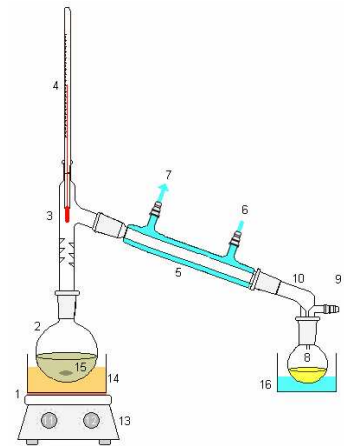


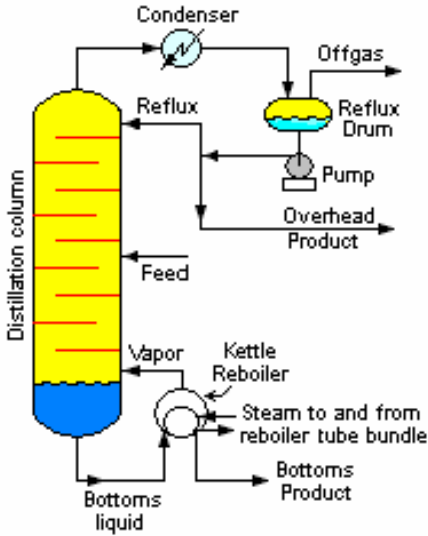
OTK 3 S1
Sperisa Distantina



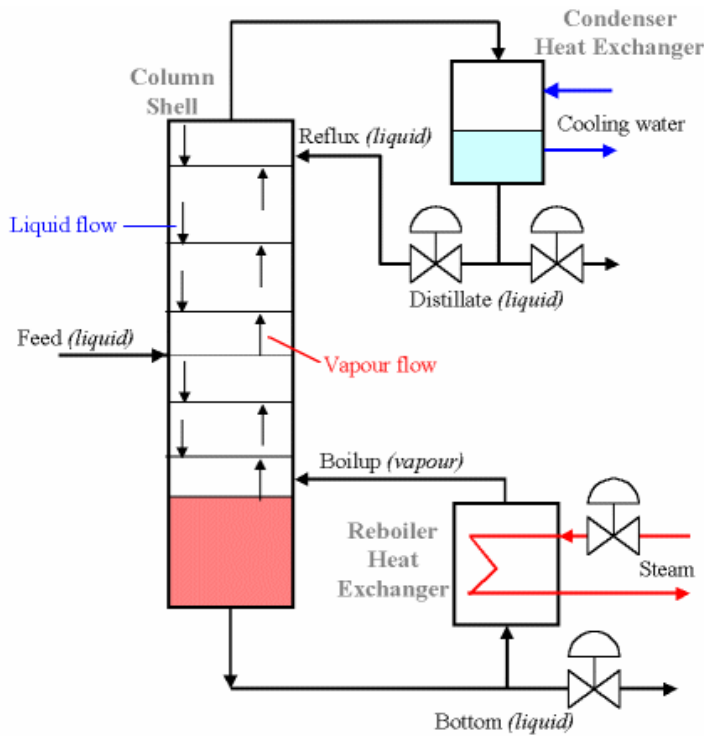
MATERI : MENARA DISTILASI CAMPURAN BINER

Sumber Pustaka :

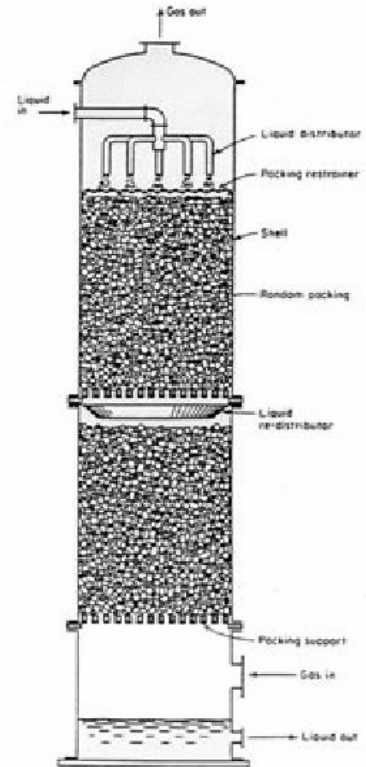
- Geankoplis, C.J., 1985, "Transport Processes and Unit Operation", Prentice Hall, Inc., Singapore.
 Wankat, P.C., 1988, "Equilibrium Staged Separation", Prentice Hall, New Jersey.
 Perry, R.H and Green, D., 1984, "Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th ed.", McGraw-Hill Book Co., Singapore.



Definisi DISTILASI?



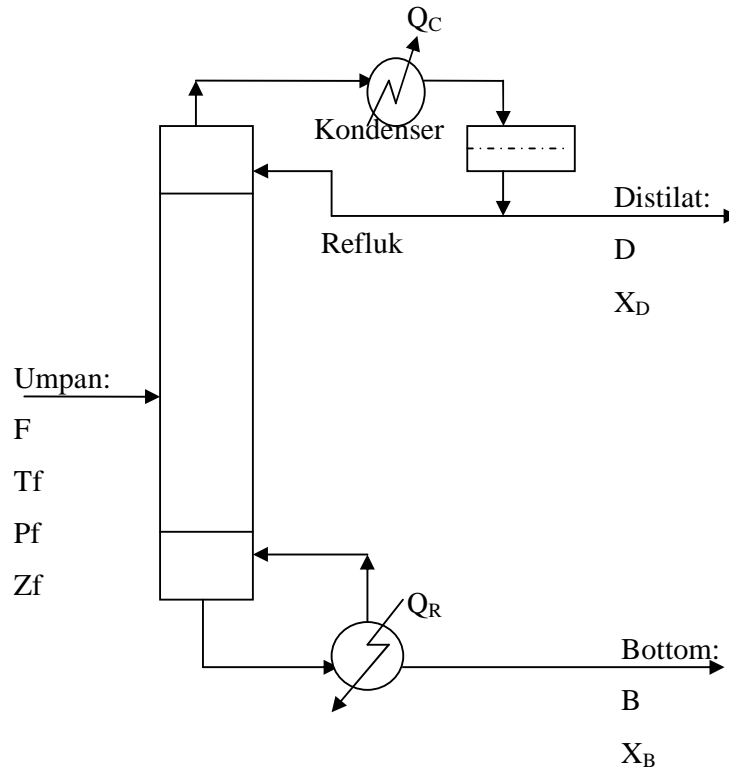
MD menggunakan stage



MD dengan packing

PERANCANGAN MD BINER DENGAN KONTAK BERTINGKAT (STAGE WISE)

Ditinjau suatu MD sederhana yang dilengkapi kondenser dan reboiler sebagai berikut:



Data yang diketahui :

Kecepatan Umpan (F), komposisi umpan (z_i), kondisi umpan (T_f dan P_f).

Data yang ditentukan oleh perancang :

Misal : kemurnian distilat (X_D) dan bottom (X_B);
Rasio Refluks (R).

Data yang dievaluasi :

Kecepatan dan kondisi arus distilat (D , T_D);
Kecepatan dan kondisi bottom (B , T_B);
Beban condenser (Q_C) dan reboiler (Q_R);
Tinggi menara (jumlah stage);
Lokasi umpan,
Diameter menara.

Asumsi yang diambil untuk kasus ini adalah ;

1. Menara diisolasi sehingga adiabatik atau tidak ada panas hilang ke sekeliling.
2. Arus-arus keluar dari setiap stage dalam keadaan berkesimbangan.

Analisis:

A. NERACA EKSTERNAL

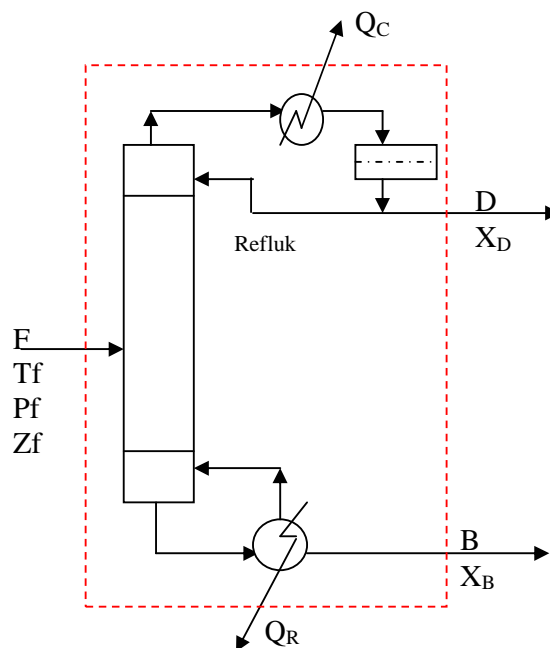
Hubungan arus-arus masuk dan keluar di sekitar MD dinyatakan dengan neraca eksternal. Data yang dievaluasi :

Kecepatan dan kondisi arus distilat (D, TD);

Kecepatan dan kondisi bottom (B, TB);

Beban condenser (QC) dan reboiler (QR);

Korelasi ini harus sesuai dengan simbol variabel pada skema alat yang digambarkan.



NM total di sekitar MD :

$$F = B + D \quad (1)$$

NM komponen yang lebih volatile di sekitar MD :

$$F \cdot z = B \cdot X_B + D \cdot X_D \quad (2)$$

Dipilihnya komponen yang lebih volatil, karena penyelesaian masalah diarahkan menggunakan data keseimbangan komponen ini.

Menggunakan persamaan (1) dan (2), nilai B dan D dapat dievaluasi.

NP di sekitar MD :

$$F \cdot h_F + Q_R = D \cdot h_D + B \cdot h_B + Q_C \quad (3)$$

Dengan,
 h_F = entalpi umpan = $f(z, \text{jenis bahan}, T_F, P)$.

$h_D = \text{entalpi distilat} = f(X_D, \text{jenis bahan}, T_D, P)$.

$h_B = \text{entalpi bottom} = f(X_B, \text{jenis bahan}, T_B, P)$.

Data entalpi ini dapat diperoleh dari :

1. grafik hubungan entalpi komposisi (perhatikan satuannya).
2. menghitung entalpi fase cair dan uap berdasarkan data suhu-komposisi.
3. menghitung entalpi fase cair dan uap berdasarkan data dePriester atau Persamaan Antoine.

Entalpi umpan (h_F) :

Jika umpan berupa campuran 2 fase, maka entalpi umpan terletak di daerah 2 fase. Jika diketahui F , T_F , dan z_F , maka nilai besarnya cairan (LF) dan uap (VF) dalam F dievaluasi menggunakan cara :

NM :

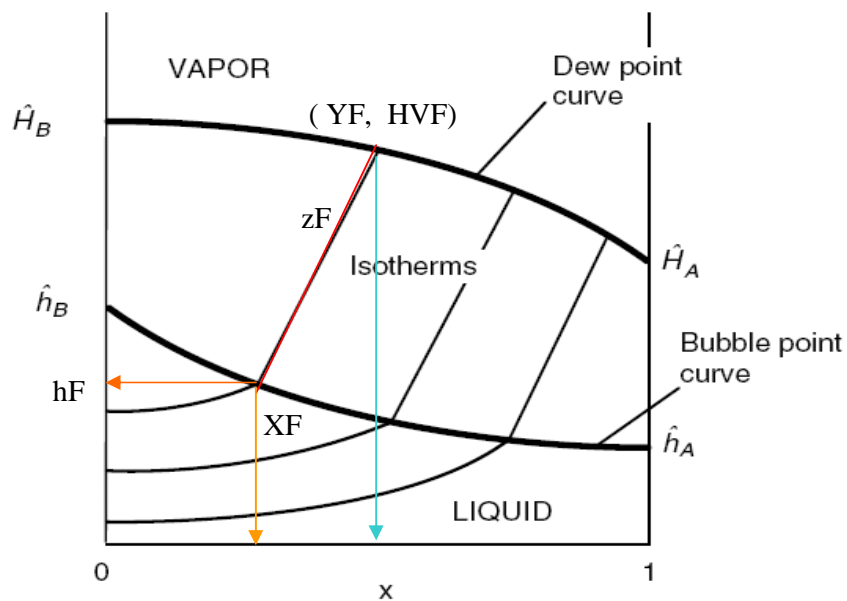
$$F = LF + VF$$

$$F \cdot z_F = LF \cdot X_F + VF \cdot Y_F$$

Keseimbangan :

$$Y_F = f(X_F, \text{keseimbangan pada } T_F).$$

Ketiga persamaan di atas diselesaikan secara grafis:



Inverse lever arm's rule.

Nilai h_F dievaluasi dengan NP :

$$F \cdot h_F = LF \cdot h_{LF} + VF \cdot H_{VF}$$

$$h_{LF} = f(X_F, \text{cair})$$

$$H_{VF} = f(Y_F, \text{uap})$$

Entalpi distilat (h_D) :

Arus distilat merupakan produk kondenser. Ada 2 macam condenser :

1. kondenser total
2. kondenser parsial

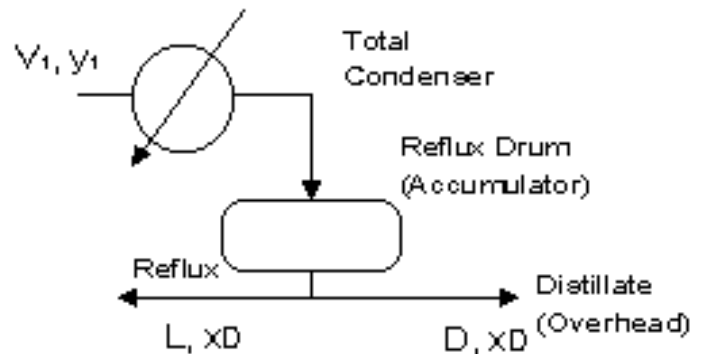
1. Kondenser Total :

Semua uap diinginkan terembunkan, sehingga diperoleh distilat dalam fase cair. Jika demikian, maka komposisi bahan di distilat adalah sama dengan komposisi bahan di uap. Suhu bahan agar semua bahan di fase cair harus di bawah atau sama dengan suhu titik didihnya (bubble point).

Jika uap dari stage 1 (V_1) diembunkan sampai suhu bubble point-nya, maka akan diperoleh distilat berupa cair jenuh. Maka :

$$h_D = f(X_D, T_D, \text{cair jenuh})$$

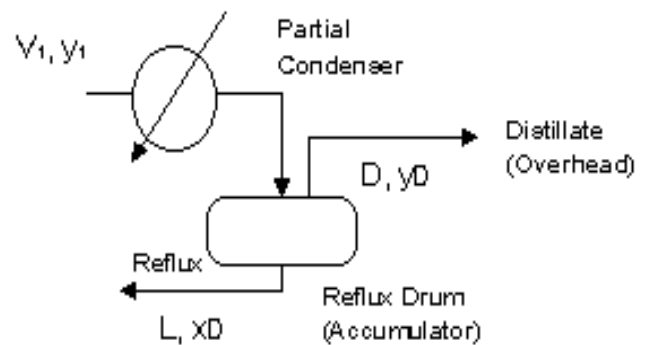
$$h_o = h_D$$

**2. Kondenser parsial :**

Jika penurunan suhu di antara suhu titik embun sampai titik didihnya, maka tidak semua uap yang masuk condenser terembunkan. Distilat berupa uap, sedangkan refluks berupa cair.

Ada 2 keadaan yang mungkin terjadi dalam kondenser parsial :

1. uap dan cairan dalam keadaan keseimbangan, sehingga kondenser ekivalen dengan sebuah stage seimbang.
2. uap dan cairan hasil condenser tidak dalam keadaan seimbang.



Jika uap dan cairan berkeseimbangan :

$$X_D = Y_D$$

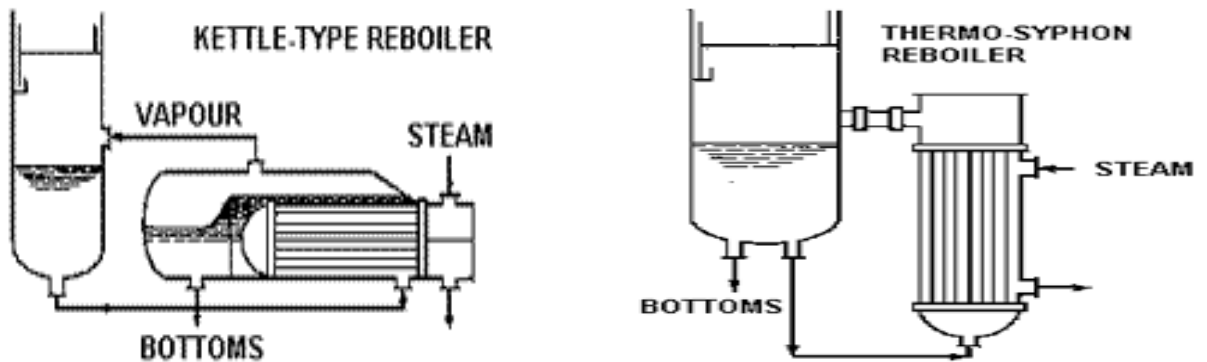
$$X_o = f(Y_D, \text{keseimbangan pada } T_D)$$

$$H_D = f(Y_D, T_D, \text{uap jenuh}).$$

$$H_o = f(X_o, T_D, \text{cair jenuh})$$

Entalpi Bottom :

Biasanya digunakan reboiler parsial, yaitu sebagian cairan hasil bawah diuapkan dan dialirkan ke menara sebagai uap pembawa panas. Oleh karenanya, reboiler setara dengan sebuah stage seimbang, yaitu stage N+1.
 $HB = f(XB, TB, \text{cair jenuh})$.



Nilai yang belum diketahui dari persamaan (3) di atas adalah Q_R dan Q_C , oleh karena itu dibutuhkan sebuah persamaan lagi. Persamaan ini dapat disusun menggunakan neraca di sekitar kondenser atau reboiler.

Neraca di sekitar kondenser

1. kondenser total

NM total di sekitar condenser :

$$V_1 = L_o + D \quad (a)$$

$$\text{Rasio refluks} = R = L_o/D \quad (b)$$

Jika R dan D telah diketahui, maka V_1 dan L_o dapat dievaluasi berdasarkan pers (a) dan (b).

NP di sekitar condenser :

$$V_1 \cdot H_1 = D \cdot h_D + L_o \cdot h_o + Q_C$$

$$H_1 = f(y_1, T_1, \text{uap jenuh})$$

$$h_o = h_D = f(X_D, T_D, \text{cair jenuh})$$

Menggunakan persamaan NP di atas, nilai Q_C dapat dievaluasi.

2. Kondenser parsial

NM Total di sekitar condenser :

$$V_1 = L_o + D$$

$$\text{Rasio refluks} = R = L_o/D$$

Jika D dan R telah diketahui, maka V_1 dapat ditentukan.

NM komponen yang lebih volatil:

$$V_1 \cdot y_1 = L_o \cdot X_o + D \cdot Y_D$$

$$X_o = f (YD, TD, \text{keseimbangan})$$

Jika nilai X_o telah diketahui maka y_1 dapat dievaluasi.

NP :

$$V_1 \cdot H_1 = L_o \cdot h_o + D \cdot H_D + Q_C$$

Dengan,

$$H_1 = f (y_1, T_1, \text{uap jenuh})$$

$$h_o = f (X_o, T_D, \text{cair jenuh})$$

$$H_D = f (YD, T_D, \text{uap jenuh})$$

Menggunakan NP di atas, nilai Q_C dapat ditentukan.

Berdasarkan persamaan (3) dan (4) , maka nilai Q_R dapat dihitung.

SOAL LATIHAN:

Campuran n-heksan dan n oktan akan dipisahkan menggunakan menara distilasi (MD). Umpan sebanyak 1000 lbmol/jam berisi 50% mol nC6. Diinginkan hasil atas berisi 95% nC6 dan hasil bawah berisi 95% nC8. Refluk cair jenuh dan diambil rasio refluks =2. Tentukan, jika MD dilengkapi kondenser total, reboiler parsial, serta umpan berupa cair jenuh, tentukan :

- Kecepatan hasil atas (D) dan suhu atas menara (T top),
- Kecepatan hasil bawah menara (B) dan suhu bottom menara (T bot),
- Beban kondenser , serta beban reboiler.

T, °F	fraksi mol nC6 di fase cair	fraksi mol nC6 di fase uap	Entalpi cairan, Btu/lbmol	Entalpi uap, Btu/lbmol
155,7	1,0	1,0	7.586	20.085
160	0,917	0,986	8.030	20.309
180	0,600	0,900	9.794	21.642
200	0,377	0,773	11.557	23.287
220	0,215	0,592	13.309	25.432
240	0,099	0,342	15.064	28.140
258,2	0	0	16.559	31.405

B. NERACA INTERNAL

Materi sebelumnya adalah neraca eksternal, untuk menghitung jumlah stage harus dianalisis neraca internal

Hubungan arus-arus di dalam menara dianalisis menggunakan neraca internal. Setelah diketahui hubungan ini, jumlah stage yang dibutuhkan dapat dievaluasi.

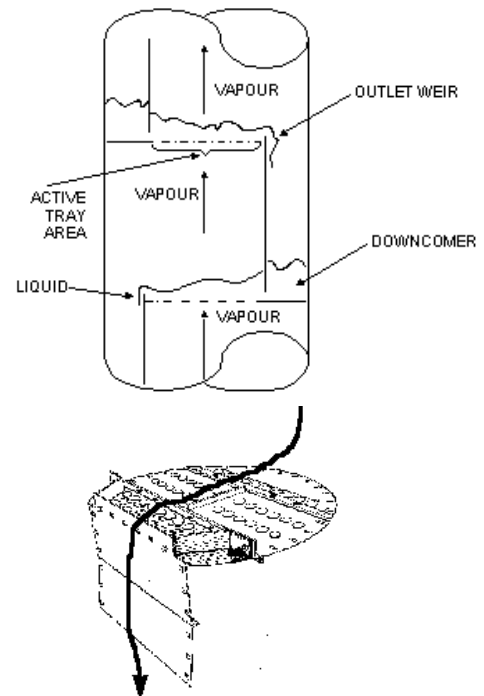
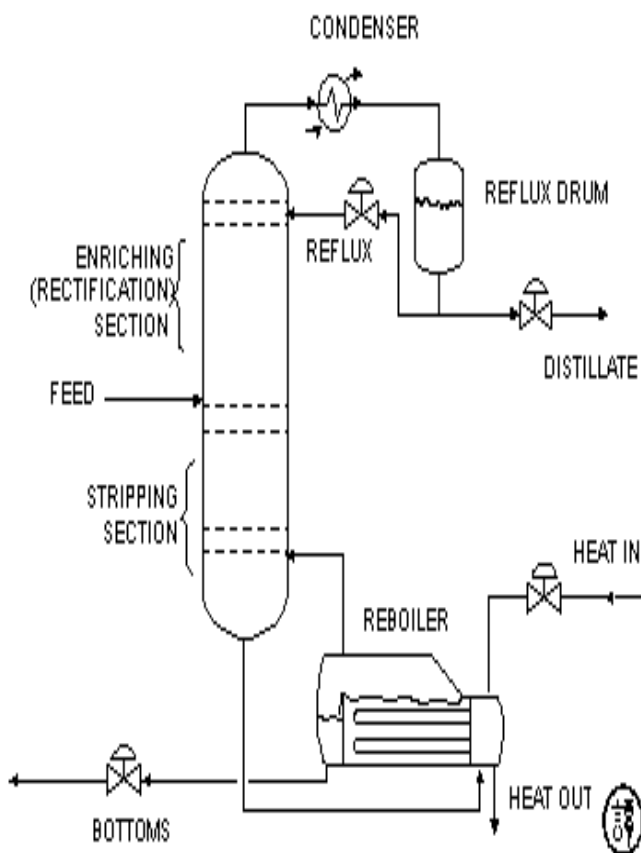
Perhitungan jumlah stage dievaluasi dari neraca di setiap stage dan berurutan. Perhitungan ini dapat dimulai dari atas menara (Top-downward) atau dari bawah menara (bottom-upward).

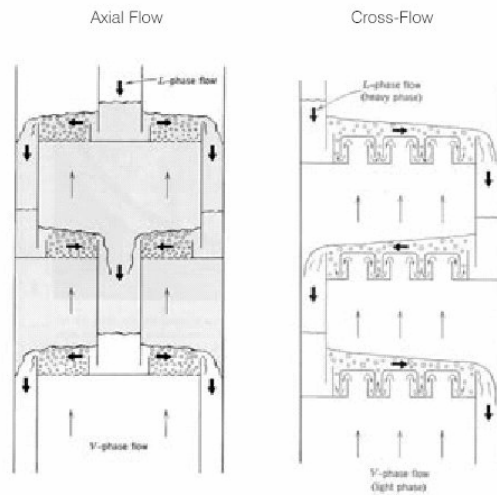
Ditinjau sebuah menara distilasi sederhana : (terdapat sebuah arus umpan, dilengkapi condenser total, dan reboiler parsial)

Dalam menentukan jumlah stage, MD dibagi dalam 2 seksi:

1. enriching, daerah dimana uap diperkaya dengan refluks.
 - Semua stage di atas feed plate (plat umpan).
2. stripping, daerah dimana terjadi pengambilan sisa-sisa yang volatile yang terbawa oleh cairan.
 - Semua stage di bawah feed plate.

Adanya 2 seksi ini disebabkan arus umpan (F) yang mengakibatkan perbedaan neraca di bagian plat umpan dan di bawahnya.





Beberapa cara menentukan jumlah stage untuk distilasi biner, yaitu :

1. Sorel (1893).
2. Ponchon dan Savarit (1922) : pengembangan dari Sorel dan dibuat visual grafis.
- Cara 1 dan 2 ini memperhitungkan NM, keseimbangan, dan NP secara simultan karena adanya Non Constant Molal Overflow (L dan V di setiap seksi tidak konstan) dan perbedaan latent heat units.
3. Lewis (1922).
4. McCabe-Thiele (1925) : pengembangan Lewis, tetapi dibuat grafis.

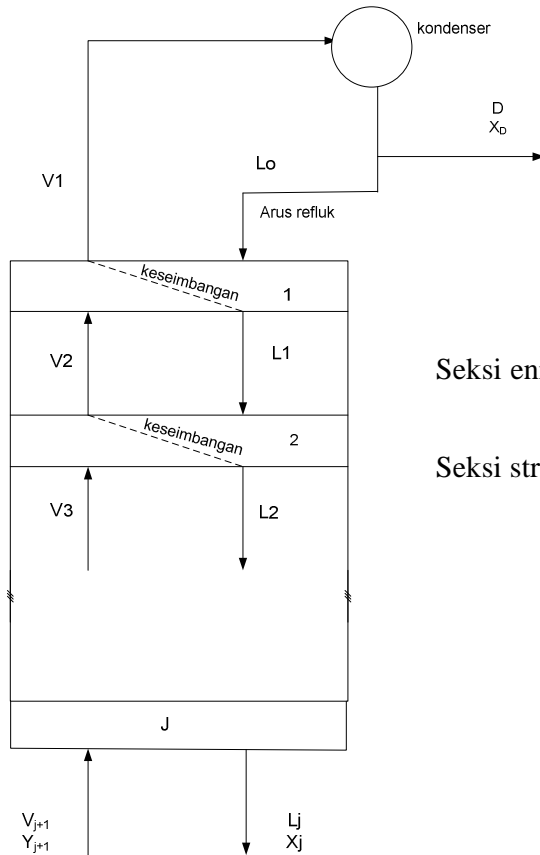
Cara 3 dan 4 ini merupakan cara yang disederhanakan, karena sering dijumpai dalam praktek kecepatan alir L dan V tetap (Constant Molal Overflow).

Pada kuliah ini, hanya akan dipelajari cara McCabe-Thiele.

Menentukan jumlah stage dengan cara McCabe-Thiele :

Cara ini :

1. lebih cepat memberikan jawaban,
2. data fisik yang dibutuhkan lebih sedikit,
3. harus memenuhi persyaratan Constant Molal Overflow (CMO) atau kecepatan alir molar selama beroperasi tetap di setiap seksi.



Seksi enriching : $V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_f = V$

$$L_1 = L_2 = L_3 = \dots = L_f = L$$

Seksi stripping : $\bar{V}_{f+1} = \bar{V}_{f+2} = \dots = \bar{V}_k = \bar{V}$

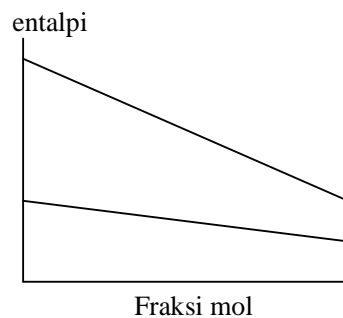
$$\bar{L}_{f+1} = \bar{L}_{f+2} = \dots = \bar{L}_k = \bar{L}$$

Kondisi CMO dapat dipenuhi jika:

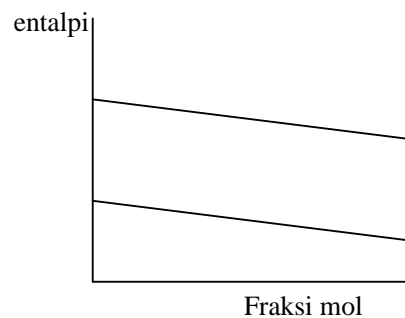
1. satu mol pengembunan uap dan 1 mol penguapan cairan.
2. MD adiabatik atau panas hilang ke sekeliling melalui dinding kecil atau tidak ada.
3. perubahan panas sensible dapat diabaikan terhadap panas laten.
4. Panas laten penguapan bukan fungsi komposisi, dalam praktek, hal ini sulit dijumpai.

Diagram entalpi-komposisi:

NON CMO:



CMO:



HC ringan biasanya memenuhi CMO.

1. Perhitungan jumlah stage pada seksi enriching :

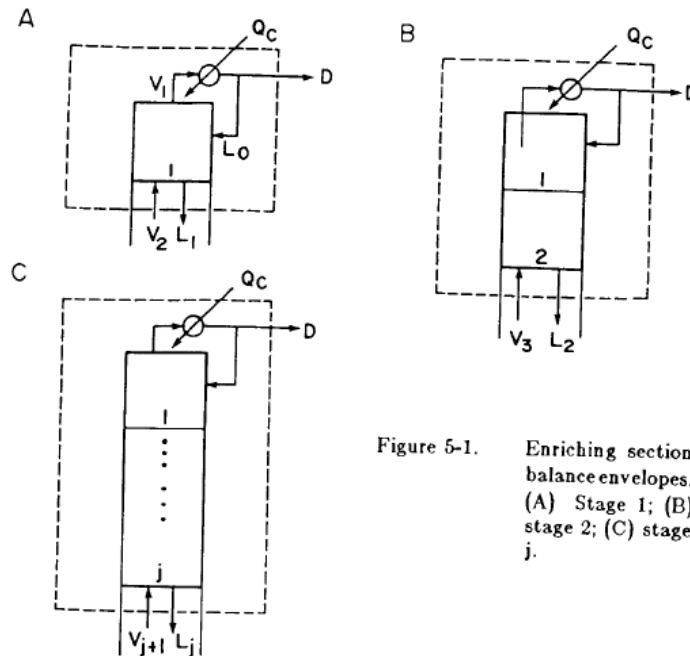


Figure 5-1. Enriching section balance envelopes. (A) Stage 1; (B) stage 2; (C) stage j.

Ditinjau stage ke-j :

NM total :

$$V_{j+1} = L_j + D \quad (5)$$

NM komponen volatil :

$$V_{j+1} \cdot Y_{j+1} = L_j \cdot X_j + D \cdot X_D \quad (6)$$

Keseimbangan :

$$X_j = f(Y_j, \text{keseimbangan}). \quad (7)$$

NP:

$$V_{j+1} \cdot H_{j+1} = L_j \cdot h_j + D \cdot h_D + Q_C \quad (8)$$

Dengan,

$$H_{j+1} = f(Y_{j+1}, \text{uap jenuh})$$

$$h_j = f(X_j, \text{cair jenuh})$$

$J=0$ s/d f

Penyelesaian diarahkan secara grafis, maka semua persamaan disusun agar dapat diplot di kurva Y-X (McCabe-Thiele) atau persamaan $Y = f(X)$.

Dari NM (pers. 5 dan 6) di sekitar plate ke-j diperoleh persamaan garis operasi seksi enriching atau garis operasi atas (GOA) :.....(9)

Jika CMO, maka:(10)

Dengan,

$$V = L + D$$

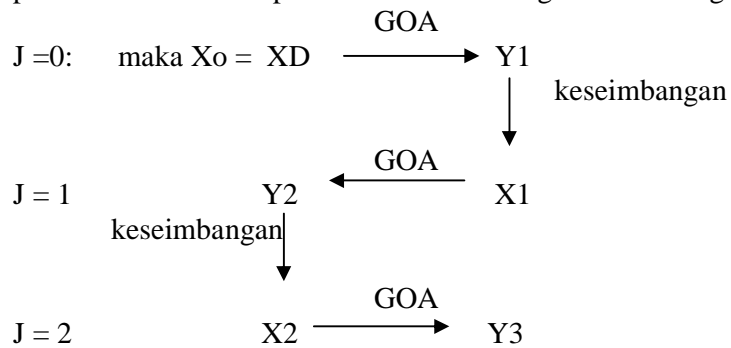
Dalam perancangan, nilai R sudah ditentukan, maka bentuk persamaan GOA yang lain :

.....(11)

Arus-arus yang keluar stage ke-j dalam keadaan berkesimbangan :

$$Y_j = f (X_j, \text{keseimbangan}).$$

Penentuan jumlah stage seksi enriching secara analitis menggunakan persamaan GOA dan persamaan keseimbangan secara bergantian.

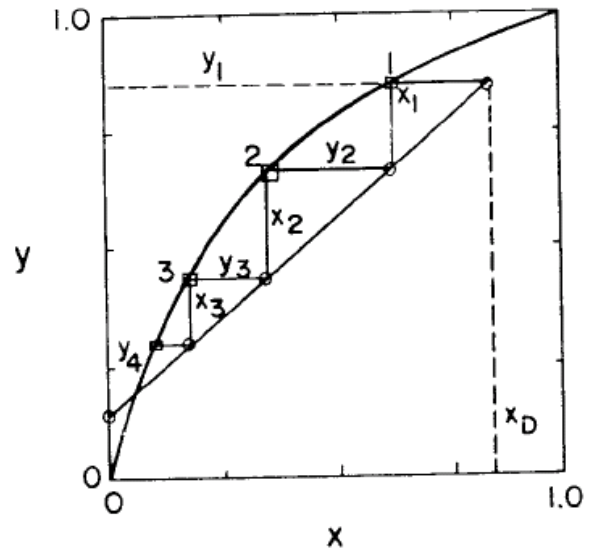
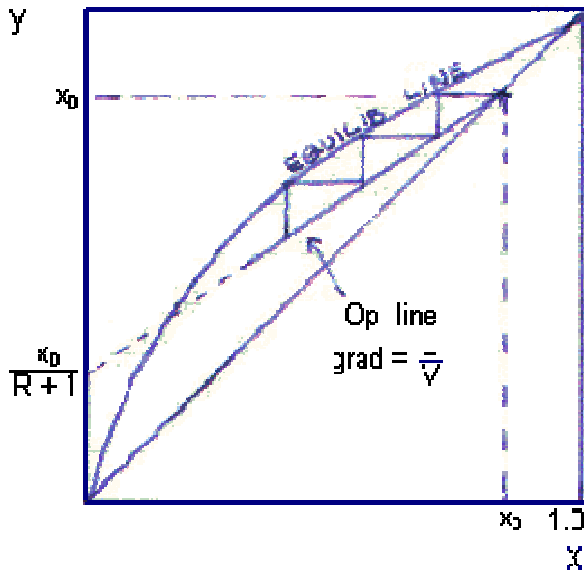


Dst.

Secara grafis, GOA dan data keseimbangan diplot di kurva Y-X.

Plot GOA :

- slope=
- intersept =
- titik potong GOA dengan sumbu diagonal ($X=Y$) adalah.....



2. Perhitungan jumlah stage pada seksi stripping :

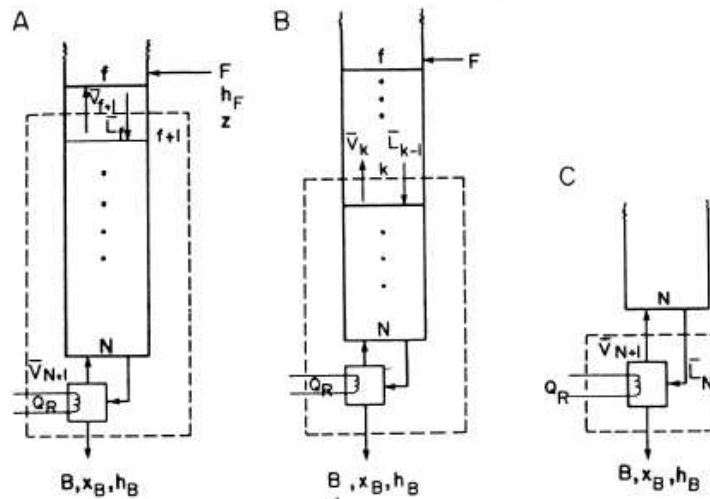


Figure 5-2. Stripping section balance envelopes. (A) Below feed stage (stage $f + 1$); (B) Stage k ; (C) Partial reboiler.

Perhitungan dimulai dari plate tepat di bawah feed plate (f).

Ditinjau plate ke-k sampai bottom:
 NM total :.....(12)

NM komponen volatile:.....(13)

Keseimbangan :(14)

NP: (15)

Jika dipakai reboiler parsial, maka reboiler merupakan stage ke- N+1.

Penyelesaian diarahkan secara grafis, maka semua persamaan disusun agar dapat diplot di kurva Y-X (McCabe-Thiele) atau persamaan $Y = f(X)$.

Dari NM (pers 12 dan 13) diperoleh persamaan garis operasi seksi stripping atau garis operasi bawah (GOB):(16)

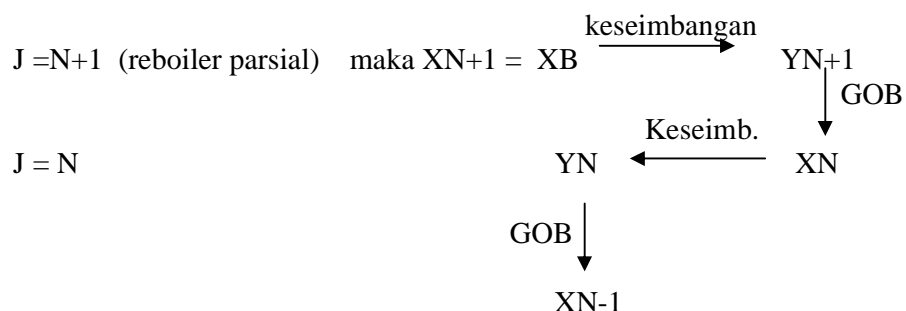
Dengan,

$$\text{rasio boil up} = \frac{\bar{L}}{\bar{V}}$$

Arus-arus yang keluar stage ke-j dalam keadaan berkesimbangan :

$$Y_j = f(X_j, \text{keseimbangan}) \dots(14)$$

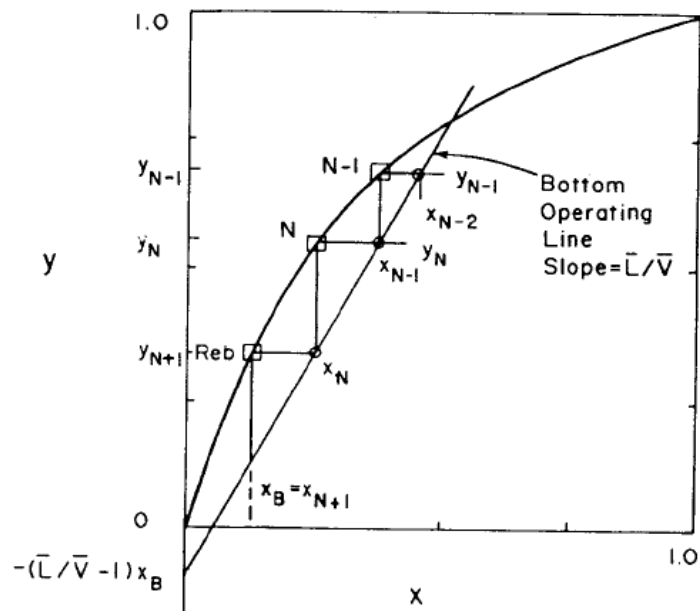
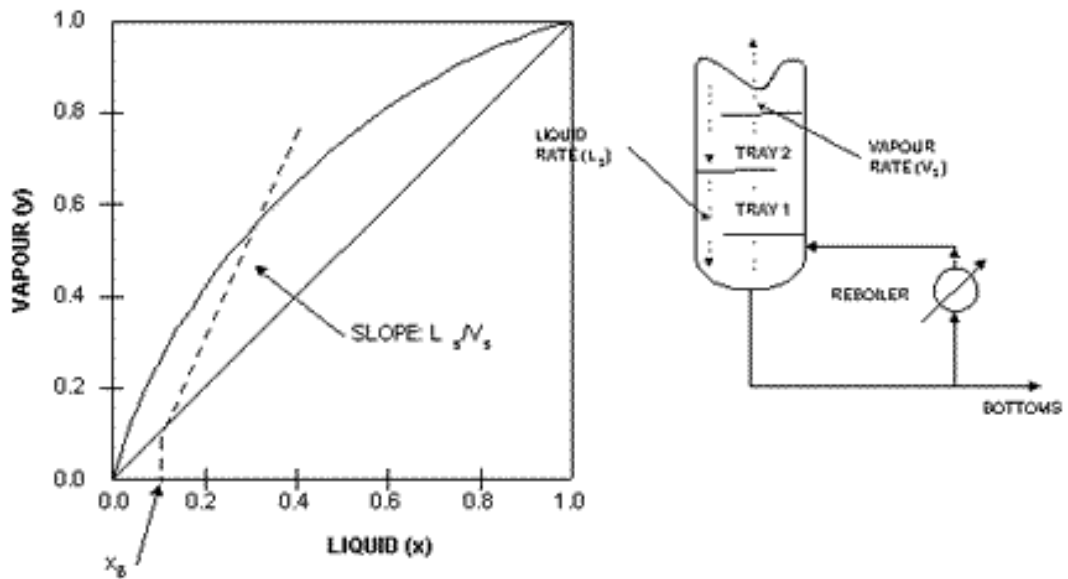
Penentuan jumlah stage seksi stripping (bottom-up) secara analitis :



Dst.

Secara grafis, GOB dan data keseimbangan diplot di kurva Y-X.
 Plot GOB :

- a. slope=
- b. intercept =
- c. titik potong GOB dengan sumbu diagonal (X=Y) adalah.....



Seringkali, rasio boil-up tidak diketahui/ditentukan, sehingga GOB tidak dapat dievaluasi.

Perubahan NM dalam menara disebabkan adanya arus umpan. Kondisi umpan biasanya dapat dievaluasi.

Oleh karena itu, perlu dicari korelasi antara GOA dengan GOB melalui data umpan menara.

Persamaan yang menghubungkan GOA dan GOB adalah persamaan kondisi umpan (q = quality, kualitas umpan).

Definisi q :

Ditinjau di sekitar feed plate :

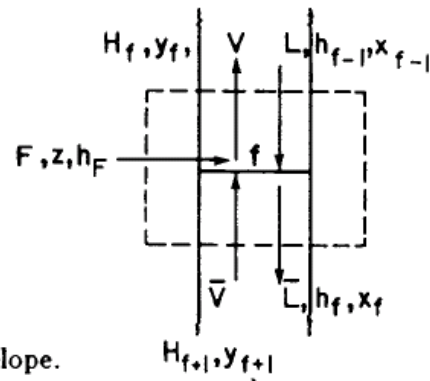


Figure 5-3. Feed-stage balance envelope.

$$\text{NM : } F + \bar{V} + L = V + \bar{L} \quad (1)$$

$$\bar{V} - V = \bar{L} - L - F \quad (2)$$

$$\text{NP : } F \cdot H_f + \bar{V} \cdot H_{f+1} + L \cdot h_{f-1} = V \cdot H_f + \bar{L} \cdot h_f$$

$$\text{dengan, } H_{f+1} \approx H_f = H$$

$$h_{f-1} \approx h_f = h$$

Manipulasi NM dan NP :

$$F \cdot h_f + \bar{V} \cdot H + L \cdot h = V \cdot H + \bar{L} \cdot h$$

$$F(h_f - H) = (\bar{L} - L)(h - H)$$

$$\frac{h_f - H}{h - H} = \frac{\bar{L} - L}{F} = q \quad (6)$$

$$\text{jadi : } q = \frac{\bar{L} - L}{F} = \frac{h_f - H}{h - H} = \frac{h_f - H}{\lambda}$$

q = penambahan cairan setiap satu mol umpan.

Dengan,

H = entalpi umpan jika uap jenuh ,

h = entalpi umpan jika cair jenuh,

hF = entalpi umpan sesuai kondisi yang sesungguhnya.

Menentukan persamaan garis q :

Disusun dengan cara membuat garis melalui titik potong GOA dan GOB.

Misalkan titik potong itu adalah (X_I, Y_I) atau (X, Y) , maka:

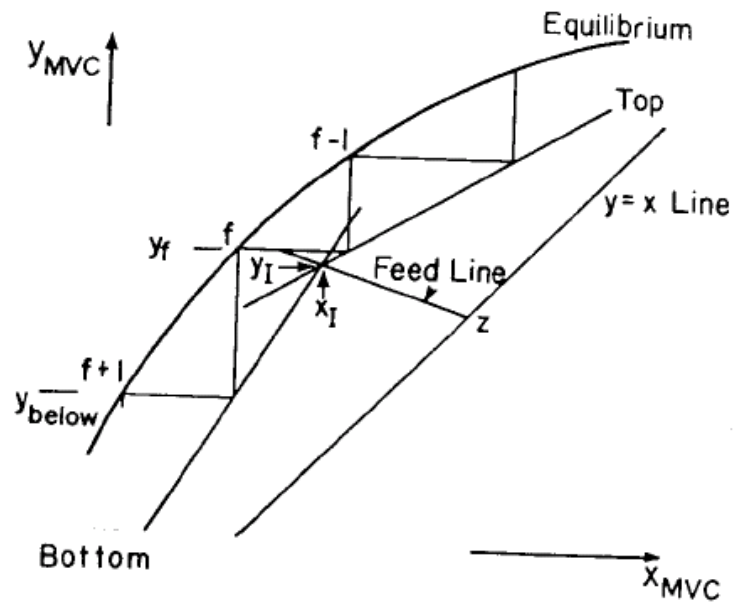


Figure 5-12. Optimum feed plate calculation.

$$\text{GOA, } Y.V = L.X + D.XD$$

$$\text{GOB, } Y.\bar{V} = \bar{L}.X - B.XB$$

$$(\bar{V} - V) Y = (\bar{L} - L) X - (B.XB + D.XD) \quad (7)$$

Substitusi pers (2) dan (6) ke (7) :

$$(\bar{L} - L - F)Y = (\bar{L} - L) X - F.Z$$

Sehingga diperoleh persamaan garis q :

$$Y = \frac{q}{q-1} X - \frac{Z}{q-1}$$

Plot garis q di kurva Y-X :

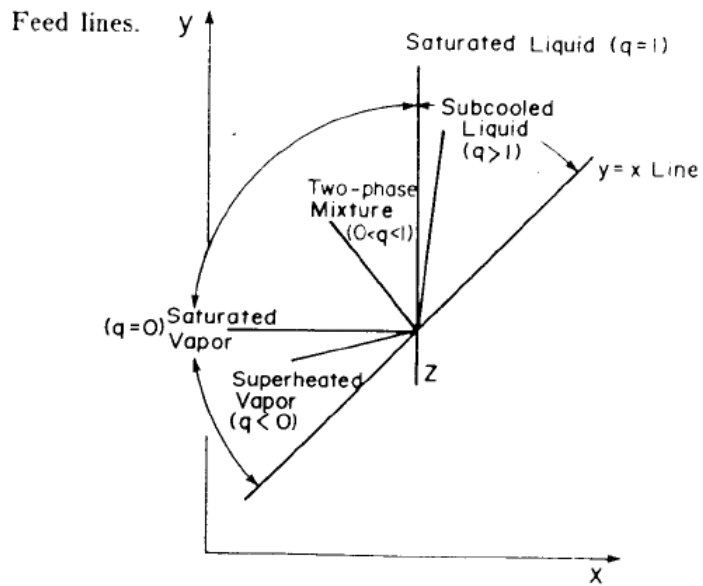
a. Slope =

b. Intersep =

c. Perpotongan garis q dengan sumbu diagonal adalah :

Kemungkinan-kemungkinan garis q:

Kondisi umpan	hF	q	slope
Cairan dingin	$hF < h < H$	$> 1,0$	$> 1,0$
Cair jenuh	$hF = h$	1	~
Cair + uap	$H > hF > h$	$1 > q > 0$	negatif
Uap jenuh	$hF = H$	0	0



Kondisi umpan dapat ditunjukkan dengan data :

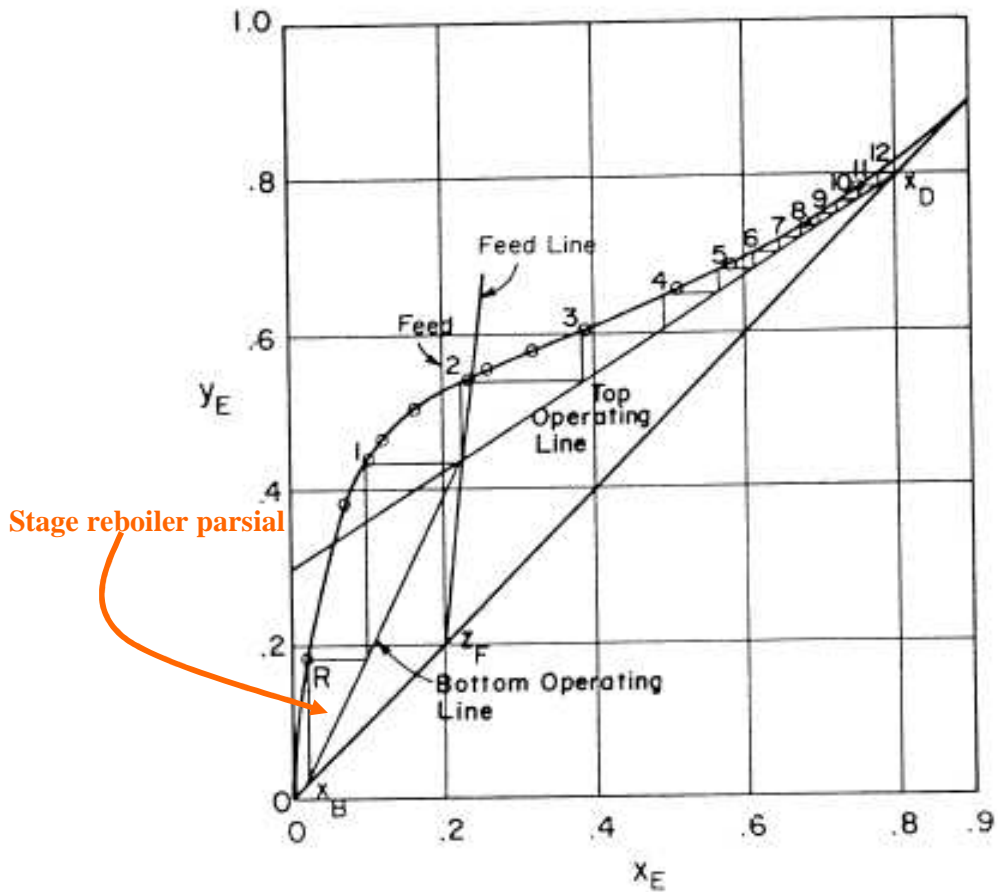
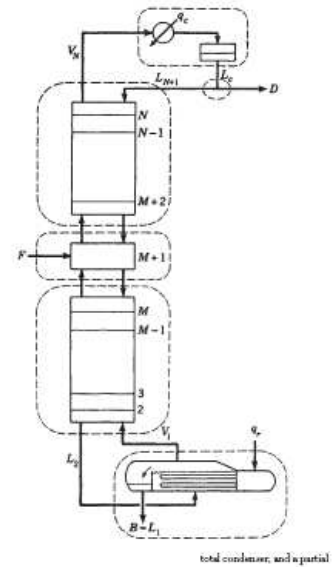
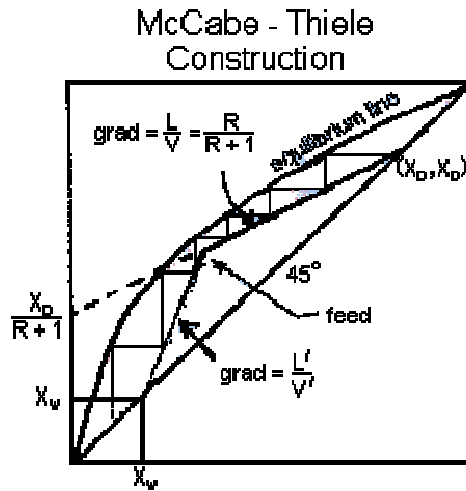
1. fase umpan, misal umpan berupa uap jenuh.
2. entalpi umpan,
3. kondisi berupa T,P, komposisi umpan,
4. perbandingan fase umpan, missal umpan berisi 40% fase uap dan 60% fase cair.

Contoh perhitungan h_f dengan jenis data nomor 4, dapat dilihat di example Wankat,p. 136.

Jika kondisi umpan diketahui, maka garis q dapat diplot di kurva Y-X, selanjutnya persamaan GOB dapat ditentukan.

3. Menentukan jumlah stage di seksi enriching dan stripping dalam menara

Perhitungan jumlah stage (Top down) dimulai menggunakan GOA dan kurva keseimbangan sampai titik potong GOA dan garis q. Dari titik potong ini, perhitungan jumlah stage dilanjutkan dengan menggunakan GOB dan kurva keseimbangan.



Pembandingan penggunaan garis operasi dalam perhitungan jumlah stage:

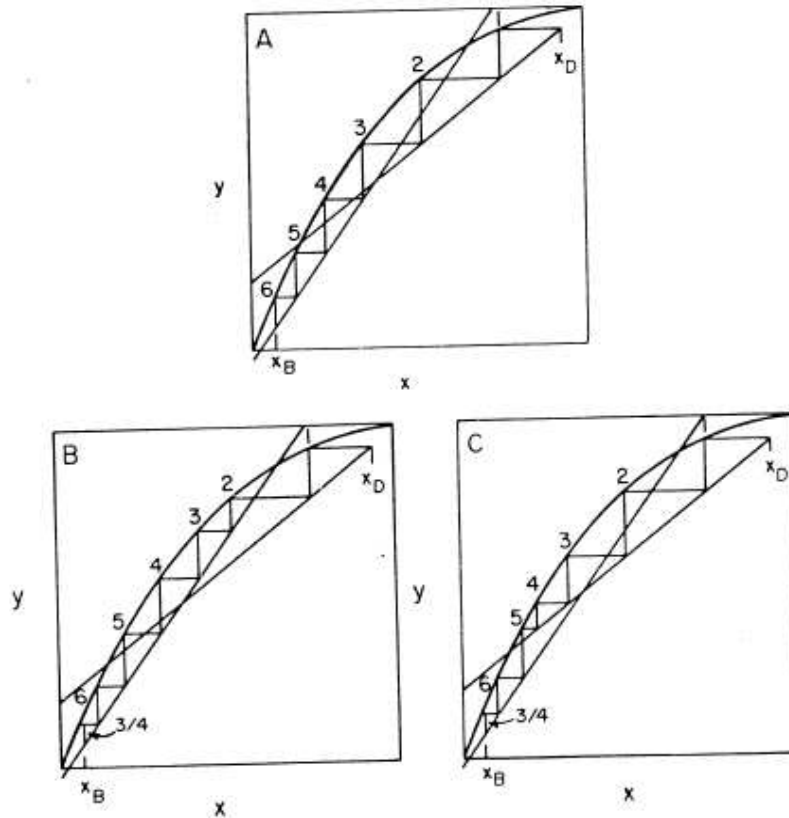
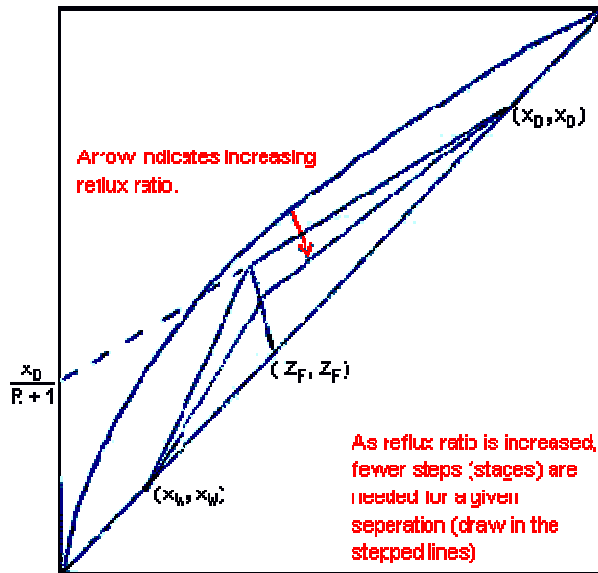


Figure 5-8. McCabe-Thiele diagram for entire column. (A) Optimum feed stage (stage 3); (B) Feed stage too high (stage 2); (C) Feed stage too low (stage 5).

RINGKASAN langkah-langkah perhitungan N ideal dalam MD jika R telah diketahui:

1. Membuat skema alat yang dilengkapi dengan data yang diketahui, serta simbol variable.
2. Menyusun Neraca internal di seksi enriching :
 - a. NM GOA (hub. Arus-arus di antara 2 stage berurutan).
 - b. Keseimbangan stage (hub. Arus-arus keluar stage).
3. Plot GOA dan data keseimbangan di kurva Y-X.
4. Menyusun persamaan garis q (kualitas umpan).
5. Plot garis q di kurva Y-X.
6. Menyusun persamaan Neraca internal di seksi stripping :
 - a. NM GOB
 - b. Keseimbangan stage
7. Plot GOB di kurva Y-X.
8. Perhitungan jumlah N ideal.

PENGARUH RASIO REFLUK (R) TERHADAP JUMLAH STAGE IDEAL



Secara grafik, akan tampak bahwa :

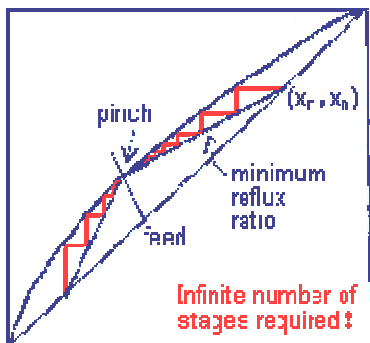
$$R \ll$$

intersep GOA \gg

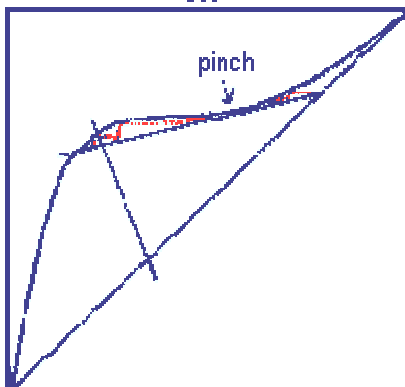
GOA semakin mendekati kurva keseimbangan

Akibatnya N semakin banyak

A. R MINIMUM (RMIN)



OK



N bernilai tak terhingga saat GOA bersinggungan (atau berpotongan) dengan kurva keseimbangan. Pada titik singgung ini perubahan komposisi antar stage sangat kecil atau driving force mendekati nol.

Rasio refluks pada kondisi ini disebut Rasio refluks minimum (Rmin).

R min dapat dievaluasi dengan cara :

1. membuat titik potong GOA dengan garis q di kurva keseimbangan, atau
2. membuat GOA menyinggung kurva keseimbangan.

Oleh karena itu, sebelum menghitung atau merancang suatu MD, Rmin perlu diketahui terlebih dahulu. Jika pengambilan nilai R lebih kecil dari Rmin, maka tidak akan terjadi pemisahan seperti yang diinginkan.

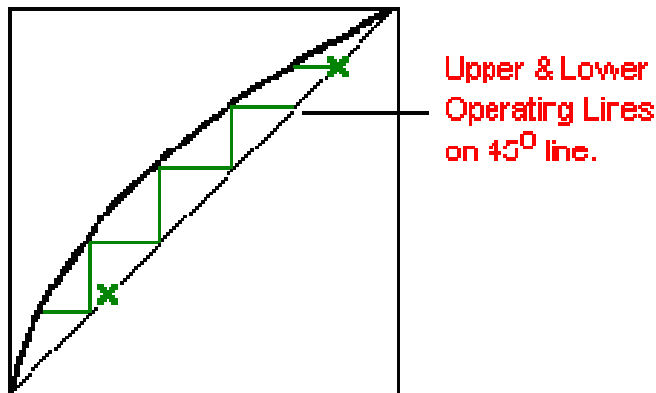
B. REFLUK TOTAL

Secara grafiis, R semakin besar maka intersep GOA semakin kecil dan N menjadi semakin sedikit. Jika R diperbesar sampai R total, dimana tidak ada arus Distilat, Bottom, maupun umpan ($D=B=F=0$) maka:

$$\text{Slope GOA} = 1,0$$

Dengan demikian, GOA berhimpit dengan garis diagonal ($X=Y$) dan jika N dihitung akan diperoleh jumlah N minimum.

Kondisi R total ini, biasanya digunakan untuk menentukan ukuran atau beban kondenser, reboiler dan diamter maksimum MD.



C. REFLUK OPTIMUM:

Sebaiknya dalam perancangan atau pengoperasian MD, ditetapkan:

$$R \text{ operasi} = R \text{ optimum} = \text{factor} \times R_{\text{min}} = (1,2 \text{ s/d } 1,5) \times R_{\text{min}}$$

Nilai Factor di atas merupakan hasil optimasi, dimana total cost = $f(R)$.

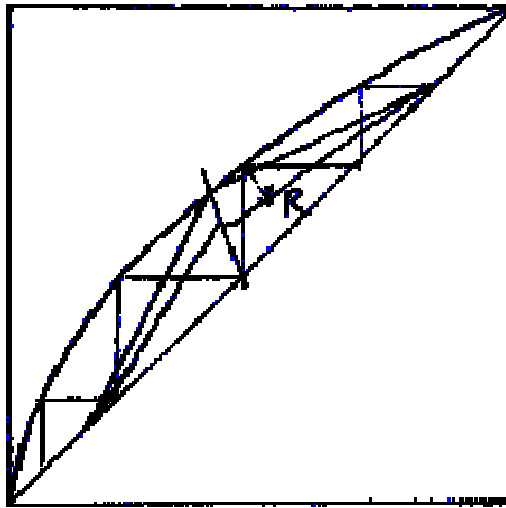
Hubungan cost dengan R :

Cost MD meliputi:

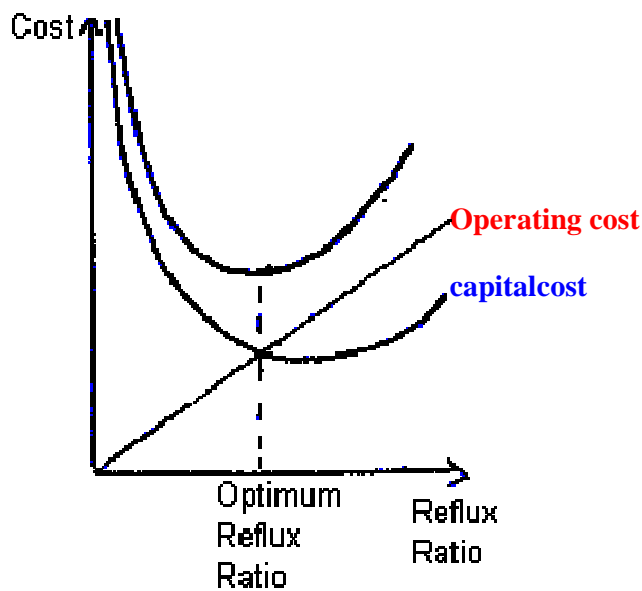
1. operating cost (biaya steam + CW + electric + labor)
2. capital cost (condenser + reboiler + Tower + tray)

$$\text{Total cost} = \text{operating cost} + \text{capital cost.}$$

Hasil praktek di lapangan menunjukkan kecenderungan sbb.:



- Pada:
- **R total** \rightarrow N_{min} \rightarrow operating cost besar.
 - **R = Rmin** \rightarrow N tak terhingga \rightarrow capital cost besar.
 - **R = (1,2 - 1,5) Rmin** = R optimum \rightarrow total cost terkecil.



SOAL LATIHAN

A distillation column is separating heptane and ethyl benzene. The column has a partial reboiler, a partial condenser and a saturated liquid reflux. A total feed of 200 mol/h having an overall composition of 42 mol % heptane and 58% ethyl benzene is to be fractionated at 101.3 kPa pressure to give a distillate containing 97 mol % heptane and a bottom containing 1.1 mol % heptane. The feed enters the tower partially vaporized so that 40 mol % is liquid and 60 mol % vapor. Calculate the following:

- a. R_m ,
- b. Minimum tray at total reflux,
- c. Ideal number of tray required for an operating reflux ratio 1.5 times the R_m .

Equilibrium data below are given as mole fraction heptane :

X : 0	0.080	0.185	0.251	0.487	0.788	1.00
Y: 0	0.233	0.428	0.514	0.729	0.904	1.00

Soal latihan menyusun persamaan garis operasi, dikerjakan tanpa grafik:

1. Jika garis operasi atas suatu menara distilasi mempunyai intersep 0,3 dan memotong garis diagonal pada $X = 0,9$, hitunglah kemurnian distilat dan perbandingan refluks yang dipakai.
2. Suatu MD dipakai untuk memisahkan campuran A&B dengan fraksi mol A 0,4 menghasilkan hasil puncak, hasil samping (side stream) dan hasil dasar. 67,5% dari A dalam umpan terambil dalam hasil puncak, sedangkan 7,5%nya terikut dalam hasil dasar. Fraksi mol A dalam hasil samping 0,5. Jika garis operasi yang berlaku untuk seksi antara feed plate dengan side stream plate mempunyai slope $4/9$. Hitung harga perbandingan refluks yang dipakai. Fraksi mol A dalam hasil puncak 0,9.
3. Suatu MD dengan umpan ganda menghasilkan hasil puncak dengan kemurnian 90% dan hasil dasar dengan kemurnian 5% mol. Umpan pertama berupa uap jenuh sebanyak 100 lbmol/jam dengan kemurnian sebanyak 60% mol dan umpan kedua berupa cairan jenuh sebanyak 200 lbmol/jam dengan kemurnian 20%. Cairan refluks kembali ke menara pada titik didih dan harga perbandingan refluks = 2. Kedua umpan dimasukkan secara terpisah, masing-masing pada plate yang komposisinya sesuai. Jabarkan persamaan garis operasi yang berlaku pada seksi di antara kedua feed plate (kerjakan mulai dari menyusun neraca massa total dan komponennya yang sesuai dengan gambar).
4. Suatu menara distilasi dengan condenser total menghasilkan hasil puncak, hasil samping (side stream) dan Hasil dasar. Hasil puncak berjumlah 100 lbmol/jam dengan kemurnian 90% mol., sedangkan hasil samping berjumlah 50% lbmol/j dengan kemurnian 60% mol. Refluks kembali pada menara pada titik didih dan hasil samping diambil dalam keadaan cair jenuh. Jika harga perbandingan refluks = 2, jabarkan persamaan garis operasi yang berlaku pada seksi di bawah side stream plate.
5. garis operasi atas pada diagram Y-X untuk kondisi refluks minimum mempunyai intersep 0,3. Hitung intersep garis tersebut bila dipakai perbandingan refluks 30% di atas harga minimumnya. Kadar hasil puncak diinginkan tetap 90%.
6. Suatu plate tower dipakai untuk memisahkan campuran biner A dan B dengan A lebih volatile. Kondenser yang dipakai kondenser total dan cairan refluks kembali ke menara dalam keadaan cair jenuh. Jika garis operasi atas pada diagram Y-X mempunyai slope 0,75 dan intersep 0,24, tentukan komposisi hasil puncaknya.
7. Suatu MD dipakai untuk memisahkan campuran A dan B dengan fraksi mol A = 0,6 yang berupa campuran uap dan cairan dengan perbandingan mol 2 : 3, menjadi hasil puncak dengan fraksi mol A 0,96 dan hasil dasar dengan fraksi mol A 0,06. Jika garis operasi atas mempunyai slope 0,75, carilah persamaan garis operasi bawahnya.