**VIII. SISTEM REAKTOR ALIR**

Di dalam sistem yang beroperasi secara kontinyu, umpan maupun produk mengalir secara terus menerus. Umumnya kecepatan pemasukan sama dengan kecepatan pengeluaran, sehingga jumlah fluida dalam reaktor tetap. Dengan demikian memungkinkan reaktor bekerja pada suatu keadaan dimana operasi keseluruhan dalam sistem berada pada keadaan *stationer* atau *steady-state*.

G, massa/waktu G,

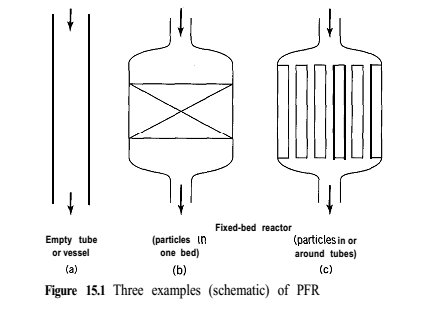
Fi, mol/waktu Fi,

υi, vol/waktu υi   
 Ci, mol/vol, xi Ci,xi

**Reaktor alir dikelompokkan :**

1. **Reaktor Alir Pipa, RAP-*Plug Flow Reactor , PFR***

Reaktor Alir Pipa berbentuk pipa (silinder) banyak dipakai dalam industri untuk zat pereaksi fase gas dengan kapasitas produk yang besar. Jika RAP diisi dengan katalisator disebut *Fixed Bed Reactor* atau *Packed Bed Reactor*.



Reaktan dimasukkan secara kontinyu dan mengalir sepanjang reaktor dan selalu bekerja *steady-state*, kecuali pada saat mulai dan akhir operasi.

Pada pengoperasiannya sebuah RAP dibuat beberapa **anggapan**:

1. Zat pereaksi mengalir di dalam pipa dengan distribusi **kecepatan datar**, maka RAP disebut ***Plug Flow Reactor****.*
2. Kecepatan aliran ke arah radial berlangsung sangat cepat, sehingga pada setiap penampang reaktor, suhu, tekanan dan komposisi campuran selalu uniform. Perbedaan suhu, tekanan dan komposisi campuran hanya terjadi sepanjang reaktor.
3. Setiap partikel reaktan di dalam reaktor mempunyai waktu tinggal yang sama.
4. Reaksi berangsung pada tekanan konstan untuk fase gas dan bila ada perubahan mol. Reaksi berangsung pada tekanan dan volume konstan untuk reaksi fase cair.

Pada kenyataannya ada penyimpangan dari asumsi di atas, sehingga volume reaktor terhitung lebih kecil dari volume sesungguhnya yang diperlukan. Konversi terhitung lebih besar dari konversi sesungguhnya**.** Penyimpangan tersebut disebabkan:

1. Sesungguhnya selalu terjadi perbedaan kecepatan disepanjang jari-jari reaktor,sehingga waktu tinggal setiap partikel di dalam reaktor berbeda. Fluida pada dinding reaktor akan tinggal lebih lama dari pada di tengah reaktor, sehingga disebut ***stagnant region*.**
2. Sesungguhnya selalu terjadi gradient suhu sepanjang penampang.
3. RAP beroperasi tanpa pengaduk. Jika reaktan mengalir secara turbulen dan perbandingan panjang dan diameter (L/D) besar, maka penyimpangan relatif kecil.

**Persamaan Perancangan:**

Umumnya konversi bertambah dengan waktu kontak dalam reaktor. Untuk sistem reaktor ini konnversi selalu bertambah dengan pertambahan volume reaktor, x= f(V).

Ditinjau **elemen volume**:

∆Z

FA+dFA, xA+dxA

FA0, CA0, xA0  FA, CA, xA

FA,xA

FA, xA

`

z z+∆z

**Neraca Massa:**

**Laju berkurangnya zat pereaksi yang bereaksi dalam reaktor atau bertambahnya produk**

**Laju akumulasi zat pereaksi di dalam reaktor**

**Laju aliran zat pereaksi secara kontinyu ke luar reaktor**

**Laju aliran zat pereaksi secara kontinyu ke dalam reaktor**

**Qqqqqq= = + + + + +**

FA = (FA+dFA) + (-rA)dV +0

FA=FA0 (1-xA)

dFA=-FA0 dxA

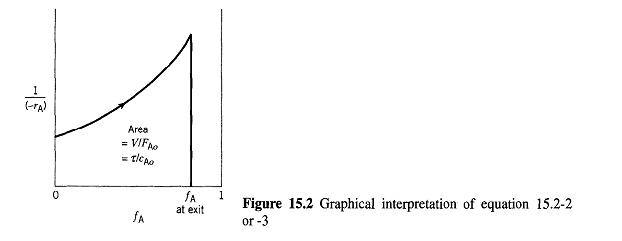
FA=FA- FA0dxA + (-rA)dV

**Persamaan design RAP:**









**Soal 1.**

Reaksi dalam **fase cair** A + B → C + D dilakukan dalam **reaktor alir pipa** secara isotermal. Reaksi bertingkat satu terhadap A dan bertingkat satu terhadap B dengan k = 5 L/(gmol.menit) pada suhu 50oC. Umpan masuk reaktor dengan konsentrasi A dan B masing-masing 0,12 gmol/L dan kecepatan pemasukan A adalah 0,06 gmol/menit. Reaktor yang digunakan mempunyai panjang 80 cm dan diameter dalam 10 cm. Hitunglah **konversi** A dan B saat keluar reaktor dan **komposisi** larutan keluar reaktor.

**Penyelesaian:**

80cm

1 10cm A,B A,B,C,D

Persamaan reaksi: A + B → C +D

Persamaan stoichiometri: CA= CA0 (1-xA)

CB= CB0- CA0xA=CA0 (1-xA)

CC=CD=CA0xA

Persamaan kinetika: (-rA) =k CA CB

Persamaan design:





(-rA) =k CA CB= 5CA0 (1-xA).CA0 (1-xA)= 5.(0,12)2 (1-xA)2= 0,072 (1-xA)2







xA=0,8828=88,28%

Komposisi larutan keluar reaktor:

CA= CA0 (1-xA)=0,12 (1-0,8828) = 0,01401 L/gmol

CB= CB0- CA0xA =CA0 (1-xA)=0,01401 L/gmol

CC=CD=CA0xA= 0,12 (0,8828) = 0,10859 L/gmol

**Soal 2.**

Reaksi A B dijalankan dalam sebuah RAP secara isotermal pada suhu 1000 oR dan tekanan 3 atm. Gas yang masuk ke dalam reaktor terdiri dari **30% mol A dan 70% mol inert** dengan kecepatan pemasukkan 50 lbmol/jam. Dari hasil penelitian diketahui persamaan laju reaksi (-rA)= 0,2 NA lbmol/(menit.cuft). Hitung volume reaktor yang diperlukan supaya konversi A pada waktu keluar reaktor 90%.

Persamaan reaksi: A B

Persamaan kinetika:(-rA)= 0,2 NA lbmol/(menit.cuft).

Persamaan design:



Gas A masuk reaktor: FA0= 0,3(50)=15 lbmol/jam

Gas Inert masuk reaktor : FI0=FI= 0,7(50)=35 lbmol/jam











1. **Reaktor Alir Tangki Berpengaduk, RATB**

Sebuah reaktor alir bentuk tangki berpengaduk yaitu sebuah reaktor yang dilengkapi dengan pengaduk, dengan pengadukan yang **sempurna** sehingga **komposisi yang keluar reaktor selalu sama dengan komposisi di dalam** reaktor jika keadaan stedi telah tercapai.

Neraca massa padasebuah reaktor alir bentuk tangki berpengaduk:

**Neraca Massa:**

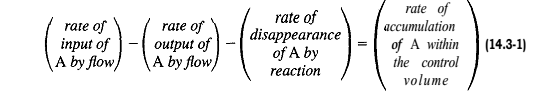
**Laju aliran zat pereaksi secara kontinyu ke luar reaktor**

**Laju berkurangnya zat pereaksi yang bereaksi dalam reaktor**

**Laju aliran zat pereaksi secara kontinyu ke dalam reaktor**

**Laju akumulasi zat pereaksi di dalam reaktor**

**Qqqqqqqqqq= = + + + +**



1. Reaksi fase cair, dengan laju aliran umpan Fv dan konsentrasi CA0 sedang konsentrasiyang keluar CA1

FvCA0=Fv CA+(-rA)V + 0



1. Reaksi fase gas, dengan laju aliran umpan FA0 dan konversi xA:

FA0 = FA0 (1-xA)+(-rA)V + 0



Hubungan volume reaktor, konversi dan waktu tinggal dapat digambarkan sbb:





xA

RATB: 

RAP: 

CA CA0

Soal 1:

Reaksi dapat balik dengan konstante laju reaksi kekanan dan kekiri masing-masing k1 dan k2, dijalankan dalam sebuah reaktor alir tangki berpengaduk menurut persamaan reaksi:

k1

Persamaan reaksi: 2A D + E

k2

Larutan dialirkan ke dalam reactor dengan kecepatan 100 cuft/j dengan konsentrasi A dalam umpan = 1,5 lbmol/cuft, sedang konsentrasi D dan E dalam umpan = 0. Konstante keseimbangan pada suhu reaksi =16. Volume larutan dalam reactor adalah 62,7cuft. Setelah *steady-state* tercapai dan larutan dianalisis diperoleh konversi A dalam larutan yang keluar reactor sebesar **80% dari konversi keseimbangan**. Hitung nilai konstante laju reaksi k1 dan k2

**Penyelesaian:**

k1

Persamaan reaksi: 2A D + E

k2

Persamaan kinetika: (-rA)= k1 CA2 -k2 CD CE



Persamaan stoikhiometri: CA= CA0(1-xA)

CD=CE= 1/2 CA0xA

Persamaan design: 

Pada keadaan keseimbangan rnetto : 0





* xAe = .... (dapat dihitung dari persamaan di atas)
* xA= 0,8 xAe
* CA= CA0(1-xA) =....
* CD= CE = ½ CA0xA=....
* 
* 

**Soal 2:**

Hidrolisa metal asetat menggunakan katalisator HCl berlangsung menurut reaksi :CH3COOCH3 + H2O CH3COOH + CH3OH

Reaksi ini mengikuti reaksi orde dua dan dapat balik, dengan kontante laju reaksi ke kanan dan ke kiri masing-masing 1.482 x 10-4 dan 6,77 x 10-4 L/(gmol.menit) pada suhu 25oC. Konsentrasi asam metal asetat dan air masing-masing 1,15 dan 48 gmol/L. Kecepatan aliran umpan masuk reaktor adalah 2 L/menit

1. Hitung **volume** yang diperlukan untuk keperluan hidrolisa ini jika diinginkan supaya konversi metilasetat 30% pada waktu keluar reaktor jika keadaan stedi telah tercapai
2. Hitung konversi keseimbangan pada suhu 25oC.

**Penyelesaian:**

Persamaan reaksi: CH3COOCH3 + H2O CH3COOH + CH3OH

A + B D + E

Konsentrasi awalA dan B masing-masing 1,15 dan 48 gmol/L sehingga limiting reaktan adalah senyawa A

Persamaan stoikhiometri: CA= CA0(1-xA)

CB= CB0-CA0xA

CD=CE=CA0xA

Persamaan kinetika: (-rA) = k1 CACB - k2 CD CE

Persamaan design: 

1. Volume reaktor V=



Hitung komposisi pada xA= 0,3 dan CA0=1,15gmol/L

CA= CA0(1-xA)=1,15(1-0,3)

CB= CB0-CA0xA=

CD=CE=CA0xA=

Hitung: (-rA)= k1 CACB -k2 CD CE =

Hitung:

1. xe= ?

Pada keadaan keseimbangan rnetto= 0 sehingga:



Hitung xe dengan persamaan di atas dengan nilai :

k1= 1.482 x 10-4L/(gmol.min)

k2= 6,77 x 10-4 L/(gmol.min)

CA= CA0(1-xAe)

CB= CB0-CA0xAe

CD=CE=CA0xAe