* ini dapat membakar berbagai jenis bahan bakar antara lain batu bara, limbah kayu, kulit kayu, bahkan sampah anorganik.

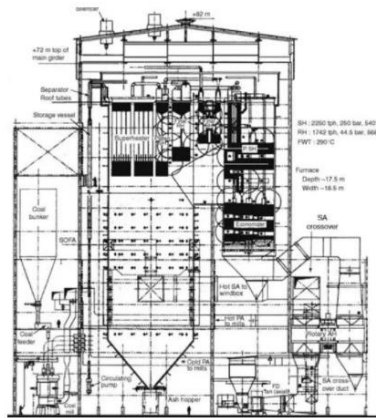
*Stoker Type Boiler* adalah sistem pembakaran dengan memasukkan bahan bakar padat pada bed pembakaran yang tetap, udara yang digunakan untuk proses pembakaran dioperasikan dengan kecepatan yang kecil, dan ukuran untuk tipe *Boiler* ini terbatas sehingga kemampuan untuk menghasilkan uap maksimum  $\pm 50,4$  kg/s. Keuntungan tipe *Boiler* ini adalah dapat merespon secara tiba-tiba perubahan beban dan dapat membakar bahan bakar dalam jumlah besar sekaligus, dan bahan metal tipe ini harus mempunyai ketahanan terhadap panas yang tinggi karena pembakaran di ruang bakar melebihi  $1093$  °C.



## 2. *System Pulverized*

*Pulverized Boiler* merupakan *Boiler* yang paling banyak digunakan pada saat ini, khususnya di Indonesia. Prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan mill untuk menggiling batu bara sehingga menjadi serbuk sebelum diumpankan ke dalam ruang bakar. Keuntungan *pulverized Boiler* dibandingkan dengan stoker adalah :

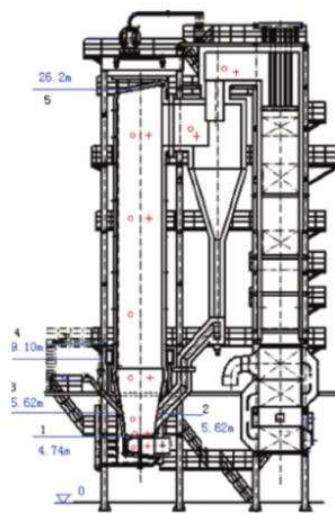
- a) Merespon cepat dalam perubahan beban;
- b) Menaikkan efisiensi thermal;
- c) Kemampuan memasukkan sejumlah besar bahan bakar melalui burner



Gambar 12. Sistematik *Pulverized Bed*

### 3. *System Fluidized Bed*

Prinsip kerja dari *Fluidized Bed Boiler* hampir sama dengan *Boiler stoker* mekanik, namun pada *Boiler* ini tidak menggunakan rantai, akan tetapi menggunakan tumpukan (*bed*) partikel pasir yang diletakkan di bagian bawah ruang bakar *Boiler* sebagai media untuk memanaskan udara dan ruang bakar secara keseluruhan. Udara dengan tekanan dan kecepatan tinggi dihembuskan dari dasar tungku melalui nozzel-nozzel dan menembus tumpukan pasir sehingga batu bara yang berada di atas pasir tersebut dapat melayang dan terbakar di dalam ruang bakar.



Gambar 13. Skematik *Fluidized Bed Boiler*

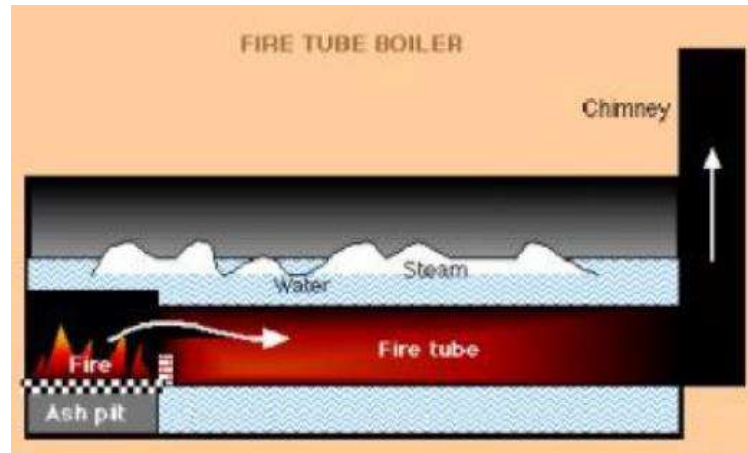
Batubara yang telah terbakar namun belum habis dan ikut bersama-sama dengan aliran gas hasil pembakaran dipisahkan dengan siklon untuk dikembalikan ke ruang bakar agar terbakar secara sempurna. Untuk jenis yang seperti ini sering disebut sebagai unggun terfluidisasi tersirkulasi (*circulated fluidized bed* atau CFB). Pada *furnace Boiler* tipe CFB kecepatan gas lebih cepat daripada *Boiler fluidized bed* pada sistem bubbling, dimana agar kepadatan yang terdapat didalam furnace yaitu *bed material* dapat terangkat dan mengalir, maka diperlukan nilai kecepatan gas minimum agar partikel dapat terangkat dan keluar *furnace* (Gilman, 20155).

Jenis - jenis *Boiler* berdasarkan daerah yang mengalami suatu proses pemanasan :

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>. *Fire*

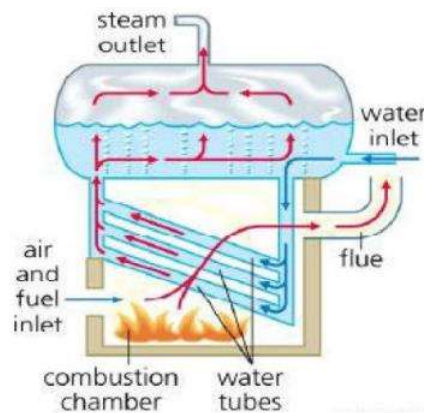
*fire tube Boilers* dapat menggunakan bahan bakar minyak bakar, gas atau bahan bakar padat dalam operasinya. Untuk alasan ekonomis, sebagian besar *Fire tube Boilers* dikonstruksi sebagai “paket” *Boiler* (dirakit oleh pabrik) untuk semua bahan bakar.



## 2. *Water Tube Boiler*

Pada *water tube Boiler*, air umpan *Boiler* mengalir melalui pipa-pipa masuk ke dalam 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 – 12.000 kg/jam, dengan tekanan sangat tinggi. Banyak *water tube Boiler* yang dikonstruksi secara paket jika digunakan bahan bakar minyak bakar dan gas. Untuk *water tube Boiler* yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket.





Gambar 15. *Water Tube Boiler*

Karakteristik water tube *Boiler* sebagai berikut:

- Forced, induced* dan *balanced draft* membantu untuk meningkatkan efisiensi pembakaran
- Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan plant pengolahan air.

(Purwantoro, 2008)

## II.2.4 Komponen Utama *Boiler*

Komponen utama *Boiler* antara lain *steam drum, economizer, superheater, reheater, furnace, dan burner*.

### 1. *Steam Drum*

*Steam drum* adalah bagian dari *Boiler* yang berfungsi untuk:

- Menampung air yang akan dipanaskan pada pipa-pipa penguap (*wall tube*), dan menampung uap air dari pipa-pipa penguap sebelum dialirkan ke superheater
- Memisahkan uap dan air yang telah dipanaskan di ruang bakar
- Mengatur kualitas air *Boiler*, dengan cara membuang kotoran-kotoran yang terlarut di dalam *Boiler* melalui *continous blowdown*
- Mengatur permukaan air sehingga tidak terjadi kekurangan saat *Boiler* beroperasi yang dapat menyebabkan *overheating* pada pipa *Boiler*. Level air



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG  
PT. PETROKIMIA – GRESIK  
DEPARTEMEN PRODUKSI III – B



dari drum harus selalu dijaga agar selalu tetap setengah dari tinggi drum. Banyaknya air pengisi yang masuk ke steam drum harus sebanding dengan banyaknya uap yang meninggalkan drum, agar level air tetap konstan. Batas maksimum dan minimum level air dalam steam drum adalah -250 mm s/d 250 mm dari titik 0 (setengah tinggi drum).

2. *Economizer*

*Economizer* adalah pipa untuk menyerap panas dari gas bekas sisa pembakaran ke dalam *feed water* sebelum memasuki siklus penguapan (*evaporation*) di dalam *Boiler*. Pemanasan air ini dilakukan agar perbedaan temperatur antara air pengisi dan air yang berada dalam steam drum tidak terlalu tinggi, sehingga tidak terjadi thermal stress (tegangan yang terjadi karena adanya pemanasan) didalam steam drum. Memanfaatkan gas sisa pembakaran akan meningkatkan efisiensi *Boiler* dan proses pembentukan uap juga lebih cepat.

*Economizer* berupa pipa-pipa air yang dipasang ditempat laluan gas hasil pembakaran sebelum air heater. Perpindahan panas yang terjadi di *economizer* terjadi dengan arah aliran kedua fluida berlawanan (*counter flow*). Air pengisi steam drum mengalir ke atas menuju steam drum, sedangkan udara pemanas mengalir ke bawah.

3. *Superheater*

*Superheater* berfungsi untuk menaikkan temperatur uap jenuh menjadi uap panas lanjut dengan memanfaatkan gas panas hasil pembakaran. Uap yang masuk ke *superheater* berasal dari *steam drum*.

4. *Reheater*

*Reheater* berfungsi untuk memanaskan kembali uap yang keluar dari HP turbine dengan memanfaatkan gas hasil pembakaran yang temperaturnya relatif masih tinggi. Pemanasan ini bertujuan untuk menaikkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Perpindahan panas yang paling dominan pada reheater memberikan efek yang sangat kecil sehingga proses ini biasanya diabaikan.

5. *Furnace*



*Furnace* merupakan suatu tempat berlangsungnya proses pembakaran bahan bakar dengan udara. Udara yang digunakan di suplai dari force draft fan (FD Fan). Seluruh permukaan furnace terdiri dari water wall yang di las memran nya.

#### 6. *Burner*

Burner merupakan alat untuk menghasilkan sumber api bagi *Boiler*. Yaitu dengan cara membakar campuran bahan bakar (gas) dan udara di dalam ruang bakar *Boiler*.

### II.2.5 Klasifikasi Boiler

#### II.2.5.1 Berdasarkan Fluida yang mengalir dalam tabung *Boiler*

##### 1. Ketel Pipa Api (*Fire tube Boiler*)

Pada *Boiler* ini memiliki dua bagian didalamnya yaitu bagian tube yang merupakan tempat terjadinya pembakaran dan bagian barrel/tong yang berisi fluida. Tipe *Boiler* pipa api ini memiliki karakteristik yaitu menghasilkan jumlah steam yang rendah serta kapasitas yang terbatas. Prinsip Kerjanya: Proses pengapian terjadi didalam pipa dan panas yang dihasilkan diantarkan langsung kedalam *Boiler* yang berisi air.

Kelebihan: Proses pemasangan cukup mudah dan tidak memerlukan pengaturan yang khusus, tidak membutuhkan area yang besar dan memiliki biaya yang murah.

Kekurangan : Memiliki tempat pembakaran yang sulit dijangkau saat hendak dibersihkan, kapasitas steam yang rendah dan kurang efisien karena banyak kalor yang terbuang sia-sia.

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

Memiliki kontruksi yang hampir sama dengan jenis pipa api, jenis ini juga terdiri dari pipa dan barel, yang membedakan hanya sisi pipa yang diisi oleh air sedangkan sisi barrel merupakan tempat terjadinya pembakaran. Karakteristik



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG  
PT. PETROKIMIA – GRESIK  
DEPARTEMEN PRODUKSI III – B



pada jenis ini ialah menghasilkan jumlah steam yang relatif banyak. Prinsip Kerja: Proses pengapian terjadi pada sisi luar pipa, sehingga panas akan terserap oleh air yang mengalir di dalam pipa.

Kelebihan: Memiliki kapasitas steam yang besar, nilai efisiensi relatif lebih tinggi dan tungku pembakaran mudah untuk dijangkau saat akan dibersihkan.

Kekurangan: Biaya investasi awal cukup mahal, membutuhkan area yang luas dan membutuhkan komponen tambahan dalam hal penanganan air.

#### II.2.5.2 Berdasarkan pemakaiannya

##### 1. Ketel Stasioner (*Stationary Boiler*)

Merupakan ketel-ketel yang didudukan di atas fundasi yang tetap, seperti ketel untuk pembangkit tenaga, untuk industri dan lain-lain sebagainya.

##### 2. Ketel tidak tetap (*Portable Boiler*)

Merupakan ketel yang dipasang fundasi yang berpindah-pindah (mobil), seperti *Boiler* lokomotif, lokomobil, dan ketel panjang serta lain yang sebagainya termasuk ketel kapal (*marine Boiler*).

#### II.2.5.3 Berdasarkan poros tutup drum (*shell*)

##### 1. Ketel Tegak (*Vertical Boiler*)

Vertikal *Boiler* memproduksi steam pada tekanan rendah dan dalam jumlah yang kecil. *Boiler* ini digunakan untuk *power generator* yang kecil atau pada tempat yang terbatas. *Boiler* ini terdiri dari suatu shell yang berbentuk silinder, didasarkan pada *Fire tube box* yang dikukuhkan oleh dua atau lebih tube-tube yang miring. Kemiringan diperlukan untuk menaikkan heating surface sebanyak-banyaknya dan untuk sirkulasi air. Pada *Boiler* ini terdapat suatu lubang yang disebut man hole, man hole berfungsi untuk tempat masuk orang atau pembersihan *Boiler* direparasi. *Boiler* ini terdiri dari external cylindrical shell dan fire box. (Ir. Soelindrio. Ketel Uap dan pemakaian *Boiler*. PTT MIGAS.). Contoh ketel tegak adalah Ketel Cochran.



Keuntungan Vertikal *Boiler* :

- Tempat yang digunakan sedikit ( hemat tempat )
- Pengiriman mudah
- Menjadi sempurna untuk ukuran kecil.

Kerugian Vertikal *Boiler* :

- Hanya untuk memproduksi steam tekanan kecil
- Digunakan untuk power generation

## 2. Ketel Mendatar (*Horizontal Boiler*)

Adapun yang termasuk jenis ketel ini adalah ketel *Cornish, Lancashire*.

Keuntungan *Horizontal Steam Boiler* :

- Jika tidak ada tekanan batas, maka tekanan super kritis dapat dicapai.
- Tekanan tinggi mencegah pembentukan gelembung-gelembung pada tube yang dapat mengurangi kecepatan perpindahan panas.
- Mudah untuk dipindah-pindahkan.
- Biaya permulaan dari *Boiler* ini rendah karena tidak ada drum air dan uap
- Bersifat ringan.

Kerugian *Horizontal Steam Boiler* :

- Memiliki efisiensi yang rendah
- Kapasitas kerja rendah.
- Hanya dapat digunakan pada tekanan rendah (25 psi), meskipun pada keadaan tertentu dapat digunakan pada tekanan yang lebih tinggi.

### II.2.5.4 Berdasarkan bentuk dan letak pipa

1. Ketel dengan pipa lurus, bengkok dan terlekak-lekuk (straight, bent and sinous tubuler heating surface).
2. Ketel dengan pipa miring datar dan miring tegak (horizontal, inclined or vertical tubuler heating surface)



#### II.2.5.5 Berdasarkan tekanan kerjanya

1. Low-pressure *Boiler* : *Boiler* ini menghasilkan uap air bertekanan 15-20 bar saja.
2. Medium-pressure *Boiler* : *Boiler* ini menghasilkan uap air dari 20 hingga 80 bar.
3. High-pressure *Boiler* : *Boiler* ini menghasilkan tekanan uap air di atas 80 bar.
4. Sub-critical *Boiler*

Titik kritis *Boiler* adalah sebuah kondisi dimana uap air *Boiler* mencapai suhu 560°C pada tekanan 221 bar. Jika sebuah *Boiler* bekerja di bawah kondisi tersebut, maka *Boiler* tersebut dinamakan *Boiler* subcritical. Lazimnya *Boiler* subcritical didesain bekerja di tekanan 160 bar dan temperatur uap 540°C

5. *Supercritical Boiler*

Jika sebuah *Boiler* bekerja di atas titik kritisnya, maka *Boiler* tersebut disebut dengan *Boiler* supercritical. *Boiler* supercritical memiliki tingkat efisiensi bahan bakar yang lebih baik daripada *Boiler* subcritical. *Boiler* supercritical memiliki nilai efisiensi desain sekitar 45%. Sedangkan *Boiler* subcritical hanya mampu mencapai angka 38%.

Hal ini diakibatkan oleh tidak dimungkinkannya terbentuk gelembung-gelembung uap air pada siklus *Boiler* supercritical. Akibat dari tekanan kerja dan temperatur yang berada di atas titik kritisnya, maka air tidak akan mengalami fase nucleate boiling (fase peralihan dari cair ke uap) dan langsung berubah fase seketika menjadi uap. Satu ciri dari *Boiler* supercritical adalah tidak digunakannya komponen steam drum yang berfungsi untuk memisahkan air dengan uap air basah.





#### 6. *Ultra Supercritical Boiler*

Titik kerja *Boiler* yang semakin jauh tinggi di atas titik kritis, maka *Boiler* tersebut akan semakin efisien. Untuk mencapainya dibutuhkan teknologi material pipa-pipa *Boiler* yang lebih canggih dan mahal. Beberapa dekade terakhir telah dimungkinkan pembuatan material yang dimaksud, sehingga saat ini desain *Boiler* sudah mampu mencapai titik kerja sangat jauh di atas titik kritisnya. *Boiler* yang kita kenal dengan istilah Ultra Supercritical ini (disingkat USC) memiliki titik operasional sekitar 260 bar dan temperatur 700°C. *Boiler* modern ini memiliki nilai efisiensi teoritis mencapai 50%.

#### II.2.5.6 Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

##### 1. Bahan Bakar Padat (Solid Fuel)

Type *Boiler* ini menggunakan bahan bakar padat seperti kayu, batu bara, dengan karakteristik seperti harga bahan bakar relatif lebih murah dan lebih efisiensi bila dibandingkan dengan *Boiler* listrik. Prinsip Kerja: Pemanasan bersumber dari pembakaran bahan bakar padat atau bisa juga campuran dari beberapa bahan bakar padat (batu bara dan kayu) yang dibantu dengan oksigen.

- Kelebihan : Bahan bakar mudah untuk didapatkan dan lebih murah.
- Kekurangan : Sisa pembakaran sulit untuk dibersihkan,.

##### 2. Bahan Bakar Minyak (*Oil Fuel*)

Jenis ini memiliki bahan bakar dari fraksi minyak bumi, dengan karakteristik yaitu memiliki bahan baku pembakaran yang lebih mahal, tetapi memiliki nilai efisiensi yang lebih baik jika dibandingkan dengan yang lainnya. Prinsip Kerja: Pemanasan yang bersumber dari hasil pembakaran antara campuran bahan bakar cair (kerosen, solar, residu) dengan oksigen dan sumber panas.

- Kelebihan : Memiliki sisa pembakaran yang sedikit sehingga mudah dibersihkan dan bahan baku yang mudah didapatkan.



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG  
PT. PETROKIMIA – GRESIK  
DEPARTEMEN PRODUKSI III – B

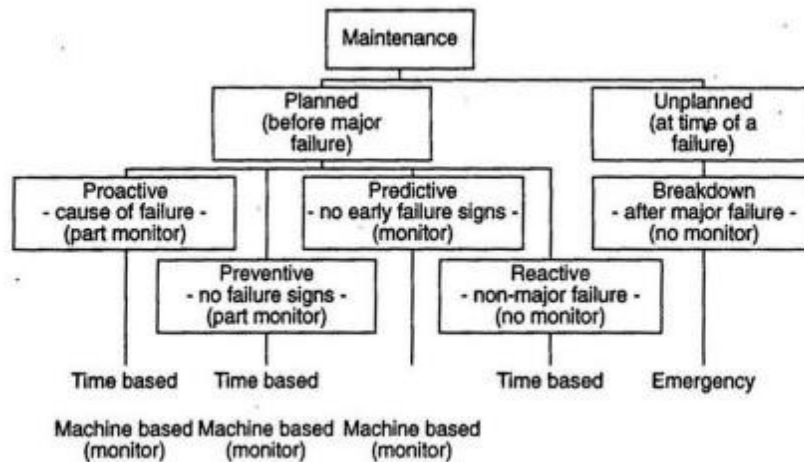


- Kekurangan : Memiliki harga bahan baku yang mahal serta memiliki konstruksi yang mahal.
3. Bahan Bakar Gas (*Gaseous Fuel*)
- Memiliki jenis bahan bakar gas dengan karakteristik bahan baku yang lebih murah dan nilai efisiensi lebih baik jika dibandingkan dengan jenis tipe bahan bakar lain. Prinsip Kerja: Pembakaran yang terjadi akibat campuran dari bahan bakar gas (LNG) dengan oksigen serta sumber panas.
- Kelebihan : memiliki bahan bakar yang paling murah dan nilai efisiensi yang lebih baik.
  - Kekurangan : konstruksi yang mahal dan sumber bahan bakar yang sulit didapatkan, harus melalui jalur distribusi.
4. Bahan Bakar Listrik (*Electric*)
- Dari namanya saja kita tentu sudah mengetahui bahwa sumber panas alat ini berasal dari listrik, dengan karakteristik bahan bakar yang lebih murah akan tetapi memiliki tingkat efisiensi yang rendah. Prinsip Kerja: Pemanas bersumber dari listrik yang menyuplai panas.
- Kelebihan : memiliki perawatan yang sederhana dan sumber pemanas sangat mudah untuk didapatkan.
  - Kekurangan : nilai efisiensi yang buruk dan memiliki temperatur pembakaran yang rendah.

(Anonim, 2010)

## II.2.6 Manajemen Perawatan

### II.2.6.1 Jenis Perawatan



Gambar 16. Bagan Manajemen Perawatan

1. *Breakdown Maintenance* atau *Run-to-Failure Maintenance* : Kegiatan perawatan yang dilakukan setelah peralatan rusak
2. *Preventive Maintenance* : Merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan secara terjadwal dengan tujuan mencegah rusaknya peralatan
3. *Predictive Maintenance* : Perawatan yang dilakukan atas dasar condition monitoring untuk memastikan keadaan sebenarnya dari peralatan
4. *Proactive Maintenance* : Dengan memonitor hal – hal mendasar yang menyebabkan kerusakan, tindakan perawatan dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan
5. *Reactive Maintenance* : Perawatan ini biasanya mencakup penggantian komponen peralatan yang rusak yang didasarkan atas pengecekan secara teratur.



#### II.2.6.2 Tujuan Perawatan

1. Dilihat dari sudut pandang pihak perusahaan:
  - Mengurangi *production loss*
  - Memberikan *quality maintenance service*
  - Mengurangi biaya perawatan
2. Dilihat dari sudut pandang peralatan:
  - *Plant availability* tercapai dengan baik
  - *Plant reliability*
  - *Plant Health and Safety (HSE)*

#### II.2.6.3 Penyebab Equipment Failure

1. Kerusakan akibat praktek perawatan :
  - Kegiatan pelumasan yang jelek
  - Perbaikan peralatan yang salah
  - Respon terhadap kerusakan lambat
  - Kurangnya training bagi maintenance personil
  - Pelaksanaan program perawatan tidak efektif
  - Perawatan yang rutin tidak terlaksana dengan baik
  - Tidak ada atau kurangnya komitmen dan dukungan manajemen
2. Kerusakan akibat hal – hal lain :
  - Operator atau *Human error*
  - *Set-up* mesin yang tidak tepat
  - Spesifikasi komponen yang salah
  - Adanya sabotase
  - Lingkungan kerja yang buruk
  - Adanya bencana
  - Rancangan mesin yang salah



## II.2.6.4 Strategi Perawatan

Tabel 2. Strategi Perawatan

	Strategi Perawatan			
	<i>Reactive</i>	<i>Preventive</i>	<i>Predictive</i>	<i>Proactive</i>
Definisi	Penggantian part yang rusak berdasar pengecekan secara teratur	Perawatan secara berkala atau terjadwal	Perawatan yang dilakukan atas dasar kondisi	Monitoring penyebab akar permasalahan
Keuntungan	Murah	Dapat direncanakan atau terjadwal	Menemukan potensi kegagalan alat	Lebih sedikit perawatan yang dibutuhkan
Kerugian	- Level suku cadang tinggi - Penghentian Operasi peralatan secara darurat	Penggantian suku cadang yang tidak perlu	Memakan biaya mahal jika tidak diterapkan secara benar	Bisa jadi memakan biaya mahal tergantung kondisi alat

(Marfizal, 2019)

## II.2.7 Efisiensi pada *Boiler* dan Kehilangan Panas pada Distribusi Steam

### II.2.7.1 Efisiensi *Boiler*

Berdasarkan sumber dari *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) PTC 4.1 (Terranova, Pablo Lombeida, 1999) bahwa Efisiensi dapat dihitung sebagai berikut:

1. Metode *Input-Output (Direct)*

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$



LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG  
PT. PETROKIMIA – GRESIK  
DEPARTEMEN PRODUKSI III – B



$$\frac{\text{Heat absorbed by working fluids}}{\text{Heat in fuel + heat credits}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Jumlah Steam Kering} \times (h_g - h_f)}{\text{Jumlah pemakaian gas} : 100) \times \text{GCV Gas}} \times 100\%$$

Keterangan :

Jumlah Steam Kering (*Dry Steam*) = dalam (ton/jam)

$h_g$  = Entalpi *Saturated Vapor* (kJ/kg)

$h_f$  = Entalpi Air Umpan atau *Feed Water* (kJ/kg)

Jumlah pemakaian Gas = dalam (Nm<sup>3</sup> /jam)

GCV = Nilai Kalor Kotor bahan bakar kKal/kg

2. Metode Kehilangan Panas (*Indirect*)

$$\text{Efisiensi (\%)} = 100 - \left( \frac{\text{Heat absorbed by working fluids}}{\text{Heat in fuel + heat credits}} \times 100\% \right)$$

II.2.7.2 Kehilangan Panas

Berdasarkan sumber dari Efisiensi Energi pada Utilitas Termal. Buku 2, oleh Biro Efisiensi Energi India, 2004, halaman 99-102 dan website spirax sparco yaitu perusahaan provider steam kehilangan panas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Total kehilangan panas (Hs dalam kKal/ jam)} =$$

$$S \times A$$

$$S = [10 + (T_s - T_a) / 20] (T_s - T_a)$$

$$A (m^2) = 3,14 \times \text{diameter (m)} \times \text{panjang (m)}$$

Dimana :

S = Kehilangan panas pada permukaan dalam kKal/ jam m<sup>2</sup>

A = Luas permukaan dalam m<sup>2</sup>

T<sub>s</sub> = Suhu permukaan panas dalam °C

T<sub>a</sub> = Suhu ambien dalam °C





LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG  
PT. PETROKIMIA – GRESIK  
DEPARTEMEN PRODUKSI III – B



Catatan: Persamaan ini dapat digunakan untuk suhu permukaan sampai 200<sup>0</sup>C. Faktor- faktor kecepatan angin, dan konduktivitas bahan isolasi tidak dipertimbangkan. Biaya energi tambahan sehubungan dengan kehilangan panas dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kehilangan bahan bakar ekuivalen (Hf) (kg/thn)} = \frac{\text{Hs x jam operasi setiap tahun}}{\text{GCV x } \eta_b}$$

Biaya tahunan kehilangan

$$= \text{Hf x Harga bahan bakar}$$

(Winanti, 2006)