OPTIMASI PENGGUNAAN PIPERAZINE DALAM CAMPURAN MDEA PADA PROSES ABSORPSI GAS ALAM

Rispiandi^{1,*}, Saripudin¹

¹Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir Ciwaruga Bandung Barat

*E-mail: rispiandi@gmail.com

ABSTRAK

Gas CO₂ adalah gas asam dan merupakan kontaminan utama yang terkandung pada gas alam yang harus dihilangkan untuk menghindari masalah pada proses pemanfaatannya. Jika bercampur dengan air, gas CO₂ akan membentuk senyawa asam yang korosif yang merusak sistem perpipaan, mengurangi kapasitas perpipaan dan akan membeku di dalam pipa pada temperatur rendah. Dewasa ini pelarut MDEA paling banyak digunakan pada absorpsi CO₂ dari gas alam karena tidak korosif dan lebih ramah terhadap lingkungan. Namun begitu, untuk meningkatkan daya serap MDEA terhadap CO₂ diperlukan zat aktivator yaitu *Piperazine*. Piperazin berfungsi sebagai katalis yang mempercepat absorpsi CO₂ dengan MDEA dimana mekanisme kerjanya adalah dengan mengubah CO₂ fasa gas menjadi fasa liquid sehingga mudah larut dalam MDEA. Penelitian ini terdiri dari tiga tahap yaitu validasi model menggunakan data *design* dan data proses, analisa sensitivitas (simulasi), serta penentuan kondisi optimum beberapa variabel proses. Dari penelitian dihasilkan bahwa konsentrasi piperazin paling optimal adalah 2% massa (MDEA).

Kata kunci: Gas CO₂, absorpsi, MDEA, piperazine, simulasi

ABSTRACT

CO₂ gas is an acid gas and is the main contaminant in natural gas which must be removed to avoid problems in the utilization process. When mixed with water, CO₂ gas will form corrosive acid compounds that damage the piping system, reduce the capacity of the piping, and will freeze in the pipe at low temperatures. Currently, MDEA is a non-corrosive and environmentally friendly solvent for CO₂ absorption from natural gas. However, to increase the absorption of MDEA to CO₂, an activator substance, namely Piperazine, is needed. Piperazine functions as a catalyst that accelerates the absorption of CO₂ with MDEA where its mechanism of action is to convert gaseous CO₂ into a liquid phase so that it is easily soluble in MDEA. This research consists of three stages, namely model validation using design data and process data, sensitivity analysis (simulation), and determining the optimum conditions for several process variables. From the research, it was found that the most optimal concentration of piperazine was 2% by mass (MDEA).

Keywords: CO₂ gas, absorption, MDEA, piperazine, simulation

PENDAHULUAN

Keberadaan gas alam di Indonesia cukup strategis setelah peran minyak sebagai sumber energi utama mulai berkurang. Penggunaan gas alam ditunjang cadangan yang cukup besar yaitu 152,89 TSCF (Rezky, 2013) dengan *reserve to production* (R/P) mencapai 59 tahun (ESDM, 2008). Komponen utama

gas alam adalah metana (CH₄) yang merupakan hidrokarbon dengan rantai terpendek dan teringan. Gas alam juga mengandung hidrokarbon yang lebih berat seperti etana (C₂H₆), propana (C₃H₈) dan butana (C₄H₁₀). Selain kandungan utama tersebut, gas alam yang keluar dari sumur gas membawa

senyawa-senyawa pengotor antara lain gas CO₂.

Gas CO₂ adalah gas asam dan merupakan kontaminan utama terkandung pada gas alam. Nilai kandungan CO₂ yang tinggi pada lapangan gas memberikan tantangan tersendiri dalam mengembangkan gas alam secara komersial. Gas alam dengan kadar CO₂ sangat tidak disukai karena kapasitas kalori gas alam akan turun sehingga menjadi bahan pertimbangan dari sisi pengembangan lapangan gas secara komersial jangka panjang. Gas CO₂ merupakan pengotor yang harus dihilangkan untuk menghindari masalah pada proses pemanfaatannya (Bonnytha, 2009)

Dewasa ini pelarut MDEA paling banyak digunakan pada absorpsi CO₂ dari gas alam, dengan alasan sifatnya tidak korosif dan lebih ramah terhadap lingkungan. Namun begitu, untuk meningkatkan daya serap MDEA terhadap CO₂ diperlukan zat aktivator yaitu *Piperazine*.

Absorpsi CO₂ tanpa aktivator berjalan lebih lambat. Piperazin berfungsi sebagai katalis yang mempercepat absorpsi CO₂ dengan MDEA dimana mekanisme kerjanya adalah dengan mengubah CO₂ fasa gas menjadi fasa liquid sehingga mudah larut dalam MDEA. Jika konsentrasinya terlalu sedikit, maka proses absorpsi CO₂ berjalan lambat sehingga konsentrasi CO₂ pada sweet gas menjadi lebih besar.

Pemurnian gas dilakukan untuk menghilangkan pengotor yang tidak diinginkan didalam gas bumi sebelum dikirimkan ke konsumen. Tujuan dari pemurnian gas tersebut adalah untuk meningkatkan kualitas dari gas bumi dan menurunkan bahaya pada sistem proses & perpipaan. Komposisi dari gas bumi merupakan faktor yang mempengaruhi

proses pemurnian gas yang akan dilakukan. Pada umumnya, proses pemurnian gas yang dilakukan adalah *gas sweetening (CO₂ removal)* dan *gas dehydration*, Christensen, Dan Laudal. 2009

Kehadiran gas CO₂ bersamaan dengan air akan memberikan efek korosif terhadap material yang dilaluinya. Material baja karbon biasanya digunakan pada pipa produksi minyak dan gas alam dengan kadar gas CO₂ sampai dengan ~ 40% CO₂ akan mengalami laju korosi yang sangat tinggi. Gas ini dapat menyebabkan kerusakan berbahaya dan fatal bagi infrastruktur pipa produksi dan pengolahan gas alam. Kebocoran pipa akibat efek korosi pada fasilitas pengolahan gas alam akan menyebabkan kerusakan dan bencana yang mahal dari sisi keselamatan kerja dan komersial

Gas sweetening bertujuan untuk menurunkan kadar CO₂ dan H₂S dalam *raw gas* yang dapat mengganggu pada proses selanjutnya. CO₂ dapat membeku pada suhu rendah sehingga dapat menyumbat peralatan dan perpipaan. Selain itu, CO₂ tidak memiliki nilai bakar sehingga menurunkan nilai bakar (*heating value*) dari gas bumi. H₂S merupakan gas beracun yang sangat korosif sehingga dapat menyebabkan korosi pada peralatan proses dan sistem perpipaan (Muhammad Fauzi, 2009).

Unit *CO₂ removal* didisain untuk menurunkan kadar CO₂ dengan kapasitas 200 MMSCFD (*sour gas*) dari konsentrasi 23% mol menjadi 5%. Namun, kondisi aktual CO₂ di *feed gas* sebesar 22,89% dengan laju gas sebesar 54,26 MMSCFD (Data rata *CO₂ Removal Plant Subang Daily Report Operation*, 1 Maret-14 Maret 2012).

Untuk mencapai tujuan tersebut, gas alam yang mengandung CO₂ tinggi di

kontakkan dengan MDEA di kolom *Absorber* pada kondisi operasi suhu rendah (melepaskan panas atau eksoterm) dan tekanan tinggi. Sehingga didapatkan gas alam yang miskin CO₂ (*sweet gas*) dan *amine* yang kaya CO₂ (*rich amine*).

Gambar 1. *Amine Contactor* Hess (Indonesia-Pangkajene) Limited

Methyldiethanolamine (MDEA) adalah cairan kuning jernih, tidak berwarna atau pucat dengan bau amonia. Zat ini larut dengan air, alkohol dan benzena. Methyl diethanolamine juga dikenal sebagai N-metil dietanolamin dengan rumus kimia CH₃N(C₂H₄OH)₂.

Absorpsi CO₂ tanpa akifator berjalan lebih lambat, Untuk menghasilkan HCO₃⁻ dan MDEAH⁺ membutuhkan 1 mol CO₂, 1 mol MDEA dan 1 mol H₂O. Untuk meningkatkan daya serap MDEA terhadap CO₂ diperlukan zat aktivator yaitu *Piperazine*.

Piperazine selektif terhadap CO₂. Sistem aktifator berperilaku seperti katalis, yang mempercepat absorpsi CO₂ dengan aMDEA. Hal ini karena sifat dari piperazine yang dapat mengubah CO₂ fasa gas menjadi fasa liquid. Komponen sistem aktifator juga dapat diregenerasi secara kontinyu

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan penyusunan literatur dari beberapa jurnal ilmiah yang sesuai. Pembuatan model dikaji lebih dahulu dengan mempertajam pemahaman fundamental prosesnya. Berikut langkah-langkah penelitian yang dikerjakan:

Gambar 2. Skema pelaksanaan penelitian
Manipulated variable : % Piperazine

Process variable: kandungan CO₂ di *sweet gas*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Model Simulasi

Pada tahap persiapan ini dilakukan validasi simulasi dari keseluruhan *plant* di PT Rekayasa Industri Subang. Ditentukan pula titik validasi yang nantinya akan dibandingkan dengan data aktual di lapangan dan eror yang dihasilkan haruslah dibawah 10%. Titik validasi yang ditinjau disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3. Titik Validasi Simulasi Overall CO₂ Removal Plant

Pada proses validasi ini kondisi operasi pada setiap alatnya diatur sesuai dengan hasil dari pengambilan data di lapangan. Untuk data feed gas adalah temperatur=53°C, tekanan 512 psig, dan flow 54 MMSCFD. Sedangkan data aMDEA (3% piperazin) yaitu temperatur 75°C, tekanan 512 psig, dan flow 800 USGPM dengan komposisi 40% volume. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi HYSYS ini, dihasilkan penyimpangan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Titik Validasi di Aliran Sweet Gas

Parameter	Keadaan disain ⁽¹⁾	Keadaan aktual ⁽²⁾	Hasil simulasi	Error (%)
Fraksi CO ₂	0,05	0,03614	0,0394	8.3
Fraksi Metana	0,8258	0,8189	0,892	8.2

Sumber:

- (1) P&ID *Over All CO₂ Removal Plant* PT Rekayasa Industri Subang
- (2) Data rata-rata *Gas Chromatografi CO₂ Removal Plant* Subang, 1 Maret-14 Maret 2012

Hasil simulasi menunjukkan error < 10 %, sehingga hasil simulasi dianggap valid dan dapat dilanjutkan optimasi konsentrasi piperazin. Konsentrasi piperazin di variasi dari 1 sampai 5 persen berat aMDEA :

Tabel 2 Titik Validasi variasi konsentrasi Piperazine terhadap % CO₂

% Piperazin	% CO ₂ dalam sweet gas
0.5	4
1	3.93
2	3.89
3	3.94
4	Not converge
5	Not converge

Keterangan:

Not coverage: Hasil simulasi tidan mengarah ke satu harga

Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa persen piperazin paling optimal adalah 2%, memiliki kandungan % CO₂ di *sweet gas* paling kecil, dengan error 8,2%. Piperazin berfungsi sebagai katalis yang mempercepat absorpsi CO₂ dengan MDEA dimana mekanisme kerjanya

adalah dengan mengubah CO₂ fasa gas menjadi fasa liquid sehingga mudah larut dalam MDEA. Jika konsentrasinya terlalu sedikit, maka proses absorpsi CO₂ berjalan lambat sehingga konsentrasi CO₂ pada sweet gas menjadi lebih besar. Jika konsentrasi piperazin terlalu besar, maka dengan sendirinya akan mengurangi konsentrasi MDEA sehingga proses absorpsi CO₂ juga berjalan lambat.

Hasil penelitian pembanding (Donius, Akmal Fuadi, 2017) hasil penelitian Studi Absorpsi CO₂ dalam Larutan MDEA-TEA dengan Katalis Piperazine

Pengaruh kenaikan temperatur terhadap laju absorpsi CO₂ dalam larutan MDEA TEA 40% berat dengan variasi % berat promotor piperazine pada laju alir pelarut 200 mL/menit.

Pada temperatur 323.15 K, laju absorpsi CO₂ ketika hanya menggunakan larutan MDEA-TEA (tanpa piperazine) adalah sebesar 1.67×10^{-8} kmol/det, ketika ditambahkan 1% berat piperazine adalah sebesar 5×10^{-8} kmol/det dan ketika ditambahkan 2% berat piperazine adalah sebesar 8.3×10^{-8} kmol/det. Penambahan promotor piperazine kedalam larutan MDEA dapat meningkatkan laju absorpsi CO₂ secara signifikan.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa simulasi berhasil dibangun dan divalidasi dengan error 8,2%. Dari hasil simulasi dapat diketahui bahwa persen piperazin paling optimal adalah 2% massa (MDEA).

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, Nur Rita dan Rizky Imanda. 2012. *Laporan Kerja Praktik Pertamina EP Field Prabumulih*. Bandung : Jurusan Teknik Kimia POLBAN
- Anonim. 2008. *Prinsip Pemrosesan Gas Alam*. From <http://shcommunity.wordpress.com/2008/10/25/prinsip-pemrosesan-gas-alam/>, 15 Mei 2012
- Bonnytha. 2009. *Proses Dehidrasi pada Pemurnian Gas*. From <http://infosharing-bonnytha.blogspot.com/2009/05/dalam-proses-pengolahan-gas-alam.html>, 15 Mei 2012
- Christensen, Dan Laudal. 2009. *Gas Dehydration*. Aalborg University Esbjerg (AAUE): Denmark.
- Bahan Ajar Kimia Fisika, 2012
- Buku Pintar Migas Indonesia. Amine Unit H₂S/CO₂ Absorption Unit & Amine Regeneration Unit
- Donius, Akmal Fuadi, 2017. *Studi Absorpsi CO₂ dalam Larutan MDEA-TEA dengan Katalis Piperazine*. Fakultas Teknologi Industri, ITS
- Geankoplis, Christie John. 2003. *Transport Process And Separation Process Principles*. USA: Pearson Prentice Hall
- Juanda, Tolage. Laporan Kuliah Kerja Profesi Energy Equity Epic Sengkang Pty.Ltd
- Lutfi, Ahmad dan Juanan Rosul. 2012. *Laporan Kerja Praktik di Hess (Indonesia-Pangkajene) Limited*. Bandung : Jurusan Teknik Kimia POLBAN
- Marsella, Vera dan Yulia Maharani. 2012. *Laporan Kerja Praktik di CO₂*

*Removal Plant PT. Rekayasa
Industri-Pertamina EP Field
Subang. Bandung : Jurusan Teknik
Kimia POLBAN*

Patria, Harry Simulasi, Optimasi, dan
kajian ekonomi pemurnian sour gas
dengan absorpsi campuran amina
pada *gas sweetening plant*

PE_324_Lecture_7_NG_Sweetening_Pr
ocess.pdf