

PARAMETER K_{ga} - ENHANCEMENT FACTOR DALAM SISTEM ABSORPSI GAS CO_2 DENGAN LARUTAN NaOH

Hadiyanto, Andri CK dan Moh. Djaeni ¹

ABSTRAK

Absorpsi merupakan proses perpindahan massa untuk memisahkan suatu gas dari campurannya dengan cairan penyerap yang sesuai. Proses absorpsi CO_2 dari campurannya biasanya menggunakan penyerap NaOH, MEA atau K_2CO_3 . Pada penelitian ini, campuran gas yang mengandung CO_2 dikontakkan dengan larutan NaOH sebagai penyerap dalam suatu kolom unggun tetap. Penelitian ini juga mempelajari pengaruh laju alir larutan NaOH sebesar 0,026 - 0,042 liter /detik dan suhu operasi 30-70⁰ C. Sedangkan tekanan, laju alir gas udara, jenis dan ukuran packing serta komposisi awal CO_2 (56,8 %) dijaga tetap.

Analisis secara fisis dan fisis-kimia dilakukan dengan suatu model matematik untuk menentukan koefisien perpindahan massa gas -cair (k_{ga}), enhancement factor (E) dan tetapan-tetapan perancangan yang lain. Koefisien -koefisien tersebut ditentukan untuk melengkapi data - data perancangan kolom absorpsi CO_2 , yang lebih akurat dan sesuai untuk diterapkan dalam industri.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa harga koefisien perpindahan massa (k_{ga}) untuk absorpsi gas CO_2 dengan NaOH dipengaruhi oleh laju alir cairan penyerap dan temperatur. Semakin besar laju alir maka harga k_{ga} makin besar pula dan semakin tinggi temperatur maka harga k_{ga} juga makin besar. Harga k_{ga} yang didapat berkisar antara $2,44 \cdot 10^{-2}$ sampai $5,77 \cdot 10^{-2}$ untuk variabel proses $T = 30 - 70$ ⁰C dan laju alir cairan 0,026 - 0,042 l/detik. Sedangkan untuk Enhancement factor (E) berkisar antara 4,2156 sampai 7,1414

Kata kunci : Absorpsi, k_{ga} , Enhancement factor.

PENDAHULUAN

Absorpsi merupakan salah satu proses separasi dalam industri kimia dimana suatu campuran gas dikontakkan dengan suatu cairan penyerap tertentu sehingga satu atau lebih komponen gas tersebut larut dalam cairannya. Pada absorpsi sendiri ada dua macam proses, yaitu :

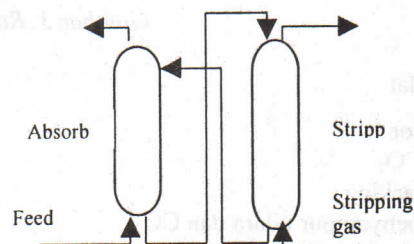
1. Absorpsi fisik
2. Absorpsi kimia

Absorpsi fisik merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam cairan penyerap tidak disertai dengan reaksi kimia. Contoh reaksi ini adalah absorpsi gas H_2S dengan air, metanol, propilen karbonate. Penyerapan terjadi karena adanya interaksi fisik. Dari absorpsi fisik ini ada beberapa teori untuk menyatakan model mekanismenya yaitu :

- a. Teori model film
- b. Teori penetrasi

- c. Teori permukaan yang diperbaharui.

Absorpsi kimia merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap disertai dengan adanya reaksi kimia. Contoh absorpsi ini adalah absorpsi gas CO_2 dengan larutan MEA, NaOH, K_2CO_3 dan sebagainya. Aplikasi dari absorpsi kimia dapat dijumpai pada proses penyerapan gas CO_2 pada pabrik Amonia.



Gambar 1. Konfigurasi absorber-stripper

Penggunaan absorpsi kimia dalam fase cair sering digunakan untuk mengeluarkan zat terlarut secara lebih sempurna dari campuran gasnya.

Suatu keuntungan dalam absorpsi kimia adalah meningkatkan harga koefisien perpindahan massa ($k_g a$). Sebagian dari perubahan ini disebabkan makin besarnya luas efektif antar muka, karena absorpsi kimia dapat juga berlangsung di daerah yang hampir stagnan disamping perangkapan dinamik. Untuk memperluas permukaan kontak digunakan kolom berisi packing (*packed column*) dengan kriteria pemilihan packing sebagai berikut :

- ◆ Memiliki luas permukaan terbasahi tiap unit volume yang besar
- ◆ Memiliki ruang kosong yang cukup besar sehingga kehilangan tekanan kecil
- ◆ Karakteristik pembasahan baik
- ◆ Densitas kecil agar berat kolom keseluruhan kecil
- ◆ Tahan korosi dan ekonomis

Beberapa jenis packing yang sering digunakan antara lain *rasching ring*, *intalox sadle*, *pall ring*.

Koefisien perpindahan massa ($k_g a$)

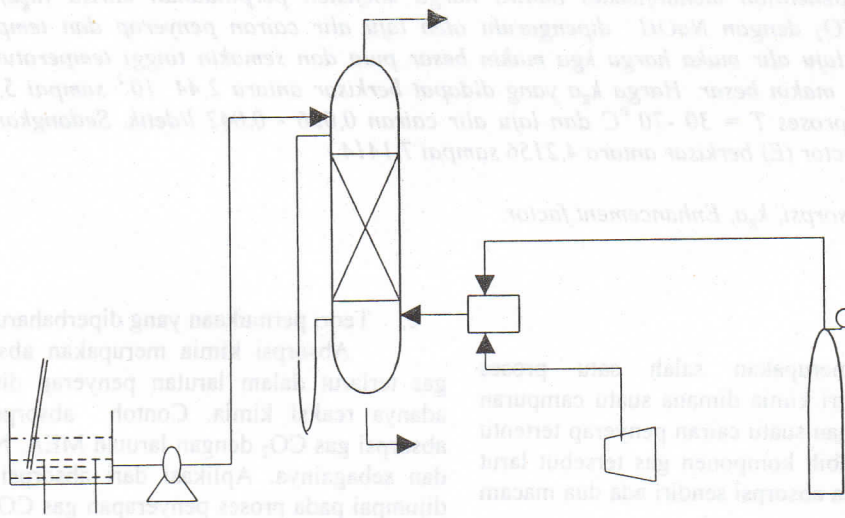
Didalam merancang suatu menara absorpsi harga koefisien perpindahan massa merupakan besaran

yang sangat penting. Penurunan korelasi harga $k_g a$ didasarkan pada absorpsi fisik. Dengan tersedianya harga $k_g a$ dapat ditentukan besaran-besaran lain, seperti :

- a. Kecepatan perpindahan massa
Kecepatan perpindahan massa dapat dihitung setelah konsentrasi gas yang berkesimbangan dengan fase cairnya diketahui. Dalam hal ini gas harus mendifusi ke aliran cairan tiap satuan waktu.
- b. Waktu operasi
Jika harga $k_g a$ diketahui maka kecepatan perpindahan massanya juga dapat ditentukan sehingga waktu operasi absorpsi bisa dihitung pula.
- c. Ukuran alat dan biaya
Untuk mengetahui dimensi alat dan besarnya biaya pembuatan alat tersebut dapat diturunkan dari persamaan berikut :

$$H_{OG} = \frac{G_M}{k_g a \cdot P} \dots\dots\dots(1)$$

Rumus untuk menentukan harga $k_g a$ dapat didasarkan pada absorpsi fisik dengan menganggap bahwa kurva kesetimbangan larutan pada selang waktu tertentu dimana perpindahan massa berlangsung.



Gambar 3. Rangkaian alat percobaan

Keterangan alat

- | | |
|---|---|
| 1. Kompresor | 7. Tangki NaOH |
| 2. Tabung CO ₂ | 8. CO ₂ keluar |
| 3. Kolom packing | 9. Termometer |
| 4. Tabung penyampur udara dan CO ₂ | 10. Heater |
| 5. Manometer U | 11. Larutan sisa + CO ₂ terserap |
| 6. Pompa | |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara koefisien perpindahan massa dengan laju alir penyerap

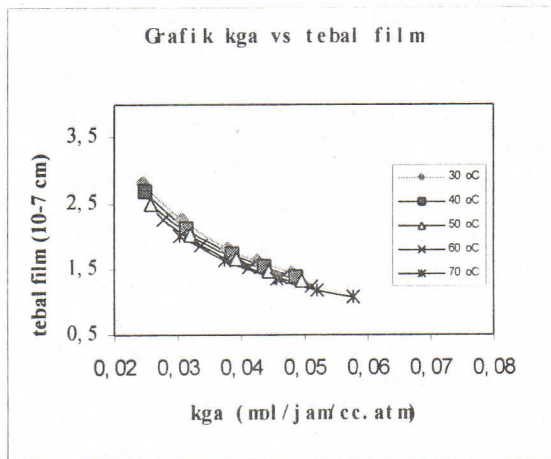
Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hubungan keefisien perpindahan massa dengan laju alir penyerap

Laju alir (l/dtk)	K_{ga} (mol/jam. cc. atm)				
	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
0,026	0,0244	0,0249	0,0258	0,0277	0,0303
0,031	0,0306	0,0314	0,0320	0,0337	0,0374
0,036	0,0379	0,0386	0,0393	0,0412	0,0456
0,039	0,0426	0,0437	0,0444	0,0462	0,0520
0,042	0,0479	0,0487	0,0495	0,0511	0,0577

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa pada suhu tetap, kenaikan laju alir larutan penyerap (NaOH) mampu meningkatkan koefisien perpindahan massa antar fase uap-cairan (k_{ga}). Fenomena ini sesuai dengan formula yang diperoleh melalui analisis dimensi, bahwa $Sh = a.Re^b.Sc^c$, dengan $Sh = (k_{ga} d_p/D_{AB})$; $Re = (\rho v d_p/\mu)$; dan $Sc = (\mu/\rho D_{AB})$. Pangkat bilangan Reynold selalu positif, sehingga dapat dikatakan $k_{ga} \approx v^b$. Oleh karena itu jika laju alir larutan penyerap makin besar, nilai k_{ga} juga semakin besar pula.

Hubungan antara koefisien perpindahan massa dengan tebal film

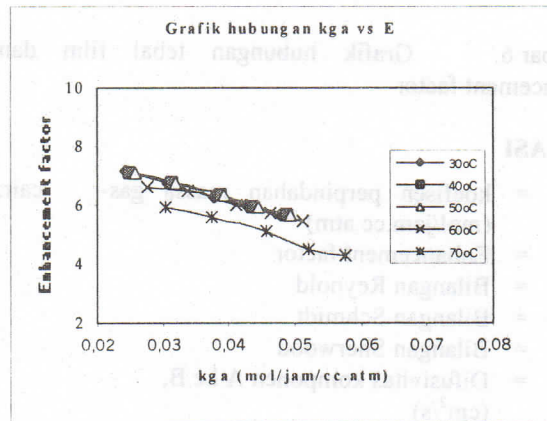


Gambar 4. Hubungan Koefisien perpindahan massa dengan tebal film

Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tebal film yang harus dilewati oleh molekul gas CO_2 untuk bergerak menuju badan utama cairan, koefisien perpindahan massa fase uap-cairan (k_{ga})

menjadi semakin kecil. Hal ini terjadi karena tahanan perpindahan massa yang ada semakin besar dan menghambat laju perpindahan massa gas ke arah badan utama cairan. Fenomena ini juga sudah mengikuti persamaan yang diusulkan oleh Higbie (1935) maupun Dawnkwert (1951) bahwa k_{ga} maupun k_{la} sebanding dengan difusivitas dan tebal film pangkat n , dengan n berkisar antara 0,5 hingga 2.

Hubungan antara koefisien perpindahan massa dengan enhancement factor

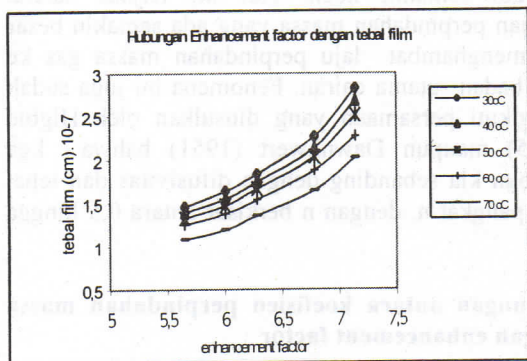


Gambar 5. Hubungan koefisien perpindahan massa dengan enhancement factor

Jika koefisien perpindahan massa antar fase semakin tinggi nilainya, maka enhancement factor yang ada justru semakin kecil. Hal ini dapat dipahami bahwa jika koefisien perpindahan massa besar, maka secara otomatis akan meningkatkan jumlah CO_2 yang berpindah dari fase gas menuju fase cair, dan tak diperlukan lagi nilai enhancement factor yang tinggi.

Hubungan antara tebal film dengan enhancement factor.

Ketebalan film juga mempengaruhi enhancement factor. Jika tebal film bertambah, maka enhancement factor juga bertambah besar. Semakin tebal film cairan, maka tidak hanya absorpsi gas CO_2 yang lambat, tetapi waktu difusi CO_2 juga semakin lambat dan memberi kesempatan bagi CO_2 untuk bereaksi. Peningkatan jumlah CO_2 yang bereaksi akan memacu terjadinya perpindahan massa gas CO_2 menuju badan utama cairan dan secara otomatis akan meningkatkan nilai enhancement factornya. Hal ini dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan tebal film dan enhancement factor

NOTASI

- k_g = koefisien perpindahan massa gas-cair, (mol/jam.cc.atm)
- E = Enhancement factor
- R_c = Bilangan Reynold
- Sc = Bilangan Schmidt
- S_h = Bilangan Sherwood
- D_{AB} = Difusivitas komponen A ke B, (cm²/s)
- Ha = Bilangan hatta
- X^* = jarak dimana semua reaktan habis bereaksi, cm

- X = jarak dari interface ke film cairan,cm
- Z = tinggi kolom, cm
- T = temperatur, (°K)
- P = tekanan operasi, (atm)
- L = tebal film cairan, (cm)
- V = laju alir volumetrik ,(cc/detik)
- a = luas bidang kontak tiap volum kolom , (cm⁻¹)
- ΔP_{lm} = rata-rata logaritmis tekanan keluar dan masuk,atm
- N_A = fluks,mol/cm²/detik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brown,GG, 1950," Unit operation", John Willey & Sons Inc, New York
- [2] Ludwig, Ernest,E,1979," Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants", Vol II,2nd edition, Gulf Publishing Company, Houston Texas
- [3] Jerry Meldon, 1999," Simplify Calculations Chemical Reactions", Hydrocarbon Processing, p 87- 91
- [4] .Perry,RH,1984," Chemical Engineering Handbook", 6th edition, Mc Graw Hill Book co, singapore.
- [6] Treyball,RE.,1981," Mass Transfer Operation", 3rd edition, Mc Graw Hill Book Co, Ltd