

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Telah dilakukan kajian teoritis untuk generalisasi fenomena parameter-parameter yang terkait dengan kinerja absorber dengan mengembangkan model matematik. Pengembangan model dilaksanakan menggunakan pendekatan difusi multikomponen *Maxwell-Stefan*. Kajian teoritis ini difokuskan pada proses absorpsi reaktif multikomponen gas asam kedalam larutan K_2CO_3 dengan promotor kondisi *isothermal* dan *non isothermal*. Model yang digunakan adalah model *rate-based* dua-film. Sebagai pembandingan dilakukan pula pengembangan model menggunakan pendekatan *enhancement factor*.

Program simulasi memerlukan data parameter model, seperti data kinetika, data kesetimbangan reaksi, kesetimbangan fasa, dan data perpindahan massa. Sebagian data tersebut belum tersedia pada literatur, untuk itu telah dilakukan eksperimen untuk menentukan data kinetika sistim larutan K_2CO_3 dengan promotor MDEA dan promotor asam borat. Data kesetimbangan yang telah ditentukan adalah data kesetimbangan untuk sistim larutan K_2CO_3 dengan promotor MDEA. Eksperimen absorpsi pada *Packed Column* juga telah dilakukan menggunakan sistim larutan K_2CO_3 dengan promotor MDEA. Campuran gas terdiri dari CO_2 , H_2S dan N_2 . Data dari hasil eksperimen ini digunakan untuk validasi program dari model yang dikembangkan.

6.1.1 Penelitian eksperimen

a. Laju absorpsi dan kinetika reaksi

Telah dilakukan penelitian eksperimen untuk menentukan data kinetika reaksi absorpsi CO_2 dengan pelarut K_2CO_3 dan promotor MDEA atau asam borat menggunakan peralatan *WWC*. Sistim larutan K_2CO_3 30% dengan penambahan promotor MDEA atau promotor asam borat meningkatkan laju absorpsi secara signifikan. Laju absorpsi CO_2 dalam larutan K_2CO_3 30% dengan promotor MDEA lebih besar dari pada dengan promotor asam borat.

Konstanta laju reaksi $k_{2,MDEA}$ dan $k_{2, asam\ borat}$ sebagai fungsi temperatur dan konsentrasi promotor yang diperoleh dari hasil perhitungan adalah:

Model-1 (MDEA):

$$k_{2MDEA} = 1,00 \times 10^{20} \exp\left(\frac{-(9,019 \times 10^7 - 3,946 \times 10^7) C_{MDEA}}{RT}\right) \text{ (m}^3/\text{kmol,s)}$$

Model-2 (MDEA):

$$k'_{2MDEA} = 2,005 \times 10^{21} \exp\left(\frac{-8,04 \times 10^7}{RT}\right) (C_{MDEA})^{3,257} \text{ (1/s)}$$

Model-1 (asam borat):

$$k_{2\ asam\ borat} = 1,00 \times 10^{20} \exp\left(\frac{-(9,23 \times 10^7 - 1,42 \times 10^7) C_{KBO_2}}{RT}\right) \text{ (m}^3/\text{kmol,s)}$$

Model-2 (asam borat):

$$k'_{2\ asam\ borat} = 6,2325 \times 10^{20} \exp\left(\frac{-1,2729}{RT}\right) (C_{KBO_2})^{2,397} \text{ (1/s)}$$

Deviasi antara hasil eksperimen dan hasil perhitungan menggunakan persamaan korelasi diatas kurang dari 15 %.

b. Keseimbangan larutan CO₂ dalam larutan K₂CO₃ dengan promotor MDEA

Telah dilakukan penelitian eksperimen untuk menentukan data keseimbangan larutan fasa gas-cair sistim elektrolit untuk CO₂- K₂CO₃-MDEA-H₂O. Pengaruh penambahan promotor MDEA dengan komposisi 2-10% dalam larutan K₂CO₃ dapat meningkatkan CO₂ loading sebesar 21,28% (untuk 2% MDEA); 53,17% (untuk 5% MDEA); 81,06% (untuk 8% MDEA); dan 102,34% (untuk 10% MDEA). Selain itu, penambahan promotor MDEA dapat menurunkan tekanan parsial gas CO₂ sebesar 15,77% (untuk 2% MDEA); 41,13% (untuk 5% MDEA); 57,06% (untuk 8% MDEA); dan 70,43% (untuk 10% MDEA).

c. Removal CO₂ dan H₂S.

Telah dilakukan penelitian eksperimen untuk menentukan % removal CO₂ dan H₂S pada absorpsi dengan pelarut K₂CO₃ dengan promotor MDEA menggunakan peralatan *Packed Column*. Pengaruh penambahan promotor pada

pelarut K_2CO_3 telah diteliti. Penambahan promotor MDEA pada larutan K_2CO_3 dapat meningkatkan persen *removal* CO_2 dan H_2S .

Pengaruh perubahan parameter proses seperti laju alir pelarut dan laju alir gas juga telah diteliti. Semakin besar laju alir pelarut maka semakin meningkat laju absorpsi CO_2 dan H_2S . Dari hasil eksperimen absorpsi CO_2 dan H_2S ke dalam larutan K_2CO_3 30 % dengan promotor MDEA 3% diperoleh nilai persen *removal* CO_2 terbesar adalah 85,1% dan *removal* H_2S adalah 99,2%.

Performance penyerapan H_2S lebih mudah terserap dibanding dengan gas CO_2 .

6.1.2 Penelitian pemodelan dan simulasi

Penelitian pemodelan dan simulasi ini telah menggunakan *rate-based* model film dengan teori difusi multikomponen *Maxwell-Stefan* pendekatan *rigorous* dan pendekatan *enhancement factor* (sebagai perbandingan). Kajian teoritis ini difokuskan pada proses absorpsi reaktif multikomponen gas asam ke dalam larutan K_2CO_3 dengan promotor MDEA kondisi *isothermal* dan *non isothermal*. Selain memprediksi % *removal* CO_2 , penelitian ini juga memprediksi konsentrasi komponen rata-rata dalam fasa likuida dan gas.

Diperoleh hasil, dibandingkan dengan data eksperimen dan data riil di salah satu industri pupuk di Indonesia, perhitungan *removal* CO_2 menggunakan pendekatan difusi multikomponen *Maxwell-Stefan* lebih kecil *error* nya dari pada perhitungan dengan pendekatan *enhancement factor*.

Berdasarkan pemodelan dan simulasi, disimpulkan beberapa hal berikut :

1. Fluks absorpsi CO_2 yang dihitung menggunakan pendekatan difusi *Maxwell-Stefan*, peningkatan konsentrasi CO_2 (peningkatan *driving force* sisi gas) tidak signifikan mempengaruhi fluks CO_2 karena tahanan sisi gas juga meningkat, berbeda dengan fluks absorpsi CO_2 yang dihitung dengan menggunakan pendekatan *enhancement factor* secara signifikan dipengaruhi oleh konsentrasi CO_2 .
2. Pada distribusi konsentrasi komponen pada film likuida, menunjukkan reaksi terjadi di film. Hasil prediksi distribusi konsentrasi pada *Packed Column*, pada posisi atas kolom pengaruh tahanan sisi gas lebih dominan dibandingkan tahanan sisi likuida, pada posisi bawah kolom, terjadi

phenomena yang berlawanan. Absorpsi reaktif menimbulkan panas akibat reaksi eksotermis yang dapat mempengaruhi proses absorpsi gas CO₂ dan H₂S.

3. Beberapa variabel operasi telah dikaji pengaruhnya terhadap kinerja kolom dan diperoleh hal-hal berikut:

- Laju alir larutan dan temperatur larutan serta tekanan memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap persen *removal* CO₂ dan H₂S.
- Laju absorpsi meningkat tergantung pada pengaruh relatif temperatur pada konstanta kecepatan reaksi, difusivitas dan kelarutan gas.
- Pengaruh perubahan temperatur larutan terhadap *removal* gas CO₂ menggunakan pendekatan difusi *Maxwell-Stefan* memberikan informasi adanya kondisi optimal, namun dengan menggunakan pendekatan *enhancement factor*, kondisi optimal terhadap perubahan temperatur larutan belum diperoleh.
- Pada model kondisi *non isothermal* memberikan hasil *removal* gas CO₂ lebih besar dari pada model kondisi *isothermal*. Pada sistim larutan K₂CO₃ 30% dengan promotor MDEA diperoleh *removal* CO₂ tertinggi adalah 99,95 % terjadi pada kondisi laju alir larutan 1900 m³/jam, temperatur 100°C dan laju alir gas 308.000 m³/jam, temperatur gas masuk 125°C serta tekanan operasi 28 atm.

6.2 Saran

Beberapa saran agar lebih memperdalam kajian teoritis absorpsi multikomponen gas asam dalam larutan K₂CO₃ dengan promotor adalah:

- Kolom absorber yang digunakan memperhatikan kondisi riil di industri terutama terkait dengan geometri kolom absorber.
- Dalam model yang telah dikembangkan, menganggap aliran adalah *plug flow* oleh karena itu, pengaruh hidrodinamika aliran larutan dan aliran gas perlu dikaji untuk pengembangan model lebih lanjut.
- Melanjutkan pemodelan untuk regenerasi gas CO₂ yang terserap pada *Stripping*.