

BAB IV PROSES DENGAN SISTEM ALIRAN KOMPLEKS

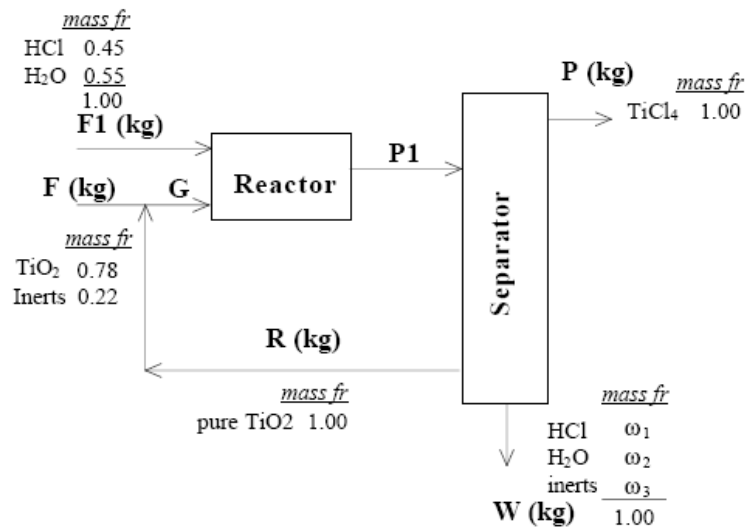
Dalam industri kimia beberapa macam sistem aliran bahan dilakukan dengan tujuan antara lain:

1. menaikkan yield.
2. mempertinggi konsentrasi hasil.
3. menghemat energi yang dipakai/bahan kimia yang dipakai.
4. memperbaiki sistem pengendalian proses.

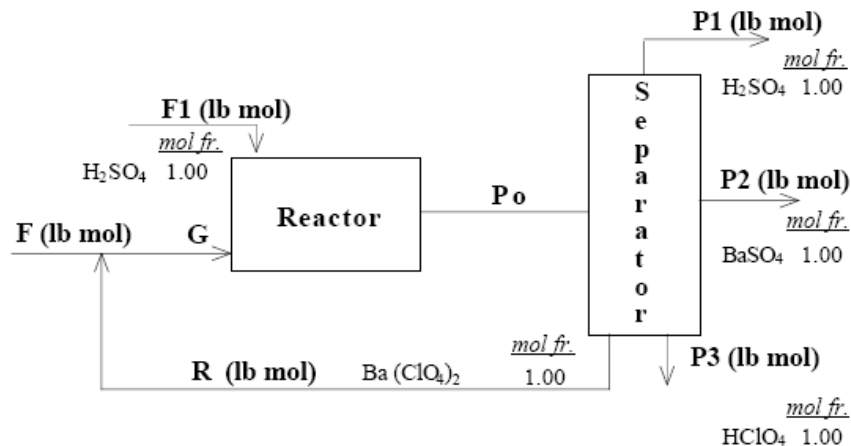
Proses dengan aliran kompleks dijalankan pada proses kontinyu. Beberapa macam sistem aliran bahan yang dipakai antara lain:

1. ALIRAN RECYCLE

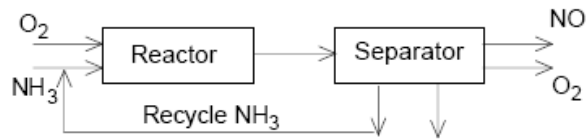
Contoh a: Produksi TiCl_4 dari HCl dan TiO_2 .



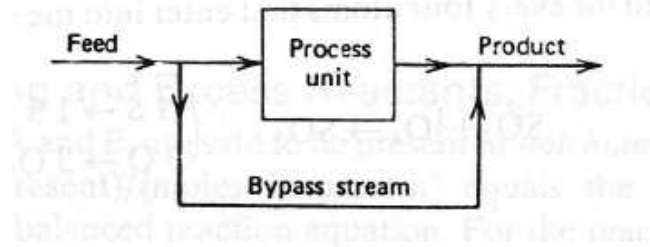
Contoh b: Pembentukan BaSO_4 dari H_2SO_4 dan HClO_4



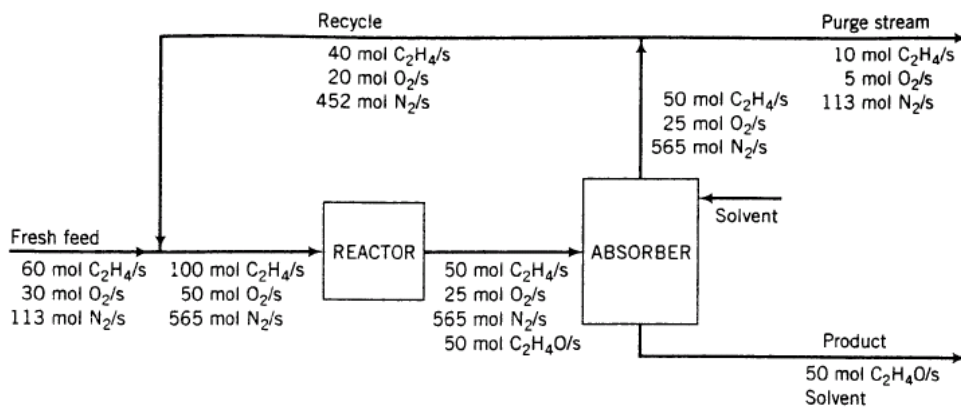
Contoh c: Pembentukan NO dari O_2 dan NH_3



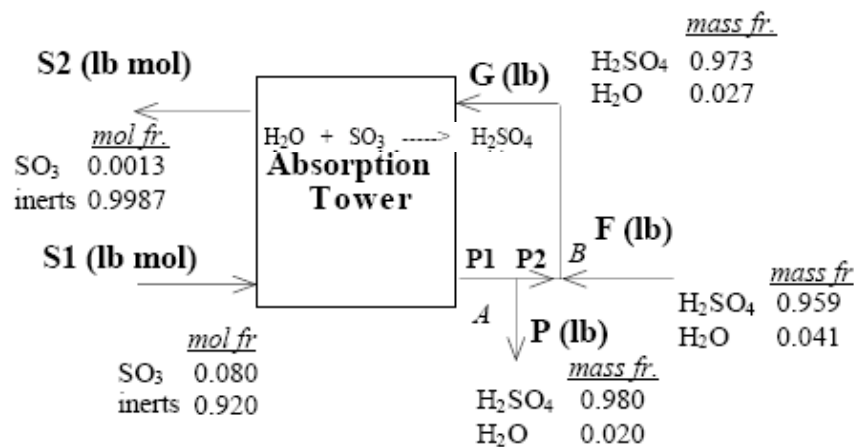
2. ALIRAN BY-PASS



3. ALIRAN RECYCLE DENGAN PURGING



4. ALIRAN RECYCLE DENGAN MAKE-UP.



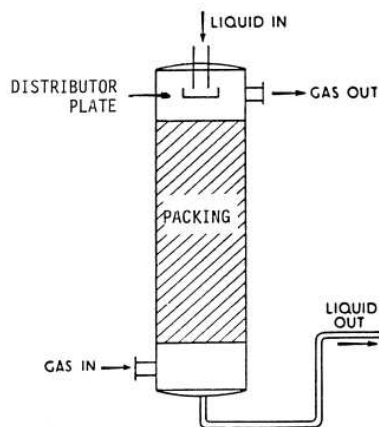


Fig. 14a. Packed column

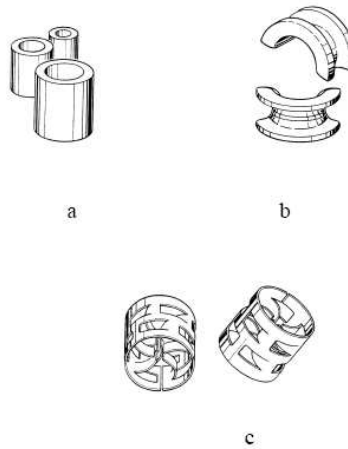
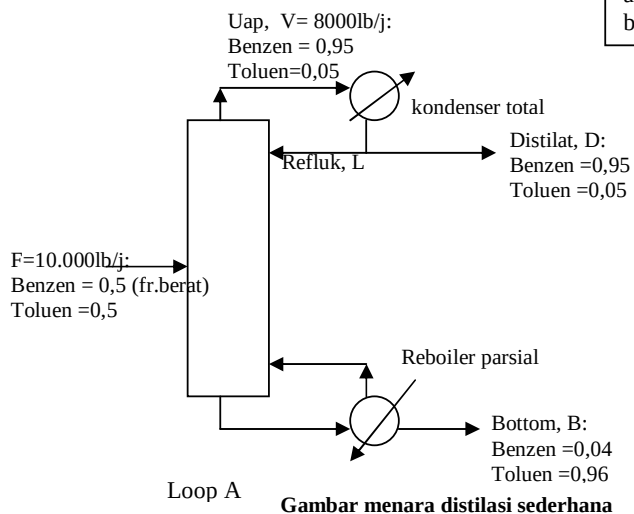


Fig. 14b. Various kinds of packing: (a) Raschig rings, (b) Intalox saddles, (c) Pall rings

Contoh : Kolom distilasi memisahkan 10.000 lb/jam campuran benzen dan 50% toluen. Arus uap masuk kondenser dari bagian atas menara mempunyai kecepatan 8000 lb/jam. Distilat yang diperoleh berisi 95% benzen dan hasil bawah menara berisi 96% toluene. Sejumlah distilat dikembalikan (recycle) ke bagian atas menara sebagai arus refluk. Tentukan rasio arus refluk terhadap arus Distilat.

Penyelesaian:

a. skema diagram alir:



Catatan: Di sini digunakan kondenser total, berarti :

- semua uap V akan terembunkan.
- Komposisi uap = komposisi distilat.

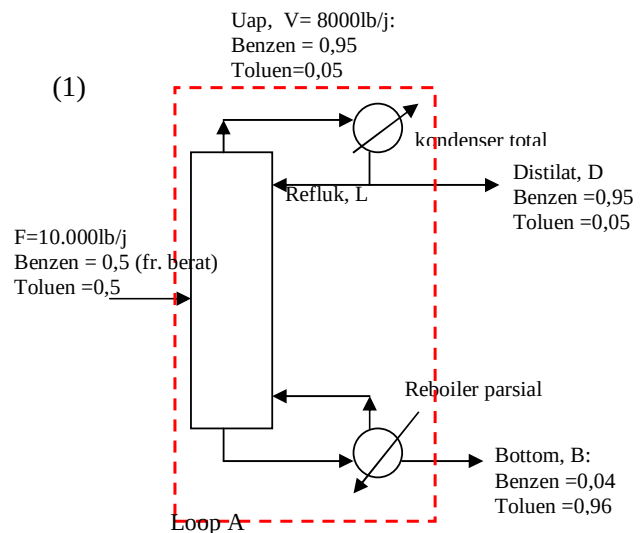
Dicari: $R=L/D$

a. **Penyusunan persamaan:**

NM Total di sekitar MD (loop A):

$$\begin{aligned} \text{Input} &= \text{output} \\ F &= D + B \\ 10.000 &= D + B \end{aligned}$$

$\uparrow$ Lb campuran input/jam $\downarrow$ Lb campuran output/jam



NM benzen di sekitar MD (loop A):

$$\begin{aligned} \text{Benzen input} &= \text{benzen output} \\ 10.000 \cdot 0,5 &= D \cdot 0,95 + B \cdot 0,04 \end{aligned} \quad (2)$$

jika ditulis satuannya:

$$\frac{\text{lb umpan}}{\text{jam}} \cdot \frac{\text{lb benzen}}{\text{lb umpan}} = \frac{\text{lb distilat}}{\text{jam}} \cdot \frac{\text{lb benzen}}{\text{lb distilat}} + \frac{\text{lb Bottom}}{\text{jam}} \cdot \frac{\text{lb benzen}}{\text{lb bottom}}$$

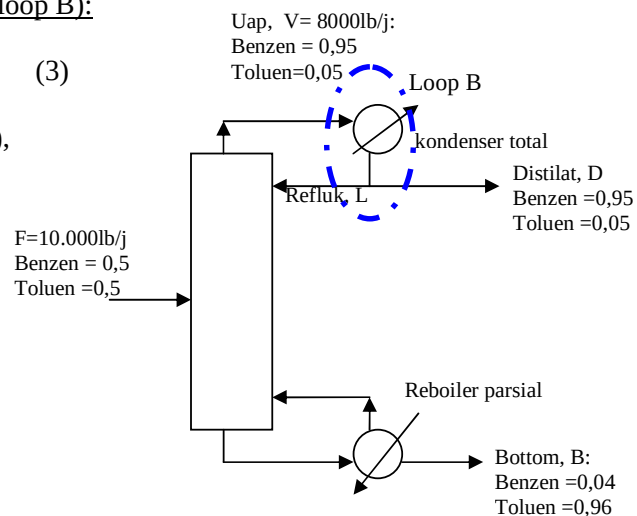
Karena menyusun NM **benzen**, maka setiap suku harus mempunyai satuan yang sama, yaitu **lb benzen/jam**.

Dari persamaan (1) dan (2) nilai D dan B dapat ditentukan.

NM Total di sekitar kondenser (loop B):

$$\begin{aligned} \text{Input} &= \text{output} \\ V &= L + D \\ 8000 &= L + D \end{aligned} \quad (3)$$

Nilai D disubstitusi ke pers (3), sehingga L dapat ditentukan.



Maka rasio $R = L/D = \dots\dots\dots$

Soal latihan NERACA MASSA proses fisis DENGAN aliran KOMPLEK

1. Akan dibuat konsentrat jeruk yang berisi 42 % padatan dari larutan jeruk 12% padatan. Mula-mula, larutan jeruk 12% padatan diumpankan ke evaporator, sehingga sebagian airnya teruapkan. Larutan yang dihasilkan evaporator ini berisi 58% padatan. Untuk mengganti aroma yang ikut teruapkan dalam evaporator, maka larutan jeruk 58% padatan ini dicampur dengan larutan jeruk 12% padatan, sehingga dihasilkan konsentrat jeruk 42 % padatan yang masih beraroma jeruk. Jika diinginkan **100 Kg/hari** konsentrat jeruk, tentukan semua kecepatan arus lainnya.
2. Larutan gula 25% dipekatkan dalam evaporator sehingga dihasilkan larutan gula 50%. Hasil evaporator ini diumpankan ke kristaliser, sehingga diperoleh kristal gula 95% dan arus larutan gula 37,5%. Larutan gula 37,5% ini dikembalikan (didaur ulang/recycle) ke evaporator lagi. Jika diproduksi kristal gula 100 Kg/jam, tentukan semua kecepatan arus yang belum diketahui.
3. **Empat ribu lima ratus** Kg/jam larutan 33,3% K_2CrO_4 digabung dengan arus recycle yang berisi 36,36% K_2CrO_4 , dan campuran kedua arus ini diumpankan ke evaporator. Larutan pekat hasil evaporator berisi 49,4% K_2CrO_4 dan arus ini diumpankan ke kristaliser. Karena pendinginan di dalam kristaliser ini, terbentuklah kristal basah K_2CrO_4 dan arus larutan induk berisi 36,36% K_2CrO_4 yang direcycle ke evaporator. Kristal basah berisi 95% kristal K_2CrO_4 dan 5% cairan yang berisi 36,36% K_2CrO_4 . Rasio kristal yang terbentuk : cairan induk = 90 : 10 Tentukan kecepatan:
 - a. air yang teruapkan di evaporator.
 - b. Kristal yang terbentuk.
 - c. Umpan evaporator.
 - d. Recycle.

Comment: 2 digit terakhir NIM

Comment: 2 digit NIM terakhir

Contoh Neraca Massa proses kimia dengan aliran kompleks :

Kasus : $TiCl_4$ dihasilkan dengan mereaksikan Titanium dioksida dengan asam klorida di dalam reaktor. TiO_2 disuplai dari bijih yang mengandung 78% TiO_2 . HCl yang tersedia terdapat dalam larutan HCl 45%. Konversi TiO_2 adalah 75%. HCl yang diumpankan berlebihan 20%. Produk hasil reaktor diumpankan dalam separator. Dalam separator dapat dipisahkan TiO_2 murni yang kemudian didaurulang diumpankan kembali ke reaktor. Jika dihasilkan $TiCl_4$ sebanyak 189,7 Kg/jam, tentukan Kg/jam:

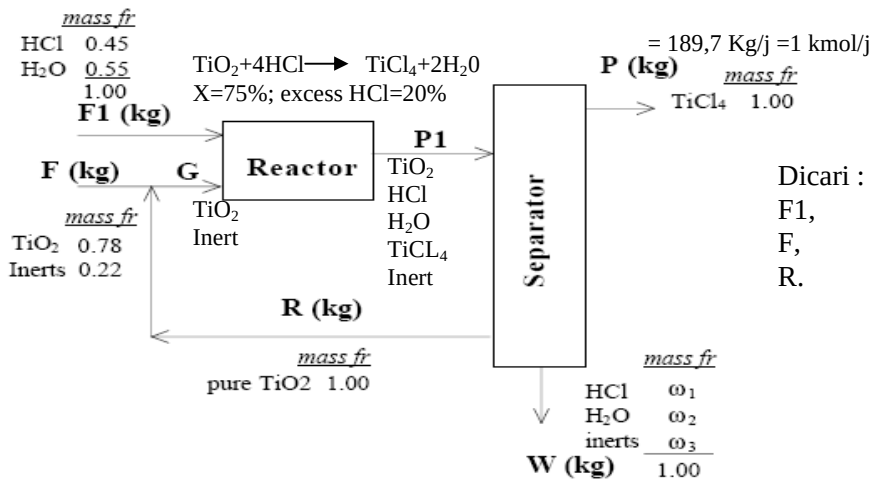
- a. bijih yang dibutuhkan.
- b. larutan HCl yang dibutuhkan.
- c. TiO_2 yang didaurulang.

(BM TiO_2 = 79,9; HCl = 36,47; $TiCl_4$ 189,7). Lihat skema halaman 1.

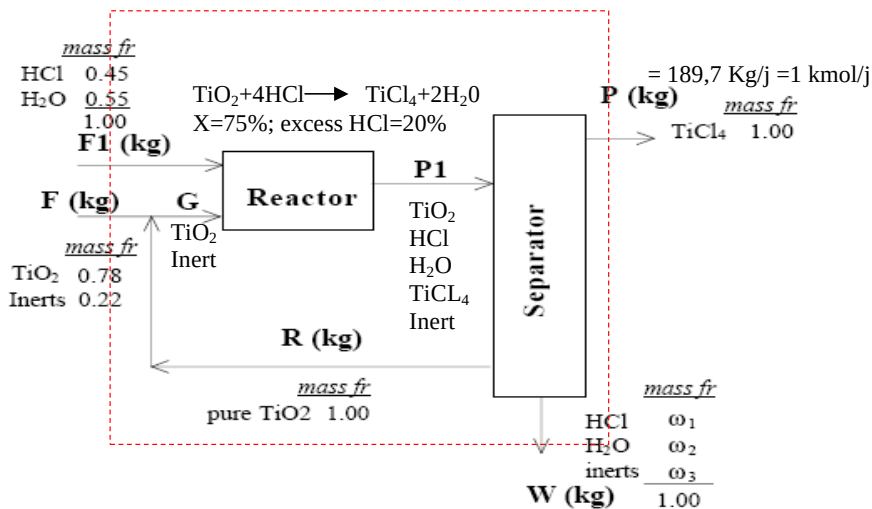
Penyelesaian:

a. Skema diagram alir

1. Tulis reaksi,
2. Lengkapi data kualitatif P1 dan G.



b. NM di sekitar keseluruhan alat:



NM TiCl₄:

Input + reaksi = output

0 + reaksi = 1

jadi TiCl₄ yang dihasilkan dari reaksi = 1 kmol/jam.

NM TiO₄ :

Input - reaksi = output

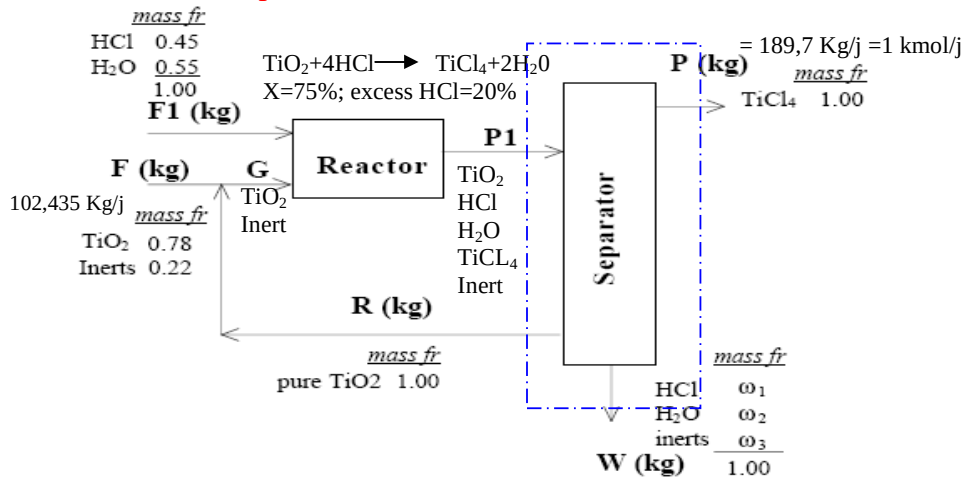
(F. 0,78)/79,9 - reaksi = 0

Berdasarkan persamaan reaksi, jika TiCl₄ yang dihasilkan dari reaksi = 1 kmol/jam, maka TiO₄ yang bereaksi = 1 kmol/jam.

Maka,

$$F = (1 \cdot 79,9) / 0,78 = 102,435 \text{ kg/jam.}$$

c. NM di sekitar separator :



NM TiCl_4 :

Input=output

Input = 1 kmol/j

Jadi TiCl_4 input separator = 1 kmol/j.

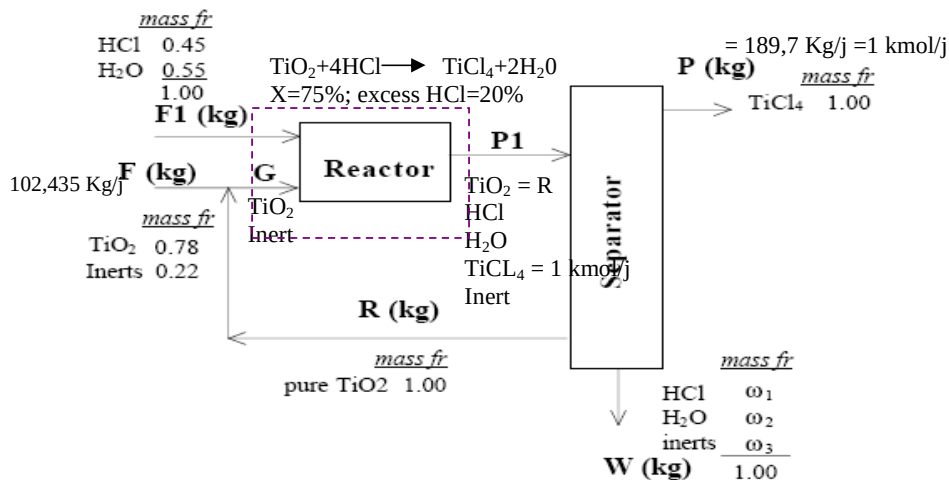
NM TiO_2 :

Input =output

Input = R

R belum diketahui.

d. NM di sekitar reaktor:



NM TiCl_4 :

Input + reaksi = output

0 + reaksi = 1 kmol/j

maka TiCl_4 yang dihasilkan dari reaksi di reaktor = 1 kmol/jam.

NM TiO_2 :

Input – reaksi = output

Input – reaksi = R

Jika TiCl_4 yang dihasilkan dari reaksi di reaktor = 1 kmol/jam, maka TiO_2 yang bereaksi = 1 kmol/j.

Dari definisi konversi :

$$75\% = (1 \text{ kmol/j}) / (\text{TiO}_2 \text{ umpan reaktor})$$

$$\begin{aligned}\text{TiO}_2 \text{ umpan reaktor} &= 1,333 \text{ kmol/j} \\ &= \text{TiO}_2 \text{ input} = \text{TiO}_2 \text{ dalam G}\end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}1,333 - 1 &= R \\ R &= 0,333 \text{ kmol/j.}\end{aligned}$$

NM HCl:

$$\begin{aligned}\text{Input} - \text{reaksi} &= \text{output} \\ (0,45 \cdot F1 / 36,46) - \text{reaksi} &= \text{output}\end{aligned}$$

$$\text{HCl yang bereaksi} = 4 \times (\text{TiO}_2 \text{ yang bereaksi}) = 4 \cdot 1 = 4 \text{ kmol/j}$$

Dari definisi % excess :

20% = (kelebihan HCL jika TiO₂ habis bereaksi) dibagi (kebutuhan HCL jika TiO₂ habis bereaksi)

$$\begin{aligned}\text{kelebihan HCL} &= (0,45 \cdot F1 / 36,46) - (4 \cdot 1,333) \\ &= (0,0123 \cdot F1 - 5,332) \text{ kmol/j}\end{aligned}$$

$$\text{kebutuhan HCL teoritis} = 4 \cdot 1,333 = 5,332 \text{ kmol/j}$$

$$\text{maka,} \quad 20\% = \frac{0,0123 \cdot F1 - 5,332}{5,332}$$

$$F1 = 520,195 \text{ Kg/j}$$

maka NM HCL:

$$\text{Output} = (0,45 \cdot F1 / 36,46) - 4 = 2,420 \text{ kmol/j}$$

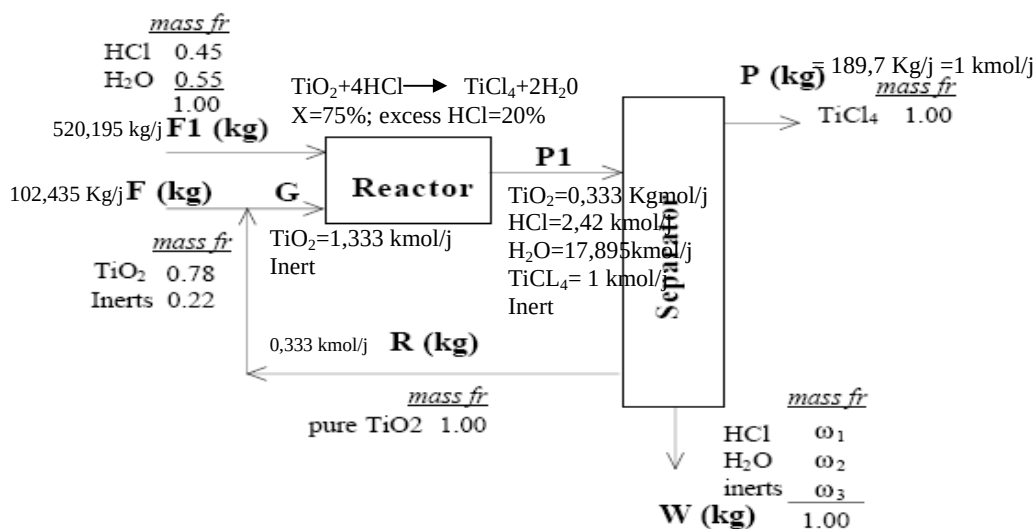
NM H₂O

$$\text{Input} + \text{reaksi} = \text{output}$$

$$(0,55 \cdot F1 / 18) + 2 (\text{TiO}_2 \text{ yang bereaksi}) = \text{output}$$

$$\text{output} = (0,55 \cdot F1 / 18) + 2 \cdot 1 = 17,895 \text{ kmol/j}$$

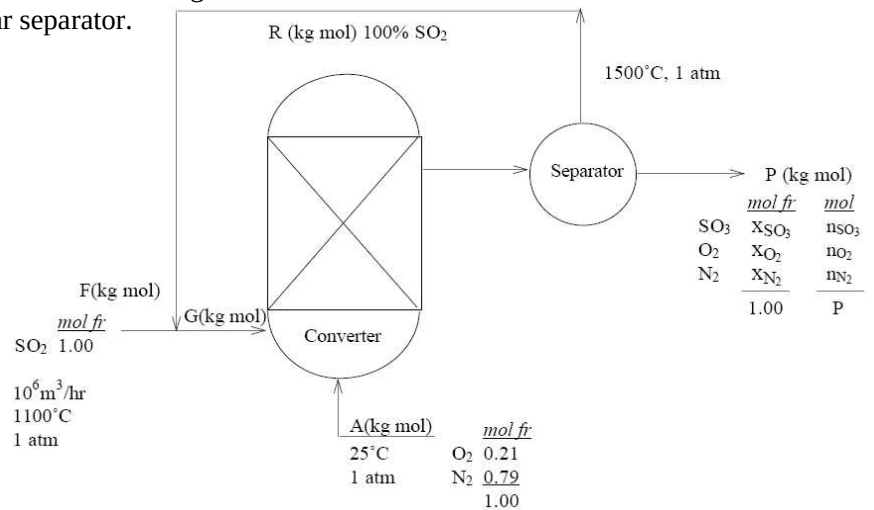
e. kesimpulan:



Soal latihan Neraca Massa proses kimia dengan aliran kompleks

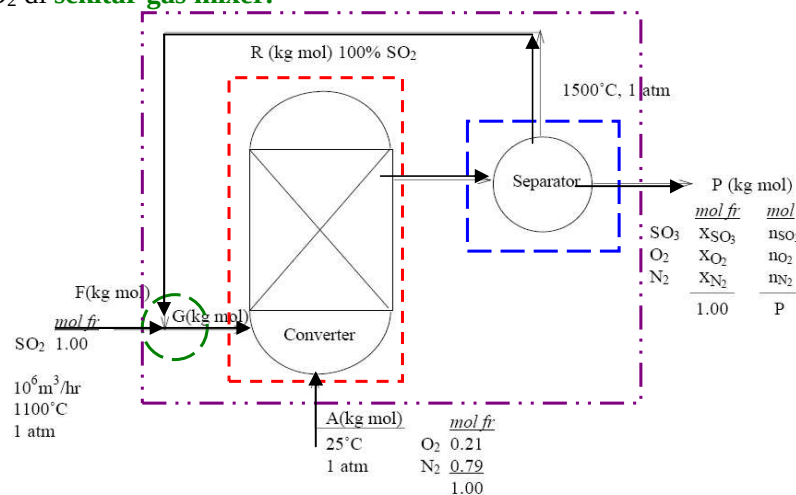
- Pada produksi amoniak dari gas H_2 dan N_2 . Bahan baku berisi gas H_2 , N_2 , dan 0,2% Ar. Gas hasil reaktor mengalir ke kondenser sehingga amoniak dapat mengembun, sedangkan gas-gas yang lain tidak mengembun. Diinginkan gas H_2 dan N_2 yang belum bereaksi diumpankan lagi ke reaktor. Jika arus recycle ini hanya boleh berisi gas Ar sebanyak 5%. Berapa kecepatan purging?
- Di pabrik asam sulfat, sulfur dibakar menggunakan udara sehingga diperoleh gas sulfur dioksida. Gas SO_2 ini diumpankan ke reaktor dan bereaksi dengan oksigen sehingga terbentuk gas sulfur trioksida. Udara dari lingkungan dengan 10% berlebihan diumpankan ke reaktor ini. Reaktor beroperasi pada $1500^\circ C$ dan 1 atm. Konversi dalam reaktor ini 75%. Gas hasil reaktor dipisahkan dalam separator, sehingga gas SO_2 yang belum bereaksi dapat didaurulang. Jika $10^6 \text{ m}^3/\text{jam}$ gas SO_2 pada $1000^\circ C$ dan 1 atm diumpankan ke reaktor, hitung:

- kecepatan Produk keluar separator.
- Kecepatan Recycle.



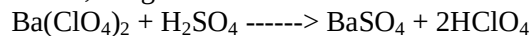
petunjuk tambahan:

- Lengkapi skema dengan persamaan reaksi, data kualitatif arus G dan arus keluar converter, gunakan SO_2 dalam F sebagai basis perhitungan.
- Hitung F dalam Kgmol/hr.
- Susun NM SO_2 dan NM SO_3 di **keseluruhan alat**.
- Susun NM SO_3 di **sekitar separator**.
- Susun NM SO_3 dan SO_2 di **sekitar reaktor**, gunakan data konversi.
- Susun NM SO_2 di **sekitar gas mixer**.



3. Pabrik asam sulfat dengan proses kontak, yaitu penyerapan gas SO_3 menggunakan larutan asam sulfat 97,3%. Gas yang berisi 8% SO_3 dialirkan ke bagian bawah menara absorber dengan kecepatan 28 lbmol/jam dan SO_3 yang terserap sebanyak 98,5% pada menara ini. Larutan asam sulfat 97,3% diumpankan pada bagian atas menara. Proses ini menghasilkan larutan asam sulfat 98%. Asam sulfat 97,3% yang digunakan dihasilkan dengan mencampur sebagian asam sulfat 98% dengan asam sulfat 95,9%. Tentukan berapa lb/jam:
- larutan asam sulfat 95,9%.
 - larutan asam sulfat 97,3% yang diumpankan ke dalam menara.
 - larutan asam sulfat 98% yang dihasilkan.

4. Asam perclorat dihasilkan dengan mereaksikan $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ dan H_2SO_4 dalam suatu reaktor, dengan reaksi:



Asam sulfat 100% diumpankan dengan 20% berlebihan, sedangkan umpan $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ berasal dari arus yang berisi $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ 0,729% mol dan HClO_4 . Hasil reaktor diumpankan dalam separator untuk memurnikan hasil. Jika dihasilkan 17,400 lb/jam HClO_4 dari separator, dan 6125 lb/jam $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$ didaurulang, tentukan :

- konversi $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$.
 - lb/jam H_2SO_4 yang dibutuhkan.
- (BM: $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2 = 336$; $\text{BaSO}_4 = 233$; $\text{H}_2\text{SO}_4 = 98$; $\text{HClO}_4 = 100,5$) Lihat skema di halaman 1.

