

Simulasi Penangkapan Gas CO₂ Dengan Pelarut *Monoethanolamine* Menggunakan Simulator *Aspen Hysys V.11*

Luthfi Farell Zavira, Dwi Bintang Narariyadi, Maya Ramadianti Musadi

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional
Jl. PH.H. Mustofa No.23, Neglasari, Cibeunying Kaler, Kota Bandung, Jawa Barat
40124

Email: luthfifarel2@mhs.itenas.ac.id

Received 29 01 2022 / Revised 03 02 2022/ Accepted 10 03 2022

ABSTRAK

Emisi gas rumah kaca semakin meningkat akibat aktivitas di industri seperti pembakaran gas alam yang mengarah pada pembentukan karbondioksida. Penanganan terhadap emisi karbondioksida dapat dilakukan dengan Carbon Capture and Storage. Karbondioksida akan ditangkap dalam absorber menggunakan pelarut monoethanolamine (MEA). Proses absorpsi ini disimulasikan menggunakan Aspen Hysys V.11. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil komposisi CO₂ dan temperatur di setiap tahap pada absorber, serta mengetahui pengaruh konsentrasi CO₂ dalam solvent, pada proses penangkapan CO₂ dari gas buang hasil pembakaran gas alam di boiler. Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk mengabsorbsi 90% CO₂ dalam gas buang hasil pembakaran di boiler diperlukan 6 tahap dengan laju alir solvent 271,446 kmol/jam dan 290,780 kmol/jam. Penurunan temperatur sepanjang kolom sekitar 1°C. Konsentrasi karbondioksida dalam lean amine mempengaruhi kemampuan pelarut untuk dapat mengabsorb karbondioksida pada umpan yang diberikan.

Kata Kunci: Simulasi, Karbondioksida, Absorpsi, Aspen Hysys V.11, Monoethanolamine

ABSTRACT

Greenhouse gas emissions are increasing due to industrial activities such as burning of natural gas which leads to the formation of carbon dioxide. Reducing of carbon dioxide emissions can be handled by Carbon Capture and Storage where carbon dioxide will be absorbed using monoethanolamine (MEA) solvent which is simulated using Aspen Hysys V.11. This study aims to determine the composition and temperature profile at each stage of the absorber, as well as to determine the effect of CO₂ concentration in the solvent on the CO₂ capture process from the flue gas resulting from natural gas combustion in the boiler. The simulation results show that to absorb 90% of CO₂ in the flue gases from combustion in the boiler are required 6 stages absorber with a solvent flow rate of 271.446 kmol/h and 290.780 kmol/h. The temperature decreases along the column by about 1°C. The carbon dioxide in lean amine affects the solvent's ability to absorb carbon dioxide in the feed given.

Keywords: Simulation, Carbon dioxide, Absorption, Aspen Hysys V.11, Monoethanolamine

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global adalah sebuah fenomena yang digunakan untuk menunjukkan peningkatan suhu permukaan rata-rata bumi. Kenaikan suhu yang terjadi secara global terutama disebabkan oleh emisi gas rumah kaca (GRK) ke atmosfer oleh aktivitas manusia. Gas rumah kaca (GRK) terdiri dari gas – gas seperti metana (CH_4), *nitrous oxide* (N_2O), *water vapor* (H_2O), *chlorofluorocarbons* (CFC) dan karbodioksida (CO_2). Karbodioksida merupakan produk dari pembakaran senyawa terkait karbon seperti bahan bakar fosil dan bahan organik. karbodioksida telah diakui sebagai gas rumah kaca yang memiliki efek paling signifikan yang menuntut pengurangannya secara bertahap.

Teknologi penangkapan karbon berbasis amina telah dianggap sebagai kandidat kuat untuk penangkapan karbon. Penangkapan karbon berbasis amina yang menggunakan penyerap berbasis amina untuk menghilangkan karbodioksida dari campuran gas alam serta gas buang dari hasil pembakaran berbasis gas alam adalah teknologi yang terbukti digunakan untuk selama beberapa dekade. Metode yang digunakan, *Post – combustion* adalah memisahkan karbodioksida dari gas buang yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar utama di udara. Amina yang digunakan sebagai pelarut adalah *Monoethanolamine* (MEA). *Monoethanolamine* (MEA) adalah penyerap berbasis amina yang representatif dan telah digunakan secara industri dan komersial. *Monoethanolamine* (MEA) biasanya disebut sebagai penyerap standar untuk proses penangkapan karbon berbasis amina. (Lim, Youngsub., dkk. 2013)

Penelitian ini dilakukan dengan simulasi *Aspen Hysys V.11* untuk mengetahui profil komposisi dan temperatur di setiap tahap dan mengetahui pengaruh konsentrasi CO_2 dalam solvent pada proses penangkapan karbodioksida dari gas buang hasil pembakaran gas alam di boiler menggunakan pelarut *monoethanolamine*.

2. METODOLOGI

2.1 Tahapan Menjalankan Simulasi Aspen Hysys V.11

Pada simulasi ini dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan komponen simulasi dari umpan, pelarut, hingga produk. komponen yang akan digunakan ialah MEA, H_2O , CO_2 , H_2S dan udara (N_2 dan O_2).
2. Menentukan model termodinamika atau *fluid package* yang sesuai dengan komponen – komponen yang ditentukan sebelumnya seperti karakteristik gas, kesetimbangan dan sebagainya. *Fluid package* yang digunakan ialah *Acid Gas – Chemical Solvent*.
3. Menginputkan data kondisi operasi pada simulasi.

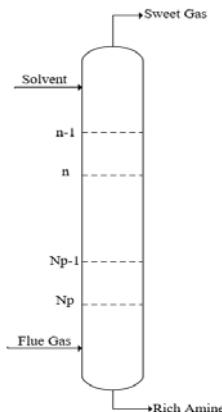
Tabel 1. *Input* Data Kondisi Operasi

Input Kondisi Operasi	Nilai
Suhu gas masuk absorber ($^{\circ}\text{C}$)	25
Suhu solvent masuk absorber ($^{\circ}\text{C}$)	25
Tekanan pada absorber (kPa)	101,3
Jumlah stages absorber	6

4. Menjalankan simulasi hingga status pada Aspen Hysys V.11 menjadi *converged*

Simulasi Penangkapan Gas CO₂ Dengan Pelarut *Monoethanolamine* Menggunakan Simulator *Aspen Hysys V.11*

2.2 Skema Penelitian

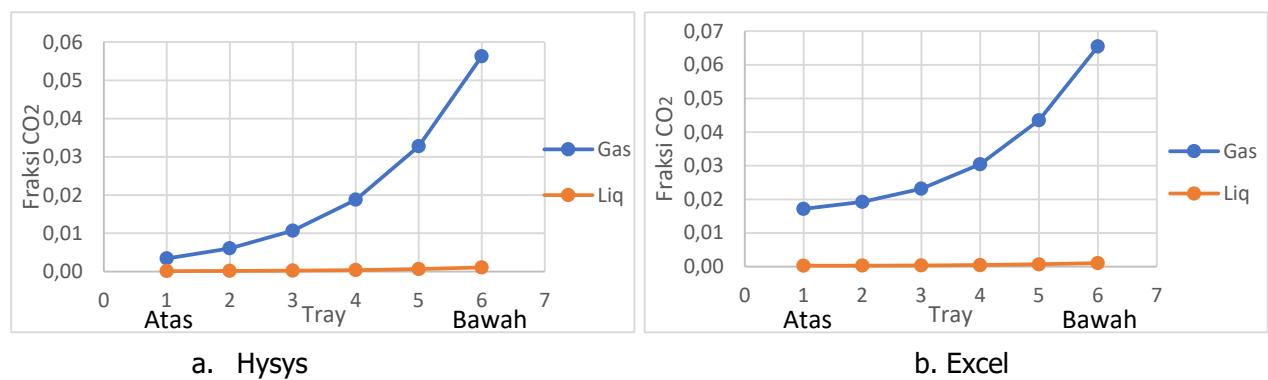


Gambar 1. Skema Proses Penangkapan Gas Karbodioksida (CO₂) dengan Pelarut *Monoethanolamine* (MEA)

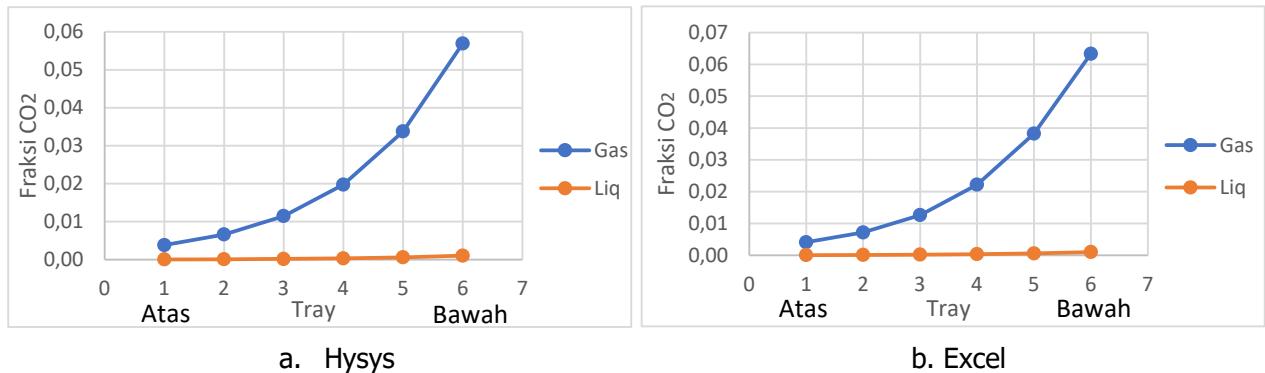
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Komposisi Karbodioksida dan Temperatur Pada Absorber

Proses absorpsi dilakukan dengan menggunakan dua komposisi fraksi mol karbodioksida dalam pelarut MEA, yaitu 10⁻⁴ dan 10⁻⁶. Profil komposisi karbodioksida di setiap tahap untuk masing – masing komposisi disajikan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.

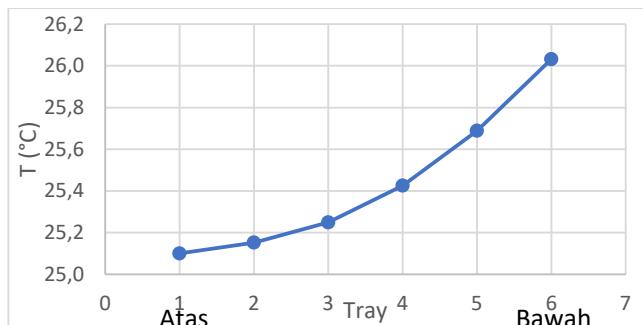


Gambar 2. Profil Komposisi Karbodioksida (CO₂) pada Absorber dengan Komposisi Fraksi Mol CO₂ di pelarut 10⁻⁴ pada Absorber



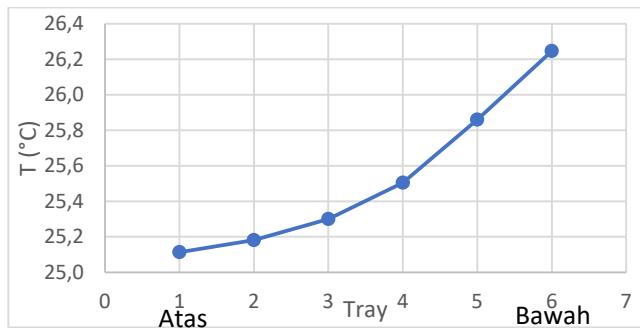
Gambar 3. Profil Komposisi Karbondioksida (CO_2) pada Absorber dengan Komposisi Fraksi Mol CO_2 di pelarut 10^{-6} pada Absorber

Berdasarkan hasil simulasi pada absorber yang ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** dapat dilihat bahwa penurunan komposisi karbondioksida dalam gas, dari 0,0956 fraksi mol karbondioksida menjadi 0,0034 dan 0,0038 untuk komposisi fraksi mol karbondioksida dalam pelarut yaitu 10^{-4} dan 10^{-6} . Hal ini disebabkan adanya perpindahan massa karbondioksida dari gas ke dalam zat pelarut *monoethanolamine* (MEA) akibat kontak antara gas dengan pelarut pada *tray* dalam kolom absorber. Dari hasil yang didapat komposisi fraksi karbondioksida pada *tray* ke-1 dengan simulasi menggunakan Hysys lebih kecil daripada perhitungan menggunakan Excel, dimana kecilnya komposisi fraksi ini menunjukkan banyaknya jumlah karbondioksida yang dapat diserap oleh pelarut. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi menggunakan Hysys mendapatkan hasil yang lebih akurasi dibandingkan perhitungan menggunakan Excel. Berdasarkan pemilihan *Fluid Package* saat simulasi yang digunakan yaitu *Acid Gas Chemical Solvent*.



Gambar 4. Profil Temperatur dengan Komposisi Fraksi Mol CO_2 di pelarut 10^{-4} pada Absorber

Simulasi Penangkapan Gas CO₂ Dengan Pelarut *Monoethanolamine* Menggunakan Simulator *Aspen Hysys V.11*



Gambar 5. Profil Temperatur dengan Komposisi Fraksi Mol CO₂ di pelarut 10⁻⁶ pada Absorber

Pada **Gambar 4** dan **Gambar 5** dapat dilihat bahwa penurunan temperatur yang terjadi sekitar 1°C. Penurunan ini tidak signifikan, sehingga proses absorpsi dapat dikatakan berlangsung isothermal dan dapat diasumsikan kelarutan CO₂ dalam pelarut MEA adalah tetap.

3.2 Pengaruh Konsentrasi Karbondioksida Dalam Solvent Pada Proses Penangkapan Karbondioksida

Tabel 2. Hasil Penyerapan Karbondioksida (CO₂) di *Rich amine*

Konsentrasi CO ₂ (fraksi mol)		CO ₂ Loading (mol CO ₂ /mol MEA)	Laju Alir Pelarut, (kgmol/jam)	
di Lean Amine	Di Rich Amine		minimum Ls min	aktual, Ls
0,0001	0,00103	0,0098	193853,49	290751,15
0,000001	0,00100	0,0105	180964,64	271446,68

Tabel 2 menunjukkan pengaruh konsentrasi karbondioksida (CO₂) di *lean amine* terhadap banyaknya CO₂ yang terserap (CO₂ Loading) dan jumlah pelarut (L_s, min dan L_s) yang dibutuhkan. Pada Tabel 2 dapat dilihat semakin kecil konsentrasi CO₂ di *lean amine*, semakin besar CO₂ loading yang didapatkan dan semakin kecil jumlah pelarut yang dibutuhkan. Hal ini dapat terjadi karena dengan adanya CO₂ di dalam pelarut *monoethanolamine* (MEA) yang di *recycle* akan menyebabkan pelarut menjadi cepat jenuh. Oleh karena itu untuk mendapatkan % absorpsi yang *relative* sama (90%), diperlukan jumlah pelarut (L_s, min dan L_s) lebih banyak pada *lean amine* dengan konsentrasi CO₂ yang lebih besar

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk dapat memisahkan 90% karbondioksida dari umpan gas buang boiler yang mengandung CO₂ sebesar 0,0956 % mol dibutuhkan laju alir pelarut minimal untuk konsentrasi CO₂ dalam lean amine 10⁻² %-mol dan 10⁻⁴ %-mol sebanyak 290780,23 Kmol/Jam dan 271446,95 Kmol/Jam dengan jumlah *tray* sebanyak 6 buah.
2. Temperatur pada kolom absorber meningkat sekitar 1°C, sehingga proses absorpsi dapat dikatakan isotermal

DAFTAR PUSTAKA

- Aspen Technology, Inc. 1981. *Simulation Basis HYSYS 2004.2*. Cambridge, Amerika Serikat.
- Erik, Lars. 2007. *Aspen HYSYS Simulation of CO₂ Removal by Amine Absorption from a Gas Based Power Plant*. Norway: Telemark University College.
- Perry, Robert H. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook Seventh Edition*. Amerika Serikat: University of Kansas.
- Treybal, Robert E. 1981. *Mass-Transfer Operations*. Amerika Serikat: University of Rhode Island.
- Vienda, Alvenolia. 2015. *Perubahan Iklim dan Pemanasan Global*. Manado: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Negeri Manado.
- Yaws, Carl L. 2003. *Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds*. Beaumont, Texas: Lamar University