

PRARANCANGAN *ADSORBER TOWER* KAPASITAS 5 MMSCFD PADA PT X

Abdurrahman Faiz Musyaffa^{1*}, Arif Nurrahman¹

¹Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Jalan Gajah Mada No 38, Blora, 58315

*E-mail: faizmusy@gmail.com

ABSTRAK

Dehidrasi gas alam merupakan proses penting dalam mengurangi kadar air pada aliran gas untuk menghindari pembentukan hidrasi dan korosi pada peralatan. Penelitian ini merancang *Dehydration Unit (DHU)* berkapasitas 5 MMSCFD dengan sistem *adsorber tower* menggunakan *molecular sieve* UOP 4A-DG sebagai adsorben utama. Data proses diambil dari kondisi operasi PT X dengan kadar uap air umpan 28 lb/MMSCF dan target produk 0.05 lb/MMSCF. Perancangan mengacu pada *GPSA Engineering Data Book (12th Edition, 2004)* dan *ASME Section VIII Division II*. Hasil perhitungan menunjukkan diameter adsorber 1.8 ft dan tinggi total 15.06 ft dengan ketebalan dinding 0.5 inci serta berat vessel 2858.97 lb. Nilai *pressure drop* 5 psi menunjukkan kondisi operasi yang aman dan efisien. Adsorben memiliki densitas 40–44 lb/ft³ dan kapasitas penyerapan air 13% dari beratnya. Proses regenerasi dilakukan pada suhu 429 °F dengan kebutuhan energi panas 856,705 Btu atau 20.7 kW serta laju alir gas regenerasi 1042.1 lb/jam. Nilai *pressure drop* proses regenerasi 0.01 psi/ft menunjukkan proses regenerasi aman dan efisien. Secara keseluruhan, desain ini memenuhi spesifikasi teknis dan menunjukkan kinerja optimal dalam menghasilkan gas kering sesuai standar industri.

Kata kunci: gas alam, dehidrasi, *adsorber tower*, *molecular sieve*, regenerasi

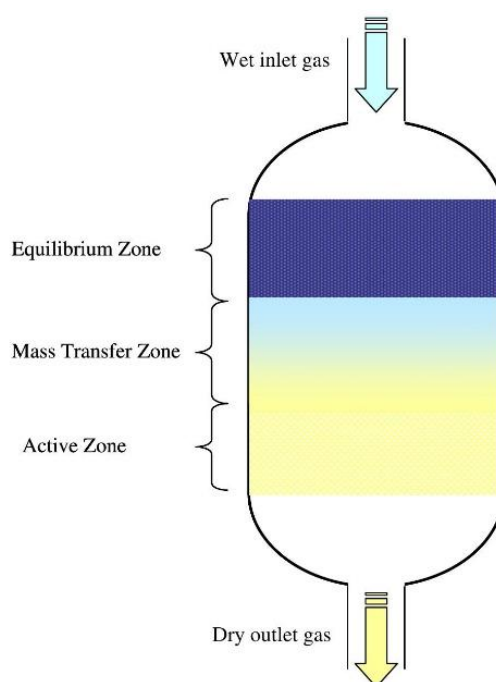
1. PENDAHULUAN

Gas alam memiliki fungsi yang penting secara domestik dan industri sebagai bahan baku produksi petrokimia di sektor hilir [1]. Gas alam adalah bahan bakar fosil yang terbentuk dari sisa-sisa makhluk hidup baik hewan maupun tumbuhan yang terkubur di dalam tanah di bawah tekanan dan suhu yang tinggi [2],[3]. Gas alam menjadi sumber energi ke-3 yang digunakan paling banyak di dunia berada tepat di bawah batu bara [4],[5]. Sebagian besar, gas alam mengandung beberapa kontaminan seperti air, yang dapat menyebabkan korosi hingga kerusakan selama proses distribusi [6].

Proses pengeringan atau penghilangan air dari gas penting diperlukan untuk mencegah masuknya air yang dapat membentuk hidrat dalam pipa gas sehingga mengalami penyumbatan, dan akibat lainnya yaitu korosi peralatan. Maka dari itu, dehidrasi merupakan tahap krusial dalam pengolahan gas untuk mencegah masalah tersebut dan memenuhi spesifikasi gas jual. Pra-rancangan *adsorber tower* berkapasitas 5 MMSCFD pada PT X ini menjadi penting untuk dilakukan guna memastikan gas yang dihasilkan memenuhi standar spesifikasi *sales gas* dan mencegah kerusakan peralatan. Dengan memompa gas kering, konsumsi energi spesifik berkurang, permeabilitas pipa gas meningkat, kebutuhan pemisah air berkurang, dan kedalaman pemasangan pipa gas di tanah dapat dikurangi. Kualitas bahan bakar meningkat karena gas kering mengeluarkan panas yang lebih banyak daripada gas basah. Gas dapat dikeringkan melalui adsorpsi (kering), absorpsi (basah), atau pendinginan gas. Contoh penyerap kelembaban padat termasuk soda kaustik, klorida kalsium, oksida aluminium aktif (seperti bauksit atau gel aluminium), gel silika, dan lainnya [7 - 9].

Proses pengeringan air terdapat 2 metode yang umum digunakan yaitu penyerapan oleh pengering cair dan padat. Dalam penyerapan oleh pengering padat atau dehidrasi adsorpsi, zat pengering padat digunakan untuk mengeluarkan uap air dari aliran gas. Zat pengering padat paling umum digunakan dalam proses ini adalah zat yang dapat diregenerasi, agar dapat berulang kali digunakan dalam siklus adsorpsi-desorpsi. Adapun 3 zona yang terdapat di proses adsorpsi ini digambarkan pada Gambar 1, yaitu:

- Equilibrium zone* atau zona jenuh, zona dimana adsorben telah jenuh dengan air.
- Mass transfer zone* atau zona transfer massa, zona dimana hampir seluruh transfer massa terjadi.
- Active zone* atau zona aktif, zona dimana adsorben memiliki kapasitas penuh untuk menyerap air dan hanya mengandung sisa air dari proses regenerasi.



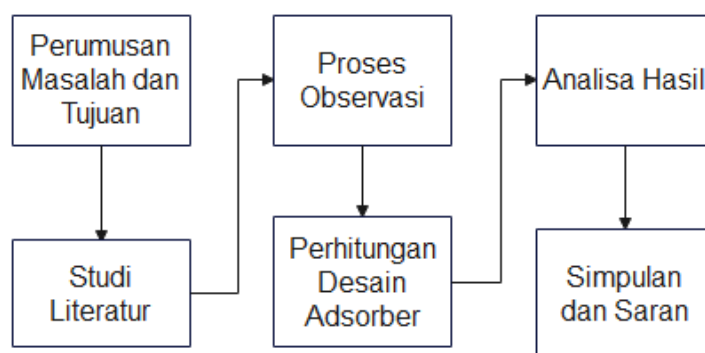
Gambar 1. Tiga Zona di Adsorber [10]

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas perancangan unit dehidrasi. Elendu dkk melakukan simulasi proses dehidrasi menggunakan TEG dan menemukan bahwa untuk mengurangi kandungan air 10 lb/mm scf ke 6-7 lb/mm scf membutuhkan 53 L/jam TEG [1]. Sementara itu penelitian lainnya yang menggunakan *molecular sieve*, Farag dkk membandingkan efisiensi antara *molecular sieve* 5A dan 13X, dan menyimpulkan bahwa *molecular sieve* 13X memiliki kapasitas adsorpsi dan perilaku adsorpsi yang lebih ideal dibandingkan 5A, dimana laju perpindahan massa dikendalikan oleh difusi pori dan kapasitas jenuh 13X lebih tinggi, sehingga memberikan efisiensi dehidrasi gas yang lebih baik [10]. Penelitian ini berfokus pada perancangan unit dehidrasi menggunakan *molecular sieve* tipe 4A dengan mengacu pada standar *Gas Processors Suppliers Association* (GPSA) Edisi ke-12. *Molecular sieve* tipe 4A dipilih karena memiliki ukuran pori yang paling optimal untuk mengadsorpsi molekul air tanpa menyerap hidrokarbon, serta mampu menurunkan kadar air hingga 0,1 ppmv (sekitar -150°F dew point). Dibandingkan dengan sistem TEG yang hanya mampu mencapai dew point sekitar -40°F , *molecular sieve* 4A dapat menghasilkan gas yang jauh lebih kering dengan risiko korosi dan pembentukan hidrat yang sangat rendah. Selain itu, *molecular sieve* 4A juga lebih stabil secara

termal, dapat diregenerasi berulang kali, dan tidak menimbulkan kehilangan gas seperti pada proses absorpsi cair. Dengan keunggulan tersebut, *molecular sieve* 4A merupakan material paling efektif untuk dehidrasi gas alam dibandingkan TEG maupun tipe *molecular sieve* lainnya seperti 3A, 5A, dan 13X, sesuai dengan rekomendasi GPSA [11].

2. METODE

Data PT X digunakan dalam jurnal ini yang terdiri karakteristik umpan, data operasi, dan spesifikasi produk yang diperlukan dalam melaksanakan tahapan prarancangan adsorber tower yang memiliki hasil dimensi *adsorber tower*, jenis adsorben, dan kebutuhan gas dalam proses regenerasi. Gambar 2 adalah rencana alur penelitian jurnal ini sebagai berikut.



Gambar 2. Rencana Alur Penelitian

3. PEMBAHASAN

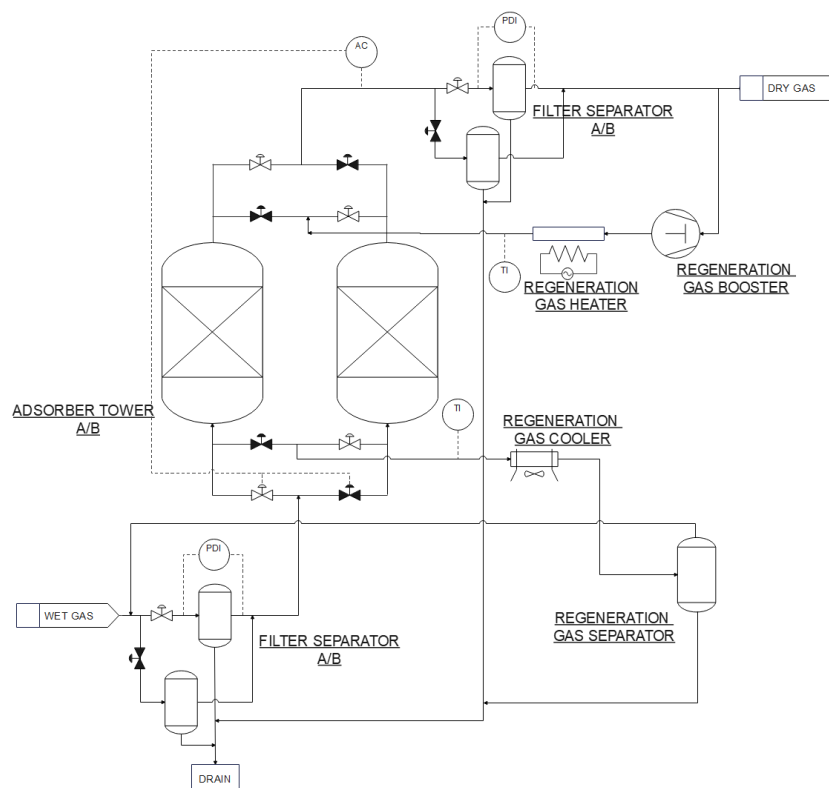
A. Analisis Data Proses

Dehydration Unit (DHU) merupakan salah satu unit penting dalam fasilitas pemrosesan gas alam yang berfungsi untuk menurunkan kadar uap air di dalam gas. Kandungan air yang berlebih dapat menimbulkan permasalahan krusial, seperti pembentukan hidrasi dan korosi pada peralatan [6]. Prinsip kerja yang digunakan menggunakan sistem adsorpsi dengan menyerap kandungan air menggunakan media adsorpsi [7 - 9]. Tabel 1 berikut komposisi umpan DHU dari PT X.

Tabel 1. Spesifikasi Umpan PT X

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Temperature</i>	96	°F
<i>Pressure</i>	689	psia
<i>Molar Flow</i>	5	MMSCFD
<i>Mass Flow</i>	4948.4	kg/jam
<i>Actual Volume Flow</i>	117.43	m ³ /h
<i>H₂O Content</i>	28	lb/mmscf

Berdasarkan komponen diketahui kandungan H_2O masih memiliki nilai 28 lb/mm scf. Oleh karena itu, DHU dirancang untuk memastikan bahwa gas yang keluar memiliki kandungan H_2O sesuai spesifikasi produk gas PT X yaitu 0.05 lb/mm scf. Adapun proses DHU dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



Gambar 3. Proses Dehidrasi Unit Menggunakan Adsorber Tower

Sebelum masuk adsorber, *wet gas* terlebih dahulu melewati filter separator untuk menghilangkan partikel padat dan cairan. Gas kemudian dialirkan ke adsorber aktif, tempat molekul air terserap oleh *molecular sieve*, sehingga keluar sebagai *dry gas*. Untuk menjaga kualitas, *dry gas* dilewatkan filter separator kedua, lalu sebagian kecilnya digunakan sebagai *regeneration gas*. Pada *outlet* adsorber terdapat *dew point analyzer*, jika nilai *dew point* naik di atas -150°F , aliran otomatis berpindah ke adsorber lain. Adsorber jenuh selanjutnya diregenerasi. Regeneration gas dipompa dengan *booster*, dipanaskan hingga $\pm 250^{\circ}\text{C}$ di *heater*, lalu dialirkan *counter current* ke dalam adsorber. Desorpsi dianggap selesai ketika suhu *outlet* $> 180^{\circ}\text{C}$, menandakan adsorben sudah kering. Uap air yang terlepas dipisahkan di separator, sementara gas kering didinginkan kembali dan dikembalikan ke aliran umpan DHU.

Adapun beberapa alat instrumentasi yang digunakan untuk memastikan *dry gas* sesuai spesifikasi PT X ($H_2O < 0.05 \text{ lb/MMSCF}$), operasi aman, efisien, dan bisa dikontrol otomatis. Berikut alat instrumentasi yang digunakan.

1. *Dew Point Analyzer Controller* (AC) dipasang di *outlet* adsorber untuk memantau kadar uap air dengan suhu -150°F . Jika *dew point* naik (adsorben jenuh), sistem otomatis mengalihkan aliran ke adsorber *standby* agar kualitas gas tetap terjaga.
2. *Temperature Indicator* (TI) di *outlet heater* memastikan suhu regenerasi terjaga $\pm 250^{\circ}\text{C}$. TI di *outlet* adsorber memverifikasi akhir regenerasi, di mana suhu $> 180^{\circ}\text{C}$ menandakan adsorben sudah kering dan siap operasi adsorpsi.

3. *Valve Normally Open (NO) & Normally Closed (NC)*, valve NO (putih) dan NC (hitam) mengatur aliran sesuai mode operasi adsorpsi atau regenerasi. Kombinasi keduanya memastikan pergantian siklus otomatis, mencegah *cross flow*, menjaga keselamatan, dan meningkatkan keandalan operasi.

Untuk memastikan gas alam dapat mengalir dengan baik agar dapat digunakan sebagai sumber energi utama, maka diperlukan pipa yang sesuai [1 - 5] . Berdasarkan kapasitas aliran aktual di PT X, dapat diketahui pipa yang digunakan memiliki diameter 2 inci. Pada diameter tersebut dapat dihitung nilai kecepatan alir yaitu 52.78 ft/s. Nilai ini sesuai kriteria pemilihan pipa gas yaitu maksimal kecepatan alir 60 ft/s untuk menghindari erosi pada pipa.

B. Penentuan Material dan Nozzle

Spesifikasi yang digunakan dalam penentuan material dari *ASME Sec VIII Div II*. Adapun kode yang digunakan untuk material *vessel* yaitu *SA 516 Grade 70*, sedangkan material *nozzle* yaitu *SA 105* [12]. Adapun *nozzle* aliran masuk dan keluar yang dipilih yaitu 3 inci dengan momentum 1408 lb/ft.s², sesuai dengan kriteria dimana momentum harus dibawah 2400 lb/ft.s² untuk inlet sedangkan 2500 lb/ft.s² untuk outlet. Kriteria ini digunakan untuk menghindari erosi dan aliran yang tidak merata.

C. Penentuan Adsorben

Media adsorpsi/adsorben yang digunakan yaitu *molecular sieve* UOP 4A-DG berbentuk extrudate dengan ukuran 1/8". Dibandingkan dengan jenis lainnya, *molecular sieve* ini memiliki Berdasarkan *GPSA Engineering Data Book* jenis ini paling sesuai karena dapat mengurangi kadar H₂O hingga 0.1 ppm. Nilai ini sudah memenuhi spesifikasi H₂O < 0.05 lb/MMSCF. Tabel 2 berikut spesifikasi adsorben.

Tabel 2. Spesifikasi *Molecular Sieve* UOP 4A-DG [11]

Parameter	Nilai	Satuan
<i>Type</i>	Extrudate	
<i>Bulk Density</i>	40-44	lb/ft ³
<i>Heat Capacity</i>	0.24	Btu/lb°F
<i>B, constant (function of particles type)</i>	0.072200	
<i>C, constant (function of particles type)</i>	0.000124	
<i>Z</i>	1.7	ft/s

D. Penentuan Dimensi

Untuk menentukan dimensi agar volume *adsorber tower* cukup dengan laju alir umpan, perlu diketahui nilai laju alir dengan persamaan berikut.

$$q = \frac{m}{60\rho} \quad (1)$$

Diketahui laju alir didapatkan 78.58 ft³/menit. Untuk penentuan dimensi selanjutnya diperlukan nilai *pressure drop* untuk menilai *superficial velocity* (V). Berikut persamaannya.

$$\frac{\Delta P}{L} = B\mu V + C\rho V^2 \quad (2)$$

Bila diketahui *adsorber tower* memiliki *pressure drop* per panjang *packed* ($\Delta P/L$) maksimal sebesar 0.33 psi [11]. Dari persamaan (2) didapatkan nilai $\Delta P/L$ yaitu 0.33 psi/ft dengan nilai V maksimum yaitu 30.91 ft/menit. Untuk mencapai nilai V maksimum, diperlukan penentuan nilai diameter minimum menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$D_{\text{minimum}} = \left(\frac{4q}{\pi V_{\text{max}}} \right)^{0.5} \quad (3)$$

Diketahui D_{minimum} didapatkan 1.8 ft. Berdasarkan *GPSA Engineering Data Book* dan data proses didapatkan nilai C_{ss} (faktor koreksi saturasi untuk adsorben) yaitu 0.85, dan C_T (faktor koreksi suhu) yaitu 0.94 [11]. Untuk menentukan kebutuhan berat adsorben yang dibutuhkan di zona jenuh menggunakan persamaan berikut.

$$S_s = \frac{W_r}{(0.13)(C_{ss})(C_T)} \quad (4)$$

Diketahui berat adsorben yang dibutuhkan di zona jenuh yaitu 679.13 lb. Selanjutnya di buku yang sama disebutkan persentase *heating time* dalam regenerasi sebanyak 60%, kapasitas adsorben untuk menyerap air sebanyak 13% dari beratnya, dan waktu proses adsorpsi dalam 1 hari yaitu 12 jam [11]. Proses utama dehidrasi berlangsung melalui 2 zona penting yaitu jenuh dan transfer massa [10]. Dari data-data tersebut dapat dihitung panjang *packed* di zona jenuh dan panjang zona tranfer massa untuk mengetahui total tinggi *adsorber tower* menggunakan persamaan-persamaan berikut.

$$L_s = \frac{(S_s)(4)}{\pi(D^2)(\text{bulk density})} \quad (5)$$

$$L_{MTZ} = \left(\frac{V_{\text{adjusted}}}{35} \right)^{0.3} (Z) \quad (6)$$

Diketahui panjang *packed* di zona jenuh (L_s) yaitu 6.07 ft dan panjang zona tranfer massa (L_{MTZ}) yaitu 1.64 ft. Sehingga dapat ditotal tinggi *adsorber tower* yaitu 7.7 ft. Berdasarkan *GPSA Engineering Data Book* diketahui *adsorber tower* harus memiliki *pressure drop* sebesar 5-8 psi [11]. Sehingga dibutuhkan *free space* dengan ketinggian 7.36 ft dengan *pressure drop* 5 psi. Dengan demikian total tinggi *adsorber tower* yaitu 15.06 ft. Angka ini sesuai dengan spesifikasi *GPSA Engineering Data Book* dimana total tinggi *adsorber tower* harus melebihi diameter. Adapun penentuan ketebalan *vessel* dan berat *vessel* dapat ditentukan dengan persamaan (7) dan (8) yang didasari dari spesifikasi *ASME Sec VIII SA516 Grade 70* sebagai berikut.

$$t(\text{inches}) = \frac{(12D_{\text{bed}}P_{\text{design}})}{2 \times 18800 - 1.2P_{\text{design}}} \quad (7)$$

$$\text{Weight of steel (lb)} = 155(t + 0.125)(L_s + L_{MTZ} + 0.75D_{\text{bed}} + 3)D_{\text{bed}} \quad (8)$$

Apabila diasumsikan *corrosion allowance* sebesar 0.125 inci, 0.75 D_{bed} berat *head* pada tower, efisiensi *welded-joint* yaitu 1, dan jarak antara *space inlet distributor*, *support*, dan *hold-down balls* yaitu 3 [11]. Hasil yang didapatkan ketebalan *vessel*-nya yaitu 0.5 inci. Sedangkan berat *vessel* yaitu 2854.85 lb. Dengan demikian, berdasarkan hasil perhitungan dan analisis dimensi diperoleh sejumlah parameter utama. Nilai-nilai ini mencakup diameter, tinggi total

vessel, ketebalan dinding, dan berat vessel. Tabel 3 berikut rangkuman hasil perhitungan dimensi *adsorber tower*.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Dimensi *Adsorber Tower*

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
Laju alir	q	78.58	ft ³ /menit	
<i>Superficial velocity</i>	V	30.91	ft/menit	
<i>Pressure drop</i> per panjang <i>packed</i>	$\Delta P/L$	0.33	psi/ft	Sesuai spesifikasi maks 0.33 psi/ft
Diameter	D	1.8	ft	
Faktor koreksi jenuh	C _{SS}	0.85		
Faktor koreksi suhu	C _T	0.94		
Jumlah mol adsorben yang dibutuhkan pada zona jenuh	Ss	679.13	lb	
Panjang <i>packed</i> pada zona jenuh	Ls	6.07	ft	
Panjang zona perpindahan massa	L _{MTZ}	1.64	ft	
Ruang kosong atas dan bawah <i>packed</i>		7.36	ft	
Total tinggi	L	15.06	ft	Sesuai spesifikasi L>D
<i>Pressure drop</i>	ΔP	5	psi	Sesuai spesifikasi 5-8 psi

E. Penentuan Proses Regenerasi

Berdasarkan *GPSA Engineering Data Book* untuk proses regenerasi harus direntang 375-600°F [11]. Suhu regenerasi yang digunakan yaitu 429°F. Maka diperlukan energi panas yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$Q_{st} = (lb \text{ of steel}) \left(\frac{0.12 \text{ Btu}}{lb^{\circ}F} \right) (T_{rg} - T_i) \quad (9)$$

Dengan nilai *heat capacity* material yaitu 0.122 Btu/(lb°F) [11], didapatkan energi panas yang diperlukan sampai suhu regenerasi mencapai 429°F yaitu 115802.21 Btu. Adapun kehilangan panas dalam proses regenerasi dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{hl} = (Q_w + Q_{si} + Q_{st})(0.10) \quad (10)$$

Didapatkan kehilangan panas dalam proses regenerasi yaitu 31152.9 Btu. Dengan demikian didapatkan total energi panas regenerasi menggunakan persamaan berikut.

$$Q_{tr} = (2.5)(Q_w + Q_{si} + Q_{st} + Q_{hl}) \quad (11)$$

Didapatkan total energi panas regenerasi yaitu 856705 Btu atau 71392 Btu/jam. Maka diperlukan power sebesar 20.7 kW.

Untuk mencapai energi panas yang sudah didapatkan maka diperlukan laju alir gas regen yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$m_{rg} = Q_{tr} / (C_p(T_{hot} + T_b)(\text{heating time})) \quad (12)$$

Berdasarkan perhitungan sebelumnya dapat diketahui *heat capacity* gas regen yaitu 0.4699 Btu/(lb°F). Didapatkan laju alir gas regen yaitu 1042.1 lb/jam. Dengan demikian aliran outlet *adsorber tower* di-split dengan laju alir 1042.1 lb/jam untuk kebutuhan proses regenerasi. Adapun ditentukan juga *pressure drop* per panjang *packed bed* dalam proses regenerasi menggunakan persamaan (2) dengan nilai 0.01 psi/ft. Nilai ini tergolong aman karena nilai maksimal yaitu 0.01 psi/ft [11].

Dengan demikian, berdasarkan hasil perhitungan dan analisis proses regenerasi yang mengacu pada *GPSA Engineering Data Book* diperoleh sejumlah parameter utama. Nilai-nilai ini mencakup suhu proses regenerasi, beban panas yang dibutuhkan, dan gas yang dibutuhkan dalam proses regenerasi. Tabel 4 berikut rangkuman hasil perhitungan proses regenerasi *adsorber tower*.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Proses Regenerasi Adsorber Tower

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Keterangan
Suhu regenerasi	Trg	429	°F	Sesuai spesifikasi 375-600°F
Heat loss	Q _{hl}	31152.9	Btu	
Beban panas desorpsi air	Q _w	126973.53	Btu	Sesuai spesifikasi maks 0.33 psi/ft
Beban panas untuk memanaskan adsorben hingga suhu regenerasi	Q _{si}	68753.22	Btu	
Total beban panas regenerasi	Q _{tr}	856,71	Btu	
Massa alir gas regen	m _{rg}	1042.1	lb/hr	
Pressure drop per panjang packed	ΔP/L	0.01	psi/ft	Sesuai spesifikasi maks 0.01 psi/ft

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang mengacu pada *GPSA Engineering Data Book* serta standar *ASME Section VIII Division II*, diperoleh bahwa *adsorber tower* pada *Dehydration Unit* (DHU) mampu menurunkan kadar uap air dalam gas dari 28 lb/MMSCF menjadi sesuai spesifikasi yaitu di bawah 0.05 lb/MMSCF. Adsorben yang digunakan yaitu *molecular sieve* UOP 4A-DG berukuran 1/8" paling efektif dengan kapasitas penyerapan air mencapai 13% dari beratnya. Dari hasil perhitungan, diperoleh diameter *adsorber* sebesar 1.8 ft dan total tinggi *tower* 15.06 ft dengan ketebalan dinding 0.5 inci serta berat *vessel* 2858.97 lb. Adapun *pressure drop* total yaitu 5 psi. Proses regenerasi berlangsung pada suhu 429 °F dengan kebutuhan energi panas total sebesar 856705 Btu atau setara 20.7 kW dan laju alir gas regenerasi 1042.1 lb/jam. Adapun *pressure drop* per *length* dalam proses regenerasi 0.01 psi/ft yang mana nilai ini tergolong aman. Secara keseluruhan, desain ini menunjukkan kinerja yang efisien, aman, dan sesuai dengan spesifikasi standar industri proses gas alam.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. C. Chimezie *et al.*, “Natural Gas Dehydration with Triethylene Glycol (TEG),” *European Scientific Journal*, vol. 11, no. 30, pp. 1–11, 2015.
- [2] X. Zhang *et al.*, “Performance Evaluation of the Glycol Dehydration Process in the Central Sichuan Gas Field,” *Energy*, vol. 122, pp. 345–365, 2017.
- [3] C. O. Wosu, A. A. Wordu, and E. M. Ezech, “Mechanical Design of an Industrial Absorber and Regenerator in a Triethylene Glycol Dehydration Plant,” *International Journal of Recent Engineering Science*, vol. 10, no. 5, pp. 64–71, 2023.
- [4] O. W. Chimene, M. E. Ezech, and P. U. Eruni, “Design and Performance Analysis of an Industrial Triethylene Glycol Recovery Regenerator of a Dehydration Process,” *International Journal of Recent Engineering Science*, vol. 10, no. 5, pp. 39–48, 2023.
- [5] E. C. Onyegbado, E. M. Ezech, and O. Okeke, “Application of Computational Fluid Dynamics to the Design of Absorber Tube of a Solar Power Plant,” *International Journal of Current Research*, vol. 1, no. 1, pp. 104–109, 2016.
- [6] W. C. Omeke and E. E. Mbamalu, “Design and Optimization of Glycol-Based Natural Gas Dehydration Plant,” *SSRG International Journal of Recent Engineering Science*, vol. 11, no. 1, p. 8, 2024.
- [7] A. Murodov, S. Khabibullaev, N. Makhmudov, T. Daminov, and A. Karshiyev, “Creation of Technology for Desalination of Saturated Diethylene Glycol Substance in East Berdak Gas Complex Preparation Plant,” *E3S Web of Conferences*, vol. 434, 02026, 2023.
- [8] R. Baltabaev, M. Eshmukhamedov, A. Abidov, and S. Rashidov, “Influence Study of Thermostabilizers on the Properties of Cellulose Triacetates,” *E3S Web of Conferences*, vol. 434, 01038, 2023.
- [9] M. Umarova, E. Egamberdiyev, and O. Maksumova, “Study of Resource-Saving Viscosity Modifiers of Used Oils,” *E3S Web of Conferences*, vol. 401, 05087, 2023.
- [10] H. A. A. Farag, M. M. Ezzat, H. Amer, and A. W. Nashed, “Natural gas dehydration by desiccant materials,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 50, no. 4, pp. 365–373, 2011.
- [11] Gas Processors Suppliers Association, *GPSA Engineering Data Book*, 12th ed. Tulsa: GPSA, 2004.
- [12] American Society of Mechanical Engineers, *ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII: Rules for Construction of Pressure Vessels, Division 2*, Latest ed. New York: ASME, 2023.

Daftar Simbol

q	=	Laju alir, ft ³ /menit
m	=	Massa alir gas umpan, lb/s
ρ	=	Massa jenis, lb/ft ³
ΔP	=	Pressure drop, psi
L	=	Panjang, ft
μ	=	Viskositas, cP
B	=	Konstanta
C	=	Konstanta
V	=	Kecepatan, ft/menit
W_r	=	Berat air yang dihilangkan pesiklus, lb
C_{ss}	=	Faktor koreksi jenuh
C_T	=	Faktor koreksi suhu
S_s	=	Jumlah mol adsorben yang dibutuhkan pada zona jenuh, lb
L_s	=	Panjang packed pada zona jenuh, ft
$LMTZ$	=	Panjang zona perpindahan massa, ft
Z	=	Konstanta, ft
D	=	Diameter, ft
P_{design}	=	Tekanan desain (110% dari tekanan operasi), psig
m_{steel}	=	Berat material, lb
t	=	Tebal material, inci
Q_{st}	=	Beban panas untuk memanaskan vessel hingga suhu regenerasi, Btu
T_{rg}	=	Suhu regenerasi, °F

T_i	=	Suhu umpan, °F
Q_{hl}	=	Heat loss, Btu
Q_w	=	Beban panas desorpsi air, Btu
Q_{si}	=	Beban panas untuk memanaskan adsorben hingga suhu regenerasi, Btu
Q_{tr}	=	Total beban panas regenerasi, Btu
C_p	=	Kapasitas panas, Btu/lb °F
T_{hot}	=	Temperature Operasi lebih dari 50°F, °F
T_b	=	Temperature, °F
m_{rg}	=	Massa alir gas regen, lb/hr