

T E N T A N G

BOILER

Perancangan Boiler

Spesifikasi Boiler Prarancangan Pabrik Akrolein

Kode	: B - 01
Tipe	: Fire tube boiler
Jumlah	: 1 buah
Heating surface	: 3.751,40 ft ²
Rate of steam	: 27.755,61 kg/jam
Tekanan steam, psi	: 130
Bahan bakar	: Solar

Alogaritma Perancangan

Steam yang akan dihasilkan :

$$P = 130 \text{ psi}$$

$$T = 175 \text{ }^{\circ}\text{C} = 347 \text{ F}$$

$$h = 879,9 \text{ Btu/lbm}$$

1. Menentukan jenis boiler

Dipilih jenis boiler yang akan digunakan. Dua macam tipe boiler :

- *fire tube boiler*
- *water tube boiler*

Untuk sistem dengan tekanan < 200 psi dapat digunakan boiler pipa api (*fire tube boiler*)

2. Menentukan luas penampang perpindahan panas

3. Menentukan kapasitas boiler

2. Menentukan luas penampang perpindahan panas

Daya yang diperlukan boiler dihitung dengan persamaan :

$$\text{Daya} = \frac{ms \cdot (h - hf)}{970,3 \times 34,5} \quad (\text{severn, p.140})$$

Dengan :

ms = massa steam yang dihasilkan (lb/jam)

h = enthalpy steam pada P dan T tertentu (Btu/lbm)

hf = enthalpy umpan (Btu/lbm)

ms = 27773,28 kg/jam = 61228,97 lb/jam

h = 879,9 Btu/lbm

Menghitung enthalpy umpan (hf)

BFW terdiri dari 20% make up water dan 80% kondesat. Make up water adalah air pada suhu 30 °C.

h maku up water = 66,06 Btu/lbm

h kondesat = 780,3 Btu/lbm

hf = 0,1 h make up water + 0,9 h kondesat

hf = 708,876 Btu/lbm

Jadi daya yang dibutuhkan adalah sebesar

Daya = 312,816 HP.

3. Perhitungan kapasitas boiler

Kapasitas boiler (Q) dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= ms \times (h - hf) && (\text{severn, p.171}) \\ &= 27773,28 \times (879,9 - 708,876) \end{aligned}$$

Resume

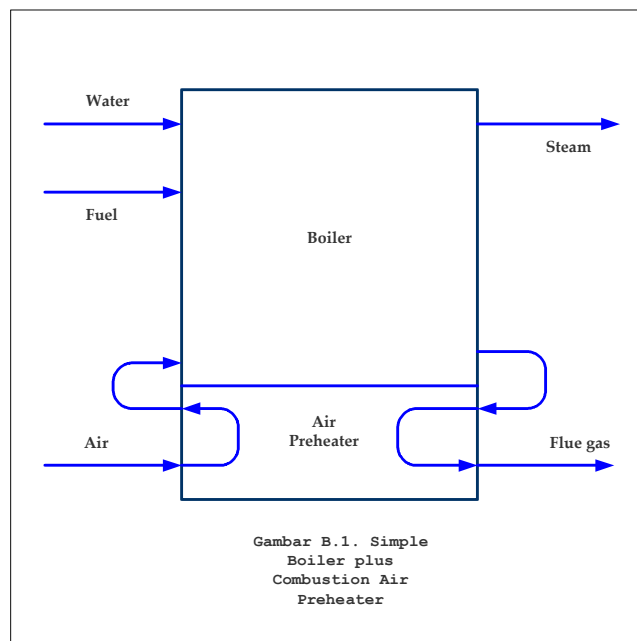
Boiler

- | | | |
|-----------------------|---|--------------------------|
| 1. Kode | : | B - 01 |
| 2. Tipe | : | Fire tube boiler |
| 3. Jumlah | : | 1 buah |
| 4. Heating surface | : | 3.751,40 ft ² |
| 5. Rate of steam | : | 27.755,61 kg/jam |
| 6. Tekanan steam, psi | : | 130 |
| 7. Bahan bakar | : | Solar |

***_literature.**

1. Tinjauan tentang Boiler

Gambar aliran bahan atau fluida pada boiler ditunjukkan pada gambar B.1. Gambar tersebut menunjukkan bahwa boiler terdiri dari dua bagian. **Bagian pertama** adalah pengambilan uap dari air, setelah air dipanaskan terjadi perubahan fasa cair menjadi fasa uap. **Bagian yang lain** pada boiler adalah udara yang digunakan sebagai pembakaran bahan bakar agar terjadi pembakaran sempurna, sebelum kontak dengan bahan bakar udara dilewatkan preheater untuk menaikkan temperature udara.



2. Dasar Pembuatan Steam

Pada konversi air dari fasa cair ke fasa uap, panas ditambahkan untuk menaikkan temperature air ke temperature boiling point. Temperature boiling pointnya adalah 212 F pada tekanan atmosfer dan tekanan pada system akan naik. Keberadaan fluida pada temperature jenuh selama konversi cair menjadi steam panas yang ditambahkan waktu konversi disebut panas laten penguapan. Steam kaya uap tapi tidak punya panas disebut *steam jenuh kering*. Steam tidak kaya uap disebut *wet steam*. Persen berat air dalam steam yang diketahui sebagai *moisture*. Uap yang dipanaskan sampai temperature jenuh disebut *superheated steam*.

3. Jenis Steam

Ada dua jenis boiler yaitu fire tube boiler dan water tube boiler.

a. *Fire tube boiler*

Pada boiler jenis ini gas hasil pembakaran mengalir dalam tube yang dikelilingi air. Steam diregenerasi oleh transfer panas dinding tube ke sekeliling air. Jadi tube mentransfer panas dari dinding ke air. Mendinginkan flue gas adalah fungsi panas konduktivitas pada tube dan permukaannya. Perbedaan temperature antara flue gas dan air pada boiler, area transfer panas, waktu kontak antara flue gas dengan permukaan tube boiler dan faktor lain. *Fire tube* digunakan saat dikembangkan dari desogn awal *speical* atau *cylindrical* tekanan untuk ditinggikan sebuag pembakaran dengan api dan gas panas disekitar shell boler. Hal ini dapat didekati dengan perubahan *installing longitudinal tube* pada panjang *vessel* dan *passing flue gas*.

b. *Water tube boiler*

Sirkulasi air terjadi dalam tube. Tube ini sering berhubungan antara dua atau lebih cylindrical drum. Salah satu boiler adalah *lower drum* tempat tube header. *Higher drum* disebut steam drum isinya kurang lebih 1/2 dari air penuh. Lower drum diisi dengan air dari titik rendah pada boiler. Kotoran mungkin bertambah dengan adanya gravitasi pada boiler ke titik rendah dan teraakumulasi di dasar lower drum, disebut *mud drum*. Water tube boiler dapar didesugn dengan mudah pada ukuran volume furnance yang besar dengan konveksi permukaan panas boiler yang sama, *water tube boiler* merupakan unit yang *aplicable*. Tipe industri *water tube boiler* untuk gas dan oil berupa paket boiler. Paket water tube boiler keseluruhannya memiliki satu daour pembakaran dengan kapasitas kira-kira 125000 lbs/j steam, tapi untuk ukuran lebih bisa mencapai kira-kira 250000 lbs.j steam dengan lebih dari datu dapur pembakaran. Design boiler water tube yang lama terdiri dari refractory furnance dengan konveksi panas permukaan. setelah pengembangan lebih lanjut memasuki tube boiler dalam dinding furnace dimana mereka di ekposed ke panas radiasi pada api.

Konversi Energi

Konversi energi merupakan kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan untuk menunjang produktivitas.

Steam merupakan fluida yang sangat umum dijumpai dalam industri kimia. Steam digunakan dalam pembangkit listrik sebagai medium pemindah panas dan sebagai reaktan. Digunakan juga sebagai pemanas pada alat-alat penukar panas di unit utilitas maupun proses, inert agent, distillation acid, dan cleaning agent. Steam dibangkitkan sesuai dengan tekanan dan temperature yang diinginkan berdasarkan tekanannya, steam dibedakan dalam tiga kategori sebagai berikut :

1. *Low pressure (5 kg/cm².G)*
2. *Intermediate pressure (16 kg/cm².G)*
3. *High pressure (42 kg/cm².G)*

Agar semua bahan bakar dapat teroksidasi dengan baik, dibutuhkan udara berlebihan agar pencampuran antara oksigen dan bahan dapat terjadi. Jumlah udara berlebih yang dibutuhkan tergantung dari beberapa faktor diantaranya jenis bahan bakar, tipe burner, dan desain ruang pembakaran. Banyak udara lebih dapat dilihat dari persen udara lebih yang dinyatakan dalam persamaan :

$$\% \text{ udara lebih} = \frac{W_a - W_{ta}}{W_a} \times 100\%$$

W_a adalah kebutuhan udara yang sesungguhnya.

Heating Value

Heating value dari bahan bakar adalah jumlah panas yang dibebaskan bahan bakar yang terbakar sempurna dan produk hasil pembakaran kembali pada temperatur awal bahan bakar. Heating value dibedakan menjadi high heating value (HHV) dan low heating value (LHV). Dinyatakan dengan HHV jika air produk

pembakaran terkondensasi semua dan berada pada temperatur awal pembakaran. Dalam LHV, berarti air produk pembakaran tidak terkondensasi sama sekali. HHV dapat dinyatakan dalam persamaan Dulong sebagai berikut :

$$HHV = 14600 C + 62000(H-O/8) + 4050 S \dots\dots\dots Btu/lb$$

C, H, O dan S adalah fraksi berat bahan bakar dalam bahan bakar.

Pada pembakaran dengan udara lebih dari gas cerobong mengandung oksigen sisa dan nitrogen yang lebih banyak. Panas yang ditimbulkan akibat pembakaran untuk bahan bakar padat atau cair dapat diperkirakan dengan persamaan diatas. Karena gas cerobong keluar sistem pembakaran pada temperatur diatas temperatur acuan (25 °C), sebagian panas reaksi akan terbawa keluar bersama gas cerobong. Di samping itu udara pembakar dan bahan bakar sering dimasukkan ke dalam sistem pembakaran pada temperatur diatas temperatur acuan. Panas pembakaran dengan koreksi gas cerobong. Udara masuk dan bahan bakar dinyatakan dengan persamaan:

$$Q_c = \Delta H_c + U.A.C_{p_{udara}} \cdot (T-25) - G.C_{p_{gas}} \cdot (T-25) \dots\dots\dots Btu/lb_{bahan\ bakar}$$

Kapasitas panas campuran gas dan udara dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_{p_{gas}} = \sum y_i \cdot C_{p_i}$$

dimana y_i = fraksi mol gas dan C_{p_i} = kapasitas panas masing-masing komposisi gas (Btu/lb.F).

Kapasitas Boiler

Kapasitas panas steam dapat dinyatakan dalam jumlah steam yang dihasilkan tiap kg/jam. Namun karena steam pada temperatur dan tekanan yang berbeda memerlukan sejumlah panas yang berbeda pula, maka banyaknya steam yang terbentuk menggambarkan berapa banyak energi yang dibutuhkan. Kapasitas *steam boiler* lebih tepat dinyatakan sebagai jumlah panas keseluruhan yang dibiarkan tiap permukaan panas per jam (Btu/jam). Perpindahan panas yang terjadi di unit pembangkit steam merupakan proses tetap yaitu perpindahan panas yang berlangsung sebanding dengan perubahan enthalpi cair, sehingga kapasitas steam boiler dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = m_s (H - H_s)$$

Kapasitas normal boiler dinyatakan sebagai jumlah steam yang dihasilkan tiap jamnya pada kondisi paling efisien boiler, sedangkan jumlah steam terbanyak yang dapat dihasilkan boiler tiap jamnya pada kondisi operasi merupakan kapasitas maksimum.

Efisiensi Boiler

Ada dua cara untuk menentukan efisiensi boiler menurut ASME (*the american society of mechanical engineers*), yaitu :

a. Input –output method

Dirumuskan :

$$\eta = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

Output didefinisikan sebagai jumlah kalor yang diserap oleh fluida kerja ataupun losses yang terjadi pada sistem. Sedangkan input didefinisikan sebagai jumlah kalor kimia bahan bakar tambah kredit kalor yang ditambahkan pada fluida kerja, udara, gas, dan aliran fluida lainnya yang melintasi batasan sistem.

b. Heat loss method

Perhitungan efisiensi ditentukan dengan menganalisa kerugian-kerugian yang terjadi pada boiler. Adapun kerugian pada instalasi boiler adalah terdiri dari :

1. Kerugian cerobong
2. Kerugian panas karena terbentuknya gas pembakaran pada pembakaran yang tidak sempurna
3. Kerugian panas karena terbentuk unsur karbon dalam abu dan kerak
4. Kerugian panas karena abu dan kerak masih mengandung panas
5. Kerugian panas karena perpindahan panas dari peralatan boiler
6. Kerugian panas karena terdapatnya kandungan air didalam bahan bakar (moisture)
7. Kerugian panas karena kandungan hidrogen dalam bahan bakar

Setelah diketahui kerugian-kerugian panas tersebut, maka efisiensi boiler dapat ditentukan dengan menggunakan formula :

$$\eta = 1 - \frac{\text{Kerugian Panas Total}}{HHV_{\text{bahan bakar}}}$$

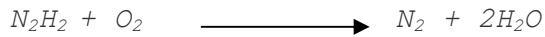
laporan kerja praktek di PT. TPI,
 Agus widodo,
 [ITENAS Bandung], 2004

Contoh : UNIT PENYEDIAAN *STEAM* DI INDUSTRI

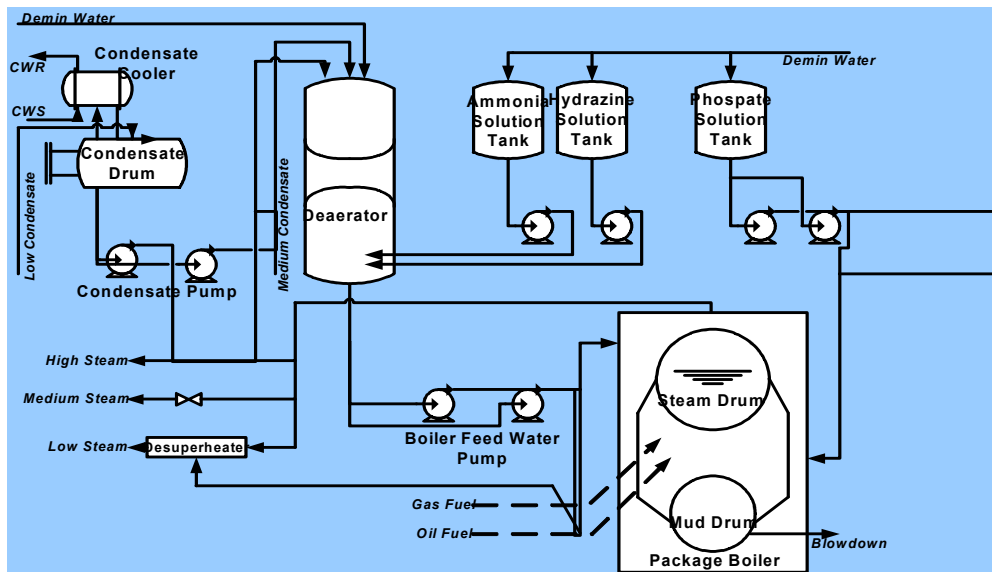
Spsifikasi boiler di TPI	
Fungsi	: membuat uap air (steam)
Tipe	: NS-C [water tube]
Covection heating surface	: 242 m ²
Radiant furnance heating surface	: 46 m ²
Total heating surface	: 288 m ²
P design	: 4654 kPa
P operasi	: 4413 kPa
Continous steam capacity	: 16330 kg/h
OD tubes	: 2"
Total tube	: 680
Jumlah	: 2 buah
Pemuat	: Nebraska Boiler co.inc
Tahun	: 1990

Air dari tangki air demin bersama kondesat yang diperoleh kembali (*recovery condasat*) dimasukkan ke dalam *deaerator*. Di *deaerator* oksigen terlarut dan bikarbonat dipisahkan oleh kukus tekanan rendah (*LP Steam*). Air di dalam *deaerator* disemprotkan hingga membentuk butiran air yang lebih kecil. Kukus dialirkan dari bagian bawah akan kontak dengan air. O₂, N₂, dan CO₂ (berasal dari bikarbonat) yang terlarut dalam air akan berdifusi ke kukus. Kukus akan dibuang lewat bagian atas *deaerator* dan air akan berkumpul di bagian bawah *deaerator*. Air lalu dipompa menuju *boiler*. Sebelum masuk *boiler*, air dicampur dengan ammonia dan hidrazin. Amonia akan menetralkan sisa-sisa asam yang tidak bereaksi di resin penukar anion

dan hidrazin akan mengikat oksigen bebas menurut persamaan reaksi :



Kedua senyawa ini dicampur secara *in-pipe* (di dalam pipa aliran) dan bertujuan untuk mencegah timbulnya korosi pada boiler. Penyuntikan kedua senyawa ini dilakukan oleh *chemical injection unit*.



Gambar. 2. Skema Penyediaan Kukus (steam) di PT TPI, Cilegon

Kualitas air yang akan memasuki boiler diberikan dalam tabel berikut:

Tabel. 4.1 Kualitas Air Umpan Boiler

NO	SPESIFIKASI	NILAI
1.	pH	9,4 - 11,0
2.	TDS (Total Dissolves Solids)	200 - 1000 ppm
3.	Total Alkalinity	40 - 200 ppm
4.	Suspended solids	Mak. 3 ppm

Air yang telah diolah akan dimasukkan ke boiler oleh *boiler feed water pump*. Boiler yang digunakan adalah *boiler tipe package water tube* (air di dalam *tube* dan api di dalam *shell*) yang diproduksi oleh Nebraska Boiler Company (model NS-C-47). Kapasitas boiler adalah 6 ton/jam. Pada *boiler*, *chemical injection unit* akan menambahkan fosfat. Fosfat berfungsi untuk mengikat sisa ion kalsium dalam air sehingga mencegah timbulnya kerak pada boiler. Reaksi antara fosfat dan sisa ion kalsium akan membentuk lumpur. Jika kadar padatan dalam air *boiler* cukup tinggi, dilakukan *blowdown* agar padatan terlarut terbuang. *Blowdown* dilakukan dari *mud drum* (bagian bawah *boiler*) dan diimbangi dengan *make up water* dari *demin water tank*.

Pada *start up*, bahan bakar yang digunakan *boiler* adalah solar. Untuk menyempurnakan pembakaran, digunakan alat *atomizer* yang memakai bantuan kukus tekanan sedang (*MP Steam*). Setelah operasi stabil, pemakaian solar dikurangi dengan memanfaatkan sebagian bahan bakar gas seperti propilen dan propane yang berasal dari uap tangki-tangki penyimpanan dan *vent recovery system*. *Forced draft fan* digunakan untuk mensuplai udara yang dibutuhkan oleh proses pembakaran (*burner gun*) dan gas buang (*stack gas*) dibuang lewat cerobong asap.

Kukus yang dihasilkan oleh *boiler* adalah kukus tekanan tinggi (*HP Steam*). Kukus tekanan tinggi sedang dan tekanan rendah diturunkan dari kukus tekanan tinggi dengan cara melewati *HP Steam* pada PVR (*pressure reducing valve*). Spesifikasi ketiga jenis kukus adalah sebagai berikut :

Tabel. 4.2. Jenis Kukus dan Penggunaan.

NO	JENIS KUKUS	TEKANAN SUHU	KEGUNAAN
1.	<i>HP Steam</i>	42 kg/cm ² 253 °C	<ul style="list-style-type: none"> □ Untuk melelehkan serbuk polimer di unit <i>pelleter</i>.
2.	<i>MP Steam</i>	16 kg/cm ² 203 °C	<ul style="list-style-type: none"> □ Untuk melelehkan serbuk polimer di unit <i>pelleter</i>. □ <i>Atomizing</i> bahan bakar di <i>burner gun</i>.
3.	LP Steam	5 kg/ cm ² 158 °C	<ul style="list-style-type: none"> □ Pemanasan pada regenerasi unit demineralisasi □ Pemisahan pada <i>degassing column</i> dan <i>vent recovery</i> □ <i>Deaerasi</i> air umpan boiler □ Media penukar panans di unit proses. □ <i>Methanol</i> dan <i>butanol heater</i>.

Untuk menjenuhkan kukus tekanan rendah dipasang sebuah *desuperheater* setelah PRV. Ketiga jenis steam ini lalu dikirim ke area proses dan daerah-daerah operasi yang membutuhkan kukus.

Dari daerah pemakaian , kondesat kukus akan dikembalikan ke *deaerater*. Kondesat kukus tekanan rendah terlebih dahulu dimasukkan ke dalam *condensate drum*. Dari *condensate drum*, kondesat lalu dialirkan ke *deaerator*.

Jika pada *condensate drum* masih terdapat kukus, maka kukus akan dikondensasi oleh *condensate cooler*. Kondesat kukus tekanan tinggi digabung bersama kondesate tekanan sedang dan jika diperlukan, sebagian kondesate diekspansi untuk memperoleh kukus tekanan rendah.

laporan kerja prakek di pt tpi , Banten

Maswiy [UNS Solo]

Oktober 2004
