BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pemipaan

Pipa adalah media tempat mengalirnya fluida proses dari suatu unit yang satu ke unit lainnya. Secara umum karakteristiknya ditentukan berdasarkan material (bahan) penyusunnya. Ukuran diameter pipa didasarkan pada diameter ”Nominal” antara diameter luar (OD) atau diameter dalam (ID). Tubing adalah pipa dengan ukuran diameter yang lebih kecil dari pipa, kegunaannya (secara umum) adalah untuk penghubung antara alat ukur dengan pipa proses an dari instrumen ke sistem kontrol. Ukuran standar untuk tubing selalu diameter luar (OD).

2.1.1 Tujuan Perancangan Sistem Pemipaan

- Menentukan jenis material yang sesuai dengan kondisi kerja seperti, tekanan external/internal, suhu, korosi dll.
- *Standard Code* mana yang sesuai untuk diaplikasikan pada sistem perpipaan yang akan dirancang. Pemilihan *standard code* yang benar akan menentukan arah perancangan secara keseluruhan, baik dari segi biaya, reliabilitas, safety design, dan stress analisis.
- Perhitungan dan pemilihan ketebalan pipa. Pemilihan ketebalan pipa (*schedule number*) sebaiknya memenuhi kriteria cukup, aman, dan ketersediaan stok di pasaran
- Dengan cara bagaimana sistem perpipaan akan dikoneksikan satu sama lain, jenis sambungan, dan material sambungan seperti apa yang sesuai.
- Bagaimana planning dan routing dari sistem perpipaan akan dilakukan. *General arrangement*, dan routing sebaiknya dilakukan dengan memperhatikan aspek *inherent safety design*, konsumsi pipa seminimum mungkin tanpa mengorbankan dan mengurangi kemampuan, fungsi dan operasional dari peralatan yang terkoneksi

2.1.2 Standarisasi Pipa Internasional

a. Diameter Standar

Diameter dalam : (ID = Inside Diameter)

Diameter luar : (OD = Outside Diameter)

Diameter Nomonal : (NPS = Nominal Pipe Size)

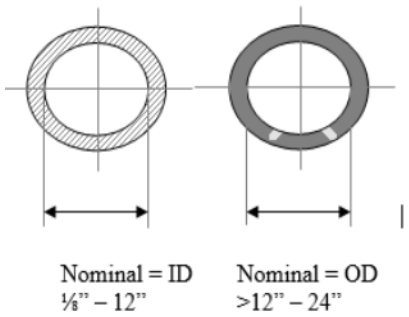
- NPS: Nominal Pipe Size, diameter, ID) satuannya Inchi (pendekatan dalam bentuk diameter bagian dalam (inside dari pipa).
- DN: Diameter Nominal, digunakan oleh Negara di daratan Eropa, dengan satuan milimeter.
- Sch atau Schedule adalah menunjukan ukuran ketebalan dinding pipa atau wall-thickness (seringkali merupakan data ID dan wall thickness)
- Sebagai tambahan beberapa standart memberikan metode untuk menentukan ketebalan suatu pipa. Salah satu cara yang umum adalah dinyatakan dengan beratnya yang diklasifikasikan sebagai berikut,
  - ✓ STD-Standard atau Standart Weight untuk tebal dinding normal pada tekanan pipa 150 psi
  - ✓ XS-Extra strong atau Extra Heavy dengan tekanan diatas 300 psi
  - ✓ XXS - Double extra strong untuk tekanan diatas 600 psi

Gambar 1. Diameter Nominal Pipa

Menurut **ANSI** (*American National Standard Institute*) dan **ASME** (*American Society of Mechanical Engineer*), ukuran diameter pipa ditentukan sebagai berikut :

1. Untuk ukuran pipa ⅛ ” – 12” nominal diameter pipa tidak sama dengan diameter luarnya, yang diukur adalah ID atau inside diameter.

2. Untuk ukuran pipa >12 ” – 24” nominal diameter pipa sama dengan OD (diameter luar).



Gambar 2. Diameter Pipa Menurut ANSI dan ASME

Untuk pipa yang memiliki OD- outside diameter sama , namun bisa memiliki tebal dinding yang berbeda beda sesuai dengan *schedule number*-nya.

b. Material Satandar

Standar bahan yang dipakai biasanya memakai standard amerika, yaitu yang dikenal dengan nama :

- **ASTM** = *American Society for Testing Material*
- **API** = *American Petroleum Institute*
- **ANSI** = *American National Standard Institute*

1. Pipa Baja Karbon (*Carbon Steel Pipe*)

- ASTM – A. 53 (*Grade A and B*)
- ASTM – A. 106 (*Grade A,B,C*)
- ASTM – A. 155

2. Pipa Baja Stainless (*Stainless Steel Pipe*)

- ASTM – A.132 Type 304 (AISI 304)
- ASTM – A.312 Type 321 (NASI 321)
- ASTM – A.358 Type 321 (AISI 321)

3. Pipa Baja Tuang

- **ANSI – A.211**

4. Pipa Lapisan Seng (*Galvanized Pipe*)

- ASTM – A. 53 *Galvanized*

- ASTM – A. 120 *Galvanized*

Standar bentuk pipa berdasarkan ujungnya

- *PLAIN END* ◊ Sambungan pipa dengan *socket welding*
- *THREADED END* ◊ Sistim sambungan pipa berulir
- *BEVELED END* ◊ Sistim sambungan *butt welding*

2.1.3 Macam-macam Pipa Berdasarkan Kegunaannya

a. Carbon Steel Pipe

Pipa baja karbon atau *steel pipe* banyak digunakan pada industri migas. Pipa ini memiliki kekuatan yang tinggi, kenyal, dapat dilas dan tahan lama. Kelemahannya adalah tidak tahan terhadap serangan korosi (H_2SO_4) Carbonate (K_2CO_3) dan air laut. Karena itu untuk pipa yang dipasang dibawah laut maupun dalam tanah akan menggunakan lapisan khusus (coating) agar tidak di serang zat yang korosif.

b. (Pipa Baja) Stainless Steel Pipe

Pipa jenis ini mempunyai sifat tahan terhadap oksidasi dan zat yang korosif, untuk fasilitas LNG jenis pipa ini dipakai pada CO_2-removal unit, untuk menyalurkan carbonate, dan untuk flare stack. Stailess steel pipe memiliki thermal strength yang tingi (1,5 x carbon steel).

c. Pipa Basi Tuang (Cast iron)

Pipa besi tuang golongan kelas yang tahan akan korosi, besi tuang memiliki kekerasan tinggi tetapi memiliki kerapuhan yang tinggi pula, besi tuang tidak baik dipakai untuk fasilitas yang memiliki kontraksi dan getaran tinggi.

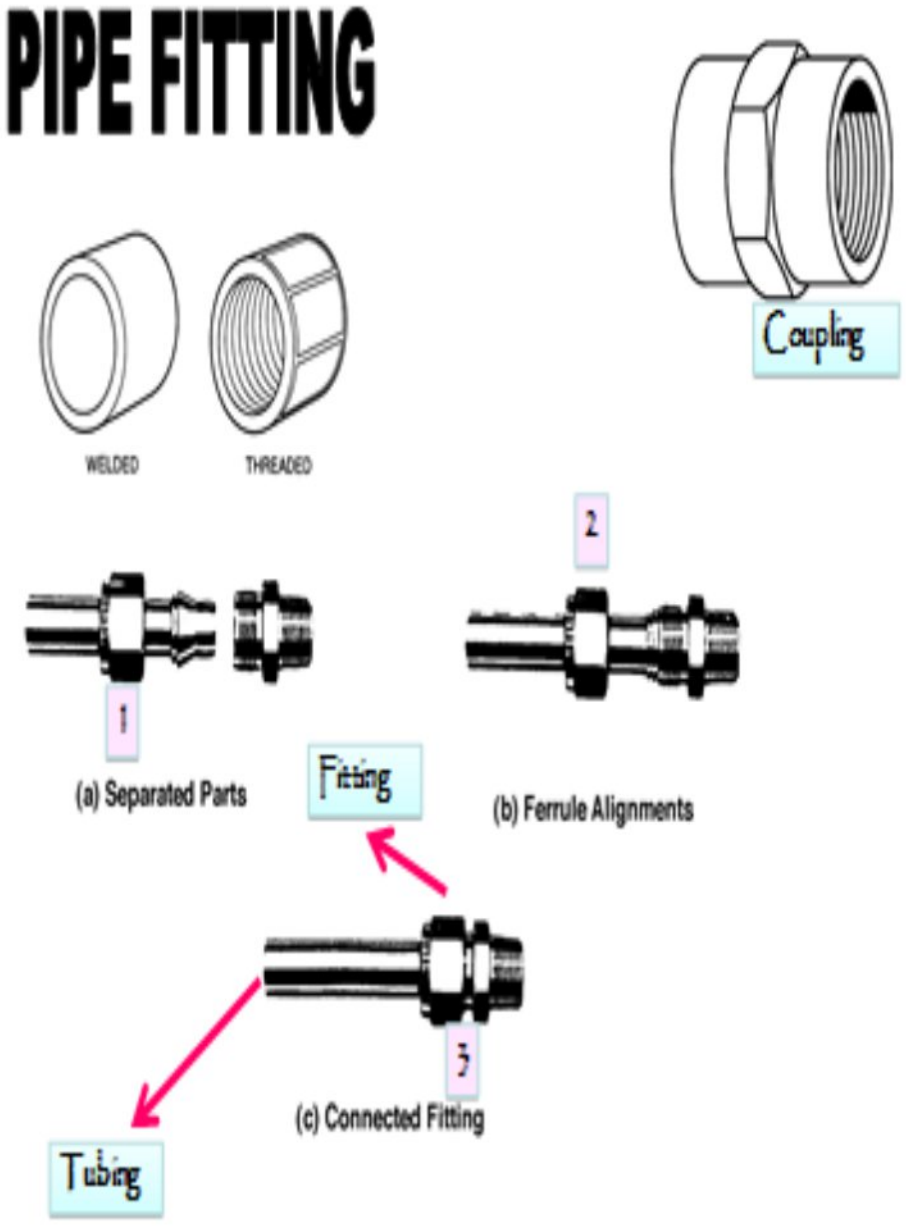
d. Pipa Galvanized (Galvanized Pipe)

Pipa jenis ini adalah jenis carbon steel namun bagian luar dan dalam pipa dilapisi dengan seng agar tahan terhadap karat, digunakan untuk saluran air dan conduit.

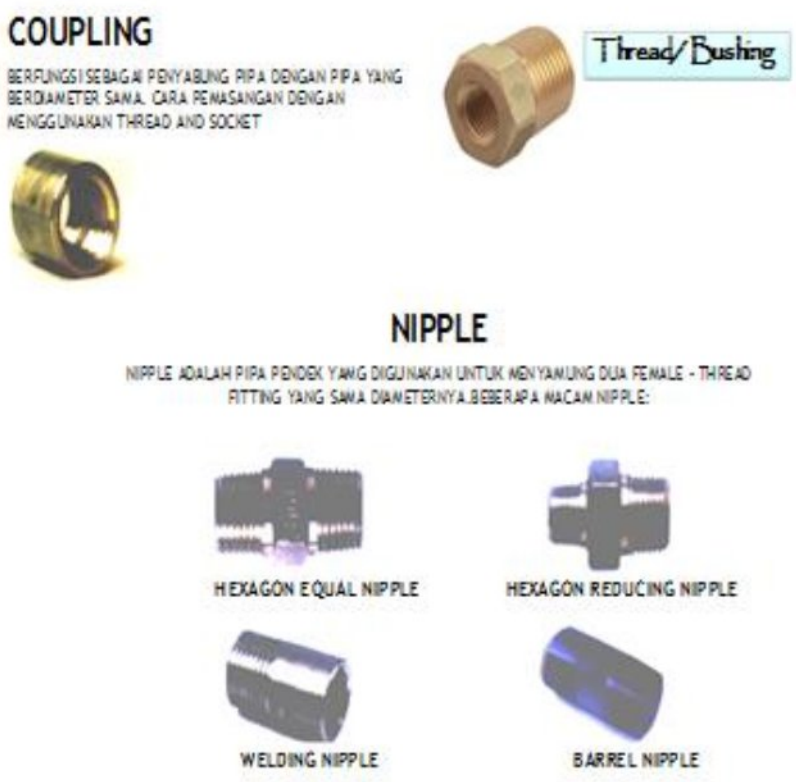
2.1.4 Komponen Pemipaan

Komponen perpipaan harus dibuat berdasarkan spesifikasi standar yg terdaftar dalam simbol dan kode yg telah dibuat atau dipilih sebelumnya.Komponen perpipaan yg dimaksud disini meliputi :

a. Flanges (flens-flens)
b. Fittings (sambungan)
c. Valves (katup-katup)
d. Boltings (baut-baut)
e. Gasket
f. Support/ Instalasi
g. Specials items



Gambar 3. *Fitting Pipe*



Gambar 4. Sambungan *Coupling* dan *Nipple*

Gambar 5. *Elbow Connection*

Gambar 6. *Tee Fitting*

Gambar 7. *Plug*

2.2 Valve

Macam-macam valve yang sering ditemukan atau digunakan pada plant adalah sebagai berikut :

1. *Gate valve*

Gate Valve adalah valve yang paling sering dipakai pada sistem perpipaan. Fungsinya hanya untuk menutup dan membuka aliran (*fully closed & fully opened position*), *on/off control* dan *isolation equipment*.Gate valve tidak bisa digunakan untuk mengatur besar kecilnya aliran (*regulate* atau *trotthling*). Karena akan merusak posisi disc nya dan mengakibatkan valve bisa *passing* pada saat valve ditutup (*passing = aliran tetap akan lewat, walaupun valve sudah menutup*). Pada saat Gate valve terbuka sebagian (misal *50% opening*), maka aliran fluida akan sebagian lewat dibawah disc yang menyebabkan turbulensi (*turbulensi = aliran fluida yang bergejolak*). Berikut adalah contoh gambar dari Gate valve :

Gambar 8. *Gate Valve*

2. *Globe valve*

Globe valve merupakan salah satu jenis valve yang dirancang untuk mengatur besar kecilnya aliran fluida (*regulate* atau *trotthling*). Pada dasarnya bagian utama dari Globe valve ini sama saja dengan *Gate valve*. Yaitu terdiri dari *body, seat, disc, bonnet, stem, packing* dan *gland.*

Gambar 9. *Globe Valve*

3. *Rotation valve*

Dikatakan *rotation valve* karena valve membuka dan menutup dengan cara rotasi pada disc. Valve – valve dibawah ini berbeda dengan gate valve dan globe

valve dalam hal cara membuka dan menutup valve. Pada gate valve dan globe valve, kita diharuskan memutar *handwell*, namun untuk rotation valve, kita bisa membuka dan munutup valve hanya dengan memutar handle valve sebesar 90 derajat.

Oleh karena itu valve jenis ini bisa membuka dan menutup lebih cepat dari gate valve ataupun globe valve. Handle pada valve tipe ini adalah pengganti handwell pada gate valve dan globe valve. Hal penting yang harus diperhatikan adalah, pada posisi valve *fully open* maka handle akan searah dengan aliran atau pipa, namun jika posisi valve *fully close* maka posisi handle tidak searah dengan aliran atau pipa, melainkan akan membentuk sudut 90 derajat dengan aliran atau pipa. Yang termasuk jenis ini adalah: Plug valve, Ball valve dan Butterfly valve.

4. *Diaphgram valve*

Diaphgram valve bisa digunakan untuk mengatur aliran (*trhottling*) dan bisa juga digunakan sebagai *on/off valve*. Diaphgram valve handal dalam penanganan material kasar seperti fluida yang mengandung pasir, semen, atau lumpur, serta fluida yang mempunyai sifat korosif.

5. *Pinch valve*

Pinch valve digunakan untuk menangani fluida yang berlumpur, endapan, dan yang mempunyai partikel-partikel solid yang banyak serta fluida-fluida yang mempunyai kecenderungan untuk terjadi kebocoran (leak).

6. *Check valve*

Check valve digunakan untuk membuat aliran fluida hanya mengalir kesatu arah saja atau agar tidak terjadi reversed flow/back flow. Bentuk check valve sama saja dengan gate valve tapi valve ini tidak mempunyai handwell/handle maupun stem.

7. *Relieve valve* dan *Safety valve*

Kedua valve ini digunakan untuk melepaskan (*release*) tekanan (*pressure*) pada suatu sistem agar tidak membahayakan alat (*equipment*), personnel yang sedang bekerja, dan untuk kepentingan proses itu sendiri.

Relieve valve akan membuka perlahan-lahan apabila terjadi kelebihan (*excess*) pressure dan akan menutup kembali apabila pressure telah kembali normal. cocok diaplikasikan ke fluida liquid. Sedang Safety valve, akan membuka

secara sangat cepat langsung 60% opening apabila terjadi excess pressure. Dan akan menutup kembali hanya apabila pressure telah berada dibawah pressure normal (set point). Digunakan untukfluida gas.

2.3 Pompa

2.3.1 Klasifikasi Pompa

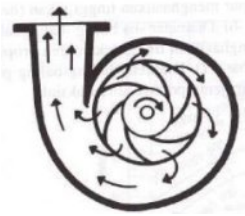
Berdasarkan klasifikasi standart yang sering dipakai. Ada tiga kelas yang digunakan sekarang ini, sentirifugal, rotari, dan torak reciprocating. Istilah ini hanyak berlaku pada mekanik fluida bukan pada desain pompa itu sendiri, Ini penting karena banyak pompa yang dijual untuk keperluan yang khusus, hanya dengan melihat detail dan desain yang terbaik saja, sehingga masalah yang berdasarkan kepada kelas dan jenis pompa menjadi sejumlah yang berbeda – beda sesuai dengan pompa tersebut. Untuk lebih jelas dapat dilihat klasifikasi pompa, di bawah ini :

a. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai konstruksi sedemikian rupa sehingga aliran zat cair yang keluar dari mupller akan melalui sebuah bidang tegak lurus pompa impeller dipasang kopling untuk meneruskan daya dari pengerak. Poros dan pada ujung yang lain dipasang kopling untuk meneruskan daya dari penggerak. Ada beberapa jenis pompa sentrifugal :

- **Pompa Sentrifugal Rumah Keong**

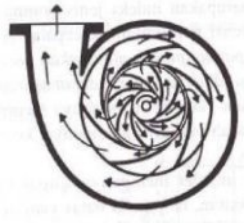
  Pada jenis pompa ini, impeler membuang cairan ke dalam rumah spiral yang secara berangsur – angsur berkembang. Ini dibuat sedemikian rupa untuk mengurangi kecepatan cairan dapat diubah menjadi tekanan statis. Rumah keong pompa ganda menghasilkan kesimetrisan yang hampir radial pada pompa bertekanan tinggi dan pada pompa yang dirancang untuk operasi aliran yang sedikit. Rumah keong akan menyeimbangkan beban – beban radial pada poros pompa sehingga beban akan saling meniadakan.



Gambar 10. Pompa Senrtifugal Rumah Keong

- **Pompa Sentrifugal Diffuser**

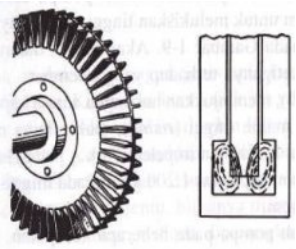
  Baling – baling pengarah yang tetap mengelilingi runner atau impeler pada pompa jenis diffuser. Laluan – laluan yang berangsur – angsur mengembang ini akan menngubah arah aliran dan mengkonversikannya menjadi tinggi – tekanan.



Gambar 11. Pompa Sentrifugal Diffuser

- **Pompa Sentrifugal Turbin**

  Dikenal juga dengan pompa vorteks (*vortex*), *periperi periphery*, dan regeneratif, cairan pada jenis pompa ini dipusar oleh baling – baling impeler dengan kecepatan yang tinggi selama hampir dalam satu putaran di dalam saluran yang berbentuk cincin (annular), tempat impeler tadi berputar. Energi ditambahkan ke cairan dalam sejumlah impuls. Pompa sumur jenis diffuser sering disebut pompa turbin.



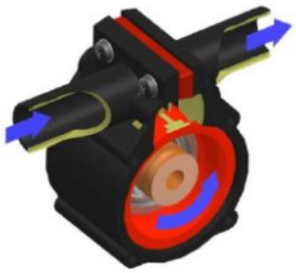
Gambar 12. Pompa Sentrifugal Turbin

b. Pompa Rotari

Pompa jenis rotari terdiri dari casing tetap yang didalamnya terdapat roda - roda gigi (gerak), sudu-sudu (vanes), torak-torak, bumbungan (cam), segmen, sekrup-sekrup dan lain-lain yang beroperasi dengan jarak ruangan (regangan /clerence) yang minimum. Pada pompa rotari cairan diperangkap atau dijebak, di dorong ke casing yang tertutup, sama seperti torak pada pompa torak.

Jenis – Jenis Pompa Rotari

1. Pompa bumbungan dan torak.
2. Pompa roda gigi luar.
3. Pompa roda gigi dalam.
4. Pompa laburar (sudu tebal).
5. Pompa sekrup (poros cilin).
6. Pompa sudu.



Gambar 13. Pompa Rotari Roda Gigi Luar

Bila kipas itu sekarang diputar dengan cepat, maka sudu kemudian akan memberikan gerak putar terhadap rumah pompa pada zat cair yang berbeda dalam kipas. Gaya sentrifugal atau gaya pusingan yang terjadi disini mendorong zat cair kejurusan keliling sebuah kipas.

Karena itu pada lubang aliran masuk dari kipas, timbul ruang kosong dengan kata lain ruang hampa udara. Akan tetapi diatas permukaan zat cair dalam sumber atau sumur, bekerja tekanan atmosfir. Jadi sekarang terdapat perbedaan tekanan, sehingga kolom zat cair dalam saluran isap bergerak dan zat cair masuk kedalam kipas dengan tekanan dan kecepatan tertentu.

Dengan demikian ruang yang menjadi kosong pada lubang aliran masuk kipas, langsung zat cair terisi kembali. Pada keliling luar kipas, zat cair mengalir

dalam rumah pompa dengan tekanan dan kecepatan tertentu. Dalam rumah pompa ini zat cair disalurkan sedemikian rupa sehingga terdapat kecepatan kedalam tekanan yang sempurna. Oleh tekanan ini, kolom zat cair dalam saluran kempa digerakkan.

c. Pompa Torak (Reciprocating)

Pompa reciprocating mempunyai torak, plunger, diafragma yang bergerak maju mundur didalam sebuah silinder. Silinder dilengkapi dengan katup – katup isap dan buang. Gerakan dari torak, plunger, diafragma bersama – sama dengan gerak yang sesuai dari katup – katup yang menyebabkan cairan mengisi dan tersalur secara silih berganti dari silinder.

Jenis – jenis pompa torak (reciprocating)

1. Pompa Aksi Langsung
2. Pompa Tenaga
3. Pompa Jenis Tenaga Kapasitas Kecil
4. Pompa Jenis Diafragma

2.3.2 Gangguan Kerja Pompa

Pada setiap keterpasangan peralatan di pabrik terdapat gangguan kerja baik gangguan yang datang dari luar peralatan maupun gangguan yang ada pada peralatan tersebut. Gangguan kerja mempengaruhi kondisi peralatan sehingga peralatan tidak beroperasi sesuai dengan standart yang ditentukan. Pada pompa reciprocating, gangguan sering terjadi/terdapat adalah sebagai berikut :

- Turunnya tekanan pompa.
- Adanya getaran bunyi yang tidak wajar.
- Turunnya kapasitas pompa.
- Berkurangnya daya motor penggerak.
- Adanya kebocoran pada pompa.

Gangguan – gangguan kerja tersebut diatas dapat terjadi sewaktu – waktu, untuk itu perlu direncanakan bagaimana penanganggulangan yang dilakukan terhadap setiap gangguan tersebut.

2.3.3 Tinggi Tekan Pompa

Selama perencanaan sistem pemompaan ada sejumlah elemen yang harus diperhatikan tanpa memandang kelas dan jenis pompa apa yang dipilih untuk instalasi tersebut. Elemen ini termasuk tinggi tekan (*head*), kapasitas, sifat cairan yang dipompakan, pemipaan, penggerak dan ekonomi. Jadi, secara umum, pembahasan salah satu faktor ini sama-sama berlaku untuk pompa sentrifugal, rotari atau torak. Dengan demikian, tinggi tekan pompa biasanya tidak akan diubah oleh kelas unit yang dipilih. Beberapa perkecualian yang timbul umumnya terbatas pada jenis pompa tertentu dan akan ditunjukkan nanti.

Yang kadang-kadang dilalaikan selama perencanaan sisten adalah konsep penting ekonomi desain yang bermula dari proyek dan berkelanjutan selama pemakaiannya. Misalnya pengkajian tentang kondisi tinggi tekan dan lokasi pompa dapat menghasilkan penghematan daya yang berharga dalam periode yang lama tanpa memperbesar harga awal proyek tersebut. Pemilihan ukuran pipa yang bijak, yang didasarkan pada beban yang dapat ditaksir atau beban masa mendatang yang dihitung, adalah contoh lain tentang bagaimana perencanaan pendesainan dapat dilaksanakan untuk mengimbanginya dalam bentuk keekonomian operasi. Jadi sementara bab ini membahas tinggi tekan (*head*) pada pompa, ditinjau juga dari segi hidraulik praktis, juga diperhatikan bagaimana persiapan pemilihan dapat mempengaruhi keseluruhan instalasi.

2.4 Kompresor

Kompresor adalah mesin atau alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan atau memampatkan fluida gas atau udara. Kompresor biasanya menggunakan motor listrik, mesin diesel atau mesin bensin sebagai tenaga penggeraknya. Udara bertekanan hasil dari kompresor biasanya diaplikasikan atau digunakan pada pengecatan dengan teknik spray/ air brush, untuk mengisi angin ban, pembersihan, pneumatik, gerinda udara (airgerinder)danlainsebagainya.

Prinsip kerja kompresor dapat dilihat mirip dengan paru-paru manusia. Misalnya ketika seorang mengambil napas dalam – dalam untuk meniup api lilin, maka ia akan meningkatkan tekanan udara di dalam paru-paru, sehingga

menghasilkan udara bertekanan yang kemudian digunakan atau dihembuskan untuk meniup api lilin tersebut.

2.4.1 Jenis-Jenis Kompresor

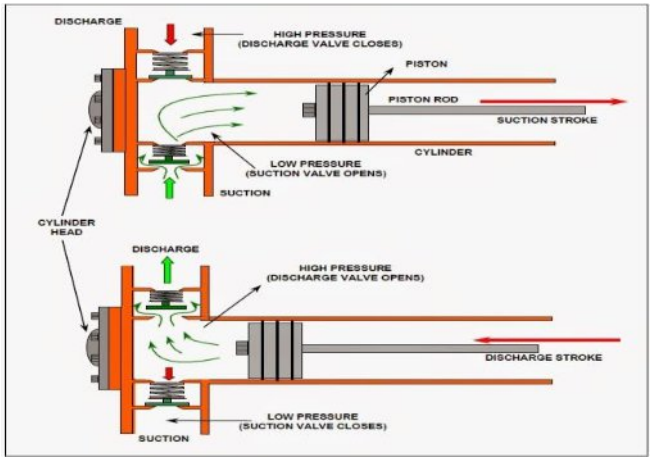
a. Kompresor Perpindahan Positif

Kompresor perpindahan positif dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu kompresor piston (reciprocating compressor) dan kompresor putar (rotary).

- **Kompresor piston/torak (Reciprocating)**

1) Kompresor Piston Kerja tunggal

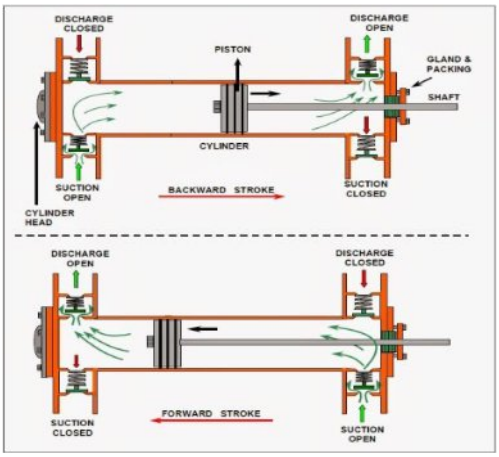
Kompresor piston kerja tunggal adalah kompresor yang memanfaatkan perpindahan piston, kompresor jenis ini menggunakan piston yang didorong oleh poros engkol (crankshaft) untuk memampatkan udara/ gas. Udara akan masuk ke silinder kompresi ketika piston bergerak pada posisi awal dan udara akan keluar saat piston/torak bergerak pada posisi akhir/depan.



Gambar 14. Kompresor piston/torak (*Reciprocating*)

2) Kompresor Piston Kerja ganda

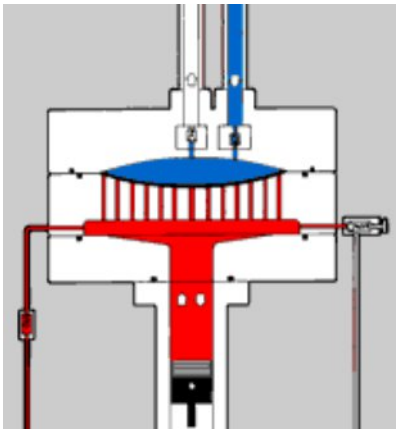
Kompresor piston kerja ganda beroperasi sama persis dengan kerja tunggal, hanya saja yang menjadi perbedaan adalah pada kompresor kerja ganda, silinder kompresi memiliki port inlet dan outlet pada kedua sisinya. Sehingga meningkatkan kinerja kompresor dan menghasilkan udara bertekanan yang lebih tinggi dari pada kerja tunggal.



Gambar 15. Kompresor piston kerja ganda

3) Kompresor Diafragma

Kompresor diafragma adalah jenis klasik dari kompresor piston, dan mempunyai kesamaan dengan kompresor piston, hanya yang membedakan adalah, jika pada kompresor piston menggunakan piston untuk memampatkan udara, pada kompresor diafragma menggunakan membran fleksible atau difragma.

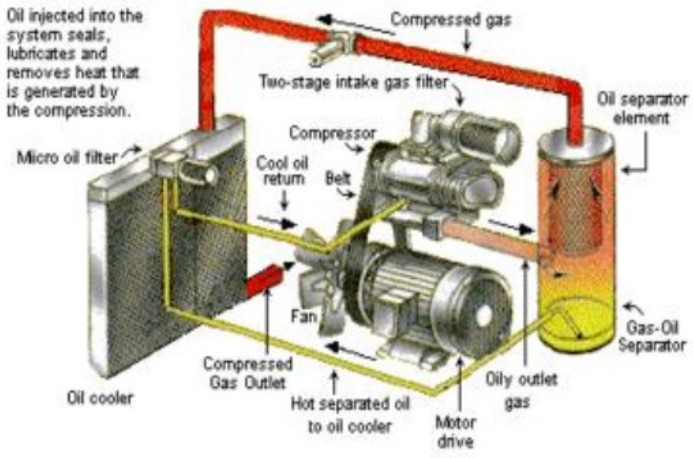


Gambar 16. Kompresor diafragma

- **Kompresor putar (*Rotary*)**

1) Kompresor Screw (*Rotary Screw Compressor*)

Kompresor screw merupakan jenis kompresor dengan mekanisme putar perpindahan positif, yang umumnya digunakan untuk mengganti kompresor piston, bila diperlukan udara bertekanan tinggi dengan volume yang lebih besar.



Gambar 17. Kompresor putar (*Rotary*)

2) Lobe

3) Vane

4) Liquid Ring

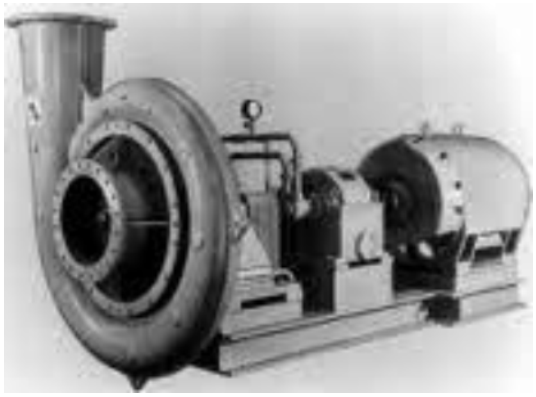
5) Scrol

b. Kompresor Dinamis

Kompresor dinamis dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kompresor sentrifugal dan kompresor aksial.

- **Kompresor Sentrifugal**

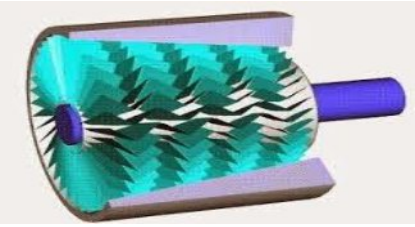
  Kompresor sentrifugal merupakan kompresor yang memanfaatkan gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh impeller untuk mempercepat aliran fluida udara (gaya kinetik), yang kemudian diubah menjadi peningkatan potensi tekanan (menjadi gaya tekan) dengan memperlambat aliran melalui diffuser.



Gambar 18. Kompresor Sentrifugal

- **Kompresor Aksial**

  Kompresor aksial adalah kompresor yang berputar dinamis yang menggunakan serangkaian kipas *air foil* untuk semakin menekan aliran fluida. Aliran udara yang masuk akan mengalir keluar dengan cepat tanpa perlu dilemparkan ke samping seperti yang dilakukan kompresor sentrifugal. Kompresor aksial secara luas digunakan dalam turbin gas/udara seperti mesin jet, mesin kapal kecepatan tinggi, dan pembangkit listrik skala kecil.



Gambar 19. Kompresor Aksial

2.5 Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar kalor (Heat Exchanger) yang berfungsi mengkondensasikan uap bekas dari turbin menjadi air (air kondensat). Selanjutnya air tersebut disirkulasikan kembali keboiler untuk diproses kembali menjadi uap. Condensor dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Direct Contact Condensor/Jet Condensor

   Prinsipnya mencampur uap dan air pendingin yang di sprey kan dalam satu tabung sehingga terbentuk air kondensate dan biasanya campuran air yang terbentuk diinjeksikan lagi keperut bumi untuk menjaga kelestarian alam. Direct-contact atau open condenser digunakan pada beberapa kasus khusus seperti Geothermal power plant, Pada power plant yang menggunakan perbedaan temperatur di air laut (OTEC)

2. Surface Condensor

   Prinsip kerja surface condenser Steam masuk ke dalam shell kondensor melalui steam inlet connection pada bagian atas kondensor. Steam kemudian bersinggungan dengan tube kondensor yang bertemperatur rendah sehingga temperatur steam turun dan terkondensasi,

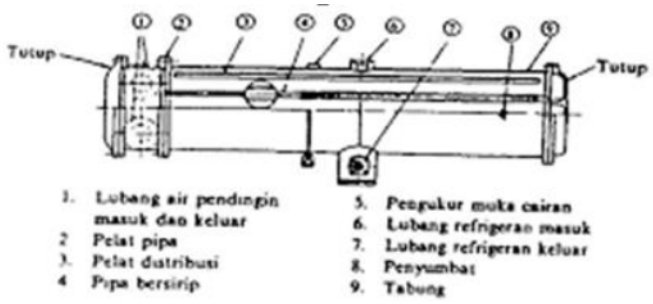
menghasilkan kondensat yang terkumpul pada hotwell. Temperatur rendah pada tube dijaga dengan cara mensirkulasikan air yang menyerap kalor dari steam pada proses kondensasi. Kondensat yang terkumpul di hotwell kemudian dipindahkan dari kondensor dengan menggunakan pompa kondensat ke exhaust kondensat.

Ketika meninggalkan kondensor, hampir keseluruhan steam telah terkondensasi kecuali bagian yang jenuh dari udara yang ada di dalam sistem. Udara yang ada di dalam sistem secara umum timbul akibat adanya kebocoran pada perpipaan, shaft seal, katup-katup, dan sebagainya. Udara dijenuhkan oleh uap air, kemudian melewati air cooling section dimana campuran antara uap dan udara didinginkan untuk selanjutnya dibuang dari kondensor dengan menggunakan air ejectors yang berfungsi untuk mempertahankan vacuum di kondensor.

Untuk menghilangkan udara yang terlarut dalm kondensat akibat adanya udara di kondensor, dilakukan de-aeration. De-aeration dilakukan di kondensor dengan memanaskan kondensat dengan steam agar udara yang terlalut pada kondensat akan menguap. Udara kemudian ditarik ke air cooling section dengan memanfaatkan tekanan rendah yang terjadi pada air cooling section. Air ejector kemudian akan memindahkan udara dari sistem. Pada Surface Condensor terdapat 2 jenis, yaitu :

a. Horizontal Kondensor

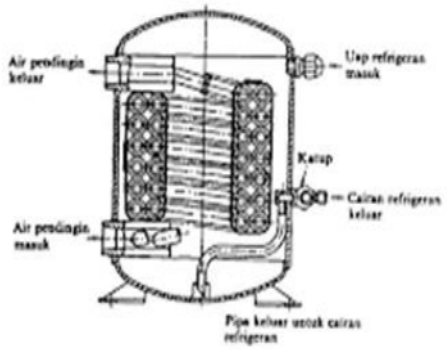
Air pendingin masuk konddensor melalui bagian bawah, kemudian masuk ke dalam pipa-pipa pendingin dan keluar pada bagian atas Sedangkan arus panas masuk lewat bagian tengah kondenser dan keluar sebagai kondensat pada bagian bawah kondensor.



Gambar 20. Penampung Horizontal kondensor

b. Vertical Kondensor

Air pendingin masuk kondensor melalui bagian bawah, kemudian masuk ke dalam pipa-pipa pendingin dan keluar pada bagian atas Sedangkan arus panas masuk lewat bagian atas kondenser dan keluar sebagai kondensat pada bagian bawah kondensor.



Gambar 21. Penampung Vertikal Kondensor

Fungsi Utama Kondensor

- Merubah uap bekas dari turbin menjadi air embun.
- Dengan vakum kondensor yang bagus, maka efisiensi turbin bagus.
- Menampung dan mengontrol air kondensat.
- Mengeluarkan udara atau gas yang tidak terkondensasi.

2.6 Boiler

Boiler merupakan mesin kalor (*thermal engineering*) yang mentransfer energi-energi kimia atau energi otomis menjadi kerja (usaha) (Muin 1988 : 28). Boiler atau ketel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan steam. Steam diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar (Yohana dan Askhabulyamin 2009: 13). Boiler mengubah energi-energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Boiler dirancang untuk melakukan atau memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, yang biasanya berupa pembakaran bahan bakar.

Sistem boiler terdiri dari: sistem air umpan (feed water system), sistem steam (steam system) dan sistem bahan bakar (fuel system). Sistem air

umpan (feed water system) menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam.Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem steam (steam sistem) mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistempemipaan ke titik pengguna.

Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakankran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar (fuel sistem) adalah semuaperalatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yangdibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahanbakar yang digunakan pada sistem.

Boiler berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengkonversikan energi kimia (potensial) dari bahan bakar menjadi energi panas. Boiler terdiri dari 2 komponen utama, yaitu:

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

Kedua komponen tersebut dia atas telah dapat untuk memungkinkan sebuah boiler untuk berfungsi.

Boiler pada dasarnya terdiri dari bumbungan (drum) yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Banyak orang mengklasifikasikan ketel uap tergantung kepada sudut pandang masing-masing (Muin 1988 : 8).

Penggunaan Boiler

Dengan sebuah boiler atau pembangkit uap energi bahan bakar dapat diubah menjadi energi uap yang dapat dimanfaatkan. Pada boiler yang menggunakan bahan bakar biasanya terjadi banyak kehilangan panas. Tidak dapat disangkal lagi bahwa monitoring secara berkala dan menjaga boiler beroperasi pada tingkat efisiensi yang optimal adalah penting sekali. Berikut ini hal yang perlu diperhatikan pada pengoperasian boiler :

a. Air Umpan Boiler

   Dari segi pengelolaan energi, pemurnian air adalah hal yang sangat penting pada boiler. Hal ini dikarenakan padatan yang terlarut cenderung untuk mengendap pada dasar dan dinding boiler yang selanjutnya

mengakibatkan turunnya efisiensi operasi boiler. Dua sumber air umpan adalah:

- Kondensat atau steam yang mengembun yang dikembalikan dari proses.
- Air makeup (air baku yang sudah diolah) yang harus diumpankan dari luar ruang boiler danplant proses

b. Tangki Air Pengisi Boiler

Merupakan bagian yang integral dari suatu instalasi boiler dan harus dapat menampung setiap kondensat tanpa kehilangan uap yang akan menurunkan beban boiler. Tangki tersebut haruslah selalu dipasangi dengan suatu tutup untuk menekan kehilangan panas permukaan dan tangki dengan ukuran yang besar haruslah sepenuhnya diberi isolasi.

c. Pemanfaatan Kembali Panas Air Buangan

Pada beberapa instalasi, pengeluaran sebagian air boiler dilakukan secara teratur selama operasi boiler berjalan normal. Ini di maksudkan untuk membuang endapan dari boiler yang besar, untuk menjaga daya hantar boiler atau untuk membuang uap dari *autoclave* dan dari proses siklus yang lain. Air dan uap yang dibuang melalui pembuangan boiler (*blowdown*) mengandung panas yang dapat dimanfaatkan kembali dan seharusnya bisa digunakan untuk pemanasan pendahuluan air umpan boiler (*feed water*)atau air untuk proses dengan menggunakan penukar panas (*heat exchanger*)

d. Tekanan Operasi

Pada setiap sistem uap, tekanan menentukan suhu dan suhu menentukan panas yang hilang dari sistem. Disamping itu bila uap bertekanan tinggi digunakan untuk proses bertekanan rendah, timbul panas lanjut (*superheat*) yang mungkin tidak diinginkan untuk proses tersebut. Berdasarkan hal-hal tersebut diatas, maka boiler tidak boleh dioperasikan pada tekanan yang jauh lebih besar dari tekanan tertinggi proses. Dan tekanan proses haruslah tidak melebih besarnya tekanan yang diperlukan untuk melaksanakan proses tersebut. Dalam beberapa hal mungkin lebih baik bila dipergunakan beberapa boiler yang dapat dioperasikan sendiri-sendiri atau paralel bersamaan, manakala proses-proses yang dilaksanakan memerlukan berbagai tekanan yang amat berbeda.

e. Panas Hilang Awal Operasi

Untuk suatu operasi, ada boiler yang berukuran besar dan ada juga yang berukuran kecil. perbedaan ukuran terletak pada banyaknya air yang disimpan didalam drum boiler. Boiler bahan bakar umunya berukuran besar karena membutuhkan permukaan luas yang kontak dengan nyala api. Boiler listrik, sebaliknya cenderung berukuran kecil karena elemen pemanasnya bentuknya sangat kompak dan membutuhkan hanya sedikit air untuk bisa tercelup total.

Keuntungan boiler berukuran besar ialah kapasitasnya besar untuk menghasilkan uap dengan sedikit penurunan tekanan (*flash off steam*), dan karenanya cocok untuk penyediaan kebutuhan besar yang 7tiba-tiba. Dalam beberapa macam pemakaian, hal ini merupakan suatu karakteristik yang menguntungkan, namun ketel uap ini juga mempunyai kelemahan, karena ketel uap ini membutuhkan waktu dan energi yang banyak untuk mencapai tekanan operasi sejak mulai dipanaskan.

Untuk sistem kerja yang menggunakan satu atau dua gilir tenaga kerja, energi yang dibutuhkan untuk *star up* umumnya dianggap sebagai panas yang hilang, karena pada malam hari panas ini biasanya hilang begitu saja. Waktu yang dibutuhkan untuk *star up* berkisar antara 5 menit sampai 2 jam.

f. Penyimpanan Uap

Suatu alternatif yang lebih baik yang sering diterapkan pengganti boiler besar ialah pemasangan suatu boiler yang lebih kecil yang dihubungkan dengan suatu penyimpanan uap. Meskipun cara ini mengakibatkan naiknya total untuk biaya instalasi tersebut, tetapi cara ini mempunyai kombinasi keuntungan dari waktu *star up* yang cepat dan kesiapan tersedianya panas setiap uap diperlukan.

g. Panas Hilang Boiler Uap Saat Tanpa Beban

Merupakan hal yang biasa bahwa boiler dibiarkan beroperasi untuk waktu yang lama tanpa adanya beban yang berarti. Selama waktu ini terjad panas hilang yang cukup banyak. Sebagai contoh misalnya pada pembersihan kering pabrik dimana boiler dioperasikan sepanjang hari untuk jam operasi ternyata yang terpakai hanya dua atau tiga jam saja.

Dengan jadwal kerja yang terencana, bisa saja pemakaian uap dibatasi untuk beberapa jam yang perlu saja dan selanjutnya boiler bisa dimatikan. Bahkan waktu istirahat makan siang, adalah lebih ekonomis bila katup boiler ditutup dan pemanas boiler dimatikan saja. Pemasangan boiler tepat di tempat-tempat proses, mempermudah cara mematikan boiler tersebut apabila proses yang berkenaan tidak lagi memerlukan uap.

h. Efisiensi Pembakaran dan Kelebihan Udara

Pada boiler listrik, semua energi yang disuplay diteruskan ke air, tetapi pada ketel uap bahan bakar 20% atau lebih dari energi yang diberikan bahan bakar terbuang melalui gas buang boiler (*flue gas*). Sayangnya, gas buang ini merupakan suatu ketentuan dasar tercapainya pembakaran yang baik. Umumnya diperlukan suplay udara yang berlebih, sekitar 10% untuk gas, 20% untuk bahan bakar minyak dan 40% bahan bakar padat guna mencapai pembakaran bahan bakar yang komplit. Dan hal ini diukur sebagai persentase CO_2 didalam gas buang. Efisiensi maksimum harus dicapai dengan suhu minimum gas buang sekitar 200 – 250 °C, suhu yang selalu diatas titik embun, guna mengurangi terjadinya korosi.

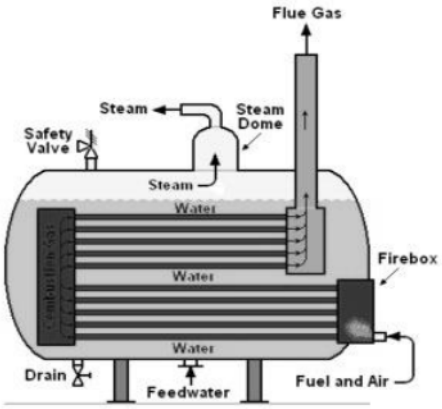
Jenis-Jenis Boiler

Bagian ini menerangkan tentang berbagi jenis boiler: Fire tube boiler, Water tube boiler, Paket boiler, Fluidized bed combustion boiler, Atmospheric fluidized bed combustion boiler, Pressurized fluidized bed combustion boiler, Circulating fluidized bed combustion boiler, Stoker fired boiler, Pulverized fuel boiler, Boiler pemanas limbah (Waste heat boiler) dan Pemanas fluida termis.

1. *Fire Tube Boiler* (Boiler Pipa Api)

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/cm2. 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.



Gambar 22. *Fire Tube Boiler* (Boiler Pipa Api)

Boiler jenis ini pada bagian tubenya dialiri dengan gas pembakaran dan bagian lainnya yaitu sell dialiri air yang akan diuapkan. Tube-tubenya 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 (Raharjo dan Karnowo 2008: 180). Konstruksi boiler pipa api terdiri dari sebuah silinder atau tangki berisi air dimana didalam tangki tersebut terdapat susunan *tube* yang dialiri oleh gas asap. Pipa *tube* ini merupakan pengembangan ketel uap lorong api dengan pengembangan sebagai berikut :

- Volume kecil (isi air ketel)
- Luas bidang pemanas dapat diusahakan lebih besar
- Ruang aliran gas asap dapat diusahakan lebih besar sehingga aliran gas asap tidak cepat keluar dari ketel uap.

Dalam perancangan boiler ada beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan agar boiler yang direncanakan dapat bekerja dengan baik

sesuai dengan yang kebutuhan. Faktor yang mendasari pemilihan jenis boiler adalah sebagai berikut:

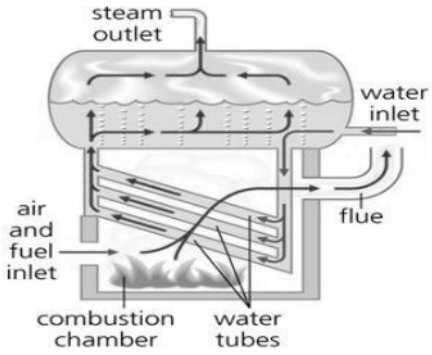
a. Kapasitas yang digunakan.
b. Kondisi uap yang dibutuhkan.
c. Bahan bakar yang dibutuhkan.
d. Konstruksi yang sederhana.

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

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 – 12.000 kg/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. 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

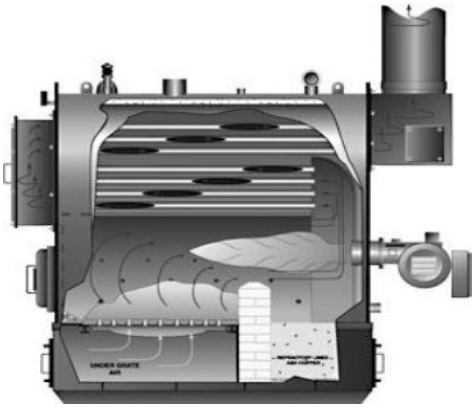


Gambar 23. *Water Tube Boiler* (Boiler Pipa Air)

3. *Packaged Boiler* (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 Paket Boiler adalah :

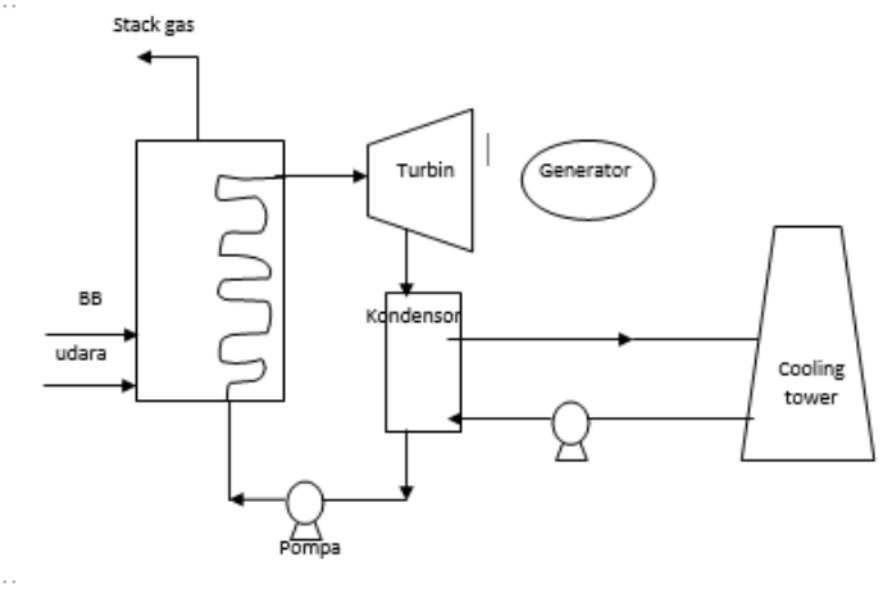
1) Kecilnya ruang pembakaran dan tingginya panas yang dilepas menghasilkan penguapan yang lebih cepat
2) Banyaknya jumlah pipa yang berdiameter kecil membuatnya memiliki perpindahan panas konveksi yang baik
3) Sistem forced atau induced draft menghasilkan efisiensi pembakaran yang baik
4) Sejumlah lintasan/pass menghasilkan perpindahan panas keseluruhan yang lebih baik.
5) Tingkat efisiensi thermisnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan boiler lainnya.



Gambar 24. *Packaged Boiler* (Paket Boiler)

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.

2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Uap



Gambar 25. Komponen-komponen Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap secara terus menerus mengubah energi yang ada didalam bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, gas alam) atau bahan bakar fisi (uranium, thorium) dalam bentuk poros kerja dan akhirnya menjadi energi listrik. Kinerja fluida adalah air yang sewaktu-waktu berada pada fasa cair dan sewaktu-waktu pada fasa uap selama siklus beroperasi. Komponen-komponen pada pembangkit listrik tenaga uap tersebut dapat dilihat pada Gambar .

Sistem kerja PLTU menggunakan bahan bakar minyak residu/MFO (soalr) dan gas alam. Kelebihan dari PLTU adalah daya yang dihasilkan sangat besar. Konsumsi energi pada peralatan PLTU bersumber dari putaran turbin uap. PLTU adalah suatu pembangkit yang menggunakan uap sebagai penggerak utama (*prime mover*). Untuk menghasilkan uap, maka haruslah ada proses pembakaran untuk memanaskan air. PLTU merupakan suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang mengkonversikan energi kimia menjadi energi listrik dengan menggunakan uap air sebagai fluida kerjanya, yaitu dengan memanfaatkan energi kinetik uap untuk menggerakkan proses sudu-sudu turbin menggerakkan poros turbin, untuk selanjutnya poros turbin menggerakkan generator yang kemudian dibangkitkannya energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan akan menyuplai alat-alat yang disebut beban.

Prinsip Kerja PLTU

Prinsip kerja dari PLTU adalah dengan menggunakan siklus air-uap-air yang merupakan suatu sistem tertutup air dari kondensat atau air dari hasil proses pengondensasian di kondensor dan air *make up water* (air yang dimurnikan) dipompa oleh *condensat pump* ke pemanas tekanan rendah. Disini air dipanasi kemudian dimasukkan oleh daerator untuk menghilangkan oksigen, kemudian air ini dipompa oleh *boiler feed water pump* masuk ke *economizer*. Dari *economizer* yang selanjutnya dialirkan ke pipa untuk dipanaskan pada *tube boiler.*

Pada *tube*, air dipanasi berbentuk uap air. Uap air ini dikumpulkan kembali pada *steam drum*, kemudian dipanaskan lebih lanjut pada *superheater* sudah berubah menjadi uap kering yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi, dan selanjutnya uap ini digunakan untuk menggerakkan sudu turbin tekanan tinggi, untuk sudu turbin menggerakkan poros turbin. Hasil dari putaran poros turbin kemudian memutar poros generator yang dihubungkan dengan *coupling*, dari putaran ini dihasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan dari generator disalurkan dan didistribusikan lebih lanjut ke pelanggan. Uap bebas dari turbin selanjutnya dikondensasikan dari kondensor dan bersama air dari *make up water pump* dipompa lagi oleh pompa kondensat masuk ke pemanas tekanan rendah, daerator, *boiler feed water pump*, pemanas tekanan tinggi, *economizer*, dan akhirnya menuju boiler untuk dipanaskan menjadi uap lagi. Proses ini akan terjadi berulang-ulang.

Siklus Rankine

Siklus Rankine adalah siklus termodinamika yang mengubah panas menjadi kerja. Panas yang disuplai secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida bergerak. Pada *steam boiler*, ini akan menjadi reversible tekanan konstan pada proses pemanasan air untuk menjadi uap air, lalu pada turbin proses ideal akan menjadi reversible ekspansi adiabatik dari uap, pada kondenser akan menjadi reversible tekanan konstan dari panas uap kondensasi yang masih *saturated liquid* dan pada proses ideal dari pompa akan terjadi reversible kompresi adiabatik pada cairan akhir dengan mengetahui tekanannya.

Ini adalah siklus reversible, yaitu keempat proses tersebut terjadi secara ideal yang biasa disebut Siklus Rankine. Salah satu peralatan yang sangat penting di dalam suatu pembangkit tenaga listrik adalah Boiler (Steam Generator) atau yang biasanya disebut ketel uap. Alat ini merupakan alat penukar kalor, dimana energi panas yang dihasilkan dari pembakaran diubah menjadi energi potensial yang berupa uap. Uap yang mempunyai tekanan dan temperatur tinggi inilah yang nantinya digunakan sebagai media penggerak utama Turbin Uap. Energi panas diperoleh dengan jalan pembakaran bahan bakar di ruang bakar.

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.

2.8 Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah minyak goreng yang digunakan berulang kali untuk menggoreng, dan biasanya berwarna menjadi kehitaman. Menggunakan minyak jelantah untuk menggoreng berbahaya bagi kesehatan. Penggunaan minyak goreng secara berulang merupakan hal yang biasa ditemukan pada warung-warung atau pedagang kaki lima untuk menggoreng dagangannya, misalnya pedagang gorengan, tahu, ayam goreng, dan lain-lain. Untuk membedakan minyak jelantah dengan minyak yang layak dikonsumsi anda lihat saja pada saat pedagang menggoreng dagangannya, kalau minyaknya sudah hitam, pasti mereka menggunakan minyak jelantah. Asal minyak jelantah bisa saja merupakan minyak sisa menggoreng sebelumnya atau bahkan sekarang ini banyak dijual minyak goreng bekas. Misalnya, minyak bekas penggorengan dari rumah makan cepat saji. Setelah melalui pengolahan, misalnya mencampurkannya

dengan kaporit, maka minyak jelantah tersebut akan menjadi bening kembali dan siap untuk dijual. Penggunaan minyak jelantah jelas sangat tidak baik untuk kesehatan. Seharusnya minyak goreng yang digunakan untuk menggoreng ikan atau makanan yang lainnnya tidak boleh melebihi sampai tiga kali penggorengan. Karena setiap dipakai minyak akan mengalami penurunan mutu.

Kadar lemak tak jenuh dan Vitamin A, D, E, dan K yang terdapat di minyak semakin lama akan semakin berkurang. Dan yang tersisa tinggal asam lemak jenuh yang dapat menyebabkan penyakit seperti jantung koroner dan stroke. Beberapa penelitian menyatakan bahwa minyak jelantah mengandung senyawa karsinogenik yang dapat menyebabkan penyakit kanker. Minyak goreng yang belum digunakan tersusun atas asam lemak tidak jenuh atau asam lemak yang mengandung ikatan rangkap. Derajat ketidak jenuhan minyak berkurang seiring bertambahnya suhu bahkan pemanasan dapat menyebabkan rantai-rantai asam lemak putus menjadi radikal-radikal bebas yang berbahaya bagi kesehatan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pemanasan pada minyak (yang belum digunakan) selama 30 menit dengan suhu di atas 125 derajat celcius dapat menyebabkan munculnya senyawa-senyawa baru yang beracun bagi tubuh dari pemutusan rantai-rantai asam lemak. Salah satu senyawa yang beracun yaitu trans 2-hidroksil oktenal (HNE). Senyawa ini sangat berbahaya karena mudah diserap oleh tubuh dan bersifar racun (toksit) terhadap biomolekul-biomolekul di dalam tubuh seperti DNA dan protein. selain itu pemanasan terus menerus terhadapat minyak dapat menghasilkan pula beberapa senyawa lain yang bersifat toksit terhadap tubuh yakni 4-hifroksihekseksal, 4-hidroksioktenal dan hepta 2,4-dienal.

Bahaya minyak jelantah

Meski sebenarnya minyak jelantah dapat diolah kembali melalui proses filterisasi, sehingga warnanya kembali jernih dan seolah seperti minyak goreng baru, namun kandungannya tetap mengalami kerusakan sehingga tidak baik bagi tubuh. Ketika orang mengkonsumsi jenis minyak ini, maka dapat berpengaruh pada munculnya asam lemak trans yang akan mempengaruhi HDL kolesterol, LDL kolesterol serta total kolesterol yang merupakan sistem metabolisme darah dan ini terjadi lewat sebuah proses tahapan berupa penumpukan yakni

penyumbatan pembuluh darah yang pada akhirnya berujung pada penyakit jantung. Minyak jelantah memiliki kandungan peroksida yang tinggi, hal ini bisa terjadi salah satunya disebabkan oleh pemanasan yang melebihi standar. Standar proses penggorengan normalnya berada dalam kisaran suhu 177 - 221 derajat celcius. Sedangkan kebanyakan orang justru menggunakan minyak goreng pada suhu antara 200-300 derajat celcius. Pada suhu seperti ini, ikatan rangkap pada asam lemak tak jenuh rusak kemudian akan teroksidasi, membentuk gugus peroksida dan monomer siklik, sehingga yang tersisa adalah asam lemak jenuh saja. Dalam hal ini, resiko terhadap meningkatnya kolesterol darah tentu akan semakin tinggi.

Minyak goreng yang telah digunakan, akan mengalami beberapa reaksi yang menurunkan kadar mutunya. Pada suhu pemanasan, akan membentuk akrolein, yakni sejenis aldehid yang dapat menimbulkan rasa gatal pada tenggorokan. Minyak goreng sisa atau lebih dikenal dengan minyak jelantah ini telah mengalami penguraian molekul-molekul, sehingga titik asapnya turun drastis. Karena jelantah itu mudah mengalami oksidasi, maka jika disimpan akan cepat berbau tengik. Selain itu, jelantah juga disukai jamur aflatoksin sebagai tempat berkembangbiak. Jamur ini menghasilkan racun aflatoksin yang dapat menyebabkan berbagai penyakit, terutama pada hati atau liver. Minyak jelantah jika ditinjau dari komposisi kimianya, mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik penyebab kanker.

2.9 Kerosin

Merupakan praksi yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak bumi baik secara fisika maupun kimia, kerosin digunakan untuk lampu dan bahan bakar rumah tangga. Dalam penggunaannya kerosin harus memiliki persyaratan seperti density rendah, flash point yang lebih tinggi dari pada gasoline, warna yang stabil, bebas bau, bebas dari aromate yang dapat terbakar yang menghasilkan nyala yang berjelaga, kandungan sulfur rendah, dan mempunyai sifa-sifat lain yang dapat terbakar oleh lampu, kerosin mempunyai titik didih 175 - 275˚C (350 - 525˚F) dengan density 15˚C sekitar 795 kg/m3 serta mempunyai flash point abel 39˚C - 43˚C.

Komposisi Kerosin

a. Komponen hidrokarbon

Kerosin (eko Budiono.1995) adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar. Dia diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada 150˚C dan 275˚C (rantai karbon dari C_{12} sampai C_{15}). Komposisi utama kerosin adalah paraffin, cycloakanes (naptha) serta senyawa aromatic. Paraffin adalah komposisi terbesar. Kerosin tersusun sekurang-kurangnya atas 12 karbon tiap molekul. Unsure pokok kerosin terutama sebagai hidrokarbon jenuh yang terdiri atas tetrahidronaftalin dan disikloparafin. Sifat dari paraffin adalah tingkat kesttabilan yang tinggi pada suhu kamar tidak dapat bereaksi dengan asam sulfat, alkali pekat, asam nitrat bahkan asam kromat yang sangat oksidatif, kecuali yang mengandung atom karbon tersier.

b. Komponen non-hidrokarbon

Selain komponen hidrokarbon yang terdapat dalam kerosin, juga terdapat komponen non-hidrokarbon yang dapat menurunkan kualitas dan minyak. Sejumlah kecil senyawaan hidrokarbon tersebut diantaranya adalah senyawa-senyawa sulfur/belerang, nitrogen, garam-garam anorganik.

Sulfur merupakan senyawa kompleks yang tidak stabil terhadap suhu dan dalam minyak umumnya sangat kerosif dan berbau. Beberapa jenis senyawaan sulfur yang terdapat dalam minyak diantaranya adalah :

- Hidrogen sulfide
- Merkaptan
- Alkil sulfat

Senyawa nitrogen relative stabil terhadap pengaruh panas sehingga sedikit sekali ditemukan pada minyak hasil dari distilasi namun sangat berpengaruh terhadap mutu produk seperti mestabilan warna produk.beberapa senyawaan nitrogen diantaranya adalah:

- Pyridine
- Quinoline

Umumnya air yang terkandung didalam minyak mengandung senyawaan logam berupa garam-garam anorganik yang terlarut, yang terdiri dari garam-garam klorida dan sulfat dari K, Na, Mg, dan Ca.pengendapan garam-garam tersebut dapat menyebabkan tersumbatnya alat-alat penukar panas pada heat exchanger dan kondensor (PT.Pertamina.2008.kimia minyak bumi dan HC. Plaju:refinery unit III)

Tabel 1. Spesifikasi Kerosin

Sifat	Limited	
	Min	Max
Specific grafity at 60/60˚F	-	0,835
Colour lowbond 18 cell or	-	2,5
Color saybolt	9	-
Smoke point (mm)	16	-
Char Value (mg/kg)	-	40
HHV (kkal/kg)	10090	11538

Sumber : wikipedia.org

2.10 Perhitungan Efisiensi Termal *Fire Tube Boiler*

Efisiensi termal *fire tube boiler* meningkat bila persentase panas yang dipindahkan ke stok atau beban diabgian dalam boiler meningkat. Efisiensi boiler dapat dihitung dengan dua cara, sama halnya dengan furnace : metoda langsung dan metoda tidak langsung. (*Sumber :www.energyefficiencyasia.com*).

a. Metoda Langsung

Efisiensi termal *fire tube boiler* dapat ditentukan dengan mengukur jumlah panas yang diserap oleh air umpan boiler dan membaginya dengan jumlah total bahan bakar yang dipakai.

$$\eta \text{ termal } \textit{fire tube boiler} = \frac{Q\ Steam}{Q\ Bahan\ Bakar} \times 100$$

(*Sumber :www.energyefficiencyasia.com*)

Jumlah panas (Q) yang akan dipindahkan ke bahan baku dapat dihitung dengan persamaan :

$Q = m \times Cp \times (T_2 - T_1)$ (*Sumber : Hougen, 1943*)

Dimana :

Q = Panas Bahan Baku (kkal)

m = Massa Bahan Baku (kg)

C_p = Panas Jenis Bahan Baku Rata-rata (kkal/kg^{o}C)

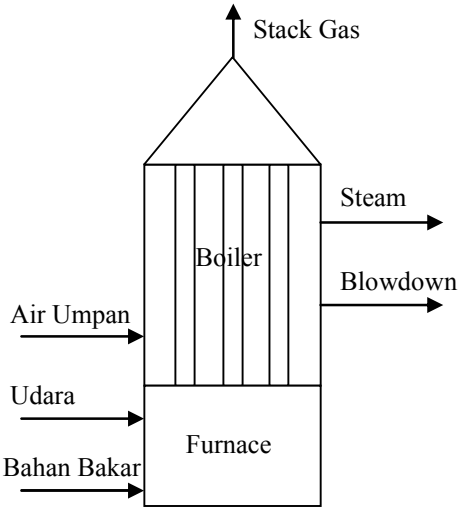
T_2 = Suhu Akhir Bahan Baku (^{o}C)

T_1 = Suhu Awal Bahan Baku (^{o}C)

b. Metoda Tidak Langsung

Efisiensi termal *fire tube boiler* dapat juga dihitung melalui metode tidak langsung langsung, hampir sama dengan evaluasi efisiensi boiler. Diagram dan cara untuk menghitung efisiensi *fire tube boiler* dengan metoda tidak langsung dapat dilihat pada gambar 26.

- **Diagram Neraca Massa *Fire Tube Boiler***



Gambar 26. Diagram Neraca Massa *Fire Tube Boiler*

1) Menghitung Massa Input

a) Menghitung massa bahan bakar yang digunakan

b) Menghitung massa udara yang disuplai

c) Menghitung massa air umpan boiler

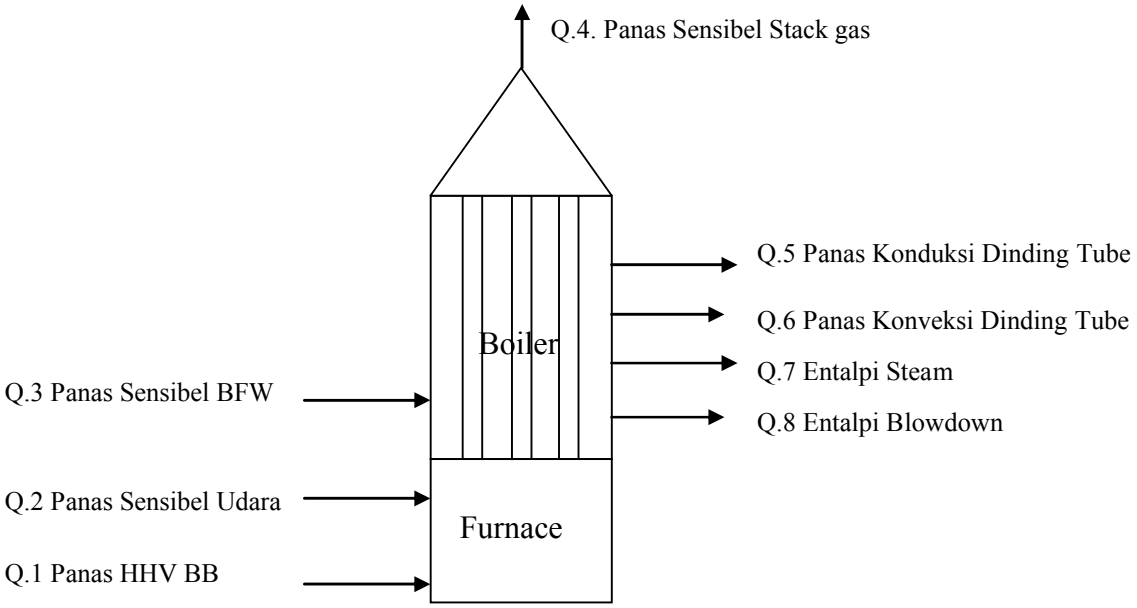
2) Menghitung Massa Output

a) Menghitung massa stack gas

b) Menghitung massa steam

c) Menghitung massa blowdown

- **Diagram Neraca Panas *Fire Tube Boiler***



Gambar 27. Diagram Neraca Panas *Fire Tube Boiler*

1) Menghitung Panas Masuk

a) Menghitung Panas dari HHV Bahan bakar campuran

Q = HHV BB campuran (kkal/kg) × massa BB (kg) (*Hougen, 1943*)

b) Menghitung Panas Sensibel Udara

$Q = n \times Cp \times (T_2 - T_1)$ (*Hougen, 1943*)

Keterangan :

n = Mol Udara (kmol)

Cp = Kapasitas Panas Udara (kkal/kmol^oC)

T_1 = Temperatur Referen (K)

T_2 = Temperatur Udara Masuk (K)

c) Menghitung Panas Sensibel Air Umpan

$Q = n \times Cp \times (T_2 - T_1)$ (*Hougen, 1943*)

Keterangan :

n = Mol air (kmol)

Cp = Kapasitas Panas Air (kkal/kmol^oC)

T_1 = Temperatur Referen (K)

T_2 = Temperatur Air Masuk (K)

2) Menghitung Panas Keluar

a) Menghitung Panas Sensibel Stack Gas

$Q = n \times Cp \times (T_2 - T_1)$ (*Hougen, 1943*)

Keterangan :

n = Mol stack gas (kmol)

Cp = Kapasitas Panas flue gas (kkal/kmol^oC)

T_1 = Temperatur Referen (K)

T_2 = Temperatur flue gas (K)

b) Menghitung Panas Konduksi Dinding Tube

$Q = \frac{(t1-t2)}{\sum R}$ (*JP. Holman, 1994*)

Keterangan :

Q = Panas Konduksi Dinding Tube (kkal)

T_1 = Temperatur Dinding Dalam Tube (^oC)

T_2 = Temperatur Dinding Luar Tube (^oC)

$\sum R$ = Total Tahanan Termal pada Bahan ($R_1 + R_2 + R_3$)

R_1 = Tahanan Termal Karbon Steel

R_2 = Tahanan Termal Glass Wol

R_3 = Tahanan Termal Plat Stenlees

c) Menghitung Panas Konveksi Dinding Tube

$Q = h \times A \times (T_2 - T_1)$ (*JP. Holman, 1994*)

Keterangan :

Q = Panas Konveksi Dinding Tube (kkal)

A = Luas Permukaan Dinding Tube (m^2)

T_1 = Temperatur Referen (^oC)

T_2 = Temperatur Dinding Luar Tube (^oC)

d) Menghitung Entalpi Steam

$Q = m \times hg$ (*Hougen, 1943*)

Keterangan :

m = Massa Steam (kg)

hg = Entalpi Uap Jenuh (kJ/kg)

e) Menghitung Entalpi Blowdown

$Q = m \times hf$ (*Hougen, 1943*)

Keterangan :

m = Massa Steam (kg)

hf = Entalpi Cair Jenuh (kJ/kg)