

OPTIMASI KONDISI OPERASI KOLOM ABSORBER UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI DEHIDRASI GAS MENGGUNAKAN ASPEN HYSYS

Defio Hafiz Mulya Syahputra¹, Eliza Putri Kartika Bangun¹, Pandya Izaz Alif Arfa¹,
Tun Sriana^{1*}

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No. 38 Cepu, Blora, 58315

*E-mail: tun.sriana@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan memaksimalkan kemampuan penyerapan atau absorpsi air yang terdapat pada gas keluaran (*dry gas*) dengan memvariasikan berbagai kondisi operasi dari *lean glycol*. *Lean glycol* sebagai zat penyerap dalam proses dehidrasi gas menggunakan TEG (*Triethylene Glycol*) sangat penting untuk menghilangkan kelembaban dari gas guna mencegah korosi dan meningkatkan kualitas. Dalam penelitian ini, suhu dan tekanan *lean glycol* diatur untuk menilai efeknya terhadap kapasitas penyerapan air. Kolom absorber merupakan unit utama tempat terjadinya kontak antara gas basah (*wet gas*) dan *lean glycol* sehingga uap air dapat diserap dan menghasilkan *dry gas* dengan kandungan air yang rendah. Simulasi dilakukan menggunakan Aspen HYSYS, kemudian divalidasi melalui perbandingan hasil simulasi dengan data aktual lapangan. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan menurunkan suhu dan menaikkan tekanan glycol mampu meningkatkan efektivitas proses penyerapan air. Dari hasil penelitian diperoleh kondisi terbaik untuk meningkatkan efisiensi penyerapan hingga 90,79% dibandingkan dengan efisiensi penyerapan actual sebesar 88,79%. Setelah dilakukan optimasi, peningkatan efisiensi meningkat sebesar 2%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, penelitian ini dapat menjadi acuan bagi industri untuk mengembangkan unit dehidrasi gas yang memiliki efisiensi tinggi serta berkelanjutan dalam proses penyerapan air.

Kata kunci: *Lean glycol, Gas dehydration, Operating Conditions, Absorption Efficiency, Optimization*

1. PENDAHULUAN

Gas alam adalah produk dari kegiatan eksploitasi minyak melalui sumur pengeboran. Gas alam ini merupakan campuran dari berbagai gas hidrokarbon (C_nH_{2n+2}) yang bersifat mudah terbakar serta komponen yang paling dominan pada gas alam yaitu metana (CH_4) dengan rantai terpendek dan teringan [1]. Selain itu keberadaan uap air juga berpotensi terikut dalam aliran gas sehingga uap air perlu diturunkan dengan metode dehidrasi gas agar gas kering memenuhi standar untuk keperluan komersial atau kontrol jual beli gas [2].

Kinerja proses dehidrasi sangat dipengaruhi oleh beberapa variabel operasi, terutama temperatur *lean triethylene glycol* dan rasio laju alir antara *wet gas* dan *triethylene glycol*. Ketidaksesuaian temperatur *lean triethylene glycol* dengan temperatur *feed gas* dapat menimbulkan foaming atau menurunkan efektivitas penyerapan uap air. Semakin banyak jumlah *wet gas* dan *triethylene glycol*, semakin tinggi laju alir fluida pada aliran perpipaian. Dalam proses dehidrasi, temperatur *lean glycol* memegang peranan penting karena temperatur *lean triethylene glycol* yang lebih tinggi dari temperatur *feed gas* akan menyebabkan terbentuknya *foaming* dan menghambat penyerapan uap air. Jika suhu *lean triethylene glycol* lebih rendah dari suhu *feed gas*, pemisahan akan terhambat karena *lean triethylene glycol* menjadi sangat kental dan sulit untuk dipompa [3].

Dalam unit *Glycol Dehydration Unit* (GDU), gas dipisahkan dari uap air melalui contactor,

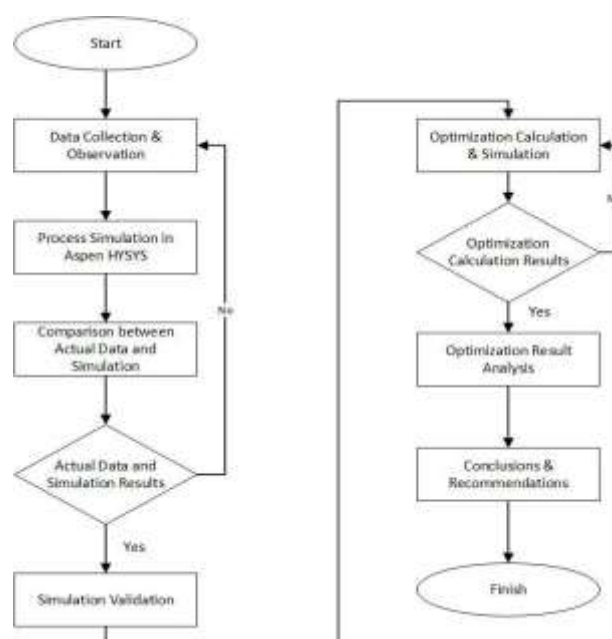
di mana gas bergerak dari bagian bawah kolom melewati *bubble cap tray* dan berinteraksi langsung dengan *triethylene glycol* sebagai absorben [4]. Namun, pada dunia industri masih sering ditemukan kadar air pada *dry gas* yang belum memenuhi spesifikasi, yang menunjukkan bahwa kondisi operasi belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperatur absorben TEG (*triethylene lean glycol*) terhadap kadar air dan metana pada gas hasil keluaran (*dry gas*) [5].

Absorpsi merupakan salah satu metode pemurnian gas yang paling penting karena melibatkan perpindahan massa komponen dari fase gas menuju fase cair melalui batas fase [6]. Pada unit GDU (*Glycol Dehydration Unit*) yang ingin penulis optimasi penyerapan kandungan air pada wet gas masih belum maksimal sehingga kemurnian *dry gas* yang dihasilkan dari GDU (*Glycol Dehydration Unit*) masih kecil. Dari permasalahan ini penulis melakukan optimasi dengan cara memaksimalkan kondisi proses sehingga *dry gas* yang didapatkan dari unit GDU (*Glycol Dehydration Unit*) memiliki kemurnian yang tinggi.

Penelitian yang ada umumnya berfokus pada mekanisme umum dehidrasi TEG atau evaluasi kinerja berdasarkan parameter standar, namun belum banyak yang mengkaji secara spesifik pengaruh variasi temperatur lean TEG terhadap kadar air dan metana pada *dry gas*. Selain itu, masih belum tersedia kajian komprehensif yang melakukan optimasi kondisi operasi kolom absorber menggunakan simulasi Aspen HYSYS berdasarkan kondisi aktual unit GDU di lapangan. Kesenjangan ini penting untuk diisi agar peningkatan performa dehidrasi dapat dicapai secara terukur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh temperatur absorben TEG (*triethylene lean glycol*) terhadap kadar air dan metana pada gas hasil keluaran (*dry gas*)

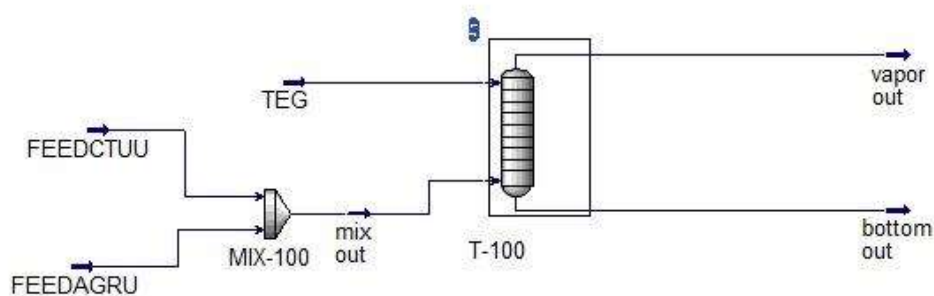
2. METODE

Penelitian ini hanya difokuskan pada proses dehidrasi di kolom absorber menggunakan *triethylene glycol* dan evaluasi kinerja hanya didasarkan pada perubahan kandungan H_2O . Gambaran visual mengenai tahapan metodologi penelitian disajikan dalam bentuk flowchart guna memberikan ilustrasi yang lebih sistematis dan mudah dipahami. *Flowchart* ini bertujuan untuk menunjukkan urutan langkah kerja secara terstruktur dalam proses penyusunan penelitian. *Flowchart* metode kerja ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Flowchart Metode Kerja

Data penelitian diperoleh dari hasil observasi terhadap kondisi operasi pada unit *Gas Glycol Contactor* di fasilitas pengolahan gas alam. Parameter yang dikumpulkan meliputi temperatur, tekanan, laju alir molar (*molar flow*), serta laju alir massa (*mass flow*). Selain itu, dilakukan pula pengumpulan data pendukung seperti komposisi gas umpan (*wet gas*), spesifikasi produk (*dry gas*), dan karakteristik *triethylene glycol* (TEG) sebagai pelarut yang digunakan. Seluruh data yang diperoleh kemudian dijadikan *input* dasar simulasi menggunakan perangkat lunak Aspen HYSYS V14 dengan model termodinamik Peng-Robinson, yang berfungsi untuk memodelkan perilaku termodinamika dan kinetika proses dehidrasi gas alam. Simulasi dilakukan dengan menerapkan variasi temperatur dan tekanan operasi pada kolom absorber untuk mengidentifikasi kondisi yang menghasilkan efisiensi penyerapan air tertinggi. Analisis ini memberikan wawasan yang lebih mendalam terkait pengaruh parameter operasi terhadap kinerja proses dehidrasi, serta menjadi dasar pengambilan keputusan dalam optimasi kondisi operasi *plant* di masa mendatang. Studi ini mencoba mendehidrasi gas menggunakan *triethylene glycol* (TEG) yang harus diregenerasi secara optimal dan digunakan untuk proses dehidrasi selanjutnya [7]. Dari hasil pemodelan simulasi dan analisis data, diharapkan dapat ditetapkan *temperature* dan *pressure lean glycol* yang memiliki efisiensi terbaik dalam menyerap H₂O, sehingga proses dehidrasi gas dapat ditingkatkan secara signifikan. Simulasi *gas glycol contactor* yang dijalankan melalui Aspen HYSYS ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 2. Model Simulasi Unit Absorber *Gas Glycol Contactor* pada HYSYS

Proses validasi dilakukan melalui perbandingan data hasil simulasi terhadap data aktual yang diperoleh langsung dari lapangan (*plant data*). Untuk melihat ketepatan data maka dibuatkan perhitungan nilai error antara hasil simulasi dan data aktual, sehingga dapat diketahui keakuratan model yang dibangun mampu merepresentasikan kondisi nyata proses di lapangan. Data perbandingan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Data Aktual dan Data Simulasi

Ket	Inlet					
	Wet gas			Lean glycol		
	Molar flow (lbmole/hr)	Temperature (F)	Pressure (psig)	Molar flow (lbmole/hr)	Temperature (F)	Pressure (psig)
Actual	11976,22	108,44	391,7	59,4	124,8	412,7
Simulasi hysys	11976,22	103,35	391,7	59,4	100	412,7
Persen Error Antara Perhitungan Teoritis Dengan Data Aktual						
%error	0	0,0046	0	0	0,0002	0
Ket	Outlet					
	Dry gas			Rich glycol		
	Molar flow (lbmole/hr)	Temperature (F)	Pressure (psig)	Molar flow (lbmole/hr)	Temperature (F)	Pressure (psig)

Actual	1119,43	113,10	377	92,55	110,34	379
Simulasi hysys	1119,42	109,07	407,4	93,50	107,22	409,4
Persen Error Antara Perhitungan Teoritis Dengan Data Aktual						
%error	0,00008	0,035	0,08	0,01	0,028	0,08

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa hasil perbandingan antara data aktual dan hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai *error* yang diperoleh sangat kecil, yaitu berada dibawah 10%. Penelitian ini dilakukan melalui sepuluh percobaan dengan memvariasikan kondisi operasi, khususnya tekanan dan temperatur. Informasi mengenai tingkat penyerapan H₂O diperoleh dengan menganalisis komposisi pada setiap aliran (*stream*) di unit absorber menggunakan Aspen HYSYS. Selanjutnya, untuk mengetahui kinerja proses, persentase efisiensi penyerapan dihitung berdasarkan kondisi operasi tersebut dengan menerapkan formula yang telah ditetapkan, yaitu:

$$\text{Efisiensi Penyerapan} = \frac{\text{Kandungan H}_2\text{O pada Wet Gas} - \text{Kandungan H}_2\text{O pada Dry Gas}}{\text{Kandungan H}_2\text{O pada Wet Gas}} \times 100\% \quad (1)$$

3. PEMBAHASAN

Optimasi proses absorpsi kandungan H₂O pada aliran *dry gas* menggunakan peralatan *Gas Glycol Contactor* dilakukan pada *Dehydration Unit*. Proses dehidrasi dilakukan dengan memanfaatkan pelarut *triethylene glycol (TEG)* yang berfungsi menyerap molekul air dari *wet gas*. Aliran *wet gas* yang keluar dari *Condensate Treatment Unit (CTU)* kemudian dialirkan ke bagian bawah kolom *contactor*, sedangkan *lean glycol* atau *glycol* murni dimasukkan dari bagian atas kolom. Ketika memasuki kolom, gas akan bergerak ke arah atas karena fasanya lebih ringan, sementara *glycol* mengalir ke bawah karena densitasnya lebih tinggi. Pada saat kedua aliran ini bertemu, terjadi kontak massa sehingga molekul H₂O dalam *wet gas* terikat oleh *lean glycol*. *Glycol* yang telah membawa molekul air disebut *rich glycol*, sedangkan gas yang telah terdehidrasi disebut *dry gas*.

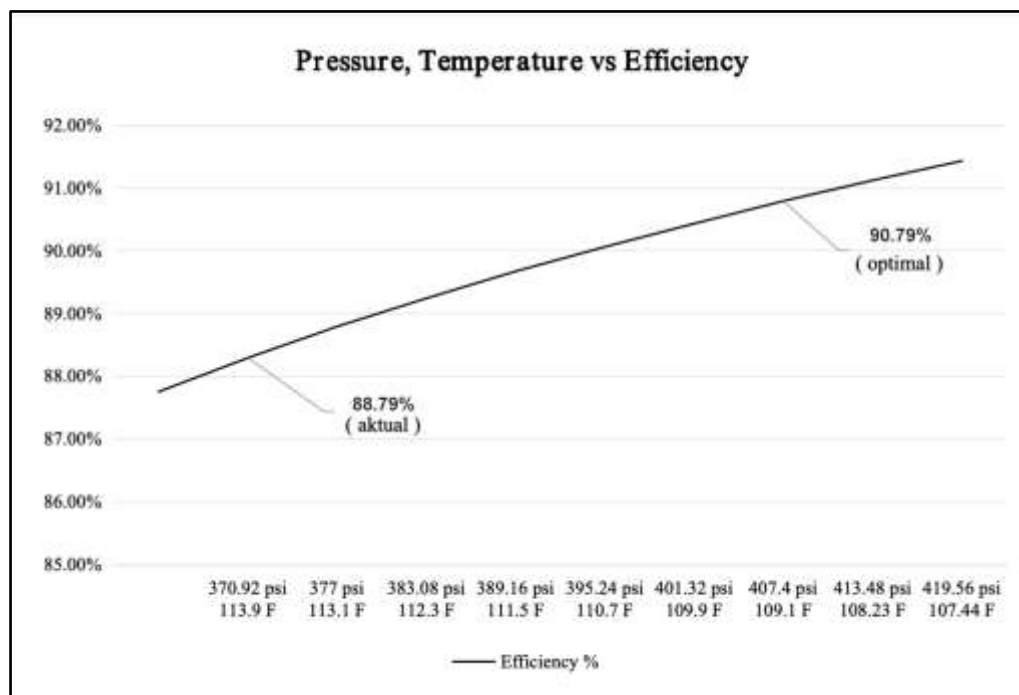
Pada PT. XYZ, *lean glycol* dialirkan dengan kondisi *pressure* dan *temperature* tertentu untuk memastikan kandungan H₂O dalam *wet gas* dapat tereduksi sesuai spesifikasi. Pada kondisi aktual, efisiensi absorpsi hanya berada pada 88,79% dengan kondisi temperatur 113°F dan tekanan 377 psi. Untuk meningkatkan efisiensi absorpsi maka dilakukan upaya peningkatan efisiensi dengan memvariasikan kondisi operasi *lean glycol*. Kondisi operasi yang dapat dilakukan optimasi pada kolom absorpsi adalah tekanan dan temperatur. Variasi tekanan dan temperatur ini dianalisis menggunakan perangkat lunak Aspen HYSYS untuk memperoleh data simulasi perbandingan pengaruh parameter operasi terhadap kadar H₂O pada *dry gas*. Perbandingan efisiensi variasi kondisi operasi ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil simulasi, efisiensi absorpsi mencapai 90,79% pada kondisi temperatur 109°F dan tekanan 409 psi. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa efisiensi proses absorpsi akan semakin meningkat apabila temperatur operasi diturunkan dan tekanan operasi dinaikkan.

Tabel 2. Perbandingan Efisiensi Variasi Kondisi Operasi

CONTACTOR									
Percobaan 1		Percobaan 2		Percobaan 3 (aktual)		Percobaan 4		Percobaan 5	
P (psi)	T (F)	P (psi)	T (F)	P (psi)	T (F)	P (psi)	T (F)	P (psi)	T (F)
364,8	114,8	370,9	113,9	337	113,1	383,08	112,3	389,16	111,5
365,1	113,8	371,2	113,1	337,2	112,4	38,4	111,8	389,4	111,2

365,4	113,6	371,5	112,9	337,5	112,2	383,7	111,6	389,7	111,0
365,7	113,4	371,8	112,7	337,8	112,0	383,9	111,5	390,0	110,8
366,0	113,2	372,1	112,5	378,1	111,8	384,2	111,3	390,3	110,6
366,2	112,9	372,3	112,3	378,4	111,5	384,5	111,0	390,6	110,4
366,5	112,5	372,6	111,8	378,7	111,1	384,8	110,6	390,9	110,0
366,8	111,6	372,9	110,9	379	110,7	385,08	109,7	391,16	109,1
Kadar H2O Dry Gas									
2,42E-04		2,32E-04		2,22E-04		2,13E-04		2,04E-04	
Kadar H2O Wet Gas									
1,98E-03		1,98E-03		1,98E-03		1,98E-03		1,98E-03	
Efisiensi									
87,75%		88,29%		88,79%		89,24%		89,67%	
CONTACTOR									
Percobaan 6		Percobaan 7		Percobaan 8 (optimal)		Percobaan 9		Percobaan 10	
P (psi)	T (F)	P (psi)	T (F)	P (psi)	T (F)	P (psi)	T (F)	P (psi)	T (F)
395,24	110,7	401,32	109,9	407,4	109,1	413,48	108,2	419,5	107,4
395,5	110,5	401,6	109,9	407,7	109,2	413,7	108,5	419,8	107,8
395,8	110,4	401,9	109,7	408,0	109,1	414,0	108,4	420,1	107,7
396,1	110,2	402,2	109,6	408,3	108,9	414,2	108,2	420,9	107,6
396,4	110,0	402,5	109,4	408,5	108,8	414,6	108,1	420,7	107,5
396,6	109,8	402,7	109,2	408,8	108,5	415,6	107,8	421,2	107,2
396,9	109,4	403,0	108,8	409,1	108,1	415,1	107,4	421,2	106,8
397,24	108,5	403,32	107,8	409,4	107,2	415,48	106,6	421,2	105,9
Kadar H2O Dry Gas									
1,97E-04		1,89E-04		1,82E-04		1,76E-04		1,70E-04	
Kadar H2O Wet Gas									
1,98E-03		1,98E-03		1,98E-03		1,98E-03		1,98E-03	
Efisiensi									
90,06%		90,43%		90,79%		91,12%		91,43%	

Jurnal *Simulation Studies of the Impact of Temperature, Pressure and Purity of Lean TEG in Reducing Water Content of Gas Outlet Contactors* yang ditulis oleh Azlina, dkk pada tahun 2024, menyatakan bahwa efisiensi reduksi kandungan H₂O pada *dry gas* meningkat saat tekanan operasi dinaikkan dan temperatur operasi diturunkan. Berdasarkan hasil simulasi penelitian ini, dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi tekanan, maka kandungan H₂O pada *dry gas* semakin rendah. Sementara, temperatur yang terlalu tinggi menyebabkan efisiensi absorpsi menurun. Tekanan tinggi dapat memperbesar selisih tekanan parsial air antara gas basah dan pelarut, sehingga transfer massa menjadi lebih efektif. Temperatur tinggi justru meningkatkan tekanan uap air dalam gas dan mengurangi kelarutan air dalam *glycol*. Dari data simulasi terlihat bahwa kondisi operasi dengan tekanan tinggi dan temperatur rendah menghasilkan efisiensi absorpsi H₂O yang lebih tinggi dibandingkan kondisi operasi lainnya [8]. Kondisi operasi *contactor* dapat dibandingkan dengan efisiensi proses absorpsi pada *gas to contactor* disetiap data variasi pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perbandingan *Pressure vs Temperature vs Efficiency*

Gambar 1 menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara tekanan, temperatur, dan efisiensi proses absorpsi pada *gas contactor*. Pada kondisi awal dengan tekanan rendah dan temperatur tinggi, efisiensi penyerapan uap air hanya sebesar 87,75%. Seiring dengan peningkatan tekanan operasi dan penurunan temperatur, efisiensi meningkat secara bertahap hingga 91,43%. Kecenderungan garis yang menaik secara linier menunjukkan bahwa peningkatan tekanan diikuti dengan penurunan temperatur memberikan dampak positif terhadap kinerja absorpsi. Pengaruh ini juga didukung oleh studi yang ditulis oleh Simanungkalit pada tahun 2021 dengan judul *Effect of TEG Concentration and Temperature Wet Gas Against Water Content Gas Outlet Glycol Contactor in Natural Gas Dehydration Process* yang dimana menunjukkan bahwa temperatur tinggi cenderung meningkatkan vapor pressure air dalam gas, yang menghambat larutan air ke dalam TEG, sehingga menurunkan efisiensi penyerapan. Sebaliknya, tekanan tinggi memperbesar *driving force* perpindahan massa dari gas ke TEG, yang sesuai dengan tren peningkatan efisiensi saat tekanan naik dalam simulasi penelitian ini [9].

Variasi tekanan dan temperatur operasi pada unit *gas contactor* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja proses absorpsi air dari aliran *wet gas*. Tekanan yang rendah menyebabkan *driving force* perpindahan massa yang terjadi antara fasa gas dan fasa cair menjadi terbatas, sehingga difusi molekul H₂O menuju pelarut *lean glycol* tidak berlangsung optimal. Di sisi lain, temperatur yang lebih tinggi meningkatkan *vapor pressure* air dalam gas, yang mengurangi kecenderungan molekul H₂O untuk larut ke dalam pelarut. Kondisi ini berdampak pada kualitas *dry gas* yang dihasilkan, di mana kandungan H₂O masih relatif tinggi. Hal tersebut dapat memicu terbentuknya *hydrate* pada pipa transmisi, meningkatkan risiko korosi, serta menurunkan keandalan sistem transportasi gas, hal ini sejalan dengan jurnal yang dibuat oleh Noer pada tahun 2021 dengan judul *Pra Desain Pabrik Liquefied Natural Gas from Natural Gas* yang diterbitkan di *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering*. Pada tekanan yang lebih tinggi, kelarutan uap air dalam *lean glycol* meningkat karena gradien konsentrasi antara fasa gas dan fasa cair lebih besar. Sementara itu, penurunan temperatur menyebabkan *vapor pressure* air dalam gas berkurang, sehingga proses absorpsi berlangsung lebih efektif. Kombinasi tekanan tinggi dan temperatur rendah menghasilkan laju

perpindahan massa yang lebih besar, sehingga molekul air dapat terserap lebih optimal. Perbedaan efisiensi mencapai sekitar 2% antara kondisi aktual dan kondisi optimasi. Meskipun persentase terlihat kecil, ini dapat memberikan dampak yang signifikan pada skala industri. *Dry gas* yang dihasilkan dengan kadar H_2O yang lebih rendah tidak hanya menekan risiko terbentuknya *hydrate* dan laju korosi pada jaringan pipa, tetapi juga memperpanjang umur peralatan serta meningkatkan keandalan operasi secara keseluruhan. Peningkatan tekanan dan penurunan temperatur pada unit *gas contactor* secara signifikan menurunkan kadar air pada gas keluaran dan ini menegaskan bahwa kombinasi kondisi operasi yang optimal dapat meningkatkan efisiensi penyerapan air oleh *triethylene glycol* serta menghasilkan *dry gas* dengan kualitas yang memenuhi spesifikasi penjualan.

Dari optimasi yang telah dilakukan, dapat diketahui optimasi dapat dilakukan dengan empat pendekatan yaitu efisiensi absorpsi, *moisture content* (kandungan air), *yield/recovery gas*, energi dan biaya operasi. Pertama ada efisiensi absorpsi yaitu adalah mengukur kemampuan TEG (*Triethylene Glycol*) dalam menyerap uap air dari aliran gas, tujuan dari efisiensi ini adalah untuk memaksimalkan penghilangan uap air sehingga gas lebih kering sesuai spesifikasi. Optimasi menggunakan pendekatan efisiensi absorpsi operasi dapat dilakukan dengan cara seperti menambahkan jumlah stages (*packing*) di kolom *contactor* sehingga dapat memperpanjang waktu kontak gas dengan TEG, dan meningkatkan konsentrasi TEG agar daya serap air lebih besar.

Kedua adalah efisiensi *moisture content* (kandungan air), yaitu efisiensi yang menargetkan jumlah uap air yang masih tersisa dalam gas setelah melewati *contactor*, tujuan dari efisiensi ini adalah untuk menghilangkan *dry gas* dengan kadar air yang lebih sedikit. Optimasi menggunakan pendekatan efisiensi *moisture content* (kandungan air) dapat dilakukan dengan cara seperti menurunkan temperatur operasi agar *driving force* perpindahan massa lebih tinggi, dan menjaga tekanan operasi lebih tinggi karena kelarutan air dalam gas berkurang di tekanan tinggi.

Ketiga adalah efisiensi *yield/recovery gas* yang melakukan efisiensi dengan menargetkan banyaknya gas kering yang berhasil dihasilkan dibandingkan gas basah yang masuk, tanpa kehilangan hidrokarbon berharga, tujuan dari efisiensi ini adalah untuk memastikan hasil gas kering tetap maksimal, tidak ada kehilangan hidrokarbon ringan yang ikut terbuang bersama TEG. Optimasi menggunakan pendekatan efisiensi *yield/recovery gas* dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya mengurangi *hydrocarbon carry over* ke dalam TEG (bisa diminimalkan dengan pemasangan *mist eliminator*), dan menjaga operasi kolom tetap stabil agar tidak terjadi *entrainment gas* ke aliran TEG.

Data hasil menunjukkan hubungan positif antara tekanan operasi kontaktor dan efisiensi dehidrasi. Pada tekanan yang lebih tinggi, kelarutan uap air dalam fasa gas menurun, sehingga *driving force* untuk absorpsi uap air oleh TEG meningkat. Hal ini menyebabkan kandungan air dalam *dry gas* semakin rendah. Hasil penelitian ini memberikan dampak yang signifikan bagi operasi dehidrasi gas di industri [10]. Dengan mengatur tekanan operasi kontaktor mendekati 415 psi, operator lapangan dapat secara langsung meningkatkan kualitas *dry gas* yang dihasilkan, yaitu dengan menurunkan *moisture content* hingga mencapai 0,000182 fraksi mol. Hal ini tidak hanya memastikan produk gas memenuhi spesifikasi yang ditetapkan, tetapi juga mengurangi risiko pembentukan hidrat dan laju korosi pada jaringan pipa transmisi, yang pada gilirannya akan menurunkan biaya perawatan dan meningkatkan keandalan sistem.

Simulasi masih memiliki potensi *error* yang perlu diperhatikan karena kolom dehidrasi TEG sangat sensitif terhadap kondisi operasi dan performa internal. Asumsi efisiensi *packing Pall ring* yang digunakan dalam model sering kali tidak sepenuhnya menggambarkan kondisi aktual di lapangan. Kondisi ini menyebabkan performa aktual sedikit bergeser dari prediksi simulasi. Selain itu, parameter operasi seperti tekanan, temperatur, dan rasio sirkulasi TEG sangat sensitif terhadap perubahan kecil, karena simulasi dilakukan secara *steady-state*,

dinamika fluktuasi tersebut tidak tertangkap sepenuhnya. Hal ini wajar menghasilkan selisih tertentu yang kemudian tercermin pada nilai persen *error*. Peringatan pada perhitungan internal juga menunjukkan bahwa kolom mungkin bekerja mendekati batas hidrauliknya, sehingga *pressure drop*, kapasitas aliran, atau kemungkinan *flooding* parsial di lapangan bisa lebih besar dibandingkan nilai pada simulasi.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan tren yang menjanjikan, beberapa keterbatasan perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan temuan ini. Simulasi yang dilakukan masih berbasis kondisi tunak (*steady state*), sehingga belum merepresentasikan dinamika operasi lapangan yang dipengaruhi fluktuasi laju alir, komposisi, dan parameter umpan. Selain itu, variabel operasional lain seperti konsentrasi TEG dan temperatur umpan tidak divariasikan, sehingga interaksi antar parameter proses belum tergambarkan secara menyeluruh. Model yang digunakan juga mengasumsikan efisiensi tray atau *packing* yang ideal, tanpa mempertimbangkan potensi *foaming*, *entrainment*, *fouling*, atau degradasi TEG yang dapat menurunkan kinerja aktual sistem. Berdasarkan hasil permodelan, unit dehidrasi menggunakan kolom berisi *packing* tipe *Pall ring* dengan karakteristik *packed* dan terdiri dari satu *section* dengan rentang *start stage* 1 hingga *end stage* 8, tanpa informasi tambahan mengenai jumlah *pass* maupun jumlah *downcomer* karena tidak digunakan pada sistem *packed bed*. Aspek efisiensi energi maupun analisis ekonomi juga belum menjadi fokus dalam simulasi ini. Berdasarkan keterbatasan tersebut, studi lanjutan disarankan untuk melakukan optimasi multivariat dengan metode numerik atau *machine learning*, disertai analisis sensitivitas terhadap perubahan komposisi gas dan parameter operasi lainnya. Integrasi simulasi dengan evaluasi energi dan biaya akan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif terhadap performa proses. Selain itu, validasi lapangan yang lebih mendalam, kajian pengaruh kontaminan, serta perbandingan dengan teknologi dehidrasi alternatif perlu dilakukan. Pengembangan simulasi dinamis dan analisis keberlanjutan juga menjadi langkah penting untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi unit dehidrasi gas di masa mendatang.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi tekanan dan temperatur lean TEG berpengaruh signifikan terhadap efisiensi penyerapan air dalam proses dehidrasi gas. Pada kondisi aktual, efisiensi penyerapan sebesar 88,79% dapat ditingkatkan menjadi 90,79% melalui optimasi tekanan hingga ± 407 psi dan penurunan temperatur operasi, yang secara langsung memperbaiki rasio L/G dan *driving force* perpindahan massa. Hasil ini membuktikan bahwa pengaturan parameter operasi mampu meningkatkan kinerja dehidrasi. Temuan ini dapat menjadi acuan bagi industri dalam meningkatkan kualitas *dry gas* secara aman dan efisien. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan dilakukan analisis sensitivitas terhadap variasi komposisi gas serta validasi lapangan yang lebih mendalam, disertai pemodelan dinamis guna merepresentasikan kondisi operasi aktual secara lebih akurat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Noer, N. Fahira, A. Wiguno, Kuswandi, "Pra Desain Pabrik *Liquefied Natural Gas* Dari Gas Alam, *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering*, Vol. 02, No. 02, 57-64, Sept. 2021.
- [2] B Guo and A. Ghalambor, *Natural Gas Engineering Handbook*, 2nd Edition, Houston: Gulf Publishing Company, 2005.
- [3] Djoko, Suprpto, *Gas Dehydration-Heater*, Central Java: STEM, 2012.
- [4] A. Permatasari, F. Harris & U. D. Pratiwi, "Teknologi Pengolahan Gas Alam Gas Alternatif Energi Ramah Lingkungan", *Engineer Weekly*, vol. 1, no. 3, 2016.
- [5] L. Harmianyanto, "Optimalisasi Pemisahan Uap Air dalam *Natural Gas* (Gas Alam)." Forum

- Teknologi, vol. 3, no. 1, pp. 67-75, 2013.
- [6] P. A. Putri, S. S. Hajar, G. Wibawa & Winarsih, “*Plant Design of Cluster LNG (Liquified Natural Gas) in Bukit Tua Well,*” *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 2, no. 1, 2013.
 - [7] R. Chebbi, M. Qasim, & N. A. Jabbar, “*Optimization of Triethylene Glycol Dehydration of Natural Gas,*” *Energy Reports*, vol. 5, pp. 723-732, 2019.
 - [8] R. Azlina, D. F. Putra, & M. Z. Jaafar, “*Simulation Studies of The Impact of Temperature, Pressure, and Lean Triethylene Glycol in Reducing Water Content of Gas Outlet Contactors in The Natural Gas Dehydration Process,*” *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, vol. 119, p. 105612, 2024.
 - [9] R. A. Simanungkalit., S. Martini, “*Effect Of Tri Ethylen Glycol (Teg) Concentration And Temperature Wet Gas Against Water Content Gas Outlet Glycol Contactor In Natural Gas Dehydration Process,*”2021.
 - [10] C. O. Chidiebere, U. Inyang, dan I. Oboh, “*Modelling and Optimization of Natural Gas Dehydration System Using Triethylene Glycol,*”2023.