

OPTIMASI LAJU ALIR TRI-ETHYLENE GLYCOL TERHADAP EFISIENSI PENYERAPAN AIR PADA KOLOM ABSORPSI DI PT. PERTAMINA HULU ENERGI

Andri Riski Maulizar*^{1,2}, Alfian Putra³, Muhammad Yunus⁴

^{1,3,4}Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

²PT. Pertamina Hulu Energi NSO, Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

*e-mail: andririski81@gmail.com

Abstract

Absorption was a separation process between gas fluids using liquid fluid media. The glycol contactor aims to separate the water content contained in the gas using tri-ethylene glycol media with process conditions at a pressure of 795-810 psi and a temperature of 85-110 °F. The contact process between fluids is assisted by the Intalox Saddle type packing which aims to maximize the contact process between fluids and it is hoped that the absorption process that occurs can be maximized. Tri-ethylene glycol which has absorbed the water content in the gas is regenerated in the glycol burner. This analysis used 4 packing variables (Raschig Rings, Pall Rings Plastic, Berl Saddles Ceramic, and Intalox Saddles Ceramic), 5 flow rate variables (1600, 1800, 2000, 2200, and 2400 BPD) and this analysis use the Hysys simulation program. Based on these variables, the absorption efficiency analysis results are obtained in the range of 93-94%, and the flooding percentage is 21-36%. It can be concluded that the type of packing is very influential on the percentage of flooding. Pall Ring Plastic was the type of packing with the lowest flooding percentage. According to research, lower flow rates increase the efficiency of H₂O absorption.

Keywords: water, absorption, flooding, packing, tri-ethylene glycol

PENDAHULUAN

Gas alam merupakan bahan bakar yang penggunaannya sangat menjanjikan, karena keberadaannya tersedia diseluruh dunia, infrastruktur distribusi yang tersebar luas, biaya rendah, dan kualitas pembakaran yang bersih dan dianggap sebagai salah satu energi yang tidak terlalu intensif karbon [1]. Walaupun gas alam sangat bernilai saat ini, namun gas alam pernah dianggap sebagai produk sampingan atau yang tidak diinginkan dari produksi minyak mentah [2].

Sumber gas pertama ditemukan oleh Exxonmobil di wilayah kerja NSO yang merupakan fasilitas *upstream offshore* yang ada di Selat Malaka pada tahun 1971 dan

mulai beroperasi sejak tahun 1998 dan memiliki 9 *well* (sumur) dengan produksi tertinggi sebesar 200 mmscfd. Pada tahun 2015 hingga saat ini, wilayah kerja NSO diambil alih oleh PT. Pertamina Hulu Energi dengan rata-rata produksi harian *wet gas* sebesar 40 mmscfd dengan 5 *well* yang aktif.

Platform NSO merupakan fasilitas pertama yang mengatur dan mengolah produksi gas. Sumber gas yang berasal dari perut bumi, banyak mengandung impurities (pengotor) dan hidrokarbon berat, yang mana kedua nya harus dipisahkan bahkan dihilangkan. Proses yang ada di *platform* NSO berfokus untuk menghilangkan kadar air yang tinggi pada *wet gas*. Sehingga, diharapkan gas yang ditransfer melalui

pipeline merupakan *dry gas* dengan kadar air yang sangat rendah. Umumnya, kandungan air dalam gas alam hanya sekitar beberapa gram/mscf gas [3]. Sedangkan, kandungan air yang diperbolehkan didalam *pipeline* gas berkisar antara 70-120 mg/Nm³ [4]. Tingginya kadar air pada gas menimbulkan masalah serius yaitu korosi, penurunan tekanan, dan penyumbatan pipa karena terjadi pembentukan hidrat [5-7]. Oleh karena itu, proses penghilangan kadar air melalui dehidrasi merupakan proses yang sangat penting di industri gas alam untuk menghindari resiko yang disebutkan diatas dan untuk memenuhi spesifikasi kilang proses di hilir [8].

Metode yang umum digunakan untuk proses dehidrasi adalah absorpsi, adsorpsi, refrigerasi, dan permeasi [9]. Diantara semua proses yang disebutkan diatas, absorpsi menggunakan *glycol* adalah proses yang paling ekonomis karena membutuhkan lebih sedikit energi [10]. *Triethylene glycol (TEG)* merupakan cairan glikol yang paling banyak digunakan sebagai absorben karena memiliki kelebihan dalam kemampuan regenerasi, afinitas air yang tinggi, stabilitas tinggi, higroskopis tinggi, tekanan uap rendah, tingkat kehilangan penguapan rendah, dan tingkat degradasi termal yang rendah dalam regenerasi [11, 12].

Aliran gas umpan yang mengalir pada kolom *Glycol Contactor* dikontakkan dengan larutan *TEG* secara berlawanan arah (*counter current*). Pada kolom ber-*packing (packed tower)*, laju aliran gas yang mengalir dari bawah akan mengalami kontak dengan larutan *TEG* yang mengalir dari atas dan kandungan H₂O dalam gas akan terbawa larutan *TEG* sehingga gas yang keluar dari bagian atas kolom sudah bebas dari H₂O. Oleh sebab itu isian dalam *packed tower* harus dikondisikan semaksimal mungkin agar kontak yang terjadi antara fase gas dan *liquid* dapat berlangsung sempurna sehingga tidak menimbulkan *flooding*.

Beberapa penelitian yang berhubungan dengan peralatan proses absorpsi telah dilakukan oleh para peneliti.

Kajian terhadap studi desain dan unjuk kerja absorber didapatkan kesimpulan, bahwa laju alir dari absorben berpengaruh terhadap efisiensi penyerapan, dimana saat laju alir absorben lebih tinggi dari laju alir fluida yang diserap maka efisiensi penyerapan yang didapat juga lebih tinggi. Saat tekanan gas lebih tinggi dari tekanan absorben yang masuk maka akan terjadi *flooding*. *Flooding* yang terjadi didalam kolom mengurangi efektifitas penyerapan pada proses penyerapan CO₂. Selisih tekanan gas dan tekanan absorben yang terlalu jauh menyebabkan terjadinya *flooding* [13].

Penelitian terhadap pengaruh jenis *packing* pada menara penyerapan gas NO_x, diperoleh kesimpulan bahwa kenaikan laju alir *flooding* menyebabkan adanya penurunan kinerja pada kolom absorber, dimana desain dari tinggi menara dan tinggi *packing* tidak bekerja efektif akibat gas yang naik dan absorben yang turun terhambat karena terjadinya *flooding* di dalam kolom absorber [14].

Kajian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh laju alir *TEG* terhadap efisiensi absorber dan pengaruh *packing* terhadap *flooding* di *glycol contactor* dalam menyerap H₂O. Kajian dilakukan dengan variasi beberapa parameter proses dengan simulasi menggunakan software Hysys.

METODE

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan terhadap parameter yang dibutuhkan yaitu, tekanan proses, temperature proses, komposisi gas masuk, komposisi glikol masuk, dan tipe *packing*. Data-data tersebut diperlukan sebagai dasar perhitungan yang akan dijalankan secara simulasi di program *Aspen Hysys*.

Pemodelan Simulasi

Simulasi dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Aspen Hysys*.

Adapun komponen-komponen yang digunakan dalam simulasi ini yaitu metana, etana, propana, butana, i-butana, pentana, i-pentana, hexana, karbon dioksida, hidrogen sulfida, nitrogen, air dan *triethylene glycol*. Metode yang dipilih menggunakan metode *Peng-Robinson*. Semua parameter yang dibutuhkan dalam simulasi yaitu, laju alir gas, laju alir glikol, tekanan proses dan temperatur proses di input ke dalam software Hysys.

Validasi Simulasi

Untuk memastikan simulasi yang dilakukan valid, penelitian dilakukan dengan menggunakan kondisi aktual dilapangan dan membandingkan dengan output yang diperoleh dari hasil perhitungan simulasi. Perbandingan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Validasi simulasi

Parameter	Unit	Nilai		
		Kondisi Lapangan	Simulasi Hysys	
Input				
Inlet Glycol Contactor	Gas	mmscfd	35	35
Tekanan Proses		Psia	800	800
Temperatur Proses		°F	100	100
Laju Alir TEG		BPD	2400	2400
Total Stage		-	14	14
Jenis Packing		-	Intalox Saddle	Intalox Saddle
Output				
Outlet Glycol Contactor	Gas	mmscfd	32,83	33,3598
Kandungan H ₂ O pada Outlet Gas		%	0,0017	0,0013

Berdasarkan hasil perbandingan tersebut hasil simulasi dengan kondisi dilapangan tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Berdasarkan output tersebut model simulasi yang dikembangkan valid, dan dapat digunakan untuk simulasi selanjutnya.

Proses Analisa

Proses analisa dilakukan dengan memvariasikan laju alir glikol dan jenis *packing* yang digunakan. Adapun jenis variasi laju alir yang digunakan yaitu 1600, 1800, 2000, 2200, dan 2400 *barrel/day* (BPD). Variasi jenis *packing* yang digunakan yaitu *raschig rings*, *pall rings plastic*, *berl saddles ceramic* dan *intalox saddles ceramic*.

Efisiensi penyerapan untuk masing-masing laju alir dan jenis *packing* dapat dilihat pada bagian *summary* di aplikasi *Aspen Hysys*. Persentase *flooding* untuk masing-masing laju alir dan *packing* dapat dilihat pada bagian *column hydraulic result* di aplikasi *Aspen Hysys*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan efisiensi penyerapan dan persentase *flooding*, pada laju alir TGE dan jenis *packing* berdasarkan data variabel dengan menggunakan aplikasi *Aspen Hysys* diperlihatkan dalam Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa pada laju alir glikol 1600 BPD, rata-rata efisiensi yang didapat adalah sekitar 94,32% dan persentase *flooding* pada range 21,51 – 36,38%. Dimana jenis *packing* yang memberikan *flooding* terkecil adalah *packing* tipe *pall rings plastic*.

Pada laju alir glikol 1800 BPD, rata-rata efisiensi yang didapat adalah sebesar 94,20% dan persentase *flooding* pada range 21,96 – 37,27%., dan jenis *packing* yang memberikan nilai *flooding* yang terkecil adalah *packing* tipe *pall rings plastic*.

Pada laju alir glikol 2000 BPD, rata-rata efisiensi yang didapat adalah sebesar 94,10% dan persentase *flooding* pada range 22,40 – 38,13%, dan jenis *packing* yang memberikan nilai *flooding* yang terkecil adalah *packing* tipe *pall rings plastic*.

Pada laju alir glikol 2200 BPD, rata-rata efisiensi yang didapat sebesar 93,96%

dan persentase *flooding* pada range 22,82 – 38,95%, dan jenis *packing* yang memberikan nilai *flooding* yang terkecil adalah *packing* tipe *pall rings plastic*

Dan pada laju alir glikol 2400 BPD, rata-rata efisiensi yang didapat sebesar 93,96% dan persentase *flooding* pada range 23,32 – 39,75%, dan jenis *packing* yang memberikan nilai *flooding* yang terkecil adalah *packing* tipe *pall rings plastic*

Tabel 2. Hasil analisa pengaruh laju alir TEG & packing terhadap efisiensi penyerapan dan persentase *flooding*

Laju Alir TEG (bbf/day)	Flow Gas Masuk (mmscfd)	Tipe Packing	Efisiensi Penyerapan (%)	Flooding (%)
1600	35	RR	94,32	36,38
		PRP	94,32	21,51
		BSC	94,33	26,97
		ISC	94,32	23,96
1800	35	RR	94,20	37,27
		PRP	94,20	21,96
		BSC	94,20	27,56
		ISC	94,20	24,42
2000	35	RR	94,10	38,13
		PRP	94,10	22,40
		BSC	94,08	28,12
		ISC	94,08	24,85
2200	35	RR	93,96	38,95
		PRP	93,96	22,82
		BSC	93,97	28,65
		ISC	93,96	25,27
2400	35	RR	93,84	39,75
		PRP	93,84	23,22
		BSC	93,84	29,17
		ISC	93,85	25,68

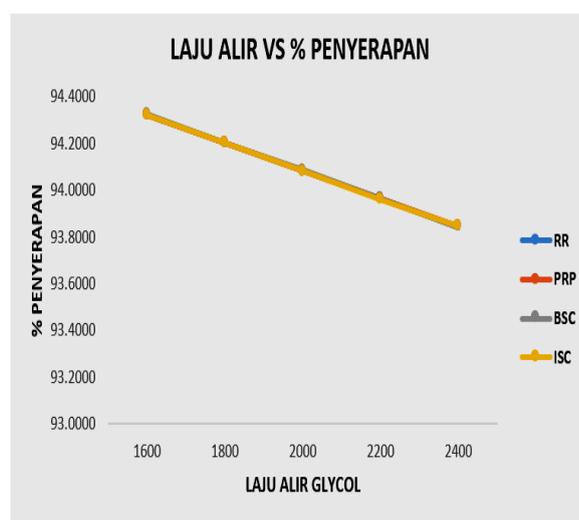
Keterangan : RR = Raschig Rings, PRP = Pall Rings Plastic, BSC = Berl Saddles Ceramic, dan ISC = Intalox Saddles Ceramic

PEMBAHASAN

Pengaruh Packing dan Laju Alir Terhadap Persentase Penyerapan Kandungan Air

Proses penyerapan kandungan air (H₂O) dilakukan dengan menggunakan *triethylene glycol (TEG)* pada variasi laju alir dan jenis *packing*. Efisiensi penyerapan berbanding terbalik dengan kenaikan laju

alir, dimana semakin tinggi laju alir *triethylene glycol (TEG)* maka efisiensi penyerapan mengalami penurunan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa jika laju alir glikol tinggi dapat menyebabkan terjadinya *flooding* di *top* kolom. Fenomena ini menyebabkan glikol yang harusnya menuruni kolom terhambat dan terjadinya banjir (*flooding*) pada bagian atas *absorber*. Sehingga aliran glikol dan gas pada *absorber* menjadi terganggu dan menjadi penyebab turunnya efisiensi absorber. Grafik pengaruh laju alir terhadap persentase penyerapan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh laju alir terhadap persentase penyerapan kandungan air

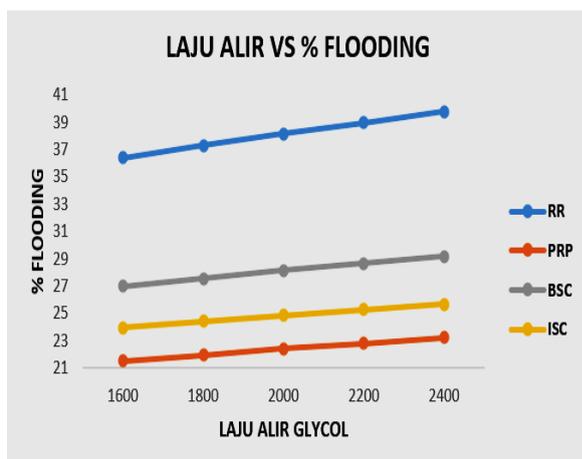
Semakin besar laju alir glikol maka semakin besar kadar air pada gas umpan yang terserap, dan semakin besar laju alir gas umpan maka semakin kecil kadar air yang terabsorpsi dikarenakan terjadinya *liquid hold up* [15]. Laju alir TEG 2400 BPD merupakan desain awal dari *platform* dengan laju alir gas umpan 200 mmscfd. Dengan laju alir saat ini sebesar 35 mmscfd dan TEG 2400 BPD, maka kemungkinan terjadi *flooding* sangat besar sehingga dapat mengakibatkan terjadinya penurunan efisiensi absorber.

Jenis *packing* yang digunakan saat ini, yaitu *Intalox* masih efektif digunakan sehingga tidak perlu dilakukan pergantian jenis *packing*. Berdasarkan data

perbandingan tersebut diperoleh bahwa efisiensi penyerapan dengan menggunakan packing *Intalox* masih maksimal dan efisien digunakan untuk proses penyerapan saat ini. Efisiensi penyerapan dipengaruhi oleh parameter proses saat terjadi absorpsi, sehingga jenis *packing* yang digunakan tidak berpengaruh besar terhadap efisiensi. Pemilihan *packing* tidak hanya mempertimbangkan aspek efisiensi, tetapi yang menjadi aspek utama yaitu biaya pemasangan, biaya pengoperasian, lokasi fabrikasi [16]. Diharapkan dengan adanya optimalisasi laju alir dapat meningkatkan efisiensi penyerapan serta penghematan dari sisi ekonomi.

Pengaruh Laju Alir dan Jenis Packing Terhadap Persentase Flooding

Persentase *flooding* pada proses penyerapan kandungan air (H_2O) menggunakan *tri-ethylene glycol (TEG)* dengan variasi laju alir dan jenis *packing* ditunjukkan pada Gambar 2. Dari Gambar 2 terlihat bahwa persentase terjadinya *flooding* berbanding lurus dengan kenaikan laju alir, dimana semakin tinggi laju alir *tri-ethylene glycol (TEG)* maka terjadi kenaikan pada persentase terjadinya *flooding*.



Gambar 2. Pengaruh laju alir terhadap persentase *flooding*

Laju alir *tri-ethylene glycol (TEG)* 2400 BPD merupakan desain awal *platform* dengan laju alir gas 200 mmscfd. Dengan

laju alir gas saat ini sebesar 35 mmscfd dan laju alir *tri-ethylene glycol (TEG)* sebesar 2400 BPD, *flooding* sangat mungkin terjadi di kolom absorber. Jenis *packing* yang digunakan saat ini, yaitu *Intalox* masih berfungsi efektif dalam proses penyerapan, namun jika memungkinkan bisa diganti dengan *packing* tipe *Pall Ring Plastic*, karena memiliki persentase terjadinya *flooding* yang lebih rendah dibandingkan tipe *Intalox*.

Proses penyerapan yang maksimal didapat pada simulasi menggunakan laju alir glikol 1600 BPD, dengan menggunakan tipe *packing pall rings plastic*. Efisiensi diperoleh sebesar 94,32% dan persentase *flooding* 21,51%. Efisiensi penyerapan yang tinggi dan fleksibilitas operasi merupakan keunggulan yang dimiliki oleh tipe *pall rings plastic*. Tipe ini juga merupakan pengembangan lebih lanjut dari tipe *packing raschig rings*.

Berdasarkan hasil perhitungan juga terlihat bahwa simulasi yang dilakukan pada laju alir *tri-ethylene glycol (TEG)* 1600 BPD lebih efektif dibandingkan laju alir 2400 BPD yang saat ini digunakan. Sehingga dapat dilakukan penghematan dari segi ekonomi penggunaan *tri-ethylene glycol (TEG)* sebesar 30%.

KESIMPULAN

1. Kenaikan laju alir *tri-ethylene glycol (TEG)* berbanding terbalik dengan efisiensi penyerapan kadar air (H_2O).
2. Kenaikan laju alir *tri-ethylene glycol (TEG)* berbanding lurus dengan persentase terjadinya *flooding*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Silveira A.C.P., et al., 2015. *Flow regime assessment in falling film evaporators using residence time distribution functions*. Journal of Food Engineering, Vol. 160, pp. 65-76.

[2] Rahimpour M.R., et al., 2013. *Investigating the performance of dehydration unit with coldfinger*

- technology in gas processing plant. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, Vol. 12, pp. 1-12.
- [3] Alves J.L.F., et al., 2020. *Ethanol enrichment from an aqueous stream using an innovative multi-tube falling film distillation column equipped with a biphasic thermosiphon*. *Process Safety and Environmental Protection*, Vol. 139, pp. 69-75.
- [4] da Silva Filho V.F., et al., 2018. *Experimental evaluation of the separation of aromatic compounds using falling film distillation on a pilot scale*. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, Vol. 130, pp. 296-308.
- [5] Battisti R., R.A. Machado, and C. Marangoni, 2020. *A Background review on falling film distillation in wetted-wall columns: from fundamentals towards intensified technologies*. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, Vol. 150, p. 107873.
- [6] Battisti R., et al., 2020. *Dynamic modeling with experimental validation and control of a two-phase closed thermosiphon as heat supplier of a novel pilot-scale falling film distillation unit*. *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 143, p. 107078.
- [7] Borgarello A.V., et al., 2015. *Thymol enrichment from oregano essential oil by molecular distillation*. *Separation and Purification Technology*, Vol. 153, pp. 60-66.
- [8] Åkesjö A., et al., 2018. *Experimental and numerical study of heat transfer in a large-scale vertical falling film pilot unit*. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 125, pp. 53-65.
- [9] Wen T., et al., 2020. *Fundamentals and applications of CFD technology on analyzing falling film heat and mass exchangers: A comprehensive review*. *Applied Energy*, Vol. 261, p. 114473.
- [10] Battisti R., et al., 2021. *Techno-economic and energetic assessment of an innovative pilot-scale thermosiphon-assisted falling film distillation unit for sanitizer-grade ethanol recovery*. *Applied Energy*, Vol. 297, p. 117185.
- [11] Jiang Z. and R. Agrawal, 2019. *Process intensification in multicomponent distillation: A review of recent advancements*. *Chemical Engineering Research and Design*, Vol. 147, pp. 122-145.
- [12] Chen W.-C., et al., 2021. *Enhanced regeneration of triethylene glycol solution by rotating packed bed for offshore natural gas dehydration process: experimental and modeling study*. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, Vol. 168, p. 108562.
- [13] Arisukma P., N.A. Purnomo, and K. Udyani, 2021. *Studi desain absorber untuk penyerapan CO₂*. in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. Vol. 9, No. 1, pp. 327-337.
- [14] Kadarjono A., et al., 2020. *Pengaruh jenis packing pada menara packed-bed absorber dalam penyerapan gas NO_x*. *urania: Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, Vol. 26, No. 1,
- [15] Robiah R., U. Renaldi, and A. Melani, 2021. *Kajian pengaruh laju alir NaOH dan waktu kontak terhadap absorpsi gas CO₂ menggunakan alat absorber tipe sieve tray*. *Jurnal Distilasi*, Vol. 6, No. 2, pp. 27-35.
- [16] Weiland R.H., et al., *Sensitivity of treating plant performance to tower internals*. in *Laurance Reid Gas Conditioning Conference*, Norman, Oklahoma, US, (21–24 February 2016).