

Pengaruh Laju Alir Metildiethanolamina (MDEA) pada Proses Penyerapan Hidrogen Sulfida

Daniel Parningotan M, dan Mubarokah N Dewi^{*)}

Universitas Jayabaya

*) *mubidewi88@gmail.com*

Abstract

Waste gas from an oil refinery industry contains compounds such as hydrogen, methane, ethane, propane and butane as well as some impurities such as hydrogen sulfide. This gas waste can be used as a source of fuel and raw material for hydrogen gas production units. However, some hydrogen sulfide mixed in the waste gas needs to be removed because it is corrosive and toxic. An absorber column used in an industrial oil refinery is designed to reduce the hydrogen sulfide content involved in sour gas. Gas sweetening technology using alkanolamine or amine to remove hydrogen sulfide (H₂S) from natural gas/off gas has been applied for a long time. The purpose of this study was to determine the effect of methyl-diethanolamine (MDEA) solvent flow rate on H₂S removal using software. Based on the simulation results, it can be seen that the greater the solvent flow rate, the greater the percentage of H₂S recovery. Meanwhile, the concentration of hydrogen sulfide from the treated gas after the absorption process takes place is less than 50 ppm.

Abstrak

Limbah gas dari sebuah industri kilang minyak mengandung senyawa seperti hidrogen, metana, etana, propana dan butana serta beberapa pengotor seperti hidrogen sulfida. Limbah gas ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar dan bahan baku pada unit pembuatan gas hidrogen. Namun sejumlah hidrogen sulfida yang tercampur dalam limbah gas tersebut perlu untuk dihilangkan karena bersifat korosif dan beracun. Sebuah kolom absorber yang digunakan pada sebuah industri kilang minyak dirancang untuk mengurangi kandungan hidrogen sulfida yang terikut dalam sour gas. Teknologi *gas sweetening* dengan menggunakan alkanolamine atau amine untuk menghilangkan hidrogen sulfida (H₂S) dari gas alam (natural gas)/gas hasil kilang (*off gas*) sudah lama diaplikasikan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju alir pelarut metildiethanolamina (MDEA) terhadap penghilangan H₂S dengan menggunakan perangkat lunak. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, dapat diketahui bahwa semakin besar laju alir pelarut MDEA maka semakin besar persen *recovery* H₂S. Sementara konsentrasi hidrogen sulfida dari *treated gas* setelah proses penyerapan berlangsung kurang dari 50 ppm.

Kata kunci : *waste gas, hydrogen sulfide, gas sweetening technology, MDEA*

PENDAHULUAN

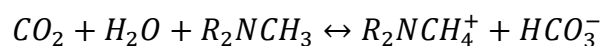
Teknologi *Gas Sweetening* adalah proses yang digunakan untuk menghilangkan komponen asam seperti H₂S dan CO₂ dan pengotor lainnya dari aliran gas untuk memenuhi spesifikasi *Liquified Natural Gas* (LNG), produk *Liquified Petroleum Gas* (LPG) dan pemurnian biogas. Tantangan utama dari teknologi ini adalah untuk menghilangkan gas asam dan senyawa belerang dari gas alam ke tingkat serendah mungkin sesuai dengan peraturan emisi yang berlaku, dan nilai ekonomi yang menguntungkan [1]. Sejumlah metode tersedia untuk menghilangkan gas asam dari aliran gas produk. Hal ini dapat dilakukan melalui sejumlah metode yang tersedia yang dapat diklasifikasikan sebagai tergantung pada reaksi kimia, penyerapan, dan adsorpsi atau permeasi membran [2].

Salah satu proses penghilangan gas asam adalah melalui proses penyerapan yang dapat dicapai dengan pelarutan reaksi (fenomena kimia). Pelarut kimia (terutama amina) banyak digunakan untuk menghilangkan gas asam. Reaksi berlangsung dalam kolom penyerap dengan arus berlawanan di mana amina mengalir secara gravitasi dari atas ke bawah dan gas asam mengalir oleh perbedaan densitas dan tekanan dari bawah ke atas. Berbagai jenis amina digunakan, ini termasuk: monethanolamine (MEA), diethanolamine (DEA), diglikolamin (DGA), diisopropanolamin (DIPA), dan metildietanolamina (MDEA) [2].

Menurut [1] MDEA memiliki selektivitas yang tinggi dalam penghilangan gas H₂S daripada CO₂. Berbagai reaksi antara MDEA dan gas asam telah dijelaskan dalam literatur. Secara umum, H₂S diperkirakan bereaksi hampir seketika dengan MDEA melalui transfer proton seperti halnya dengan amina primer dan sekunder:



Karena MDEA adalah amina tersier dan tidak memiliki atom hidrogen yang terikat pada nitrogen, reaksi CO₂ hanya dapat terjadi setelah CO₂ larut dalam air (H₂O) untuk membentuk ion bikarbonat (HCO₃⁻). Ion bikarbonat kemudian mengalami reaksi asam-basa dengan amina untuk menghasilkan reaksi CO₂. Sehingga dapat dikatakan bahwa reaksi MDEA dengan CO₂ lebih lambat dibandingkan H₂S. Meskipun demikian pelarut ini dapat digunakan untuk memulihkan gas dari kedua komponen pengotor tersebut. Adapun reaksi MDEA dengan CO₂ secara keseluruhan adalah:

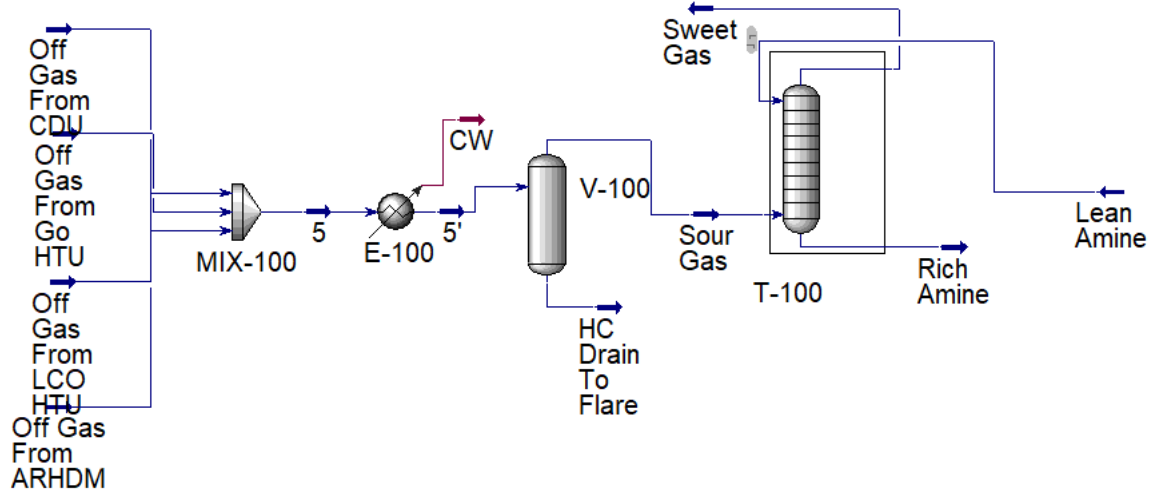


Keberhasilan proses penyerapan asam oleh MDEA juga bergantung pada beberapa parameter operasi, seperti: pengaruh konsentrasi pelarut, laju sirkulasi pelarut, laju alir dari gas proses, serta pengaruh reboiler duty pada kolom penyerapan. Pada penelitian yang dilakukan oleh [3] diketahui bahwa untuk meningkatkan kinerja dari kolom penyerapan dapat dilakukan dengan cara meningkatkan konsentrasi serta laju alir pelarut dan menurunkan laju alir gas proses. Peningkatan laju alir pelarut akan meningkatkan efisiensi penghilangan dari gas asam. Hal ini disebabkan oleh kenaikan nilai perpindahan massa, serta luas interfacialnya [4].

Analisis terhadap laju alir gas dan pelarut di dalam *packed column* dari penyerapan CO₂ menggunakan pelarut air (H₂O) telah dilakukan [5]. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh laju alir gas dan cairan terhadap laju penyerapan dalam *packed column*. Selain itu, itu juga untuk mendapatkan korelasi empiris antara laju absorpsi (N A) terhadap laju alir massa cairan (L) gas (G). Hasilnya adalah korelasi empiris antara besar laju penyerapan gas terhadap laju alir gas dan pelarut dalam pengaruh laju alir gas yang lebih besar sekitar 6 kali dibandingkan pengaruh laju alir cairan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju alir pelarut MDEA terhadap penghilangan H₂S sebuah industri kilang minyak dengan menggunakan perangkat lunak.

METODE PENELITIAN

Gambar 1 menjelaskan alur proses penyerapan H_2S dari sebuah industri kilang minyak yang disebut sebagai *Amine Unit*. unit ini terdiri dari *mixer*, *cooler*, *flash drum*, dan kolom penyerapan. Umpan yang digunakan merupakan limbah gas yang berasal dari *Crude Distillation Unit* (CDU), *Gas Oil Hydrotreating Unit* (GO HTU), *Light Cycle Oil Hydrotreating Unit* (LCO HTU), dan *Unit Atmospheric Residue Hydrodemetalization*.



Gambar 1. Flowsheet Proses Penyerapan Hidrogen Sulfida

Pengumpulan Data

Langkah awal dalam mencapai tujuan khusus adalah pengumpulan data desain dan aktual dari unit pengolahan *gas sweetening* sebuah industri kilang minyak. Adapun data awal yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Laju alir umpan

Tabel 1. Laju Alir Umpan

Komponen	Laju Alir (kg/jam)			
	Off Gas CDU	Off Gas GO HTU	Off Gas LCO HTU	Off Gas ARHDM
H ₂ S	8,180	240,277	64,415	27,266
Hydrogen	0,000	86,582	40,257	242,974
Nitrogen	0,000	13,727	0,000	65,832
Ammonia	1,873	0,000	0,000	41,214
Methane	0,000	73,957	44,599	1719,944
Ethane	11,426	129,299	64,349	1021,165
Propane	133,171	203,285	91,280	1388,158
i-Butane	116,247	91,254	84,279	241,212
n-Butane	274,342	108,691	26,737	1033,434
i-Pentane	11,544	86,580	53,391	136,364
n-Pentane	0,000	92,352	30,303	152,237
n-Hexane	0,000	99,966	32,747	241,296
H ₂ O	3,063	15,133	9,368	18,195

- Laju alir MDEA aktual = 12.000 kg/jam

Kondisi Operasi

Tabel 2. Kondisi Operasi

	Suhu	Tekanan
	°C (max)	kg/cm ² (min)
Umpan		
1. Off gas from CDU	50	4,5
2. Off gas from GOHTU	50	4,5
3. Off gas from LCHTU	54	4,5
4. Off gas from ARHDM	74	4,5
Pelarut	40	3,5

Spesifikasi Produk

Absorber	Spesifikasi	Metoda Test
Off Gas	50 ppm vol.maks	8M8 1720

Tahap Simulasi

Penelitian ini dilakukan menggunakan sebuah perangkat lunak. Dengan tahapan sebagai berikut:

1. Input semua komponen yang akan digunakan dalam simulasi termasuk jenis pelarut yang akan digunakan.
2. Menentukan properti termodinamika yang akan digunakan
3. Input kondisi operasi setiap aliran umpan dan pelarut
4. Pilih jenis alat sesuai dengan flowsheet pada gambar 1.
5. Lakukan simulasi sehingga hasilnya konvergen
6. Ubah laju alir pelarut sesuai dengan variasi yang ditentukan

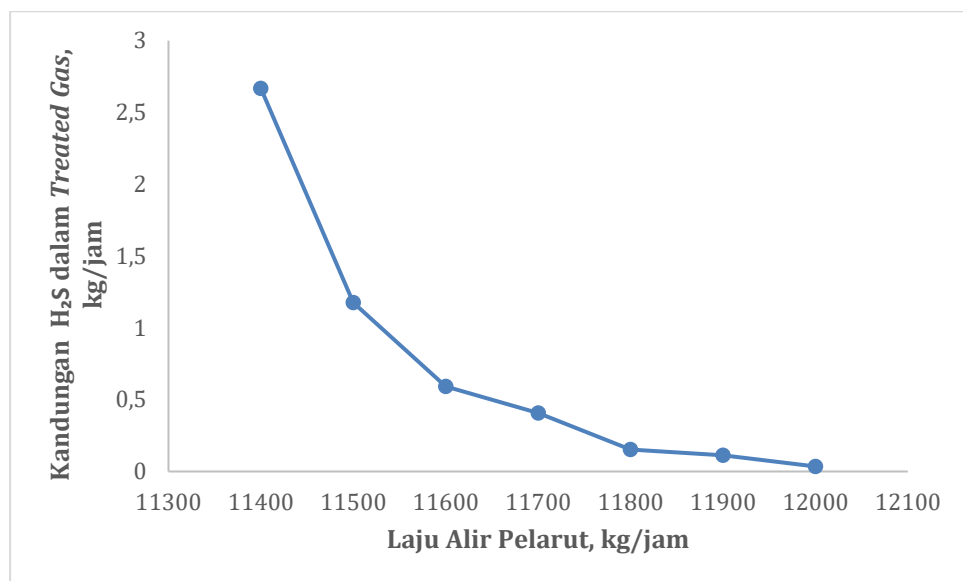
HASIL DAN PEMBAHASAN

Amine Unit dirancang untuk mengurangi kandungan H₂S yang terikut dalam *sour gas*. *treated gas* yang dihasilkan dari *amine unit* akan dialirkan ke *fuel gas system* sebagai sumber bahan bakar kilang dan juga dipakai sebagai umpan *hydrogen plant*. Hidrogen sulfida harus dihilangkan untuk menghindari korosif dan racun dari gas tersebut. Sisa hidrogen sulfida dalam *sweet gas* mengalami pembakaran setelah dilepaskan dari kolom penyerapan. Pada proses pembakaran, hidrogen sulfida membentuk sulfur dioksida (SO₂) yang juga merupakan salah satu gas beracun namun sifat racunnya lebih rendah dibanding H₂S.

Analisa terhadap *treated gas* dilakukan menggunakan metode tes 8M8 1720. Berdasarkan hasil analisa data aktual diketahui bahwa kandungan hidrogen sulfida adalah sebesar 1800 ppm. Nilai ini lebih besar daripada spesifikasi yang telah ditentukan. Hal ini membuktikan bahwa efisiensi kinerja alat telah mengalami penurunan. Penurunan ini dikarenakan alat telah digunakan dalam waktu yang lama. Disisi lain terdapat kerak sulfur yang terbentuk pada bagian top kolom unit penyerapan. Oleh karena itu perlu diperlukan perawatan dan pembersihan terhadap kolom

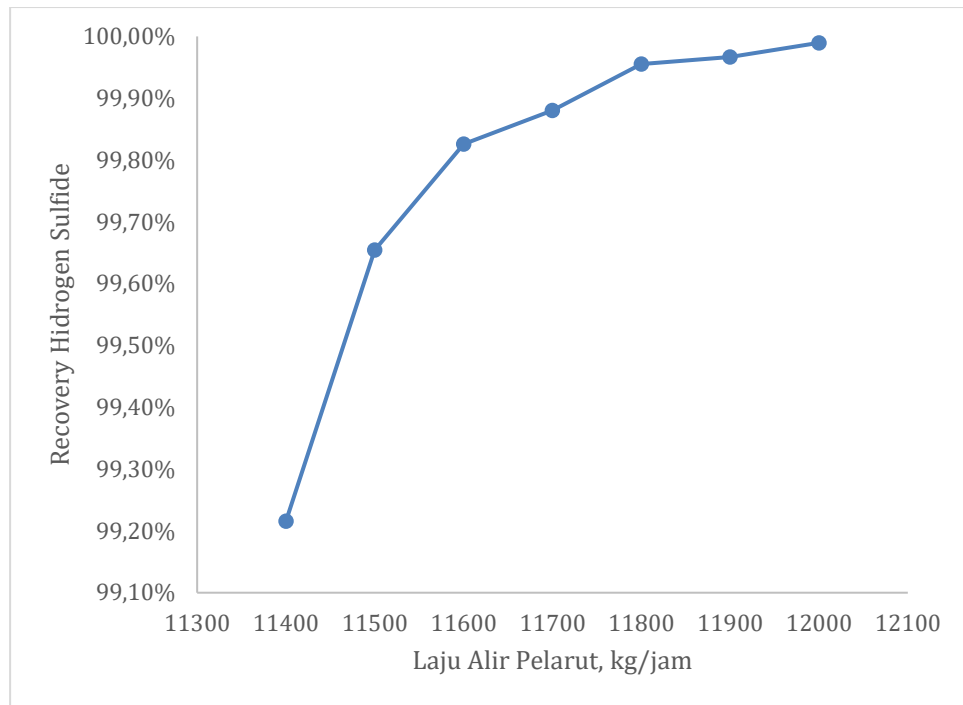
penyerapan hidrogen sulfida. Sementara itu berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa komposisi kandungan H_2S pada laju alir pelarut aktual adalah 0,02 ppm.

Pada komposisi umpan gas, suhu dan tekanan operasi, variasi dari laju alir umpan gas akan mempunyai pengaruh pada kenaikan laju alir larutan MDEA yang lebih besar untuk mencegah terikutnya H_2S yang lebih besar ke dalam *treated gas*. Peningkatan laju alir MDEA pada laju alir gas yang tetap dapat mengurangi kandungan hidrogen sulfida dalam *treated gas*. Gambar 2 menunjukkan bahwa peningkatan laju alir dapat meningkatkan proses penyerapan. Hal ini serupa dengan penelitian dari [6] dimana meningkatkannya laju aliran pelarut akan meningkatkan efisiensi penyerapan. Disisi lain, penurunan laju alir umpan gas memerlukan laju alir MDEA yang lebih rendah untuk mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu. Perbandingan laju alir umpan gas dan laju alir larutan MDEA tidak boleh melebihi kondisi perancangan untuk mencegah terjadinya *flooding* dalam kolom penyerapan dan kemurnian yang kurang bagus dari *treated gas*.



Gambar 2. Pengaruh Laju Alir MDEA Terhadap Sisa H_2S dalam *Treated Gas*

Sementara larutan *rich amine* yang keluar dari bagian bawah kolom penyerapan dialirkan ke dalam *amine regenerator*. Peningkatan laju alir pelarut MDEA meningkatkan kandungan H_2S yang terserap dalam aliran *rich amine*. Dari gambar 3 dapat diketahui bahwa semakin besar pelarut yang digunakan maka semakin besar pula persen recovery kandungan H_2S .



Gambar 3. Pengaruh Laju Alir Pelarut terhadap Persen Recovery Hidrogen Sulfida

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, dapat diketahui bahwa semakin besar laju alir pelarut MDEA maka semakin besar persen *recovery* H₂S. Sementara konsentrasi hidrogen sulfida dari *treated gas* setelah proses penyerapan berlangsung kurang dari 50 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Tork and M. M. Weiss, "Natural gas sweetening," *Hydrocarb. Eng.*, vol. 8, no. 5, pp. 41–46, 2003, doi: 10.1016/b978-0-12-386914-2.00007-8.
- [2] A. Benamor, M. Nasser, and M. J. Al-Marri, *Gas Processing Technology-Treatment and Utilization*, vol. 3. Elsevier, 2017.
- [3] B. Kurniadi, D. Rahmadan, G. R. Febriyanto, and A. S. Sanjaya, "Pengaruh Larutan Benfield, Laju Alir Gas Proses, Dan Beban Reboiler Terhadap Analisa Kinerja Kolom Co₂ Absorber Dengan Menggunakan Simulator Aspen Plus V. 8.6," *Konversi*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2017, doi: 10.20527/k.v6i1.2760.
- [4] E. Srihari, R. Priambodo, S. Purnomo, H. Sutanto, and W. Widjajanti, "Absorpsi Gas Co₂ Menggunakan Monoetanolamine Absorption Co₂ Gas Using Monoethanolamine," *J. Tek. Kim.*, pp. 2–7, 2012.
- [5] M. Hanif, M. Harun, and A. Rasid, "Pengaruh Laju Alir Gas Dan Cairan Pada Absorpsi Gas Co₂ Oleh H₂O Dalam Packed Column," no. 978, pp. 459–463, 2012.
- [6] A. Aboudheir, D. DeMotigny, P. Toniwachuthikul, and A. Chakma, "Important Factors

Affecting Carbon Dioxide Removal Efficiency By Using Extra-high Concentrated Monoethanolamine Solutions and High-Capacity Packings,” *Soc. Pet. Eng.*, pp. 2–5, 1997.