

PERANCANGAN ALAT PROSES

Bidang pekerjaan dibidang industri

- Research and development
- Design
- Manufacturing
- Sales

Sarjana Teknik Kimia (Engineering) diharapkan dapat :

- Harus tetap dapat bekerja dengan data yang kurang
- Dengan bantuan pengalaman yang dimiliki
- Keputusan yang rational

Chemical Engineering Design terdiri dari :

- Proses Design
- Equipment design
- Building design

Design : Prearranged plan didasarkan pada :

- Ruang yang diperlukan
- Pemilihan dan spesifikasi process equipment
- Lay out of process equipment sesuai dengan processing flows
- Plant location
- Plant site selection
- Future expansion

Designer harus mengenal dengan baik tentang :

- Unit operation
- Unit processes sebagai dasar untuk perancangan (design) dan pemilihannya/selection

Kondisi operasi, yaitu :

- Suhu
- Tekanan
- Korosi
- Over pressure/vakum
- Dll

Perancangan alat proses harus mengingat :

- Dimana posisi perancangan alat process (process equipment design) pada perancangan pabrik kimia.
- Sebelum melihat posisi pabrik tersebut, baiknya terlebih dahulu dibicarakan tugas yang dapat dilakukan oleh chemical engineer.
- Design, contruction, and operation.

CHEMICAL PLANT

- Merupakan suatu sisstim utuh yang dapat menghasilkan produk yang diinginkan dari bahan dasar tertentu.
- Tersusun atas sub system-sub system yang berinteraksi satu dengan yang lainnya sedemikian rupa.
- Sub system-sub system ini merupakan individual equipment (misal : HE, Distilasi Column, Vessel, Crystallizer, separator, reaktor, mixer, filter, pump, dll).

CHEMICAL ENGINEERING PLANT DESIGN

- Disebut juga plant design.
- Plant design : menyangkut semua aspek rekayasa (engineering aspects) yang berkaitan dengan pengembangan apakah pabrik baru/modifikasi atau ekspansi pabrik yang telah ada.
- Pada pengembangan ini chemical engineer mempunyai tugas melakukan :
 - Economic evaluation process baru.
 - Designing individual pieces of equipment untuk proyek yang diusulkan.

- Developing plant lay out untuk mengkoordinasi overall operation.

OPTIMUM DESIGN

- Pada setiap kasus yang dijumpai oleh seorang sarjana teknik kimia. Ada beberapa alternatif methods (metode alternatif) yang dapat dipakai untuk suatu proses terpilih atau operasi untuk dapat dipakai menghasilkan produk yang sama.
- Oleh karena itu, maka merupakan tugas chemical engineer untuk memilih proses terbaik dan mengkonsumsikan kedalam design (perancangannya) equipment dan metode penggabungannya untuk menghasilkan hasil terbaik.

Sangat mudah menyatakan bahwa “saya ingin The Best Process” atau saya ingin “The Best Results”, tetapi perlu untuk menganalisa pernyataan tersebut apa yang dimaksudkan.

Seorang engineer menggantikan kata “The Best” menjadi “Optimum”

- Optimum economic design.
- Optimum operation design.

Perancangan alat-alat process mempunyai beberapa tingkatan perancangan sesuai dengan perancangan pabrik kimia.

Tingkatan perancangan dibedakan sebagai berikut :

1. Perancangan alat-alat proses, sekedar untuk memperkirakan hanya alat.
2. Perancangan alat-alat proses yang dapat memenuhi tugas tertentu.
3. Perancangan alat-alat proses yang dapat memenuhi tugas tertentu tetapi dipilih yang terbaik (optimum) dengan cara optimasi.
4. Perancangan alat proses secara mendetail.

Ad 1.

Hanya diperlukan dalam “preliminary design” saja. Biasanya dijalankan dengan cara tepat dengan menggunakan perkiraan-perkiraan yang kasar terhadap data teknik yang diperlukan dan juga dengan pertolongan rumus-rumus empiris, tabel-tabel, monogram,

grafik-grafik, dll untuk mendapatkan besaran yang menentukan suatu harga. Misalnya, dalam perancangan “tower” cukup dengan mengetahui diameter, jumlah plate dan bahan konstruksi saja.

Ad 2.

Dapat dilakukan dengan cara menggunakan rumus-rumus dan pengetahuan-pengetahuan teknik kimia, tetapi dapat juga menggunakan bantuan pertolongan hasil pengalaman orang lain atau pabrik pembuat alat yang dirancang, biasanya juga berbentuk informasi langsung rumus empiris, tabel-tabel, grafik, dll, hal ini dapat untuk memperpendek waktu perancangan.

Ad 3.

Dijalankan dengan optimasi alat-alat yang dapat dihasilkan dengan cara ke 2 (ad 2). Biasanya dilakukan dengan bantuan computer.

Ad 4.

Dibuat setelah konsultasi dengan pabrik pembuat alat proses kemudian baru dibuat “detail design” lengkap yang telah siap untuk dibuat didalam pabrik alat-alat proses.

Dalam perancangan alat proses, perancang harus berusaha memilih alat proses dengan ukuran standar karena alat standar memiliki harga yang lebih rendah, ada “ready stock”, dijamin dapat bekerja lebih baik dan pemeliharaannya lebih mudah. Kalau tidak terpaksa sekali perancangan alat jangan sampai memutuskan untuk memesan alat khusus “(special equipment)”.

Seorang perancang alat proses harus tahu bagaimana cara-caramembuat alat proses, sehingga dapat memudahkan perhubungan/komunikasi dengan pembuat alat proses, misal pada waktu memesan atau mencari-mencari informasi tentang alat proses.

Tugas perancang alat proses :

- Membuat spesifikasi alat, mula-mula terbentuk “preliminary specification, kemudian disempurnakan menjadi final specification atau dikirim ketempat ke pemesanan alat memberikan saran, baru dibuat final specification”.

“preliminary specification sheet” harus memuat” al :

- Identification
- Function operation
- Basic design data

Harus memuat al :

- Size
 - Operating
 - Number and location of openings
 - Type of flanges and heads
 - Code
 - Variation allowances
 - Keterangan-keterangan lain yang dipandang perlu
- Materials handled
 - Utilitas
 - Control
 - Insulation
 - Tolerances comments and drawing

VARIABEL PERANCANGAN

Dalam perancangan selalu menghadapi pemilihan variabel yang tepat untuk mendapatkan hasil perancangan alat proses yang optimum.

Variabel-variabel sebagai :

1. Variabel operasi
 2. Variabel alat proses
- 2 variabel tersebut saling berkaitan

Misal : merancang tangki cairan

- Variabel operasinya
 1. Suhu / tekanan
 2. Jenis cairan yang disimpan
 3. Panas yang harus diambil / ditambahkan

- Variabel alatnya :
 1. Bentuk/ jenis tangki : tergantung tekanan operasi.
 2. Perbandingan D/H atau L/D , tergantung tekanan operasi.
 3. Tebal isolasi : tergantung panas yang harus diambil/ditambahkan.
 4. Bahan isolasi : macam cairan yang disimpan.

Dalam mempelajari variabel-variabel perancangan, perlu ditinjau beberapa hal seperti :

- Tipe-tipe variabel
- Hubungan batasan (restricting relationship)
- Analisa elemen khusus/istimewa
- Gabungan elemen-elemen untuk membentuk unit-unit
- Analisa tipe-tipe unit

Ad A. Tipe-tipe variabel

Variabel untuk unit pemisahan sebagai berikut :

- Konsentrasi
 - Suhu
 - Tekanan
- } merupakan variabel intensif yang dapat berdiri dari jumlah bahan yang ada.
- Kecepatan → merupakan variabel extensif dan bergantung pada bahan yang ada.
Batas kecepatan digunakan untuk kepentingan aliran bahan maupun aliran panas.
 - Variabel ulangan N_r (repetition variabel)
Variabel ini merupakan derajat kebebasan tunggal yang digunakan perancang ketika memerinci elemen-elemen istimewa dalam satu unit dengan terjadinya pengulangan-pengulangan , contohnya distilasi yang tersusun atas satu stage kesetimbangan, untuk memerinci jumlah stage dipakai derajat kebebasan tunggal.

Ad B. Hubungan batasan . N_c .

Variabel N_c suatu sistem tidak mudah dihitung. Dalam menghitung N_c akan lebih mudah jika mengetahui seluruh batasan-batasan yang mungkin , yaitu dibagi dalam tipe-tipe sebagai berikut :

1. Batasan yang tidak dapat dipisahkan “inherent restriction”
2. Batasan neraca massa “ material balance restriction”
3. Batasan neraca panas “heat balance restriction”

4. Batasan distribusi fase “phase distribution restriction”
5. Batasan kesetimbangan kimia “chemical equilibrium restriction”

Ad 1. Batasan yang tidak dapat dipisahkan

Batasan ini diambil untuk bentuk persamaan dari 2 atau lebih variabel misal konsep kesetimbangan “stage” sebagai “inherent restriction” adalah suhu dan tekanan aliran setimbang yang meninggalkan “stage” harus identik dengan suhu dan tekanan aliran sisa yang lain.

Ad 2.

Suatu neraca massa keseluruhan dapat ditulis untuk masing-masing komponen yang ada. Batasan neraca massa yang digunakan berdiri sendiri dari “inherent restriction” diatas.

Ad 3.

Dimasukkan dalam batasan neraca tenaga. Batasan neraca tenaga ini mencakup baik aliran bahan maupun aliran panas.

Ad 4.

Masing-masing komponen dalam sistem lebih dari 1 fase akan menyebarkan dirinya diantara bermacam-macam fase secara khusus. Jika seluruh komponen ada dalam seluruh fase, maka jumlah hubungan batasan yang harus diberikan untuk distribusi = $c(N_p - 1)$. Dengan c = jumlah komponen, N_p = jumlah fase yang ada.

Ad 5.

Macam-macam konstituen kimia pada sistem-sistem dengan reaksi kimia, akan ada hubungannya dengan kesetimbangan kimia. Hubungan kesetimbangan kimia ini hanya sebagai pelengkap saja karena tidak akan merupakan suatu faktor untuk sistem yang dianalisa.

Ad C. Analisa elemen-elemen istimewa/khusus

Aturan analisa untuk unit harus dikembangkan berdasar pertimbangan-pertimbangan banyaknya elemen serta merupakan suatu cara tetap yang dipakai menghitung variabel-variabel dan batasan-batasan.

Dalam mempelajari hubungan variabel-variabel dari batasan-batasan dapat ditinjau beberapa hal sebagai berikut :

- a. Aliran tunggal (single stream)
- b. Pembagi aliran (stream divider)
- c. Pencampur (mixer)
- d. Pompa, pemanas, pendingin
- e. Kondenser total atau reboiler total
- f. Kondenser parsial atau reboiler parsial
- g. Simple equilibrium stage
- h. Feed stage
- i. Side stream stage

Ad D.

Gabungan elemen-elemen untuk membentuk unit-unit dalam analisa suatu unit tidak perlu menghitung tiap-tiap variabel dan tiap-tiap batasan yang ada, melainkan dapat disederhanakan dengan analisa elemen secara terpisah, selanjutnya hasil analisa elemen-elemen ini digabung serta didapatkan analisa suatu unit.

Ad E. Analisa tipe-tipe unit

Macam unit antara lain :

PERANCANGAN MENARA

Contoh : menara distilasi, absorpsi, dll.

Menara distilasi

-merupakan salah satu cara /pemisahan yang paling banyak digunakan karena operasi dan alatnya yang murah dan mudah, terutama pemakaian tenaganya tergolong paling rendah.

-perancangan menara distilasi meliputi:

1. perancangan menara distilasinya sendiri.
2. perancangan urutan pemisahan masing-masing komponen.

-perancangan seluruh menara meliputi :

1. tekanan
2. jumlah “trays”
3. diameter menara
4. “tray spacing”
5. umpan dan letak
6. bahan konstruksi

Suhu dan tekanan operasi

Suhu serta tekanan operasi pada menara makin keatas makin rendah, karena jika sama tidak terjadi aliran, guna memudahkan penentuan suhu operasi serta kondisi lain tekanan seluruh menara dapat dianggap sama dalam menentukan tekanan dan suhu operasi perlu memperhatikan sebagai berikut:

1. Sifat-sifat zat masing-masing dengan campurannya , misal : zat tidak mudah terpolarisasi atau tidak, suhu , tekanan, dan konstanta kesetimbangan k. Terutama pada bagian puncak menara harus keadaan kritisnya (T_c dan P_c) . jika operasinya dekat / melebihi keadaan kritis tersebut, maka tidak bisa diembungkan. Jadi kondisi puncak harus jauh dibawah titik kritisnya.
2. Campuran zat-zat yang akan didestilasi. Contoh: campuran azeotrop atau bukan.

3. Utilitas yang ada atau yang harus diadakan meliputi pendingin kondensor dan pemanas reboiler serta perbedaan suhu yang diijinkan antara zat tersebut dengan utilitasnya.

Pendingin Kondensor

Tugas : mengembunkan uap puncak menara.

Macam-macam pendingin :

- a. Air pendingin
- b. Refrigeration
- c. Udara pendingin
- d. Process fluid
- e. Steam boiler

a. Air pendingin

- paling banyak dipakai

- mempunyai suhu kira-kira sama dengan suhu sekeliling

Pemilihan suhu perancangan harus diambil suhu sekeliling yang paling tinggi biasanya $30-36^{\circ}\text{C}$

- Δt yang diijinkan : $6-20^{\circ}\text{C}$

b. Refrigeration

- digunakan sebagai pendingin kondensor untuk mencegah penggunaan tekanan operasi yang terlalu besar atau pada kasus lain supaya suhu dan tekanan operasi rendah atau agar fluida yang dipisahkan tidak rusak karena terjadi polimerisasi, dll.

- pemakaian refrigeran disesuaikan dengan suhu yang diinginkan misal : untuk mencapai suhu yang rendah cukup dengan NH_3 , freon, propan. Untuk mencapai suhu yang lebih rendah lagi menggunakan propilin, etilen. Untuk suhu yang lebih rendah sekali : propilin etilen dan metan.

refregeration	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
Freon, NH_3	-20
C_3H_8	-30
C_3H_6	-35
C_3H_4	-100
CH_4	-150

Δt yang diperbolehkan : $3\text{-}10^{\circ}\text{C}$

c. udara pendingin

- digunakan untuk daerah-daerah yang kekurangan air, misalnya di Cilacap.
Coolernya dipakai jenis “fin-fan cooler”, suhu udara pendingin= suhu sekeliling.

Δt yang diperbolehkan : $20\text{-}50^{\circ}\text{C}$

d. process fluid

- digunakan fluida yang lebih dingin dari menara yang lain misal pendingin menara satu merupakan hasil yang keluar dari dasar menara yang lain, sehingga alatnya dapat mempunyai fungsi ganda dimana sebagai kondensor menara yang satu tetap juga sebagai reboiler menara yang lain.

Δt yang diijinkan : $10\text{-}20^{\circ}\text{C}$

e. Steam boiler

Pendingin yang dipakai air karena tekanannya dibuat rendah sehingga dihasilkan uap dengan tekanan rendah.

Δt yang diijinkan : $20\text{-}40^{\circ}\text{C}$

Pemanas reboiler

Fungsi : menguapkan hasil yang keluar dari dasar menara.

Pemanas yang banyak dipakai: uap air, “process fluid” api langsung, dan “hot oil”.

a. Uap air

- sebagai pemanas yang banyak digunakan.
- suhu tergantung pada tekanan.
- umumnya dipakai uap air jenuh yang akan keluar sebagai embunan.

Δt yang diijinkan $10-60^{\circ}\text{C}$.

b. Process fluid

Dipakai hasil puncak menara yang lain atau fluida yang lain, suhunya lebih tinggi dari reboiler.

Δt yang diijinkan $10-20^{\circ}\text{C}$

c. Api langsung

- pemanas merupakan api yang langsung dari pembakaran bahan bakar, sehingga suhunya semakin tinggi.

- pemanas dengan suhu terlalu tinggi tidak disukai karena dapat merusak hasil dasarnya. Sehingga, penggunaan api langsung dipakai kalau dipandang dipandang cukup aman.

d. hot oil

pemanas ini dipakai untuk suhu reboiler yang cukup tinggi.

Δt yang diijinkan $20-60^{\circ}\text{C}$.

Jumlah trays

Dihitung dengan cara :

1. Plate to plate calculation
2. Mc. Cabe and thiele
3. Fencke underwood
4. Short cut calculation

Pada penentuan N

$N_{\min}$ = jumlah plate minimum

$R_{\min}$ = reflux minimum

R = reflux

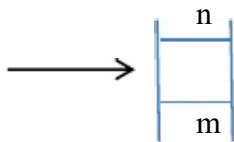
E_o = efisiensi plate

Batasan – batasan yang dipakai :

	R/Rmin	N/Nmin
“low level refrigeration”	1,05-1,1	2,5-3,5
“high level refrigeration”	1,1-1,2	2,0-3,0
Pendinginan kondensor dengan air dan udara	1,2-1,3	1,8-2,5

Cara menghitung Rmin:

1. Dengan persamaan dan grafik-grafik dari penyelesaian



n= “enriching section pinch”

m=”stripping section pinch”

$$R_{min} \text{ jika } \frac{\Gamma_m}{\Gamma_n} = \Psi = \frac{1}{(1 - \sum C_m \alpha X_m) (1 - \sum C_n X_n)}$$

$$\Gamma_m = \left(\frac{X_{Ik}}{X_{hk}} \right)_m$$

$$\Gamma_n = \left(\frac{X_{Ik}}{X_{hk}} \right)_n$$

$\sum C_m \alpha X_m$) = jumlah aljabar $C_m \alpha X_m$ untuk semua komponen yang lebih berat dari “heavy key component” pada “stripping section pinch”.

$\sum C_n X_n$ = jumlah aljabar untuk semua komponen yang lebih ringan dari “light key component” pada “enriching section pinch”.

C_m dan C_n = faktor koreksi dicari dengan gambar 66 dan 67 (perry).

$$X_n = \frac{\Psi X_D}{(\alpha - 1) \left(\frac{\alpha}{D} + \alpha \frac{X_{Dhk}}{X_{hk}} \right)}$$

X_D, X_n = mol fraksi komponen ringan dalam hasil atas dan cairan pada “upper pinch”.

X_{Dhk} dan X_{hk} = fraksi mol komponen kunci berat dalam hasil atas dan cairan pada “upper pinch” = relatif volatility komponen berdasar komponen kunci berat.

$$X_m = \frac{\alpha_{Ik} \cdot X_w}{(\alpha_{Ik} - 1) \left(\frac{\alpha_m}{w} \right) + \left(\frac{\alpha_{Xw1k}}{X_{Ik}} \right)}$$

X_w, X_m = fraksi mol komponen berat dalam hasil bawah dan “lower pinch”.

X_{wIk}, X_{Ik} = fraksi mol dari komponen kunci ringan pada hasil bawah dan “lower pinch”.

2. Untuk campuran biner (binary mixture) dapat digunakan rumus Fencke.

$$\left(\frac{\alpha}{D} \right)_{min} = \frac{1}{\alpha - 1} \left(\frac{X_{DIK}}{X_{IK}} - \alpha \left(\frac{X_{Dhk}}{X_{hk}} \right) \right)$$

X_{DIK}, X_{IK} = fraksi mol sesuatu komponen yang lebih ringan dari ko,ponen kunci berat dalam hasil atas dan “upper pinch”.

α = relative volatility komponen ringan dibandingkan terhadap komponen kunci berat.

$$X_{IK} = \frac{\Gamma f}{(1 + \Gamma f)(1 + \sum \alpha X_{fh})}$$

$$X_{hk} = \left(\frac{X_{IK}}{\Gamma f} \right)$$

Γf = perbandingan komponen-komponen kunci pada “feed plate”.

X_{fh} = jumlah aljabar αx untuk seluruh komponen fraksi cair dari umpan yang lebih berat dari komponen kunci berat.

3. Apabila terdapat n komponen dalam sistem maka bisa dipakai rumus underwood:

$$\left(\frac{Y}{D} \right)_{min} + 1 = \sum \frac{\alpha X_D}{\alpha - \Theta} = \frac{(\alpha_a X_a) D}{\alpha_a - \Theta} + \frac{(\alpha_b X_b) D}{\alpha_b - \Theta} + \dots + \frac{(\alpha_n X_n) D}{\alpha_n - \Theta}$$

Θ = konstanta underwood yang besarnya antara X_{Ik} dan X_{hk} .

Θ dicari dari :

$$1 - q = \sum \frac{\alpha X_f}{\alpha - \Theta} = \frac{(\alpha_a X_a) f}{\alpha_a - \Theta} + \frac{(\alpha_b X_b) f}{\alpha_b - \Theta} + \dots + \frac{(\alpha_n X_n) f}{\alpha_n - \Theta}$$

$q=1$ untuk umpan pada titik didihnya

$q=0$ untuk umpan pada titik embunnya

D =destilat

f =umpan

kalau digunakan acara “short cuts” maka harga Θ dapat dibaca pada gambar antara Θ VS $(X_{Ik}/X_{hk})_f$ dengan parameter α .

Setelah ketemu harga R_{min} maka R dapat dicari jumlah plate minimum ($N_{min}=S_{min}$), terjadi pada refluks total.

N_{min} dihitung dengan rumus Fenske.

$$S_{min} = N_{min} = \frac{\log\left(\frac{X_{Ik}}{X_{hk}}\right)_D \cdot \left(\frac{X_{hk}}{X_{Ik}}\right)_B}{\log(\alpha_{Ik} - h_k)}$$

Untuk komponen terpisah belah (component splits)

$$\left(\frac{X_{Ik}}{X_{hk}}\right)_D = \left(\frac{X_{Ik}}{X_{hk}}\right)_B \cdot (\alpha_{Ik} - h_k)^{N_{min}}$$

X_{Ik} = fraksi mol cairan komponen kunci ringan

X_{hk} = fraksi mol cairan komponen kunci berat

α_{Ik-hk} = “relative volatility” rata-rata komponen kunci ringan terhadap komponen kunci berat = ($\alpha_{top} \cdot \alpha_{bottom}$).

Jika N_{min} sudah didapat maka N dapat dihitung.

METODE DALAM MENENTUKAN HARGA N

1. Cara “plate to plate calculation” berdasar kesetimbangan.
2. Cara Mc. Cabe dan Thiele, memakai bantuan grafik kesetimbangan hubungan antara x dan y dengan rumus $Y = \alpha x / 1 + (\alpha - 1)x$ serta adanya garis operasi atas dan operasi bawah.
3. Cara grafis dengan dasar persamaan Gilliland dipakai gambar dari Perry(65) dengan absis $R - R_{min} / R + 1$ serta ordinat $N - N_{min} / N + 1$
4. Cara grafis berdasar persamaan Fenske Underwood absis $\left(\frac{X_{Ik}}{X_{hk}}\right)_D \cdot \left(\frac{X_{hk}}{X_{Ik}}\right)_B$
Ordinat : N , serta parameter R/R_{min} dan α_{Ik-hk} .
 N, N_{min} = jumlah plate dan plate minimum teoritis.

Jumlah plate sesungguhnya (N_{act})

a. $N_{act} = \frac{N_{teoritis}}{E_o} + 1$

Untuk kondensor total dan reboiler parsial

b. $N_{act} = \frac{N_{teoritis}}{E_o} + 2$

Pada pemakaian kondensor dan reboiler parsial, E_o dapat diambil 70%, untuk menara fraksinasi $E_o = (60-80)\%$.

Efisiensi Plate (E_o)

Rumus – rumus yang digunakan

1. $\log E_o = 1,67 - 0,25 \log (\mu_{F_{avg}} \cdot \alpha_{avg}) + 0,3 \log L'H/V'H + 0,09 (S_m + c/2)$

Dimana,

E_o = efisiensi keseluruhan (%)

S_m = “static submergence” (ft)

C = tinggi slot (ft)

$L'H$ = “molal liquid flowrate” (lbmol/jam)

$V'H$ = “molal vapor flowrate” (lbmol/jam)

$\mu_{F_{avg}}$ = kekentalan molal rata-rata umpan (cp)

α_{avg} = “relative volatility” komponen kunci rata-rata.

2. $E_o = 17 - 61,1 \log \mu_{F_{avg}}$

Berlaku untuk “commercial towers” jika data-data lain tidak tersedia.

Rumus ini tidak dapat dipakai untuk fraksinasi minyak bumi dan hidrokarbon dengan

α komponen kunci > 4 atau $\mu_{F_{avg}}$ diluar range 0,07-1,4 cp.

3. Dengan menggunakan grafik Trayball

BAB III

PERANCANGAN BEJANA

Dalam perancangan bejana yang penting yakni pemilihan jenis yang terbaik untuk perawatan.

Faktor utama dalam pemilihan bejana :

- Fungsi dan lokasi bejana.
- Cairan yang disimpan.
- Operasi : temperatur, tekanan.
- Tempat penyimpan/kapasitas proses untuk kebutuhan volume.

Bejana diklasifikasikan menurut :

- Fungsi perawatan.
- Temperatur.
- Tekanan.
- Bentuk bahan/geometri dari bejana.

Jenis-jenis bejana yang umum diklasifikasikan menurut geometrinya :

- Tangki terbuka.
- Tangki yang dasarnya rata.
- Bejana silinder vertikal dan horizontal dengan bentuk akhir.
- Bejana berbentuk bola/modifikasi bola.

Bejana terbuka

- Digunakan tergantung pada operasi dan cairan yang ditangani.
- Biaya lebih murah dari pada bejana tertutup.
- Biasanya dibuat dari karbon, beton, juga dari kayu.
- Masalah :korosi dan kontaminasi.

Bejana tertutup

- Cairan yang mudah terbakar.
- Cairan yang mudah menghasilkan asap.
- Cairan yang mudah busuk.

- Gas

Bejana silinder

- Bagian bawah rata, atas kerucut.
- Yang ekonomis untuk operasi bejana tertutup pada tekanan atm (tangki silinder vertikal).

Bejana berbentuk bola

- Volume besar.
- Tekanan rendah.

Faktor-faktor yang berpengaruh dalam perancangan bejana :

1. Pemilihan jenis bejana : terbuka, tertutup.
2. Metode pembuatan : peleburan, pengelasan, pengelasan standar, jenis sambungan.
3. Jenis-jenis ukuran : didasarkan pada fungsi peralatan yang dibutuhkan dari bejana.
4. Pertimbangan ekonomi.
5. Perkiraan besarnya biaya.

Standar dalam perancangan bejana

Standar perancangan merupakan salah satu pertimbangan terhadap berbagai macam kegagalan. Kegagalan dapat disebabkan :

1. Kelebihan deformasi elastis
 - a. Tegangan
 - Dapat terjadi karena banyaknya beban tersebut dipindahkan. Contoh pegas baja dalam jam.
 - Pengondisian peralatan : tegangan, seperti regangan, tekanan, belokan, dan pilitan.
 - b. Modulus elastisitas
 - Kekerasan diperhatikan pada bagian perancangan untuk membatasi jumlah nilai deformasi yang diijinkan.
 - Modulus elastisitas : perbandingan konstan antara tegangan dan regangan.
 - c. Belokan elastis
 - Gaya yang dihasilkan sangat kompleks.

- Perhitungan rumit.
- 2. Ketidakstabilan elastis
 - Berhubungan dengan struktur dan dipengaruhi oleh tekanan, pembengkokan, pemulasan.
 - Adalah suatu kondisi dimana bentuk struktur diubah sebagai akibat dari kekerasan yang kurang.
 - Contoh : pembengkokan bejana silinder dibawah tekanan luar sebagai akibat keadaan vakum.
 - a. Kestabilan kolom.
 - b. Selubung bejana bawah beban sekitar poros.
- 3. Ketidakstabilan plastis
 - a. Hubungan tegangan-regangan
 - Tegangan-tegangan dibatasi sampai harga yang diijinkan sampai aman digunakan.
 - Diambil sebagai dasar untuk menetapkan tegangan kerja yang diijinkan dan aman : hasil uji tarik sampel standar.
 - b. Tegangan yang diijinkan
 - Misal baja ringan gulung batas tegangan yang diijinkan 20,000 psi.
 - Dll.
- 4. Putus rapuh
 - a. Membentuk kerapuhan
 - Dampak menguji, fungsi suhu
 - Ketegangan energi
 - b. Siklus muat
 - Karena pengulangan tekanan tinggi
 - c. Faktor lain yang mendukung pecahan rapuh
 - Baja dikontakkan kehidrogen pada T dan P tinggi akan menjadi rapuh/retak.
- 5. Timbul perlahan-lahan
 - Tergantung dari sifat (asal) material, tekanan, suhu.
- 6. Korosi
 - a. Korosi seragam
 - Kecepatannya tergantung : media korosi, kecepatan aliran fluida, suhu.
 - b. Korosi geseran (impingement attack)

Dibawah kondisi operasi normal pada beberapa terlihat kekuatan yang merusak dari daerah sirkulasi yang mempunyai kecepatan relatif besar.

c. Korosi sel berkonsentrasi

- Disebabkan aliran udara yang silih berganti.
- Retakan – retakan , celah-celah, lapisan-lapisan yang menyerap dan patahan-patahan dalam lapisan pelindung merupakan sumber korosi.

d. Korosi tumpukan

- Kerak

e. Korosi sel galvani

Logam yang tidak sama mengalami kontak satu sama lain.

f. Korosi tekan

- Reaksi serempak dari tekanan-tekanan dan kondisi korosif tertentu.

Fungsi tangki penyimpan : menyimpan bahan.

Dalam merencanakan ukuran tangki harus memperhatikan.

1. Jumlah fluida/bahan yang harus disimpan (kapasitas bahan per bulan m^3 /bulan)
2. Jika jumlah volume yang disimpan besar, maka diperlukan tangki lebih dari satu.
3. Rendah/tinggi tekanan.

Jika tekanan rendah dipilih tangki vertikal.

Jika tekanan tinggi dipilih tangki horizontal.

MENENTUKAN DIAMETER

Cara menentukan berdasarkan kecepatan maximum aliran didalam menara.

Kecepatan maximum terdiri 2 macam :

1. Uap
 2. Cairan
- Jika aliran terlalu cepat , maka akan tidak ada kontak yang baik antara cairan dan uap.
 - Bila $V > V_{max}$, maka akan terjadi “gas blowing”.
 - Aliran uap berhubungan dengan “gas blowing”.
 - Aliran cairan berhubungan dengan tinggi cairan.

Kecepatan aliran uap

$$V_{max} = K \left(\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right)^{1/2}$$

ρ_L =berat jenis cairan

ρ_G =berat jenis gas

K=konstanta, t(absis)”tray spacing”)VS h_s

V satuan $\text{ft}^3/\text{dtk.ft}^2$

$V = (65-80)\% V_{max}$. Biasanya dipilih 70% V_{max}

h_s =jarak antara lubang yang atas slot sampai tinggi cairan dan dipengaruhi oleh: kecepatan cairan dimana semakin besar kecepatan cairan maka h_s semakin besar, “design bubble cup”, jarak antara “plate”(tray spacing).

Hubungan antara h_s dengan tekanan , menurut tabel 6-1 Trayball

Tekanan atmosferis $h_s = 1 \text{ in}$

Tekanan hampa $h_s = 0,5 \text{ in}$

Tekanan 500 lb/in^2 $h_s = 3 \text{ in}$

Harga t(“Tray spacing”) berhubungan dengan diameter pada tabel 6-1 Tray ball.

Batasan yang banyak dipakai :

$D = 2,5-4 \text{ ft}$ $t = 18 \text{ in}$

$D = 5-20 \text{ ft}$ $t = 24 \text{ in}$

$$V = Q/A = Q/(\pi/4) \times D^2$$

$$D = (4 \cdot Q / \pi \cdot V)^{1/2}$$

- Kecepatan cairan biasanya dipengaruhi oleh : tegangan muka, sebab jika tegangan muka besar , maka gas akan sukar menembus.

- Pada penentuan harga D harus ditinjau tahap puncak dan dasar menara.
Harga seluruh D top dengan D bottom hampir sama sehingga diameter seluruh menara dibuat sama dan diambil yang besar.
- Untuk keadaan khusus misal adanya pengambilan “side stream” yang banyak maka D_{top}/D_{bottom} berbeda besar, maka diameter seluruh menara dibuat tidak sama.
Perubahan D pada plate tempat mulai diadakan pengambilan “side stream”.

PERANCANGAN

HEAT EXCHANGER

Heat Exchanger yang terdapat di industri ada beberapa macam :

1. Double – pipe “ Heat Exchanger “
2. “ shell and tube Heat Exchanger “
3. “ air – cooled Exchanger “
4. “ pipe coils “
5. Dll

Type Heat Exchanger yang banyak dipakai dalam industri kimia adalah “shell and tube Heat Exchanger”

Keuntungannya :

1. Luas persatuan volume sangat besar
2. Layout baik dan sangat sesuai untuk operasi bertekanan
3. Teknik fabrikasi sudah terbukti baik
4. Dapat dibuat dari bermacam-macam bahan konstruksi
5. Mudah dibersihkan
6. Prosedur perancangan sudah terbukti baik

Kegunaannya :

1. Sebagai “cooler” atau “heater” saja.
Untuk pendinginan (tidak ada perubahan fase) dengan pendingin “refrigerant” disebut “chiller”.
2. Sebagai condensor, untuk mengembunkan gas.
3. Sebagai reboiler, untuk menguapkan cairan.

Faktor-faktor yang menentukan dalam pemilihan “heat transfer equipment”.

1. “Thermal strains”

Selama penerimaan panas dapat mengakibatkan “tube bundle” dan “shell tidak sama pemuaiannya, sehingga dapat dipakai jenis Heat Exchanger dengan “floating head”. “fixed head” hanya boleh dipakai jika beda suhu antara “shell” dan “tube” maximum 50°F .

2. Tube size, pitch dan shell size.

Harga-harga standard untuk tube size, pitch dan shell size terdapat pada tabel g kern.

Standard panjang tube = 8, 12, 16, dan 20 ft.

Standard diameter tube = 5/8 ; 3/4 ; 1 ; 1½ inchi, yang paling banyak dipakai 3/4 dan 1 inchi.

Biasanya shell dibuat dengan tebal 3/8 inch untuk ID shell 12-24”, kecuali jika fluidanya sangat korosif atau tekanan operasi besar (2300 psig).

3. “Baffles”

Dengan pemasangannya “baffles” akan menaikkan “pressure drop” dalam “shell side” tetap karena baffle menyebabkan bertambahnya turbulensi aliran yang mengakibatkan bertambahnya h, maka baffle tetap disukai. Besarnya baffle spacing maximum = ID shell dan minimum = 1/5 ID shell atau dipilih mana yang lebih besar.

4. “cleaning” dan “main tenance”

Heat Exchanger dibersihkan secara periodik dengan sikat kawat atau dengan bahan kimia bersama dengan pemeriksaan-pemeriksaan kalau ada yang harus diganti.

5. Aliran fluida

Aliran fluida dalam Heat Exchanger dipakai antara:

a. Untuk pemanas/pendingin : “process fluid” dengan :

- Steam
- Air pendingin
- Udara pendingin
- “refrigerant”
- “process fluid” yang lain

Sebagai pemanas biasanya dipakai = steam atau “process fluid”

Sebagai pendingin biasanya dipakai = air pendingin, udara pendingin “process fluid dingin” dan “refrigerant”.

- b. Untuk kondensor sebagai pendingin biasanya air, udara, “process fluid”.
- c. Untuk Reboiler sebagai pemanas biasanya =steam, api langsung.

Hal – hal yang perlu diperhatikan dari fluida-fluida yang mengalir :

1. Air pendingin

Paling banyak dipakai karena panas jenis besar, murah, dan mudah didapat, tetap mempunyai kelemahan : korosif, membentuk “scale” air pendingin selalu dialirkan melalui “tube side”.

2. “steam”

Banyak dipakai karena pengembunannya besar.

- Pemanasan suhu 215-230⁰F (exhaust steam) dapat memanasi suhu dibawah 200⁰F.
- Pemanasan suhu tinggi kurang lebih 350⁰F dipakai steam suhunya 382⁰F dengan P = 200 psig.

3. Udara pendingin, hanya dipakai didaerah yang kekurangan air.

4. “process fluid”, untuk pabrik-pabrik modern dimana penghematan panas dipikirkan sedalam-dalamnya.

LANGKAH-LANGKAH DALAM MENDESIGN “HEAT EXCHANGER” :

1. Menentukan kondisi proses

- Jumlah arus yang masuk dan keluar
- Suhu masuk dan keluar

2. Route fluida-fluida

- Untuk fluida dengan tekanan tinggi
yang korosif, yang “fouling factor” besar. Sebaiknya mengalir melalui “tube side”.
- Untuk fluida dengan volume besar
Sangat viskous, ΔP kecil. Mengalir melalui “shell side”.

3. Pemilihan U

Pilihlah U yang cocok dengan dengan keadaan “process”, macam process dan “utility fluid”.

4. Pemilihan pipa

Pilihlah panjang, tata letak , “pitch” dan ukuran pipa. Panjang pipa yang pendek akan menaikkan harga tetap tidak menyebabkan pressure drop berkurang, maka yang banyak dipakai ukuran 12 dan 16 ft.

5. Pemilihan “passes”

Setelah pemilihan U dan pipa yang dipakai, dapat ditentukan A, dan selanjutnya dapat dihitung jumlah pipa yang diperlukan.

Yang paling banyak dipakai Heat Exchanger 1-2 dan 1-4.

6. Menentukan h

7. Menentukan U_c dan R_d

8. Perbandingan dengan ΔP_{max}

Jika ΔP lebih kecil dari ΔP_{max} yang diperbolehkan maka dianggap memenuhi syarat.

Rumus-rumus “head transfer”

Tube side

$$1. \text{ Aliran laminar } \frac{h_i D}{k} = 1,86 \left(\frac{D G}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu C_p}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{D}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\omega} \right)^{0,14}$$

$$Re < 2100.$$

$$2. \text{ Aliran turbulen } \frac{h_i D}{k} = 0,0027 \left(\frac{D G}{\mu} \right)^{0,8} \left(\frac{\mu C_p}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\omega} \right)^{0,14}$$

$$Re > 10000$$

$$3. \text{ “pressure drop” } \Delta P_t = \frac{f \cdot G t^2 \cdot L n}{5,22 \cdot 10^{10} \cdot D_s \cdot P t}$$

“Shell side”

1. Persamaan

$$h_o \rightarrow \frac{h_o \cdot D_o}{k} = 0,36 \left(\frac{D_o \cdot G_s}{\mu} \right)^{0,55} \left(\frac{\mu C_p}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\omega} \right)^{0,14}$$

$$G_s = \frac{w}{a_s} \text{ dan } a_s = \frac{I D \cdot x \cdot C^1 \cdot B}{Pr \cdot 144}$$

2. “pressure drop”

$$\Delta P_s = \frac{f \cdot G t^2 \cdot D_s (N+1)}{5,22 \times 10^{10} \cdot D_o \cdot s \cdot \phi_s}$$

Persamaan Heat Exchanger

$$U_o = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o}$$

$$R d = \frac{U_c - U_D}{U_c \cdot U_D}$$

“Tube side”

$$h_{io} \propto G t^{0,8} \rightarrow \frac{h_i (8 \text{ passes})}{h_i (2 \text{ passes})} = \left(\frac{8}{2} \right)^{0,8} = 3$$

$$\Delta P_t \propto G t^2 \propto n L \rightarrow \frac{\Delta P_t (8 \text{ passes})}{\Delta P_t (2 \text{ passes})} = \left(\frac{8}{2} \right)^{\frac{1}{3}} = 1,58$$

“Shell side”

$$h_o \propto G_s^{0.5} \quad \rightarrow \quad \frac{h_o(\min.B)}{h_o(\max.B)} = \left(\frac{5}{1}\right)^{0.5} = 2.23$$

$$\Delta P_s \propto G_s^2 (N + 1) \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta P_s(\min.B)}{\Delta P_s(\max.B)} = \left(\frac{5^2 \times 5}{1^2 \times 1}\right)^{\frac{1}{3}} = 12.5$$

Dari persamaan-persamaan diatas bahwa

1. Untuk memperbesar R_d , U_c harus diperbesar atau sebaliknya U_D yang harus diperkecil dengan memperbesar Heat Exchanger.
2. Untuk memperbesar U_c dapat dengan jalan :
Memperbesar h lebih kecil, karena h tersebut yang berpengaruh terhadap U_c .
Kalau h tersebut $h_o \rightarrow$ dengan memperbesar G atau menambah jumlah “press”.
Kalau h tersebut $h_i \rightarrow$ dengan memperkecil B yang akibatnya h_o akan lebih besar.