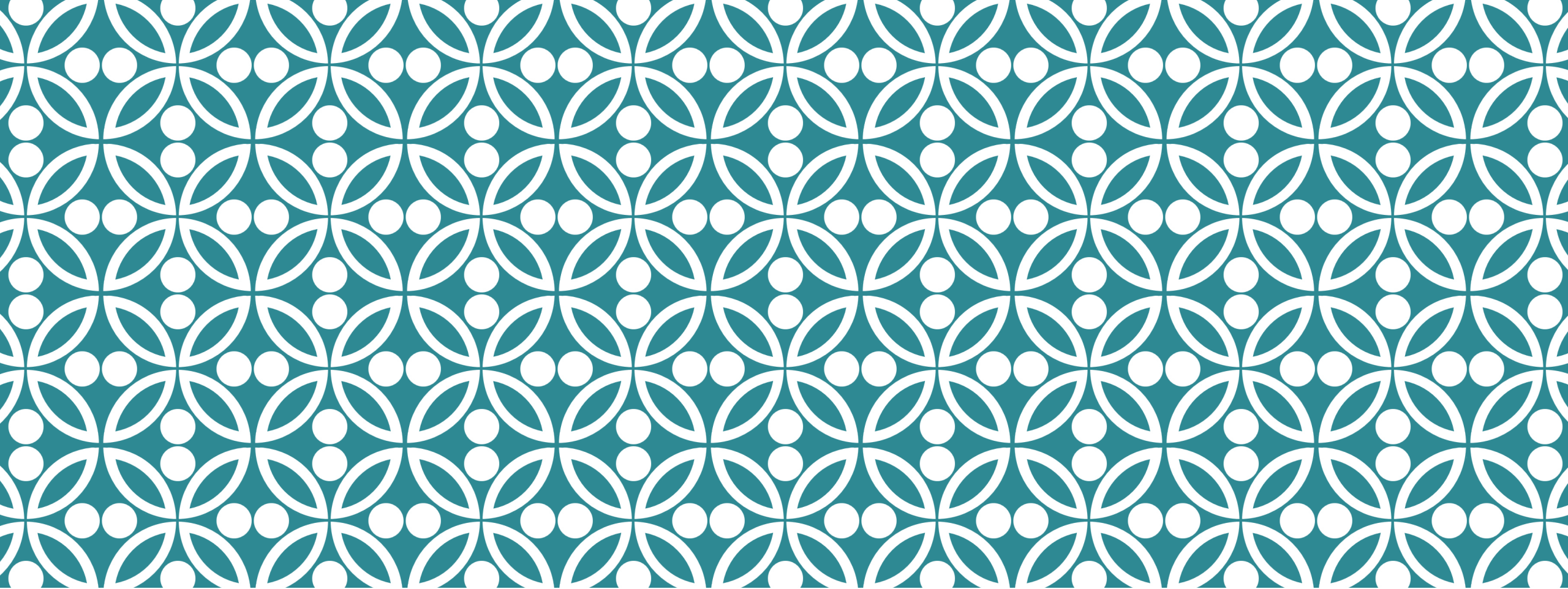




ABSORBSI DAN STRIPPING

TUJUAN

Mahasiswa mampu merancang kolom absorpsi dan stripping menggunakan metode McCabe – Thiele dan Kremser analytic

DESIGN OF GAS ABSORPTION AND STRIPPING TRAY TOWERS

- *Absorption* adalah penghilangan komponen zat terlarut (solute) dari campuran gas dengan kontak antara gas tersebut dengan cairan pelarut.
- *Stripping* terdiri dari penghilangan zat terlarut dari larutan cair dengan kontak antara larutan cair dengan gas pelarut.

DESIGN OF GAS ABSORPTION AND STRIPPING TRAY TOWERS

- Operasi Absorpsi (penyerapan) ini terdiri dari tiga komponen :
 1. sebuah zat terlarut yang ditransfer dari satu fase ke fase lainnya
 2. cairan pelarut yang membentuk larutan cair dengan zat terlarut
 3. gas inert yang membentuk campuran gas dengan zat terlarut

- Operasi Stripping (pelucutan) ini terdiri dari tiga komponen :
 1. sebuah zat terlarut yang ditransfer dari satu fase ke fase lainnya
 2. gas pelarut yang membentuk gas dengan zat terlarut
 3. larutan inert yang membentuk campuran larutan dengan zat terlarut

DESIGN OF GAS ABSORPTION AND STRIPPING TRAY TOWERS

Asumsi dasar desain untuk kedua proses operasi tersebut adalah :

- ☐ Pelarut tidak menguap
- ☐ Gas inert tidak terlarut ke dalam larutan cair

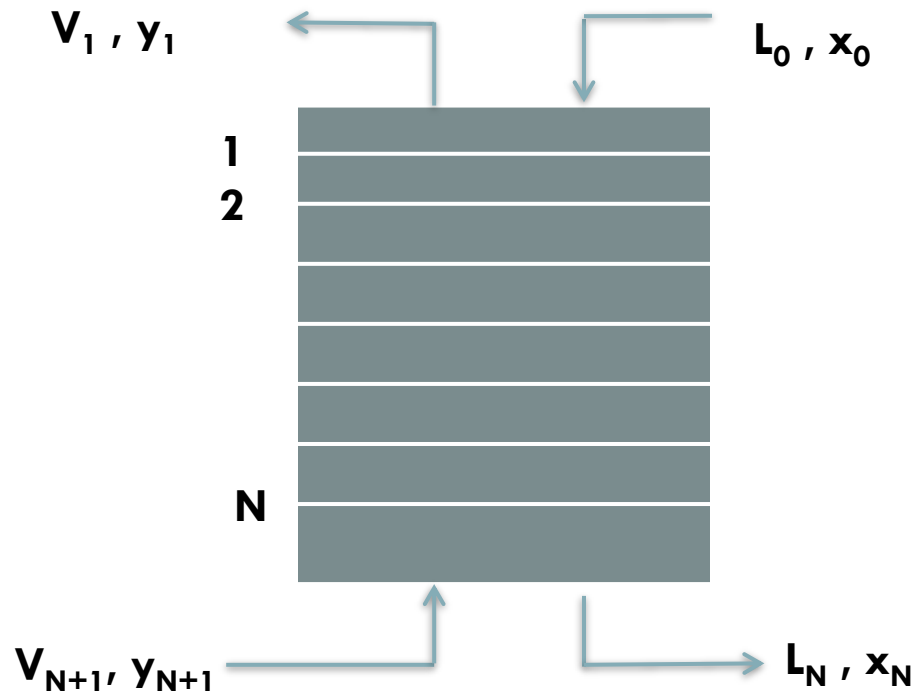
Oleh karena itu, setiap fase hanya terdiri dari dua komponen, yaitu :

- ❖ fasa gas hanya memiliki zat terlarut dan pelarut (stripping)
- ❖ fase cair hanya memiliki zat terlarut dan pelarut (absorpsi)

Ini berarti bahwa kita hanya membutuhkan satu komposisi zat terlarut untuk menggambarkan setiap fase, karena komposisi komponen lain dalam fase hanyalah keseimbangan yang tidak terlarut.

NERACA MASSA

Absorpsi dan Stripping dengan plate tower - counter-current multistage



V : mol gas total/ unit waktu
 y : fraksi mol solute dalam gas
 L : mol liquid total/ waktu
 x : fraksi mol solute dalam liquid
 N : Jumlah stage

NOTE : Aliran dalam penyerapan dan pengupasan biasanya harus dalam satuan molar, yaitu lbmole/jam atau kmole/jam, dan oleh karena itu komposisi harus dalam fraksi mol. Ini karena hubungan kesetimbangan biasanya berhubungan dengan fraksi mol zat terlarut dalam fase cair dan uap.

NERACA MASSA

Neraca Massa dengan mol fraksi :

Neraca Massa Masuk = Neraca Massa Keluar

$$L_0 + V_{N+1} = L_N + V_1$$

Neraca Massa Komponen

$$L_0 x_0 + V_{N+1} y_{N+1} = L_N x_N + V_1 y_1$$

$$L' = L_0 (1 - x_0)$$

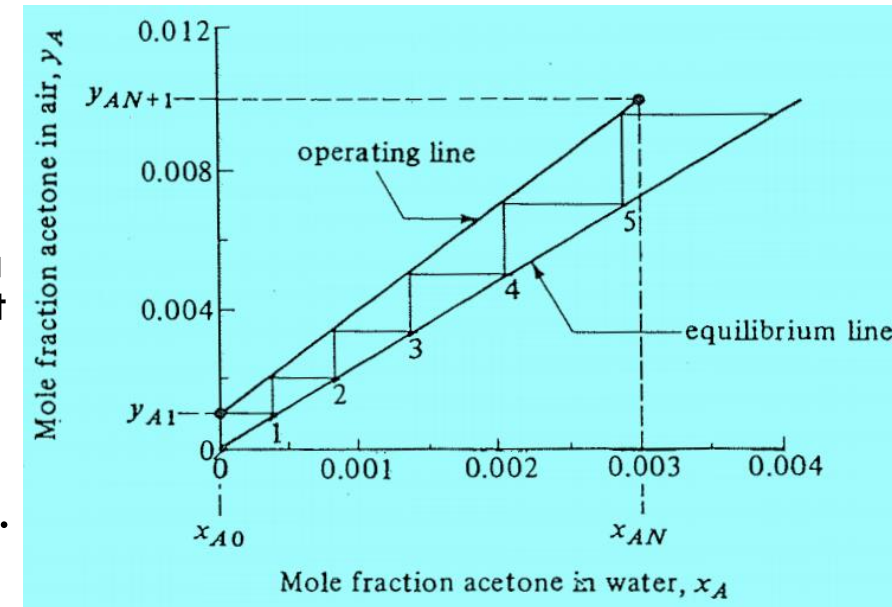
$$L' = L_N (1 - x_N)$$

$$V' = V_{N+1} (1 - y_{N+1})$$

$$V' = V_1 (1 - y_1)$$

DETERMINATION OF THE REQUIRED NUMBER OF STAGES

- Untuk memfasilitasi prosedur untuk menentukan jumlah tahapan yang diperlukan, dua mahasiswa pascasarjana dari MIT, McCabe dan Thiele, mengembangkan grafik. Prosedur yang dinamai dengan nama mereka.
- Metode ini dilakukan pada diagram x-y yang memplot komposisi y fase uap versus komposisi x fase cair.
- Dua garis diplot, satu yang menghubungkan komposisi kesetimbangan yang disebut **garis kesetimbangan**, dan yang lainnya memplot komposisi aliran masuk dan keluar dari setiap tahap, disebut **garis operasi**.
- Garis-garis ini ditunjukkan pada diagram x-y pada Gambar disamping. Garis kesetimbangan diperoleh dari data percobaan dan garis operasi diperoleh dari angka yang dihitung dengan Persamaan Neraca Massa
- Perhatikan bahwa dua titik akhir dari garis operasi adalah (x_0, y_1) dan (x_N, y_{N+1}) yang ditentukan dari keseimbangan massa keseluruhan..



ABSORBSI

It desired to absorb 90 % of acetone in a gas containing 1 mol% acetone in air in a countercurrent stage tower. The total inlet gas flow to the tower is 30,0 kgmol/h, and the total inlet pure water flow to be used to absorb the acetone is 90 kgmol H₂O/h. The process is to operate isothermally at 300 K and a total pressure of 101,3 kPa. The equilibrium relation for the acetone (A) in the gas-liquid is $y_a = 2,53 x_a$. Determine the number of theoretical stage?

STRIPPING

A crude oil contains 4% mol propane is being stripped by direct superhetead steam in a stripping tray tower to reduce propane to 0,2%. The temperature is held constant at 422 K by internal heating in tower $2,206 \times 10^5$ Pa. A total of 11,42 kgmol direct steam is used for 300 kgmol of total entering liquid. The vapor-liquid equilibria can be presented by $y = 25 x$ where y is mol fraction propane in the steam and x is mol fraction propane in oil. Steam can be considered as inert gas and will condense. Plot the operating and equilibrium line and determine the number of theoritical trays needed?

JAWAB

$$V_{N+1} = 11,42 \text{ kgmol}$$

$$L_0 = 300 \text{ kgmol}$$

$$x_0 = 0,04$$

$$x_N = 0,002$$

$$y_{N+1} = 0$$

$$L' = L_0(1 - x_0) = 300(1 - 0,04) = 288 \text{ kgmol}$$

$$V' = V_{N+1}(1 - y_{N+1}) = 11,42(1 - 0) = 11,42 \text{ kgmol}$$

$$L' \left(\frac{x_0}{1-x_0} \right) + V' \left(\frac{y_{N+1}}{1-y_{N+1}} \right) = L' \left(\frac{x_N}{1-x_N} \right) + V' \left(\frac{y_1}{1-y_1} \right)$$

$$y_1 = 0,5$$

$$L_N = L' / (1 - x_N) = 288 / (1 - 0,002)$$

$$L_N = 288,57 \text{ kgmol}$$

$$V_1 = V' / (1 - y_1) = 11,42 / (1 - 0,5) = 22,84 \text{ kgmol}$$

X	Y
0	0
0,004	0,1
0,008	0,2
0,012	0,3
0,016	0,4
0,02	0,5
0,024	0,6
0,028	0,7
0,032	0,8
0,036	0,9
0,04	1

$$A_1 = \frac{L_0}{mV_1} = \frac{300}{25 \times 22,84} = 0,53$$

$$A_N = \frac{L_N}{mV_{N+1}} = \frac{288,57}{25 \times 11,42} = 1,01$$

$$A_{Av} = \sqrt{A_1 A_N} = \sqrt{0,53 \times 1,01} = 0,73$$

$$N = \frac{\log\left[\frac{x_0 - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)(1-A) + A}{x_N - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)}\right]}{\log\left[\frac{1}{A}\right]}$$

$$N = \frac{\log\left[\frac{0,04 - \left(\frac{0}{25}\right)(1-0,73) + 0,73}{0,002 - \left(\frac{0}{25}\right)}\right]}{\log\left[\frac{1}{0,73}\right]}$$

$$N = 5,74 \approx 6$$

ANALYTICAL EQUATION FOR COUNTER CURRENT STAGE CONTACT

When both the equilibrium and operating lines are straight, or approximately straight, an equation can be derived to estimate the required number of equilibrium stages; it is called the Kremser equation.

It must not be confused with the equation that is used to estimate the number of transfer units in a packed tower when the equilibrium and operating lines are straight. Here we will present the equation and then the derivation. The derivation is presented to show that the Kremser equation is an exact equation, not an experimental correlation, when the equilibrium and operating lines are straight.

Familiarizing yourself with the correlation is important to understand the restrictions to apply to the equation. It also helps you practice your algebra skills which may be getting rusty.

ANALYTICAL EQUATION FOR COUNTER CURRENT STAGE CONTACT

Kremser Analytical

$$L_N x_N - V_{N+1} y_{N+1} = L_0 x_0 - V_1 y_1$$

$$L_N x_N - V_{N+1} y_{N+1} = L_0 x_0 - V_1 y_1 \dots \dots \dots A$$

Komponen A pada stage n :

$$L_0 x_0 + V_{n+1} y_{n+1} = L_n x_n + V_1 y_1$$

$$L_0 x_0 - V_1 y_1 = L_n x_n - V_{n+1} y_{n+1} \dots \dots \dots B$$

Persamaan A dan B di substitusi menjadi :

$$L_n x_n - V_{n+1} y_{n+1} = L_N x_N - V_{N+1} y_{N+1}$$

Karena $L_n = L_N = \text{konstan}$, Sehingga :

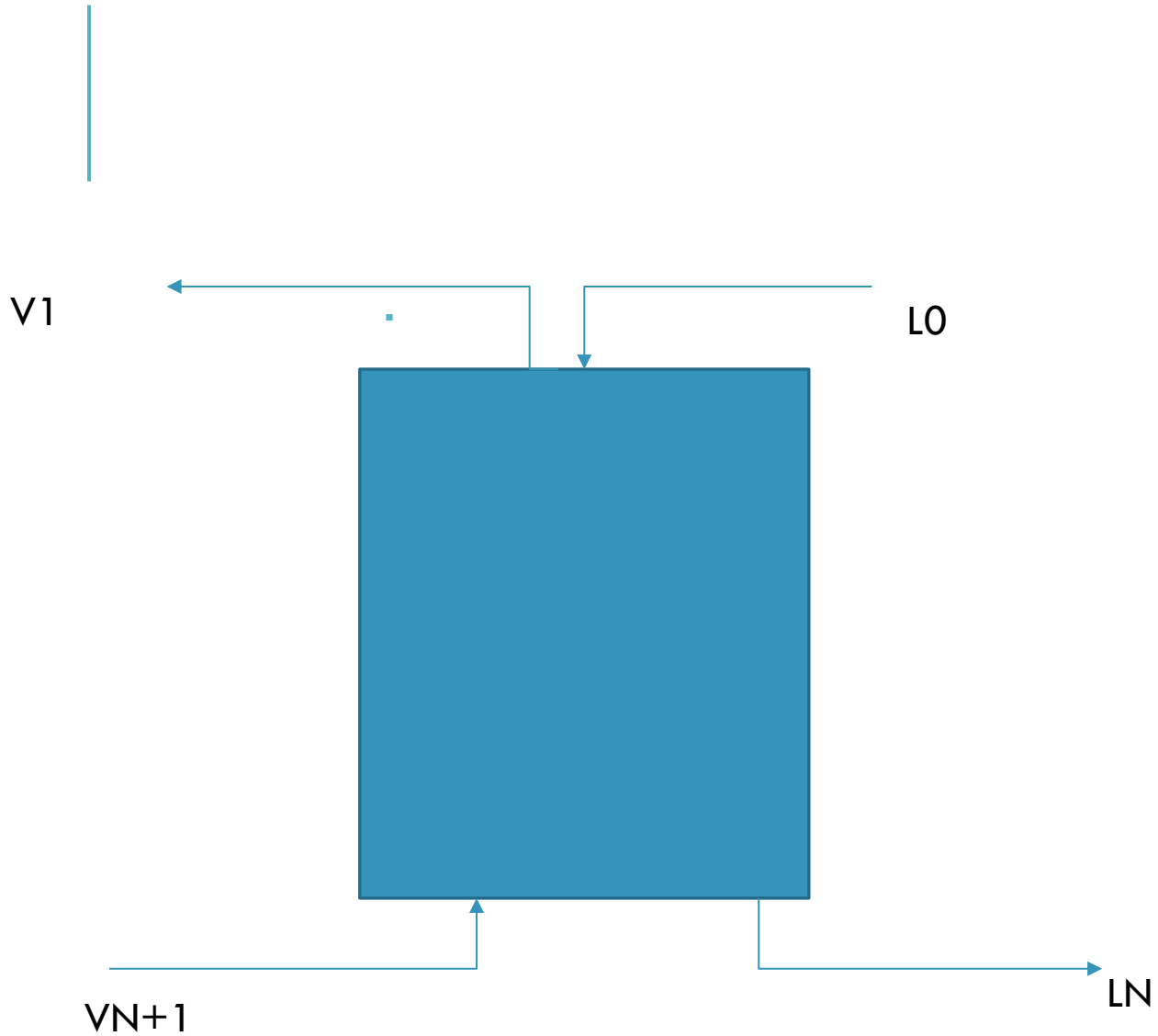
$$L(x_n - x_N) = V(y_{n+1} - y_{N+1})$$

Karena garis equilibrium membentuk garis lurus, maka :

$$y_{n+1} = m x_{n+1}$$

$$\text{Faktor Absorpsi (A)} = \frac{L}{mV}$$

$$\text{Faktor Stripping (S)} = 1/A = mV/L$$



Faktor Absorpsi = L/mV

$$A_1 = L_0/mV_1$$

$$A_N = L_N/mV_{N+1}$$

$$A = \sqrt{A_1 \times A_N}$$

Jika persamaan :

$$L(x_n - x_N) = V(y_{n+1} - y_{N+1})$$

$$y_{n+1} = mx_{n+1}$$

Dan persamaan :

$$A = \frac{L}{mV}$$

Disubstitusi menjadi :

$$\begin{aligned}\frac{L}{V}(x_n - x_N) &= mx_{n+1} - y_{N+1} \\ \frac{L}{mV}(x_n - x_N) &= x_{n+1} - \frac{y_{N+1}}{m} \\ x_{n+1} - Ax_n &= \frac{y_{N+1}}{m} - Ax_N\end{aligned}$$

KREMSEK ANALYTIC FOR ABSORPTION

Menggunakan persamaan diferensial maka persamaan diatas menjadi : (Untuk Absorpsi)

$$\frac{y_{N+1} - y_1}{y_{N+1} - (mx_0)} = \frac{(A)^{N+1} - (A)}{(A)^{N+1} - 1}$$

$$N = \frac{\log\left[\frac{y_{N+1} - (mx_0)}{y_1 - (mx_0)} \left(1 - \frac{1}{A}\right) + \frac{1}{A}\right]}{\log[A]}$$

KREMSER ANALYTIC FOR STRIPPING

Menggunakan persamaan diferensial maka persamaan diatas menjadi : (Untuk Stripping)

$$\frac{x_0 - x_N}{x_0 - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{A}\right)^{N+1} - \left(\frac{1}{A}\right)}{\left(\frac{1}{A}\right)^{N+1} - 1}$$

$$N = \frac{\log\left[\frac{x_0 - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)}{x_N - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)} (1 - A) + A\right]}{\log\left[\frac{1}{A}\right]}$$

EXAMPLE 10.3-2. Absorption of Acetone in a Countercurrent Stage Tower

It is desired to absorb 90% of the acetone in a gas containing 1.0 mol % acetone in air in a countercurrent stage tower. The total inlet gas flow to the tower is 30.0 kg mol/h, and the total inlet pure water flow to be used to absorb the acetone is 90 kg mol H₂O/h. The process is to operate isothermally at 300 K and a total pressure of 101.3 kPa. The equilibrium relation for the acetone (*A*) in the gas-liquid is $y_A = 2.53x_A$. Determine the number of theoretical stages required for this separation.

Repeat ex 10.3-2 but using kremser analytical equations

At one end of process at stage 1, $V_1 = 29,73 \text{ kgmol/jam}$

$$y_{A1} = 0,00101$$

$$L_0 = 90 \text{ kgmol/jam}$$

$$x_{A0} = 0$$

At one end of process at stage N, $V_{N+1} = 30 \text{ kgmol/jam}$

$$y_{AN+1} = 0,01$$

$$L_N = 90,27 \text{ kgmol/jam}$$

$$x_{AN} = 0.003$$

$$y_A = 2,53 x_A$$

$$m = 2,53$$

JAWAB

$$A_1 = \frac{L_0}{mV_1} = \frac{90}{2.53 \times 29,73} = 1,2$$

$$A_N = \frac{L_N}{mV_{N+1}} = \frac{90,27}{2,53 \times 30} = 1,18$$

$$A_{Av} = \sqrt{A_1 A_N} = \sqrt{1,2 \times 1,18} = 1,18$$

$$N = \frac{\log\left[\frac{y_{N+1} - (mx_0)}{y_1 - (mx_0)} \left(1 - \frac{1}{A}\right) + \frac{1}{A}\right]}{\log[A]}$$

$$N = \frac{\log\left[\frac{y_{N+1} - (mx_0)}{y_1 - (mx_0)}\left(1 - \frac{1}{A}\right) + \frac{1}{A}\right]}{\log[A]}$$

$$N = \frac{\log\left[\frac{0,01 - (2,53 \times 0)}{0,001 - (2,53 \times 0)}\left(1 - \frac{1}{1,18}\right) + \frac{1}{1,18}\right]}{\log[1,18]} = 5,22$$