

Simulasi Pengaruh *Mass Flow Gas* terhadap Efisiensi di *Column Teg Contactor* Pada Rangkaian *Dehydration Unit*

Eka Megawati^{1*}, Meita Rezki Vegatama², Mohammad Zulfikar Parman³, I Ketut Warsa⁴, Junety Monde⁵, Rosalia Sira Sarungallo⁶

^{1,2,3,4,5}Pengolahan Minyak dan Gas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas

⁶Teknik Kimia, Universitas Kristen Indonesia Paulus

*E-mail: ekamegawati89@yahoo.com

Abstract

Efficiency is one of the important parameters in thermodynamics to measure how well a process or energy conversion takes place. Calculation of efficiency at maximum load is done based on each sample that has been analyzed. This maximum load refers to the highest electricity demand that occurs in a certain period, generally for 15 minutes, 30 minutes, or in some cases up to 60 minutes. This study aims to measure the efficiency of the turbine at PT. X Unit 3 PLTU with a capacity of 1×60 MW at maximum load conditions using the regenerative ideal Rankine cycle approach. The methods used include manual calculations and data processing using Microsoft Excel. Based on data analysis from four samples, the results obtained Sample 1, with a generator load of 54.04 MW, showed a turbine efficiency of 83.76%; Sample 2, with a generator load of 58.77 MW, showed a turbine efficiency of 85.56%; Sample 3, with a generator load of 55.91 MW, showed a turbine efficiency of 84.82%; Sample 4, with a generator load of 58.03 MW, shows a turbine efficiency of 86.56%. This result provides an overview of the turbine performance at various maximum load levels.

Keywords: *Turbine Efficiency, Maximum Load, Ideal Rankine Cycle regenerative*

Abstrak

Efisiensi merupakan salah satu parameter penting dalam termodinamika untuk mengukur seberapa baik suatu proses atau konversi energi berlangsung. Perhitungan efisiensi pada beban maksimum dilakukan berdasarkan masing-masing sampel yang telah dianalisis. Beban maksimum ini merujuk pada kebutuhan listrik tertinggi yang terjadi dalam periode tertentu, umumnya selama 15 menit, 30 menit, atau dalam beberapa kasus hingga 60 menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efisiensi turbin di PLTU PT. X Unit 3 dengan kapasitas 1×60 MW pada kondisi beban maksimum menggunakan pendekatan siklus Rankine ideal regeneratif. Metode yang digunakan meliputi perhitungan manual dan pengolahan data menggunakan Microsoft Excel. Berdasarkan analisis data dari empat sampel, diperoleh hasil Sampel 1, dengan beban generator sebesar 54,04 MW, menunjukkan efisiensi turbin sebesar 83,76%; Sampel 2, dengan beban generator sebesar 58,77 MW, menunjukkan efisiensi turbin sebesar 85,56%; Sampel 3, dengan beban generator sebesar 55,91 MW, menunjukkan efisiensi turbin sebesar 84,82%; Sampel 4, dengan beban generator sebesar 58,03 MW, menunjukkan efisiensi turbin sebesar 86,56%. Hasil ini memberikan gambaran mengenai performa turbin pada berbagai tingkat beban maksimum.

Kata kunci: Efisiensi Turbin, Beban maksimal, Siklus *Rankine ideal regenerative*

PENDAHULUAN

Konsumsi energi setiap hari terus meningkat seiring bertambahnya kebutuhan hidup manusia. Hingga saat ini, sebagian besar energi yang digunakan masih bergantung pada sumber daya fosil. Sumber energi fosil dapat diperoleh langsung dari alam, seperti ladang minyak, ladang gas bumi, atau tambang batu bara. Sementara itu, energi non-fosil atau organik bisa dihasilkan dari pengolahan limbah, termasuk sampah akhir dan kotoran makhluk hidup seperti manusia atau hewan. Energi yang berasal dari proses ini dikenal dengan istilah biogas (Rohman & Nuryosuwito, 2021). Pemanfaatan biogas hingga saat ini masih terbatas jika dibandingkan dengan penggunaan energi berbasis fosil (Triyatno, 2018).

Gas alam, yang juga dikenal sebagai gas bumi atau gas rawa, adalah jenis bahan bakar fosil dalam bentuk gas yang sebagian besar mengandung metana (CH_4) (Akbar, 2010). Gas alam terdiri dari molekul hidrokarbon dengan rantai paling pendek dan massa paling ringan. Selain itu, gas alam juga mengandung hidrokarbon yang lebih berat seperti etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), dan butana (C_4H_{10}), serta gas-gas lain seperti sulfur (belerang) dan helium (Fenanda et al., 2021).

Pada awalnya gas alam seringkali ditemukan di ladang minyak atau gas alam yang didapat dari dalam sumur di bawah bumi dan biasanya bergabung bersama minyak bumi. Gas ini disebut sebagai *associated gas* (Fatimura & Fitriyanti, 2018). Selain itu, gas alam juga ditemukan dalam bentuk ladang gas bumi yang terpisah dari minyak bumi dan disebut sebagai non-associated gas. *Non associated gas* biasa disebut sebagai gas kering (*dry gas*) maupun *gas-well*. Pada jenis *reservoir* seperti gas kondensat, tekanan dan temperatur yang tinggi menyebabkan fluida yang mengalir memiliki tekanan tinggi. Dahulu, gas-gas ini dibuang dengan cara dibakar karena dianggap tidak memiliki nilai ekonomi dan bahkan dianggap sebagai pengotor (*impurities*) dalam proses pengolahan minyak bumi. Namun, setelah diketahui bahwa gas alam mengandung metana (CH_4) sebagai komponen utama senyawa hidrokarbon paling ringan dengan rantai terpendek yang berasal dari minyak bumi potensinya mulai dihargai. Pemanfaatan gas alam secara komersial dimulai pada tahun 1914 di West Virginia, Amerika Serikat. Gas alam yang dihasilkan bersama minyak bumi, dikenal sebagai *associated gas*, dipisahkan di *casinghead* atau *wellhead*. Dari proses pengolahan *associated gas* ini, diperoleh tiga jenis produk utama, yaitu *casinghead gas*, *oil well gas* dan *dissolved gas*.

Proses dehidrasi gas adalah metode yang digunakan untuk menghapus kandungan uap air dari gas alam yang dihasilkan dari sumur (Kurniawan, 2019). Uap air dalam gas harus dihilangkan untuk memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh pembeli. Jika gas yang dihasilkan mengandung uap air melebihi batas yang disyaratkan, maka proses pengeringan gas harus dilakukan sebelum dijual sebagai bahan bakar dan didistribusikan ke konsumen. *Dehydration unit (DHU)* adalah perangkat yang digunakan untuk mengurangi kandungan uap air dalam gas. Pada beberapa jenis reservoir, kandungan uap air yang tinggi dapat menimbulkan berbagai masalah, terutama selama proses penjualan. Oleh karena itu, keberadaan *dehydration unit* sangat penting dalam proses pemurnian gas (Jafar, 2016).

Gas alam sebelum dijual ke pelanggan harus dilakukan *treatment* terlebih dahulu untuk menghilangkan zat – zat pengotor (*impurities*), salah satu zat pengotor yang harus dihilangkan adalah kandungan air (H_2O) yang ada di dalam gas. Salah proses penghilang kandungan air dalam gas adalah dengan cara *dehydration*. Dimana *dehydration* dilakukan menggunakan *Column Triethylene Glycol (TEG) Contactor* dalam proses produksi. Dalam data sebelumnya, penulis memperoleh nilai efisiensi sebesar 65%, oleh karena itu dilakukan optimasi dengan menaikkan *mass flow gas* secara bertahap melalui metode Trial&Error, dengan harapan dapat meningkatkan nilai efisiensi.

TEG juga bisa disebut *Triglycol* adalah cairan kental yang tidak berwarna, tidak berbau, transparan, memiliki volatilitas rendah, dan larut dalam air. TEG memiliki rumus molekul ($C_6H_{14}O_4$). Pada kondisi normal, ada bau yang terdeteksi, namun pada kondisi konsentrasi vapor yang tinggi, akan sedikit tercium bau manis. *Trietilen glikol (TEG)* memiliki karakteristik yang mirip dengan jenis glikol lainnya. Dalam dunia industri, TEG memiliki berbagai kegunaan, salah satunya sebagai *desiccant* dalam proses dehidrasi gas alam. Hal ini disebabkan oleh sifat higroskopis TEG, yaitu kemampuannya menyerap uap air.

Glycol Contactor adalah bejana vertikal yang digunakan dalam proses penyerapan uap air dari gas. Alat ini menggunakan tray jenis *bubble cap* sebagai media kontak langsung antara gas dan glikol, memungkinkan proses penyerapan uap air berlangsung secara efisien, gas dialirkan melalui bagian bawah sisi samping dari kontaktor dan naik keatas melewati *bubble cup tray*, sedangkan untuk *glycol* sendiri dialirkan dari atas sisi samping kontaktor dan turun dari tray ke tray melewati *Down Commer* (Ihsan, 2022). Pada bagian atas bejana vertikal dipasang *Mist Extractor* yang

berfungsi untuk menyaring butiran butiran *glycol* yang terikut dialiran gas, sehingga mengurangi faktor *glycol loss* di dalam *Contactor*. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengoptimalan alat melalui Simulasi Pengaruh *Mass Flow Gas* terhadap efisiensi di *Column Teg Contactor* Pada Rangkaian *Dehydration Unit*.

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Selama penelitian data yang digunakan pada penelitian bersumber dari:

1. Data Desain Column TEG Contactor (SNO -V- 3102)
2. Data Actual Operasi Column TEG Contactor (SNO -V- 3102)

Metode Perhitungan

Metode perhitungan untuk menaikkan efisiensi Column TEG Contactor, yaitu:

1. Menaikkan *mass flow gas* menggunakan metode Trial&Error dari data aktual
2. Menaikkan *mass flow gas* yang masuk sebesar 4,500 MMcf/d dari sebelumnya sebanyak tiga kali perhitungan Trial&Error

Tahapan Perhitungan

Langkah dalam metodologi perhitungan Optimasi *Column TEG Contactor Dehydration Unit* dengan menaikkan *mass flow gas* dengan melakukan Trial&Error dengan menggunakan data aktual dari lapangan.

- a. Menentukan aliran massa moisture yang masuk ke Column TEG Contactor

$$\text{Aliran massa moisture inlet} = MI \times MFGI \quad (1)$$

Dimana :

MI = Moisture Inlet (lb/MMcf)

MFGI = Mass Flow Gas Inlet (MMcf/d)

- b. Menentukan aliran massa moisture yang keluar dari Column TEG Contactor

$$\text{Aliran massa moisture outlet} = MO \times MFGO \quad (2)$$

Dimana :

MO = Moisture Out (lb/MMcf)

MFGO = Mass Flow Gas Out (MMcf/d)

- c. Menentukan massa moisture yang terserap di Column TEG Contactor

$$\text{Massa moisture yang terserap} = M_i - M_o \quad (3)$$

Dimana :

M_i = Massa Inlet (lb/d)

M_o = Massa Out (lb/d)

- d. Menentukan efisiensi penyerapan moisture

$$\text{Efisiensi penyerapan} = \frac{MT}{M_i} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

MT = Massa Yang Terserap (lb/d)

M_i = Massa Inlet (lb/d)

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data desain dan data aktual komponen moisture dan mass flow gas yang masuk dan keluar dari Column TEG Contactor ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Desain Komponen *Moisture* dan *Mass Flow Gas*

Komponen	Inlet	Outlet
Moisture (lb/MMcf)	37,3823	1,5650
Mass Flow Gas (MMcf/d)	331,005	329,397

Tabel 2. Data aktual Komponen *Moisture* dan *Mass Flow Gas*

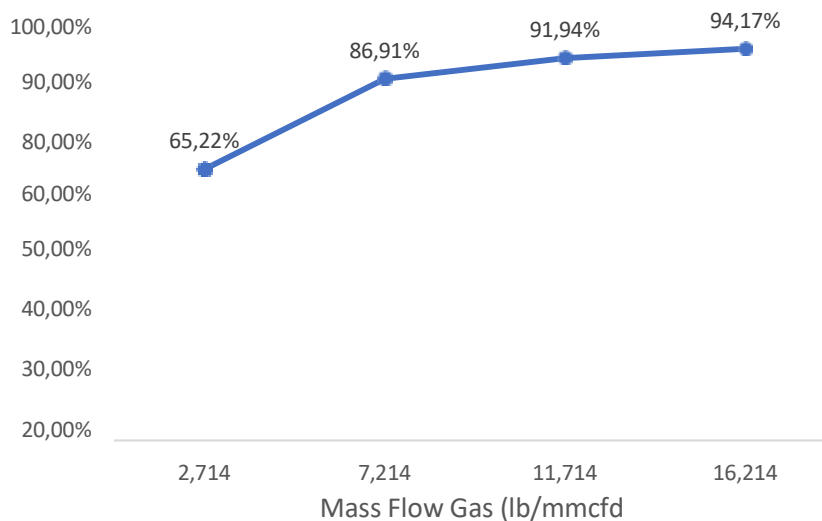
Komponen	Inlet	Outlet
Moisture (lb/MMcf)	11,7325	4,0875
Mass Flow Gas (MMcf/d)	2,7140	2,7086

Kenaikan secara berkala nilai efisiensi berdasarkan kenaikan mass flow gas ini di sebabkan oleh aliran masuk gas yang naik dan nilai moisture yang tetap, data hasil perhitungan Trial&Error dapat dilihat pada Tabel 3 dan grafik hasil perhitungan optimasi dapat dilihat pada Gambar 1 :

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan

NO	Mass Flow Gas (MMcf/d)	Efisiensi (%)
1	2,7140	65,22
2	7,2140	86,91
3	11,7140	91,94
4	16,2140	94,17

Kenaikan secara berkala nilai efisiensi berdasarkan kenaikan mass flow gas ini disebabkan oleh aliran masuk gas yang naik dan nilai moisture yang tetap, data hasil perhitungan Trial&Error dapat dilihat pada Tabel 6 dan grafik hasil perhitungan optimasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hasil Perhitungan Optimasi

Pada perhitungan Trial&Error pertama dengan menaikkan mass flow gas 4,500 MMcf/d dari sebelumnya sebesar 2,7140 MMcf/d menjadi 7,2140 MMcf/d mendapatkan efisiensi 86,91% yang dimana sebelumnya efisiensi yang didapatkan sebesar 65,22%, pada perhitungan Trial&Error kedua dengan menaikkan mass flow gas 4,500 MMcf/d dari sebelumnya sebesar 7,2140 MMcf/d menjadi 11,7140 MMcf/d mendapatkan efisiensi 91,94% yang dimana sebelumnya efisiensi yang didapatkan sebesar 86,91%, dan pada perhitungan Trial&Error ketiga dengan menaikkan mass flow gas 4,500 MMcf/d dari sebelumnya sebesar 11,7140 MMcf/d menjadi 16,2140 MMcf/d mendapatkan efisiensi 94,17% yang dimana sebelumnya efisiensi yang didapatkan sebesar 91,94%,

Pada perhitungan *Trial&Error* dengan menaikkan *mass flow gas* sebesar 4,500 MMcf/d sebanyak tiga kali perhitungan *Trial&error* agar untuk mengetahui efisiensi yang diperoleh disetiap kenaikan *mass flow gas* tersebut sampai mendapatkan efisiensi yang optimum, sehingga diperoleh hasil perhitungan *Trial&Error* ketiga yang optimum sebesar 94,17% atau mendekati efisiensi data desain yang sebesar 95,83% dengan mass flow gas 16,2140 MMcf/d. Semakin besar *mass flow gas* yang masuk kedalam column TEG *contactor* maka semakin meningkat juga

efisiensi yang diperoleh dikarenakan adanya penambahan mass flow gas yang masuk ke column TEG contactor sehingga mempengaruhi proses absorpsi H₂O didalam kandungan gas menggunakan Triethylene Glycol (TEG) (Maulizar et al., 2023).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Paymoon, maka diperoleh hasil efisiensi TEG *still column* adalah sebesar 60%. Hasil optimasi yang penulis lakukan dengan mencapai angka efisiensi 95,44% telah memenuhi syarat efisiensi data desain, dan melebihi nilai yang di peroleh Paymoon et al, 2011 pada penelitiannya (Paymoon et al., 2011).

KESIMPULAN

Setelah dilakukan Optimasi Column TEG Contactor pada PT. X dengan kenaikan mass flow gas sebesar 4,500 MMcf/d dengan cara Trial&Error sebanyak tiga kali maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kenaikan mass flow gas berpengaruh terhadap nilai efisiensi Column TEG Contactor SNO-V-3102, semakin dinaikan *mass flow* gasnya maka efisiensinya juga semakin meningkat.
2. Pada mass flow gas 20,7140 MMcf/d mendapatkan efisiensi 95,44%, yang dimana efisiensi ini mendekati efisiensi data desain Column TEG Contactor SNO -V- 3102 yang sebesar 95,83%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan hingga artikel ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, T. H. (2010). Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas Dengan Menggunakan Sensor Gas Figarro TGS 2610 Berbasis Mikrokontroler AT89S52. *eJournal Gunadarma University*, 021.
- Fatimura, M., & Fitriyanti, R. (2018). Penanganan Gas Asam (Sour Gas) Yang Terkandung Dalam Gas Alam Menjadi Sweetening Gas. *Jurnal Redoks*, 3(2), 55-67.
- Fenanda, D. A., Farid, I. W., & Priananda, C. W. (2021). Kontrol Flow Gas pada Pengembangan Sistem Distribusi Gas Rumah Tangga Menggunakan PLC dan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Teknik ITS*, 10(2).
- Ihsan, M. (2022). Optimization of Flow Rate TEG (Triethylene Glycol) in Absorbing Water Levels in Glycol Contactor (V-5400) With ASPEN HYSYS Simulation. *Journal La Multiapp*, 3(1), 25-31.

- Jafar, N. (2016). Analisis Glycol Pada Proses Dehydration Gas Stasiun G-8 Aset Tarakan Provinsi Kalimantan Utara. *Jurnal Geomine*, 4(2), 274055.
- Kurniawan, F. T. (2019). Spesifikasi Dan Kualifikasi Gas Di Central Processing Plant “FTK” PT.PERTAMINA EP Asset 4 Untuk Memenuhi Kebutuhan Pltu Tambak Lorok. *In Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* (p. 7).
- Maulizar, A. R., Putra, A., & Yunus, M. (2023). Optimasi Laju Alir Tri-Ethylene Glycol terhadap Efisiensi Penyerapan Air pada Kolom Absorpsi Di PT. Pertamina Hulu Energi. *Jurnal Teknologi*, 23(1), 7-12.
- Paymooni, K., Rahimpour, M. R., Raeissi, S., Abbasi, M., & Baktash, M. S. (2011). Enhancement in triethylene glycol (TEG) purity via hydrocarbon solvent injection to a TEG + water system in a batch distillation column. *Energy and Fuels*, 25(11), 5126-5137.
- Rhohman, F., & Nuryosuwito, N. (2021). Analisa Matematis Hasil Biogas Dari Sampah Sayuran Berdasarkan Perbedaan Jumlah Bahan. *Jurnal Mesin Nusantara*, 4(2), 84-89.
- Triyatno, J. (2018). Perbandingan Penggunaan Gas Alam Terhadap Lpg Dalam Memenuhi Kebutuhan Rumah Tangga Di Bontang. *AL ULUM: Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(1), 14-20.