

SIMULASI ASPEN HYSYS PADA KOLOM ABSORPSI GAS CO₂ DENGAN SOLVEN METILDIETANOLAMINE (MDEA)

Haris Numan Aulia

PEM Akamigas Cepu

Email: harisnumanaulia@yahoo.com

Masuk: 9 Juli 2021, Revisi masuk: 11 Agustus 2021, Diterima: 16 Agustus 2021

ABSTRACT

Some impurities in natural gas must be cleaned. The most common contaminants found are hydrogen sulfide (H₂S) and carbon dioxide (CO₂) gas. H₂S gas is an acid compound that is very dangerous for health and environment, while CO₂ gas can reduce the heating value of natural gas and corrode piping so it must be removed. The absorption process using alkanolamine solvent is one of the most frequently used H₂S and CO₂ gas removal technologies. In this study, the solvent studied was methyldiethanolamine (MDEA). In commercial simulators such as Aspen Hysys there is a chemical absorption process. The purpose of this study was to determine the effect of solvent temperature and solvent concentration on the composition of CO₂ / H₂S and loading of CO₂ / H₂S in sweet gas. This research shows a simulation of CO₂ / H₂S gas absorption using MDEA solvent. The greater the operating temperature, the greater the loading of CO₂ / H₂S, but the composition of CO₂ / H₂S in sweet gas is lower.

Keywords: Absorption, CO₂, Simulator

INTISARI

Beberapa impuritis yang terkandung dalam gas alam harus dibersihkan terlebih dahulu. Kontaminan yang paling banyak dijumpai yaitu gas hidrogen sulfida (H₂S) dan gas karbon dioksida (CO₂). Gas H₂S merupakan senyawa asam yang sangat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan sedangkan gas CO₂ bisa memperkecil nilai kalor pada gas alam dan membuat korosi pada perpipaan sehingga harus dihilangkan. Proses absorpsi dengan memakai solven alkanolamine merupakan salah satu teknologi penghilangan gas H₂S dan CO₂ yang sering dipakai. Pada penelitian ini solven yang dikaji adalah metildietanolamina (MDEA). Pada simulator komersial seperti Aspen Hysys terdapat proses absorpsi kimia. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh suhu solven dan konsentrasi solven terhadap komposisi CO₂/H₂S serta loading CO₂/H₂S pada *sweet gas*. Penelitian ini memperlihatkan simulasi absorpsi gas CO₂/H₂S menggunakan solven MDEA. Semakin besar temperatur operasi maka *loading* CO₂/ H₂S makin besar tetapi komposisi CO₂/ H₂S di *sweet gas* makin rendah.

Kata-kata kunci: Absorpsi, CO₂, Simulator

PENDAHULUAN

Salah satu jenis bahan bakar yang paling banyak digunakan adalah gas alam. Gas alam sering disebut sebagai gas bumi atau gas rawa yang merupakan bahan bakar fosil berbentuk gas yang terutama terdiri dari metana (Sembiring, Panjaitan, Susianto, & Altway, 2020). Akan tetapi pada gas alam ini terkandung berbagai kontaminan seperti H₂S dan

CO₂. Kandungan CO₂ pada gas alam ini dapat mengakibatkan gangguan dalam pemanfaatan gas alam. Gas CO₂ dapat merusak bagian perpipaan dan utilitas pabrik karena sifat korosifitasnya (Ciptorini & Arsi, 2015). Gas CO₂ bisa membentuk asam jika bercampur dengan air yang mengakibatkan terjadinya korosi pada sistem perpipaan. Selain itu CO₂ juga dapat membeku pada suhu rendah

serta menurunkan nilai kalor gas alam (Kidnay & Parrish, 2006).

Berbagai macam metode pemisahan CO₂ yang telah diterapkan secara luas yaitu metode membran, kriogenik, adsorpsi, dan yang paling umum digunakan adalah metode absorpsi yang menggunakan larutan kimia (Kurniati & Qomariyah, 2018). Dari berbagai teknologi tersebut, absorpsi dengan pelarut kimia telah dipelajari lebih lanjut dan terbukti merupakan teknologi yang paling efektif dan cocok untuk pemisahan gas CO₂ (Astaria, G., Savage, D. W., & Bisio, A., 1983; Yu, Huang, & Tan, 2012).

Pelarut yang paling banyak digunakan dalam absorpsi CO₂ ini yaitu pelarut alkanolamina seperti *monoetanolamina (MEA)*, *dietanolamina (DEA)*, dan *metildietanolamina (MDEA)*. Dari keadaan tersebut maka belakangan ini yang digunakan atau yang dikembangkan adalah *Methyl Diethanol Amine (MDEA)* (Sutanto, Mulyadi, & Hermanto, 2020). Solven MDEA memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alkanolamina lainnya. Beberapa kelebihan MDEA adalah memiliki tekanan uap rendah yang memungkinkan komposisi amina tinggi tanpa kehilangan cukup banyak melalui absorpsi dan regenerasi. MDEA juga sebagian besar tidak bisa bercampur dengan hidrokarbon dan tahan terhadap degradasi termal.

Proses absorpsi gas CO₂ dan H₂S menggunakan alkanolamina ini telah banyak digunakan di dalam berbagai simulator komersial seperti Aspen Hysys (Hartanto, Putranto, & Cynthia, 2017). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai variabel proses, seperti temperatur operasi dan konsentrasi pelarut terhadap proses absorpsi. Variabel yang diamati yaitu konsentrasi CO₂ dan H₂S di aliran gas keluaran absorber (*sweet gas*) serta *loading CO₂* (rasio molar antara CO₂ dan amina) pada aliran cair keluaran absorber (*rich amine*).

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan analisis sensitivitas pada proses absorpsi CO₂ dan H₂S. *Property package* yang digunakan pada penelitian ini adalah *acid gas – chemical solvent* yang bisa dipilih di Aspen Hysys. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari *acid gas removal unit*, pabrik pengolahan gas. Pada data aktual lapangan feed sebanyak 56,153 MMSCFD yang masuk ke dalam kolom absorber mengandung H₂S sebesar 0,4 % mol dan CO₂ sebesar 21% mol. Kolom absorpsi beroperasi pada tekanan 389 – 395 psig, dan suhu 120 – 187 F. *Acid gas* yang terkandung di dalam *feed* tersebut kemudian diabsorpsi menggunakan MDEA dengan konsentrasi 45 % wt. Adapun komposisi *feed absorber* tersaji pada tabel 1 sedangkan komposisi *lean amine* tersaji pada tabel 2.

Simulasi dilakukan dengan memodelkan data lapangan pada tabel 1 dan tabel 2 menggunakan simulator Aspen Hysys. Pada simulasi ini digunakan 1 kolom absorpsi untuk memodelkan absorber. Gas yang digunakan juga identik dengan data di lapangan.

Tabel 1. Data Komposisi *Feed Absorber*

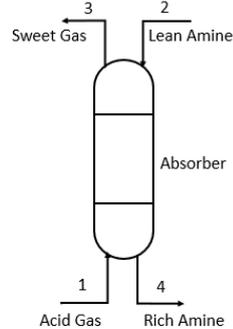
| Komponen | Fraksi mol |
|---------------------------------|------------|
| CH ₄ | 0,7451 |
| C ₂ H ₆ | 0,0221 |
| C ₃ H ₈ | 0,0081 |
| nC ₄ H ₁₀ | 0,0021 |
| iC ₄ H ₁₀ | 0,0016 |
| nC ₅ H ₁₂ | 0,0006 |
| iC ₅ H ₁₂ | 0,0008 |
| C ₆₊ | 0,0025 |
| H ₂ S | 0,0040 |
| CO ₂ | 0,2100 |
| H ₂ O | 0,0031 |
| Total | 1 |

Tabel 2. Data Komposisi *Lean Amine*

| Komponen | Fraksi Mol |
|------------------|------------|
| MDEA | 0,110830 |
| H ₂ O | 0,889146 |
| CO ₂ | 0,000023 |
| H ₂ S | 0,000001 |

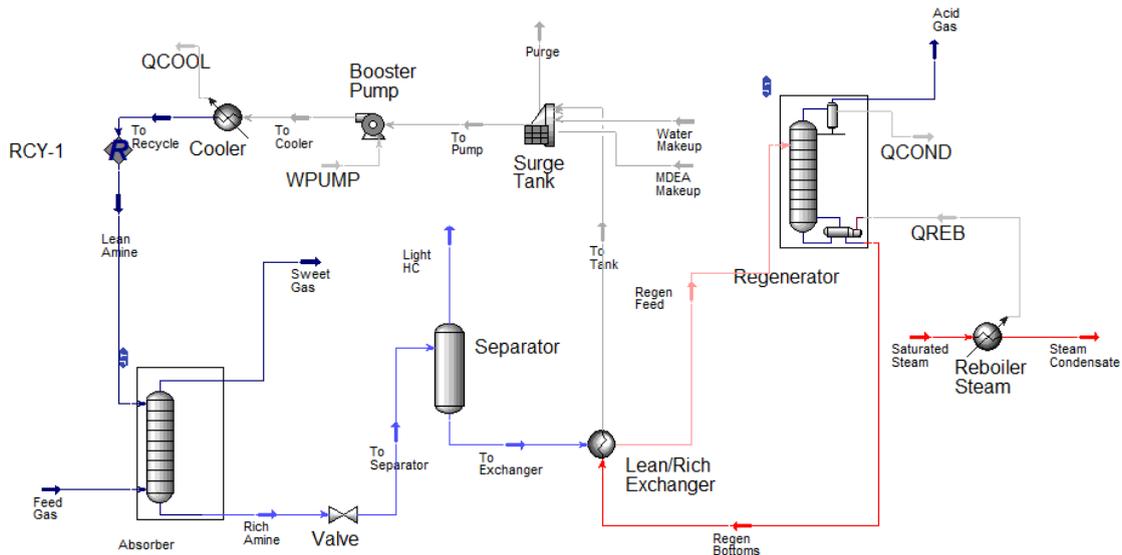
| | |
|-------|---|
| Total | 1 |
|-------|---|

Simulasi sederhana absorpsi CO₂ ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Simulasi Absorpsi pada kolom Absorber

Pada kolom absorber, gas asam (*acid gas*) memasuki kolom dari bawah (aliran 1). Sedangkan pelarut alkanolamina (*lean amine*) memasuki kolom dari atas (aliran 2). Keluaran kolom absorber berupa *sweet gas* pada bagian atas kolom (aliran 3) dan pelarut *alkanolamina* (*rich amine*) pada bagian bawah kolom (aliran 4). Variabel yang diamati yaitu konsentrasi CO₂ di gas keluaran (*sweet gas*) dan *loading* CO₂ di *rich amine*. Simulasi yang dilakukan untuk evaluasi model ini disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Simulasi Aspen Hysys Absorpsi Gas Asam

Pada simulasi *feed gas* akan memasuki kolom absorber. Setelah memasuki kolom absorber, gas akan naik dan berkontak dengan *lean* MDEA. Pada saat berkontak terjadi penyerapan *acid gas* oleh *lean* MDEA. Kemudian gas yang telah bebas dari *acid gas* akan keluar melalui bagian atas absorber. Setelah proses absorpsi MDEA yang kaya akan *acid gas* akan keluar melalui bagian bawah absorber sebagai *rich* MDEA. *Rich* MDEA kemudian memasuki separator untuk dipisahkan dengan gas hidrokarbon yang terikut. Gas hidrokarbon tersebut akan keluar dari separator. *Rich*

MDEA selanjutnya dipanasi pada heat exchanger dengan media pemanas berupa *lean* MDEA sebelum memasuki regenerator.

Pada regenerator *acid gas* yang terdapat pada MDEA akan dilucuti oleh reboiler dengan pemanas berupa *steam*. MDEA yang telah bebas dari *acid gas* selanjutnya keluar dari regenerator dan memasuki *heat exchanger*. Selanjutnya MDEA yang telah terbebas dari *acid gas* memasuki *heat exchanger* untuk bertukar panas dengan output separator, kemudian memasuki *surge tank* untuk mengatur konsentrasi solven.

Lalu dipompa menuju cooler untuk didinginkan kemudian memasuki kolom absorber sebagai *Lean MDEA*.

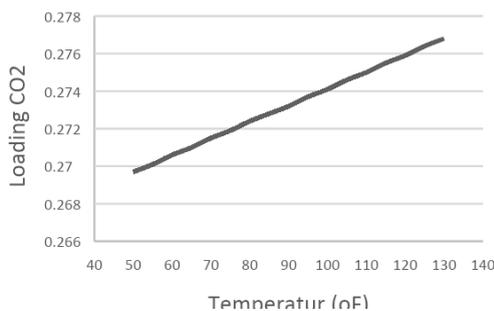
Penelitian simulasi absorpsi gas CO₂ dengan melakukan variasi variabel proses seperti temperatur (50 °F hingga 130 °F) dan konsentrasi pelarut (fraksi massa MDEA 0,3 hingga 0,6).

PEMBAHASAN

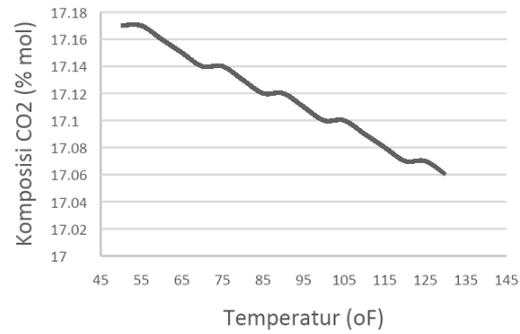
Analisis Sensitivitas Proses Absorpsi CO₂

Variabel proses yang dianalisis yaitu temperatur dan konsentrasi pelarut. Data yang diamati yaitu komposisi CO₂ (% mol) dan komposisi H₂S (ppm) pada aliran *sweet gas* dan *loading* CO₂ (mol CO₂/mol amine) pada aliran *rich amine*. Pada proses absorpsi ini diharapkan konsentrasi CO₂ dan H₂S pada *sweet gas* serendah mungkin sedangkan *loading* CO₂ pada *rich amine* sebesar mungkin.

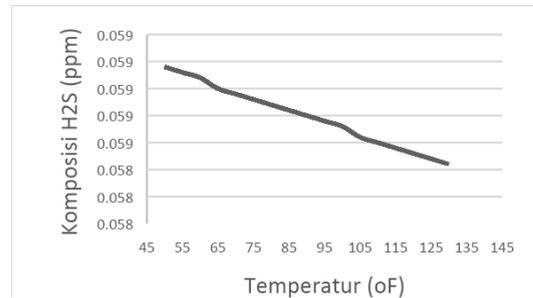
Temperatur operasi divariasikan dari 50°F hingga 130°C, sedangkan konsentrasi pelarut MDEA (fraksi massa MDEA) divariasikan dari 0,3 hingga 0,6. Analisis sensitivitas temperatur terhadap absorpsi disajikan dalam Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5



Gambar 3. Pengaruh Temperatur terhadap Loading CO₂ di *Rich Amine*

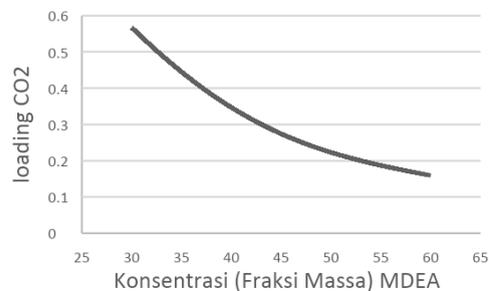


Gambar 4. Pengaruh Temperatur terhadap Komposisi CO₂ di *Sweet Gas*

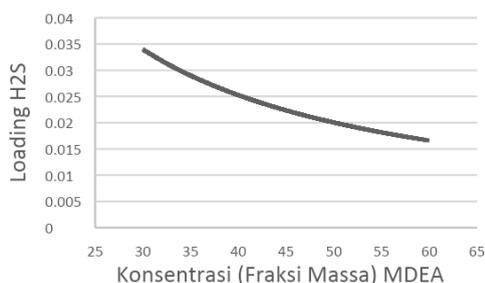


Gambar 5. Pengaruh Temperatur terhadap Komposisi H₂S (ppm) di *Sweet Gas*

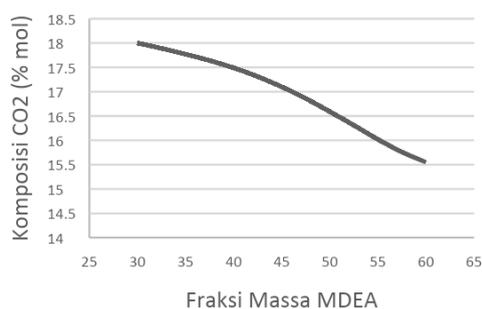
Dari Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5 terlihat bahwa semakin tinggi temperatur operasi maka semakin kecil komposisi CO₂ dan H₂S pada *sweet gas* dan semakin tinggi *loading* CO₂ yang diperoleh. Hal ini terjadi akibat kinetika absorpsi yang semakin cepat apabila temperatur dinaikkan. Semakin kecil komposisi CO₂ dan H₂S yang terdapat di *sweet gas* menunjukkan bahwa semakin banyak CO₂ dan H₂S yang bereaksi dengan pelarut MDEA di aliran *rich amine* sehingga semakin besar *loading* CO₂ yang dihasilkan. Analisis sensitivitas konsentrasi pelarut disajikan dalam Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Pengaruh Konsentrasi MDEA terhadap Loading CO₂ di *Rich Amine*



Gambar 7. Pengaruh Konsentrasi MDEA terhadap Loading H₂S di Rich Amine



Gambar 8. Pengaruh Fraksi Massa MDEA terhadap Komposisi CO₂ di Sweet Gas

Dari Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi MDEA yang digunakan maka semakin kecil komposisi CO₂ di *sweet gas* dan *loading* CO₂ serta *loading* H₂S pada *rich amine* yang diperoleh. Semakin besar konsentrasi pelarut maka jumlah CO₂ yang terabsorpsi menjadi semakin banyak sehingga komposisi CO₂ pada *sweet gas* menjadi semakin rendah. Akan tetapi kenaikan CO₂ pada aliran *rich amine* ini tidak sebanding dengan kenaikan konsentrasi MDEA sehingga menyebabkan *loading* CO₂ (rasio mol CO₂ dan mol MDEA) yang diperoleh semakin kecil.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menguatkan hasil penelitian sebelumnya (Hartanto, Putranto, & Cyntia, 2017) yang menggunakan dietanolamina sebagai solven yang menyimpulkan bahwa kenaikan suhu mampu meningkatkan laju absorpsi CO₂ yang ditandai dengan menurunnya kandungan CO₂ pada *sweet gas* serta naiknya *loading* CO₂ dan kenaikan konsentrasi solven juga menyebabkan turunnya konsentrasi CO₂ pada gas

keluaran tetapi menyebabkan turunnya *loading* CO₂ pada aliran *rich amine*.

KESIMPULAN

Pada analisis sensitivitas kolom absorber terlihat bahwa kenaikan temperatur mampu meningkatkan laju absorpsi CO₂ yang ditandai oleh menurunnya kandungan CO₂ pada gas keluaran (*sweet gas*) serta naiknya *loading* CO₂. Untuk kenaikan konsentrasi pelarut juga menyebabkan turunnya konsentrasi CO₂ pada gas keluaran tetapi menyebabkan turunnya *loading* CO₂ pada aliran *rich amine*.

DAFTAR PUSTAKA

- Astaria, G., Savage, D. W., Bisio, A., 1983, *Gas Treating with Chemical Solvents*, New York : John Wiley & Sons.
- Ciptorini, M. H. I., & Arsi, K., 2015, Studi Kinetika Absorpsi Karbon Dioksida Menggunakan Larutan *Diethanolamine* (DEA) Berpromotor *Glycine* , Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hartanto, Y. , Putranto, A., & Cynthia, S., 2017, Simulasi Absorpsi Gas CO₂ dengan Pelarut Dietanolamina Menggunakan Simulator Aspen Hysys, *Jurnal Integrasi Proses*, 6(3), 100–103.
- Kidnay, A.J., Parrish, W.R., 2006, *Fundamentals of Natural Gas Processing*, Boca Raton : CRC Press.
- Kurniati, Y., & Qomariyah, L., 2018, Prediksi Solubilitas (Absorpsi) Gas CO₂ Dalam Larutan Potassium Karbonat (K₂CO₃) dan MDEA Menggunakan Simulasi ASPEN, *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 2(1), 1–10
- Sembiring, S., Panjaitan, R. L., Susianto, S., & Altway, A., 2020, Pemanfaatan Gas Alam sebagai LPG (Liquified Petroleum Gas). *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), F206-F211.
- Sutanto, A.H. Mulyati, & Hermanto, 2020, Evaluasi Kinerja *Methyl Diethanol Amine* (MDEA) Dalam Penyerapan Kandungan H₂S Pada Proses Pengolahan Gas Alam, *Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, 20(1), 45–51.
- Yu, C.-H., Huang, C.-H.; Tan, C.-S., 2012, A *Review of CO₂ Capture by Absorption and Adsorption*. *Aerosol and Air Quality Research*, 12, 745-769.

BIODATA PENULIS

Haris Numan Aulia, ST., MT., lahir di Brebes pada tanggal 28 Nopember 1986, menyelesaikan pendidikan S1 bidang ilmu Teknik Kimia dari Universitas Diponegoro tahun 2009, S2 bidang ilmu Teknik Kimia dari Universitas Diponegoro tahun 2013. Saat ini tercatat sebagai Dosen Tetap di Politeknik Energi dan Mineral (PEM) Akamigas Cepu dengan jabatan akademik Asisten Ahli pada Prodi Teknik Pengolahan Migas.