

Studi Simulasi Peningkatan *Glycol Recovery* pada Proses Dehidrasi Gas Alam

Arluky Novandy
PPSDM MIGAS

INFORMASI NASKAH

Diterima : 23 Juli 2024
Direvisi : 22 November 2024
Disetujui : 6 Desember 2024
Terbit : 6 Desember 2024

Email korespondensi:
arluky.novandy@esdm.go.id

Laman daring:
<https://doi.org/10.37525/mz/2024-2/626>

ABSTRAK

Gas alam saat ini merupakan komoditi migas yang menjadi tulang punggung industri di Indonesia saat ini. Beberapa industri yang memanfaatkan komoditi gas alam antara lain PLTU dan insutri kecil rumah tangga. Dalam penggunaannya, gas alam harus memenuhi beberapa kriteria agar pemanfaatannya dapat optimal. Beberapa persyaratan dari gas alam yang harus dipenuhi agar memiliki nilai ekonomis adalah keberadaan kandungan air di gas. Keberadaan air di gas sangat berdampak terhadap nilai kalori gas alam yang digunakan sebagai bahan bakar. Penurunan kadar air di gas alam umumnya di lapangan gas menggunakan proses Dehidrasi dengan menggunakan pelarut Glikol. Dalam penggunaannya, kebutuhan pelarut glikol sangatlah besar dalam usaha penurunan kadar air di gas alam. Oleh sebab itu, diperlukan proses glycol recovery agar glikol dapat disirkulasi untuk digunakan kembali di proses absorpsi gas.

Dengan menggunakan simulator Hysys V12.1 memberikan analisis bahwa pada proses glycol recovery, perolehan glikol kembali di proses regenerasi akan lebih dengan mengurangi tekanan glikol yang masuk ke kolom regenerasi. Efektifitas perolehan kembali glikol dapat dilakukan dengan mengurangi tekanan bottom kolom regenerator atau dengan meningkatkan temperatur reboiler. Dalam studi ini, temperatur reboiler hasil simulasi berkisar 350 °C dan tekanan bottom kolom regenerator 4000 kPa.

Kata kunci : Temperatur, Glikol, Tekanan, Konsentrasi, Kandungan Air

ABSTRACT

Natural gas is currently an oil and gas commodity which is the backbone of industry in Indonesia today. Several industries that utilize natural gas include PLTU and small household industries. In its use, natural gas must meet several criteria so that its use can be optimal. Several requirements for natural gas that must be met in order to have economic value are the presence of water content in the gas. The presence of water in gas greatly impacts the calorific value of natural gas used as fuel. Reducing the water content in natural gas generally in gas fields uses a dehydration process using a glycol solvent. In its use, the need for glycol solvent is very large in an effort to reduce the water content in natural gas. Therefore, a glycol recovery process is needed so that the glycol can be circulated for reuse in the gas absorption process.

Using the Hysys V12.1 simulator provides an analysis that in the glycol recovery process, the recovery of glycol in the regeneration process will be greater by reducing the pressure of the glycol entering the regeneration column. The effectiveness of glycol recovery by reducing bottom column pressure or increasing reboiler temperature will be much more significant. In this study, the temperature of the reboiler as a result of the simulation ranges 350 °C and the column bottom pressure is reduced to 400 kPa.

Keywords : Temperature, Glycol, Pressure , Concentration, Water Content

PENDAHULUAN

Uap air adalah impurities yang paling dihindari di komposisi gas alam. Uap air selalu terkandung di gas alam, biasanya berada pada range 400 – 500 lb uap air/MMSCF gas (Kumar, 1987). Umumnya, keberadaan uap air di gas dikurangi (bila perlu dihilangkan) karena uap air ini akan menimbulkan masalah pembentukan *hydrate* dan menurunkan nilai kalori dari gas alam. Alasan lain bahwa uap air di gas alam ini harus dihilangkan adalah karena dapat mempercepat proses korosi, terutama bila gas mengandung H₂S dan CO₂ tinggi. Disamping itu, keberadaan uap air di gas alam dapat menimbulkan *slugging* di *flow line*. Oleh sebab itu, gas alam yang mengalir di pipa *flow line* dibatasi maksimum sebesar 6 – 8 lbm/MMSCFD (Kumar, 1987). Penurunan kadar air di gas alam umumnya dilakukan dengan menggunakan proses Dehidrasi, yaitu proses penyerapan kadar air di gas alam dengan menggunakan pelarut glikol di kolom.

Dalam proses dehidrasi, glikol yang telah digunakan untuk menyerap air di gas alam, selanjutnya (Maurice, 2011) di regenerasi di kolom regenerator agar konsentrasi glikol bisa dikembalikan seperti semula sehingga glikol tersebut bisa disirkulasi untuk digunakan kembali di kolom absorber.

Latar Belakang

Pada *glycol regenerator*, untuk mencapai konsentrasi glikol kembali seperti semula, yaitu berkisar antara 90% s.d 95% umumnya menggunakan gas stripping dengan kebutuhan (berkisar 2 s.d 10 ft³/gal TEG yang disirkulasi) (Maurice, 2011). Penggunaan gas stripping ini tentunya akan mengurangi nilai lifting gas dalam proses produksi karena penggunaan gas stripping ini masuk dalam katagori *on used*.

Tujuan Penulisan

Dalam studi ini, konsentrasi perolehan glikol di kolom regenerator akan ditingkatkan dengan menggunakan beberapa kemungkinan kondisi operasi pada kolom regenerator sehingga dapat mengurangi penggunaan stripping gas *on used* dalam proses regenerasi glikol.

Batasan Masalah

Permasalahan yang dihadapi dalam usaha peningkatan konsentrasi glikol di kolom regenerator yaitu dengan menurunkan tekanan operasi kolom regenerator. Hipotesa dari studi ini adalah apakah dengan penurunan tekanan operasi pada kolom regenerator bisa meningkatkan

konsentrasi glikol yang mana dalam kajian ini diindikasikan dengan meningkatnya konsentrasi uap air di top kolom regenerator.

TINJAUAN PUSTAKA

a. Pemilihan Glikol

Glikol adalah liquid yang paling banyak digunakan sebagai media penyerap kandungan air di gas pada proses gas *dehydration*, hal ini disebabkan karena (Maurice, 2011) :

1. Glikol sangat *hygroscopic*
2. Stabil terhadap panas dan dekomposisi kimia pada temperatur dan tekanan dimana proses berlangsung
3. Tekanan uapnya rendah sehingga dapat meminimalkan *equilibrium loss glycol* di aliran gas dan di sistem regenerasi
4. Mudah diregenerasi
5. Tidak korosif dan tidak membentuk busa pada kondisi normal. Impurities di gas stream dapat menyebabkan busa, tapi masih bisa diatasi dengan menggunakan inhibitor.
6. Banyak tersedia di pasaran.

Glikol yang umumnya digunakan pada proses gas dehidrasi adalah sebagai berikut (Maurice, 2011) :

- a. Etylen Glycol (EG)
- b. Dietylen Glycol (DEG)
- c. Trietylen Glycol (TEG)
- d. Tetraetylen Glycol (TTEG)

Berikut perbandingan sifat fisik dari glikol tersebut:

Ethylen Glycol (EG)

Ethylen Glycol cenderung memiliki losses uap yang tinggi bila digunakan di kontaktor. Umumnya EG ini digunakan sebagai *hydrate inhibitor* dan dapat direcovery dari gas stream dengan cara mendinginkan gas di bawah suhu 50 °F.

Dietylen Glycol (DEG)

Dietylen Glycol dapat ditingkatkan konsentrasinya hingga kemurnian 97,0% bila dipanaskan pada temperatur antara 315 – 325 °F. DEG ini akan mengalami degradasi (rusak) bila dipanaskan pada suhu 328°F

Trietylen Glycol (TEG)

TEG adalah jenis glikol yang paling banyak digunakan pada proses *gas dehydration*. TEG dapat direkonsentrasi hingga mencapai kemurnian 98,8% bila dipanaskan pada suhu antara 350 – 400 °F. TEG akan mengalami degradasi pada suhu 404 °F. TEG berkecenderungan mengalami losses yang tinggi di gas pada suhu gas diatas 120 °F. Dengan proses stripping gas, *dew point depression* bisa dicapai hingga 150 °F.

Tetraetylen Glycol (TTEG)

TTEG ini sangat mahal karena kinerjanya yang sangat bagus. TTEG dapat direkonsentrasi pada suhu antara 400 – 430 °F. TTEG ini memiliki losses paling rendah di gas pada temperatur kontaktor tinggi. TTEG dapat terdegradasi pada suhu 460 °F.

b. Penentuan Jumlah Tray Kolom Absorber dan Stripping

Untuk menentukan jumlah tray di kolom absorber, diperlukan adanya data neraca massa pada proses absorpsi maupun stripping. Neraca massa ini dilakukan dengan metode perhitungan *steady state* yaitu dimana input sama dengan output. Dari data neraca massa ini selanjutnya dapat dihitung jumlah tray secara analitik dengan menggunakan persamaan berikut ini (Dutta, 2007):

- Untuk proses Absorpsi

Proses absorpsi adalah proses penyerapan salah satu atau lebih komponen dari suatu gas dengan menggunakan kolom absorber, dimana pada kolom ini terjadi kontak antara glycol dengan gas di suatu tray di dalam kolom absorber. Persamaan penentuan jumlah tray di kolom absorber ini adalah sebagai berikut :

$$\frac{y_{N+1} - y_1}{y_1 - m x_D} = \frac{A^{N+1} - A}{A^{N+1} - 1} \dots\dots\dots(1)$$

$$N = \frac{\log \left[\frac{y_{N+1} - m x_D}{y_1 - m x_D} \left(1 - \frac{1}{A} \right) + \frac{1}{A} \right]}{\log A} \dots\dots\dots(2)$$

Jika : A = 1, maka :

$$N = \frac{y_{N+1} - y_1}{y_1 - m x_D} \dots\dots\dots(3)$$

- Untuk Proses Stripping di Kolom Regenerator:

Proses stripping adalah proses pelepasan air yang terlarut dalam glycol di kolom regenerator. Persamaan penentuan jumlah tray di kolom regenerator ini adalah:

$$\frac{x_D - x_N}{x_D - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)} = \frac{\left(\frac{1}{A}\right)^{N+1} - \left(\frac{1}{A}\right)}{\left(\frac{1}{A}\right)^{N+1} - 1} \dots\dots\dots(4)$$

$$N = \frac{\log \left[\frac{x_D - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)}{x_N - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)} (1-A) + A \right]}{\log \left(\frac{1}{A}\right)} \dots\dots\dots(5)$$

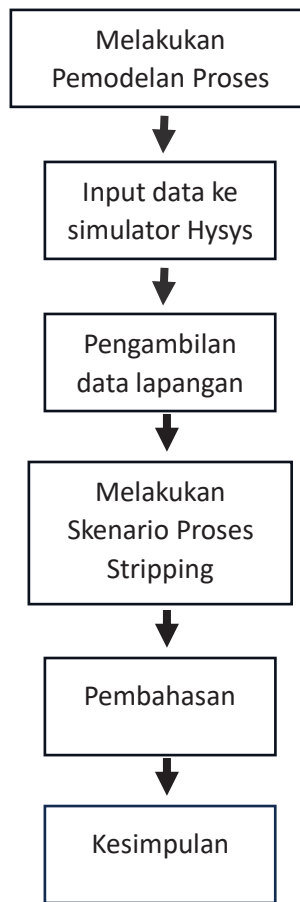
Jika A = 1, maka :

$$N = \frac{x_D - x_N}{x_N - \left(\frac{y_{N+1}}{m}\right)} \dots\dots\dots(6)$$

METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam studi ini adalah deskriptif-kualitatif dengan pemodelan proses absorpsi uap air di gas alam dengan menggunakan software simulator *Hysys* V12.1. Dalam simulasi tersebut dilakukan skenario terhadap kondisi operasi kolom regenerator yang meliputi tekanan laju alir glikol masuk ke kolom regenerator, temperatur reboiler, dan tekanan kolom regenerator. Sedangkan untuk kondisi operasi yang tetap di simulasi ini meliputi tekanan gas inlet, temperature gas inlet, tekanan inlet pelarut dan laju alir gas inlet. Kondisi operasi yang tetap ini dikarenakan suplai gas dari *shipper* telah ditentukan sebesar 4986 kgmole/jam sesuai kontrak. Studi *glycol recovery* pada *glycol regenerator* (regen) dilakukan dengan tahapan seperti pada gambar 1. Pengambilan data komposisi gas umpan di lapangan dilakukan dengan mengambil data harian gas yang mengalir di pipa. Selanjutnya data tersebut dijadikan sebagai sumber data primer untuk melakukan simulasi di simulator *hysys*. Dari hasil simulasi didapatkan model proses gas dehidrasi pada lapangan tersebut yang mana sebagai batasan dalam pemodelan adalah kondisi gas inlet yang meliputi temperatur gas inlet, temperatur glikol inlet, dan komposisi gas inlet. Sedangkan data laju alir gas inlet, tekanan glikol inlet dan laju alir glikol adalah hasil dari simulasi *hysys* dengan kadar air sebagai batasannya. Selanjutnya skenario terhadap proses regenerasi di kolom stripping dilakukan untuk

mendapatkan data optimasi proses stripping di kolom regenerator.



Gambar 1 : Alur studi peningkatan H₂O recovery di kolom regenerator

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab pembahasan ini, akan dibahas beberapa tahapan dalam pengambilan data lapangan yang untuk selanjutnya akan dilakukan beberapa skenario dalam simulasi proses di kolom *glycol regenerator* (kolom regen). Pada tahapan pengambilan data lapangan, diperoleh kondisi operasi gas inlet dan komposisi gas yang masuk ke kolom absorber adalah sesuai tabel 1 berikut :

Tabel 1 : Komposisi gas alam PT X

| Field Observation | Satuan | Hasil Uji | Metode Uji |
|------------------------|--------|------------|---------------------|
| Sample pressure | kPa | 7200 | Visual |
| Sample Temperature | °C | 35.1 | Visual |
| Komposisi | | | |
| 1. Methane | %mol | 0,9802 | GPA 2261 - 19 |
| 2. Ethane | %mol | 0,0103 | |
| 3. Propane | %mol | 0,0028 | |
| 4. N – Butane | %mol | 0,0010 | |
| 5. N – Pentane | %mol | 0,0002 | |
| 6. C ₆ plus | %mol | 0,0004 | |
| 7. CO ₂ | %mol | 0,0024 | |
| 8. Nitrogen | %mol | 0,0018 | |
| 9. H ₂ O | %mol | 0,0010 | |
| Total | | 100 | |
| H ₂ S | ppm | nil | GPA 2172 - 09 |

Sumber : Hasil analisis gas lapangan X

Kondisi operasi pada kolom absorber dengan berbasis data lapangan antara lain tekanan gas inlet, temperatur gas inlet, temperatur glikol inlet, dan komposisi gas inlet. Sedangkan data laju alir gas inlet, tekanan glikol inlet dan laju alir glikol adalah hasil dari simulasi hysys dengan batasan kadar air di gas outlet 0,0005% mol. Tabel 2 adalah kondisi operasi di absorber hasil simulasi dengan hysys :

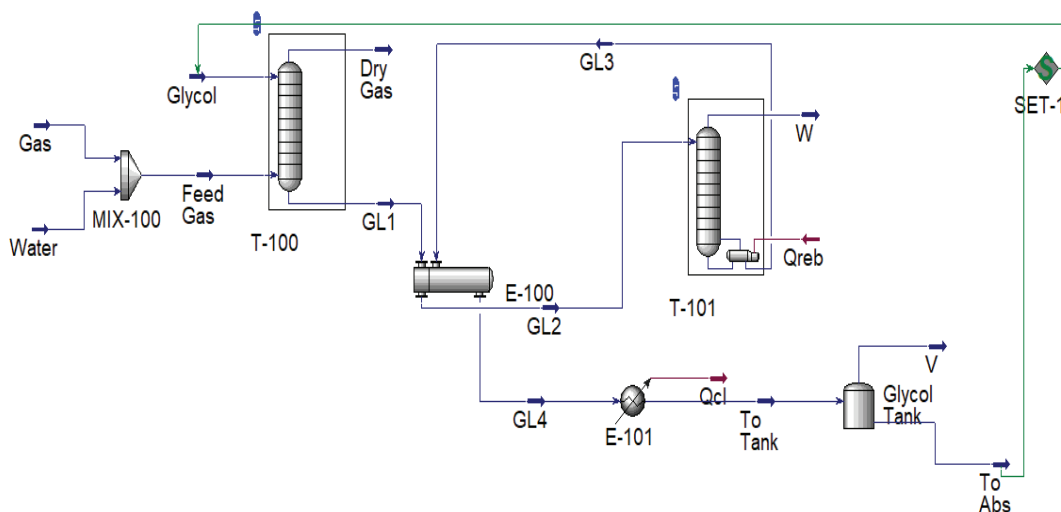
Tabel 2 : Kondisi operasi gas dan glycol inlet kolom absorber

| No. | Kondisi Operasi | Satuan | Besaran |
|---------------------------------|---------------------|------------|----------|
| Gas Inlet : | | | |
| 1. | Tekanan | kPa | 7200 |
| 2. | Temperatur | °C | 35,1 |
| 3. | Laju alir gas inlet | kgmole/jam | 4986 |
| Solvent (glikol) Inlet : | | | |
| 1. | Tekanan | kPa | 7500 |
| 2. | Temperature | °C | minus 30 |
| 3. | Laju alir glycol | kgmole/jam | 10 |

Sedangkan data komposisi gas yang masuk ke kolom stripper sesuai hasil simulasi adalah sebagaimana tertera pada tabel 3. Setelah ditentukan kondisi operasinya, pada tahap berikutnya dilakukan input data – data lapangan ke dalam simulator Hysys dan dilakukan simulasi pemodelan desain proses peningkatan recovery uap air di kolom regenerator dengan hasil simulasi pemodelan sebagai berikut :

Tabel 3 : Komposisi gas masuk kolom stripper

| No. | Komposisi | (%mol) |
|-----|------------------|--------|
| 1 | Methane (C1) | 0,0001 |
| 2 | Ethane (C2) | 0 |
| 3 | Propane (C3) | 0 |
| 4 | n-Butane (n-C4) | 0 |
| 5 | n-Pentane (n-C5) | 0 |
| 6 | C6+ | 0 |
| 7 | EGlycol | 0,3812 |
| 8 | H2O | 0,6183 |
| 9 | CO2 | 0,0004 |



Gambar 2 : Blok diagram proses Gas Dehydration

Pada tahap skenario proses regenerasi di kolom regenerator diketahui bahwa tekanan kolom regenerator adalah 6800 kPa dengan suhu reboiler 341 °C. Proses pelepasan kadar air di glikol dilakukan dengan memvariasikan beberapa kondisi operasi di sekitar kolom regenerator sebagai berikut :

- a. pengaturan tekanan laju alir glikol masuk ke kolom regenerator (Bassey, 2022) (.C, 2015) (.C, 2015) (.C, 2015) (Omeke, 2024) (Marfo, 2020) (Bahri, 2021)
- b. pengaturan suhu di reboiler
- c. pengaturan tekanan kolom regenerator

- a. Pengaturan tekanan laju alir glikol masuk ke kolom regenerator

Skenario pengaturan tekanan laju alir glikol yang masuk menuju kolom regenerator dilakukan dengan mensimulasikan pemasangan valve untuk mengatur laju alir *rich glycol* dari *heat exchanger* menuju ke kolom regenerator. Pada simulasi ini, setting tekanan kolom regenerator diturunkan hingga 3000 kPa. Penurunan setting kolom ini dilakukan agar skenario penurunan laju alir glikol ke kolom regenerator dapat dilakukan. Bila tidak dilakukan penurunan setting tekanan kolom maka akan terjadi *back pressure* mengingat tekanan kolom lebih besar bila dibandingkan dengan tekanan laju alir glikol masuk kolom regenerator. Hasil simulasi penurunan kolom dibawah 3000 kPa akan menyebabkan desain ulang dari kolom stripper. Sebagai parameter keberhasilan dari skenario simulasi adalah konsentrasi uap air yang keluar dari top kolom. Berikut tabel 4 hasil simulasi pengaturan tekanan laju alir *rich glycol* :

Tabel 4 : Tekanan Laju Alir *Rich Glycol* vs Konsentrasi uap air di Top Kolom

| Tekanan Laju Alir <i>Rich Glycol</i> menuju kolom regenerator (kPa) | Konsentrasi uap air di Top Kolom Regenerator (%mol) |
|---|---|
| 7000 | 0,8818 |
| 6000 | 0,8818 |
| 4000 | 0,8818 |
| 3000 | 0,8818 |

Dari hasil simulasi nampak bahwa perubahan laju alir *rich glycol* dari *heat exchanger* menuju ke kolom regenerator tidak mengubah konsentrasi uap air di top kolom. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan tekanan laju alir *rich glycol* tidak mempengaruhi konsentrasi uap air di top kolom.

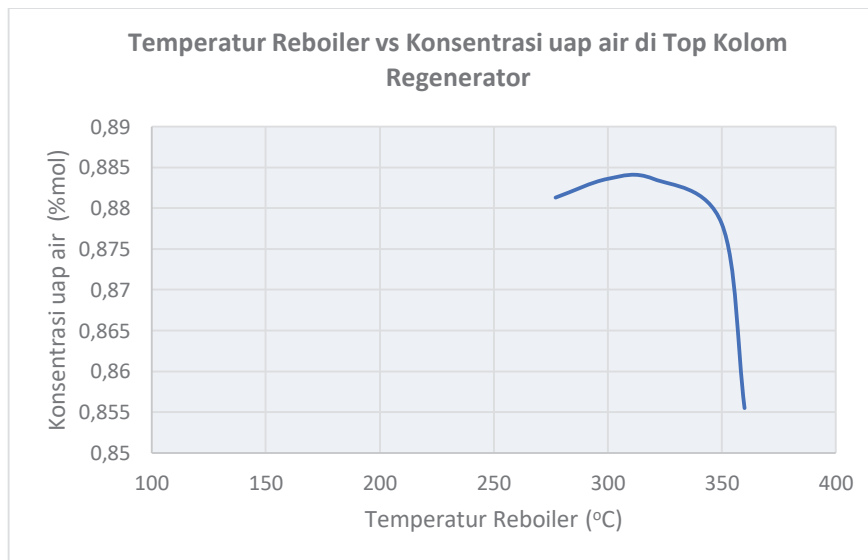
- b. Pengaturan suhu di Reboiler

Skenario pengaturan suhu di reboiler dilakukan dengan cara menaikkan suhu pemanas di reboiler. Hal ini diharapkan supaya banyak air di glikol yang teruapkan sehingga meningkatkan konsentrasi uap air di top kolom regenerator. Pada kondisi yang sama seperti pada skenario a, berikut tabel 5 hasil simulasi pengaturan suhu di Reboiler:

Tabel 5 : Temperatur reboiler vs Konsentrasi uap air di Top Kolom

| Temperatur Reboiler (°celcius) | Konsentrasi uap air di Top Kolom (%mol) |
|--------------------------------|---|
| 277,1 | 0,8813 |
| 300,0 | 0,8836 |
| 320,0 | 0,8836 |
| 350,0 | 0,8781 |
| 360,0 | 0,8555 |

Dari hasil simulasi nampak bahwa perubahan temperatur di reboiler dapat mengubah konsentrasi uap air di top kolom regenerator. Dimana semakin tinggi temperatur reboiler, maka konsentrasi dari uap air di top kolom semakin tinggi. Namun pada temperatur 350 sampai dengan 360 °C terjadi penurunan konsentrasi uap air di top kolom regenerator. Hal ini dikarenakan glikol mulai teruapkan sehingga menurunkan konsentrasi uap air yang dihasilkan di top kolom. Nampak pada gambar 3 berikut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur reboiler akan menurunkan konsentrasi uap air di top kolom dan meningkatkan konsentrasi glikol di top kolom.



Gambar 3 : Temperatur Reboiler vs Konsentrasi uap air di Top Kolom Regen

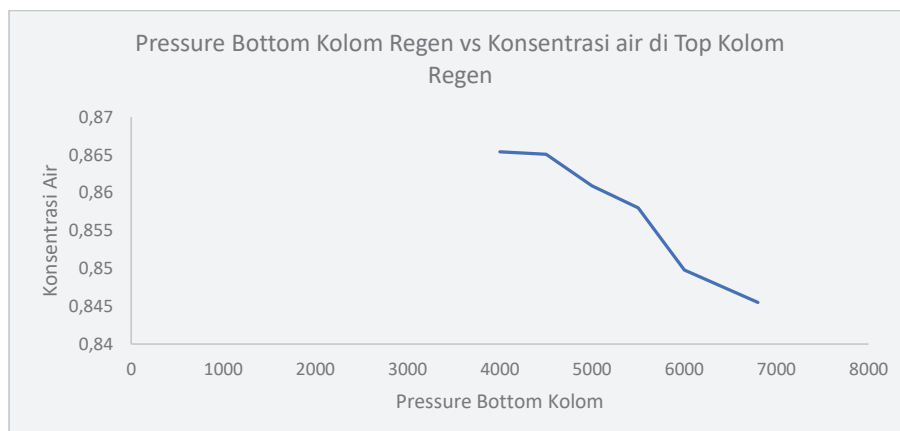
c. Pengaturan tekanan kolom regenerator

Skenario pengaturan tekanan kolom regenerator dilakukan dengan mengubah tekanan bottom kolom. Hal ini dilakukan agar cairan yang berada di dalam kolom dapat terdistilasi lebih sempurna tanpa melakukan penambahan temperatur di reboiler. Secara umum, penambahan temperatur di reboiler akan memerlukan energi yang cukup besar dan akan menyebabkan glikol mengalami dekomposisi. Berikut tabel 6 hasil simulasi pengaturan tekanan bottom kolom (Dutta, 2007):

Tabel 6 : Tekanan bottom kolom regen vs Konsentrasi uap air di top kolom

| Tekanan Bottom Kolom Regenerator (kPa) | Konsentrasi uap air di Top Kolom (%mol) |
|--|---|
| 6800 | 0,8455 |
| 6000 | 0,8498 |
| 5500 | 0,8580 |
| 5000 | 0,8609 |
| 4500 | 0,8651 |
| 4000 | 0,8654 |

Dari hasil simulasi tekanan bottom kolom regen vs konsentrasi uap air seperti pada tabel 6 diatas, nampak bahwa dengan menurunkan tekanan bottom kolom akan meningkatkan konsentrasi air di top kolom stripper. Hal ini disebabkan karena terjadinya penurunan tekanan parsial dari air yang terlarut di glikol sehingga air teruapkan pada tekanan kolom yang lebih rendah (Winkle, 1967)



Gambar 4 : Pressure Bottom Kolom Regen vs Konsentrasi uap air di Top Kolom Regen

KESIMPULAN

Dari hasil simulasi proses peningkatan glycol recovery pada kolom regenerator dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Pengaturan tekanan laju alir glikol masuk ke kolom regenerator tidak menyebabkan perubahan konsentrasi glikol. Hal ini nampak dari hasil simulasi bahwa setiap perubahan tekanan laju alir tidak memberikan perubahan dari konsentrasi glikol setelah keluar dari kolom regenerator. Secara teori, perubahan konsentrasi dari suatu cairan umpan hanya disebabkan karena perubahan suhu dan tekanan operasi suatu kolom
- b. Pada simulasi pengaturan suhu reboiler didapatkan bahwa dengan menaikkan suhu pemanas di reboiler akan meningkatkan konsentrasi uap air di top kolom regenerator. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi glikol di bagian bottom kolom juga meningkat. Namun pemanasan yang berlebihan akan menyebabkan glikol ikut teruapkan. Temperatur maksimal setting pada reboiler adalah dibawah 350 oC.
- c. Pengaturan tekanan bottom kolom dapat meningkatkan konsentrasi uap air di top kolom regenerator. Penurunan tekanan sebesar 4000 kPa dapat meningkatkan konsentrasi uap air di top kolom regenerator.

DAFTAR PUSTAKA

- .C.E.C.(2015).NATURAL GAS DEHYDRATION WITH TRIETHYLENE GLYCOL (TEG). *European Scientific Journal*, 11, 11.
- Bahri, S. (2021). OPTIMALISASI GLYCOL DEHYDRATION UNIT SPESIFIKASI Gas Moisture Content LAPANGAN GAS LEPAS PANTAI KEPODANG BLOK MERIAH. *Journal of Science and Technology*, 19, 12.
- Bassey, P. (2022). Simulation and Optimization of a Natural Gas. *London Journals Press*, 22(1), 14.
- Dutta, B. K. (2007). *Principles of Mass Transfer and Separation Processes*. New Delhi, India: PHI Learning .
- Kumar, S. (1987). *Gas Production Engineering*. Houston, USA: Gulf Publishing Company.
- Marfo, S. A. (2020). Natural Gas Dehydration Process Simulation and Optimisation - A Case Study of Jubilee Field. *Research Gate*, 10.
- Maurice, S. (2011). *Gas Dehydration Field Manual*. Waltham, USA: Gulf Professional Publishing.
- Omeke, W. C. (2024). Design and Optimization of Glycol-Based Natural Gas Dehydration Plant. *SSRG International Journal of Recent Engineering Science*, 11(1), 8.
- Winkle, M. V. (1967). *Distillation*. Texas: McGraw Hill Company.