

Optimasi Kinerja *Fuel Gas Booster Compressor* (K-750X B) dalam Menyediakan Bahan Bakar Bertekanan Tinggi di Unit 75 PT. X dengan Simulasi Hysys

Nurraiyah*, Muhammad Sami, Elfiana

Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe

24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

*E-mail: nurraiyah72@gmail.com

Abstract

Article history:

Received: 25-01-2025

Accepted: 22-02-2025

Published: 07-04-2025

Keywords:

aspen Hysys,

dehydration unit,

Fuel Gas Booster Compressor,

high-pressure fuel,

performance optimization.

Fuel Gas Booster Compressors play a critical role in process industries by increasing the pressure of fuel gas from low to high levels to meet operational requirements. This study aims to optimize the performance of the *Fuel Gas Booster Compressor* (K-750X B) at Unit 75 PT. X using Aspen HYSYS simulation. Optimization is conducted by analyzing the effects of operational parameters, including flow rate, pressure, and feed gas temperature from the dehydration unit, on compressor performance. The research methodology involves collecting actual operational data from the Distributed Control System (DCS) and field measurements, simulating the process using Aspen HYSYS, and validating simulation results with real operational data. The simulation results indicate significant discrepancies between actual and theoretical operating conditions, particularly in terms of flow rate, pressure, and temperature. The actual flow rate was found to be 2.125 m³/s, significantly lower than the theoretical 5.616 m³/s. Additionally, the feed suction and discharge temperature and pressure exhibited declines, impacting the compressor's efficiency. This study confirms that simulation-based optimization provides valuable insights into improving the operational efficiency of *Fuel Gas Booster Compressors*

1. Pendahuluan

Dalam industri proses, peran utilities sangat penting untuk menunjang berbagai aktivitas operasional, termasuk penyediaan udara bertekanan, steam, air, dan listrik yang sesuai dengan standar kebutuhan proses [1]. Salah satu fungsi utilities yang krusial adalah penyediaan bahan bakar gas (*fuel gas*) dengan tekanan tinggi yang digunakan untuk mendukung kelangsungan operasi di berbagai unit produksi. *Fuel gas* ini tidak hanya menjadi sumber energi tetapi juga berperan penting dalam menjaga stabilitas operasional sistem, khususnya pada unit-unit yang memerlukan tekanan tinggi.

Fuel Gas Booster Compressor (K-750X B) merupakan salah satu unit kunci yang bertugas meningkatkan tekanan bahan bakar gas dari $\pm 3,5$ kg/cm² pada suhu ± 29 °C menjadi $\pm 14,2$ kg/cm² pada suhu ± 228 °C [2]. Kompresor ini termasuk jenis kompresor sentrifugal, yang prinsip kerjanya menggunakan putaran impeller berkecepatan tinggi untuk meningkatkan tekanan gas secara kontinu melalui *volute casing* [3, 4]. Secara umum, sumber gas tekanan rendah untuk kompresor ini berasal dari *outlet dryer train V-450X* (*reactivation gas* dari proses regenerasi di *dehydration unit*) dan gas yang

tidak mencair di *Main Heat Exchanger* (MHE). Namun, ketika MHE tidak beroperasi, gas tekanan rendah dari *outlet dryer* menjadi satu-satunya sumber gas untuk *Fuel Gas Booster Compressor*, sementara gas dari unit 20 A digunakan sebagai *makeup* bila diperlukan.

Permasalahan utama yang terjadi adalah penurunan jumlah *feed gas* tekanan rendah akibat berkurangnya penggunaan *reactivation gas* di *dehydration unit* [5]. Hal ini menyebabkan terbatasnya jumlah bahan bakar gas yang dapat disuplai ke berbagai *unit downstream*, seperti *SRU* (*Sulphur Recovery Unit*), *TRAIN* (KGT-450X), *LPG* (K-560X), dan *PLTMG* (PLN Peaker). Penurunan jumlah *feed* ini tidak hanya berdampak pada performa *Fuel Gas Booster Compressor* (K-750X B) tetapi juga mengancam kestabilan suplai bahan bakar ke unit-unit tersebut. Sebagai tambahan, usia operasi kompresor yang sudah cukup lama menambah tantangan dalam menjaga kinerjanya.

Kajian sebelumnya menunjukkan bahwa optimasi kompresor sentrifugal melalui simulasi berbasis perangkat lunak seperti *Aspen HYSYS* mampu memberikan gambaran detail mengenai pengaruh parameter operasi terhadap kinerja kompresor [6, 7]. Penelitian oleh Al-Obaidi et al. (2019) menyoroti pentingnya variasi laju alir

dan tekanan feed gas untuk memaksimalkan efisiensi kompresor sentrifugal pada sistem gas alam terkompresi [7]. Sementara, Zhang et al. menekankan pentingnya mempertimbangkan faktor usia operasi kompresor dan penurunan kualitas feed gas dalam perancangan strategi optimasi jangka panjang [8]. Kajian serupa oleh Wahid et al. menunjukkan bahwa pendekatan simulasi menggunakan Aspen HYSYS di industri LNG dapat secara signifikan meningkatkan kinerja kompresor dengan mempertimbangkan berbagai skenario feed gas [9].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja *Fuel Gas Booster Compressor (K-750X B)* di Unit 75 PT. X dengan menggunakan simulasi berbasis Aspen HYSYS. Penelitian memvariasikan parameter *feed* seperti laju alir, tekanan, dan suhu untuk mengevaluasi kondisi operasi yang optimal. Penelitian ini juga akan membandingkan kondisi aktual operasi dengan kondisi teoritis yang dihasilkan dari simulasi, sehingga dapat memberikan rekomendasi teknis dalam menjaga kinerja optimal kompresor di tengah tantangan penurunan jumlah feed gas.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja *Fuel Gas Booster Compressor (K-750X B)* di Unit 75 PT. X dengan menggunakan simulasi *Aspen HYSYS*. Metode penelitian melibatkan beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data operasi aktual, penentuan parameter variasi *feed*, simulasi proses, dan validasi hasil simulasi.

2.1 Pengumpulan Data Operasi Aktual

Pengumpulan data dilakukan pada Unit 75 *Fuel Gas Booster Compressor (K-750X B)* di PT. X dengan langkah-langkah berikut:

Sumber data diambil dari sistem *Distributed Control System (DCS)* dan pengukuran lapangan. Parameter yang dicatat adalah laju alir, tekanan, temperatur, dan komposisi feed gas dengan menggunakan perangkat *flowmeter* untuk laju alir, *pressure gauge* untuk tekanan, dan termometer untuk temperatur. Data diambil secara kontinu selama satu minggu untuk mendapatkan kondisi operasi yang representatif.

2.2 Penentuan Variasi Feed

Variasi *feed* yang digunakan dalam simulasi meliputi laju alir 1,5 m³/s hingga 2,5

m³/s, tekanan 1,0 kg/cm² hingga 2,0 kg/cm², dan temperatur 20 °C hingga 30 °C. Variasi ini dipilih berdasarkan rentang operasi aktual dan batasan desain kompresor.

2.3 Simulasi Proses dengan Aspen HYSYS

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Aspen HYSYS. Tahapan simulasi dimulai dengan penentuan komponen dimana komposisi feed gas dimasukkan berdasarkan data aktual, dengan komponen utama metana, etana, propana, dan nitrogen. Selanjutnya dilakukan pemilihan model termodinamika, dimana model Peng-Robinson digunakan karena cocok untuk simulasi gas hidrokarbon pada tekanan tinggi [10, 11]. Kemudian dilakukan penyesuaian satuan dengan standar internasional, seperti m³/s untuk laju alir, kg/cm² untuk tekanan, dan °C untuk temperatur. Selanjutnya parameter operasi (*suction* dan *discharge*) dimasukkan sesuai data aktual dan variasi yang telah ditentukan. Hasil simulasi divalidasi dengan cara membandingkan hasil simulasi dengan data aktual operasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan dengan menggunakan simulasi hysys dan manual ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan hysys dan manual

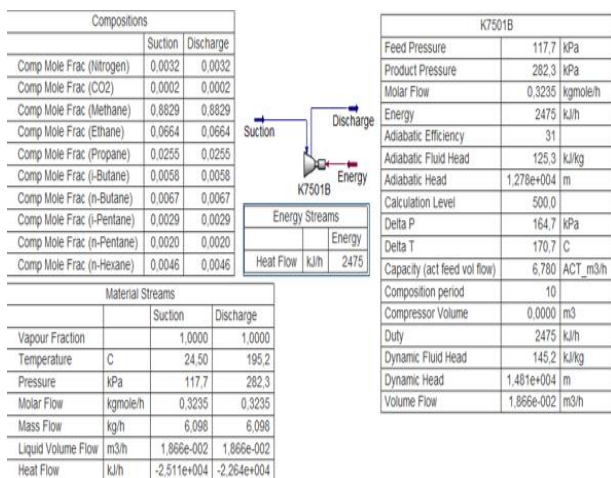
Parameter	Desain	Hysys	Manual	Selisih
Head		14810	222,52	1458,48
Polytropic (m)				
Polytropic Efficiency (%)	81,1	36	35,78	0,22
Eksponen		2,085	1,073	1,012
Polytropic				

Sedangkan data perbandingan kondisi operasi aktual dengan teoritis ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan actual dan teoritis

Parameter	Satuan	Aktual	Teoritis	Selisih
Laju alir	m ³ /s	2,125	5,616	3,491
Temperatur suction	°C	24,5	37,8	13,3
Temperatur discharge	°C	195,2	201,5	6,3
Pressure suction	kg/cm ²	1,2	3,87	2,67
Pressure discharge	kg/cm ²	14,2	16,2	2

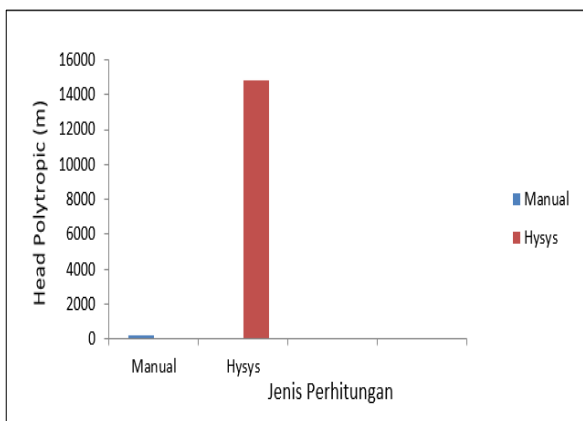
Data hasil perhitungan menggunakan simulasi hysys ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil simulasi hysys

Jumlah *feed* yang diterima oleh kompresor memiliki pengaruh besar terhadap efisiensi kinerja kompresor. Berikut dijelaskan perbandingan dari beberapa parameter yang berpengaruh terhadap kinerja kompresor. Diagram-diagram dari beberapa parameter dibawah ini merupakan perbandingan yang diperoleh dari perbandingan hasil perhitungan menggunakan simulasi *aspen hysys* dengan hasil perhitungan manual.

Gambar 2 menunjukkan diagram perbandingan perhitungan *head polytropic* menggunakan simulasi *hysys* dan perhitungan manual.



Gambar 2. Hasil perhitungan manual dan simulasi hysys

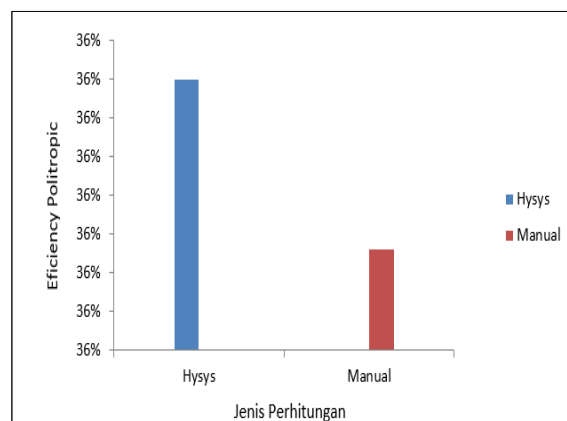
Head polytropic adalah kerja per satuan massa yang diperlukan oleh kompresor pada proses polytropic dengan kondisi gas saat masuk dan saat keluar kompresor sama. *Head polytropic* merupakan *head* yang telah

mempertimbangkan kerugian-kerugian yang terjadi selama proses penambahan energi.

Berdasarkan perhitungan *head polytropic* menggunakan simulasi *aspen hysys* dan perhitungan secara manual diatas dapat dinyatakan bahwa selisih perhitungan *head polytropic* pada kompresor K-750X B menggunakan *aspen hysys* dan perhitungan secara manual memiliki selisih nilai sebesar 1458,48. Perhitungan dengan menggunakan *aspen hysys* didapatkan nilai *head polytropic* sebesar 14.810 m sedangkan perhitungan secara manual didapatkan nilai *head polytropic* sebesar 222,5207 m.

Perbandingan perhitungan *eficiency polytropic* menggunakan simulasi *hysys* dan perhitungan manual diperlihatkan pada Gambar 3. Efisiensi adalah perbandingan antara kerja sesungguhnya (aktual) dengan kerja desain (teoritis). Efisiensi *polytropic* merupakan perbandingan antara kerja polytropic aktual dengan kerja adiabatic ideal.

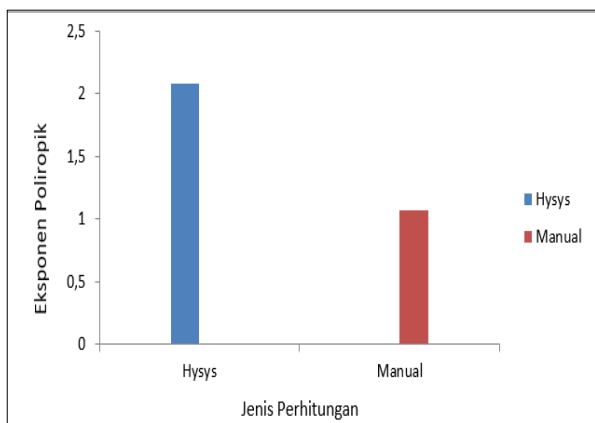
Berdasarkan diagram perbandingan perhitungan *eficiency polytropic* menggunakan simulasi *aspen hysys* dan perhitungan secara manual diatas dapat dinyatakan bahwa selisih perhitungan *eficiency polytropic* pada kompresor K-7501B menggunakan *aspen hysys* dan perhitungan secara manual memiliki selisih nilai sebesar 0,22. Perhitungan dengan menggunakan *aspen hysys* didapatkan nilai *head polytropic* sebesar 36 % sedangkan perhitungan secara manual didapatkan nilai *head polytropic* sebesar 35,78 %.



Gambar 3. Hasil perhitungan efisiensi *polytropic* secara manual dan hysys

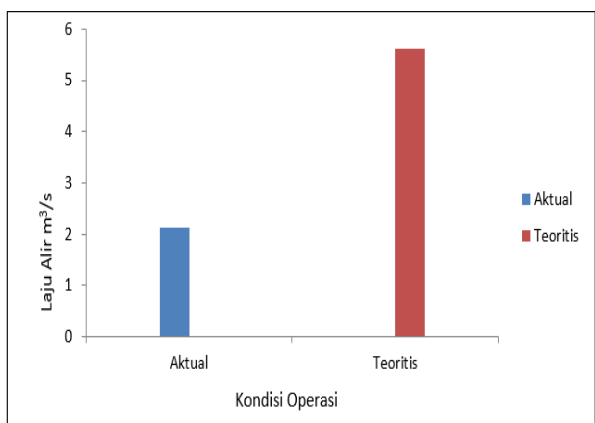
Perbandingan perhitungan eksponen *polytropic* menggunakan simulasi *hysys* dan perhitungan manual ditunjukkan pada Gambar 4.

Perbandingan perhitungan eksponen *polytropic* menggunakan simulasi *aspen hysys* dan perhitungan secara manual diatas dapat dinyatakan bahwa selisih perhitungan eksponen *polytropic* pada kompresor K-7501B menggunakan *aspen hysys* dan perhitungan secara manual memiliki selisih nilai sebesar 1,012. Perhitungan dengan menggunakan *aspen hysys* didapatkan nilai *head polytropic* sebesar 2,085 sedangkan perhitungan secara manual didapatkan nilai *head polytropic* sebesar 1,073.



Gambar 4. Hasil perhitungan eksponen *polytropic* secara manual dan *hysys*

Sementara nilai beberapa kondisi operasi pada *Fuel Gas Booster Compressor* K-7501B yang dinyatakan dalam bentuk diagram perbandingan kondisi operasi aktual dengan kondisi operasi teoritis dipelihatkan pada Gambar 5.

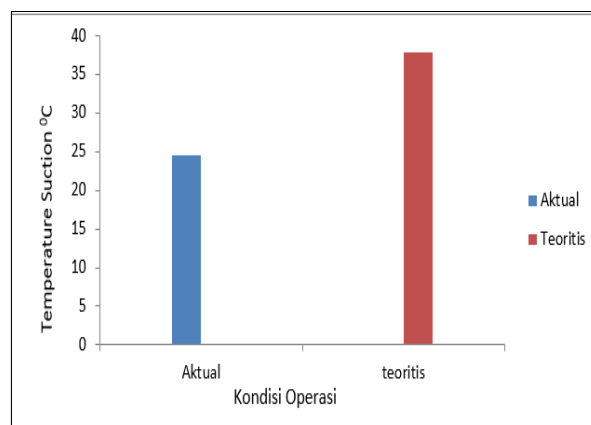


Gambar 5. Hasil perhitungan laju alir secara manual dan *hysys*

Berdasarkan Gambar 5 dapat dinyatakan bahwa kondisi operasi laju alir aktual adalah 2,125 m³/s dan laju alir pada kondisi teoritis adalah 5,616 m³/s. sehingga dapat disimpulkan bahwa laju alir dari *Fuel Gas Booster Compressor*

mengalami penurunan senilai 3,491 m³/s dari kondisi awal (kondisi teoritis).

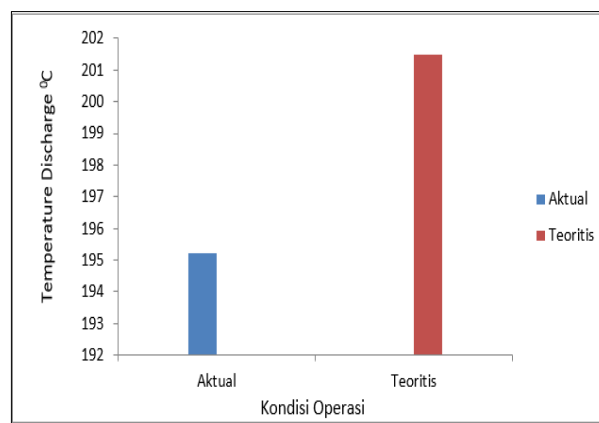
Hasil perhitungan kondisi operasi *temperature suction* aktual dengan *temperature suction* teoritis kompresor diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil perhitungan *temperature suction* aktual dengan teoritis

Dari Gambar 6 terlihat bahwa kondisi operasi *temperature suction* aktual adalah 24,5 °C dan *temperature suction* pada kondisi teoritis adalah 37,8 °C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *temperature suction* dari *Fuel Gas Booster Compressor* mengalami penurunan sebesar 13,3 °C dari kondisi awal (kondisi teoritis).

Sementara perbandingan kondisi operasi *temperature discharge* aktual dengan *temperature discharge* teoritis kompresor ditunjukkan pada Gambar 7.

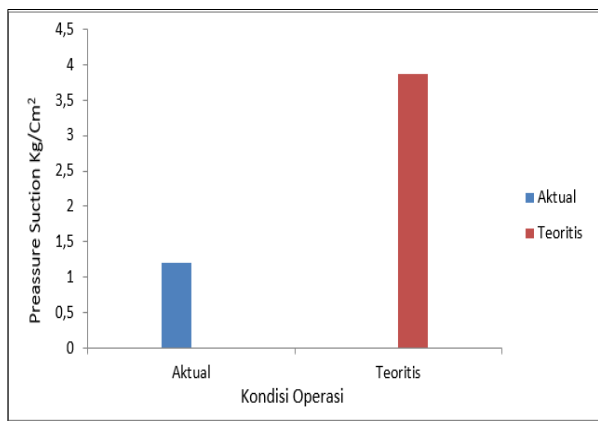


Gambar 7. Hasil perhitungan *temperature discharge* aktual dengan teoritis

Berdasarkan Gambarr 7, dapat dinyatakan bahwa kondisi operasi *temperature discharge* aktual adalah 195,2 °C dan *temperature suction* pada kondisi teoritis adalah 201,5 °C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *temperature suction*

dari *Fuel Gas Booster Compressor* mengalami penurunan sebesar 6,3 °C dari kondisi awal (kondisi teoritis).

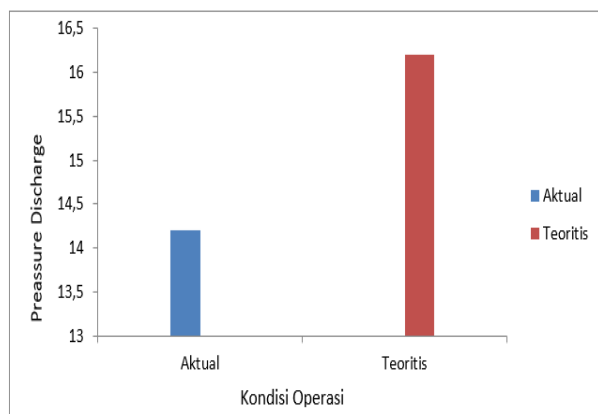
Hasil perhitungan kondisi operasi *pressure suction* aktual dengan *pressure suction teoritis* kompresor diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil perhitungan *pressure suction* aktual dengan teoritis

Dari Gambar 8 terlihat bahwa temperatur berbanding lurus dengan tekanan, sehingga apabila temperatur turun maka tekanan juga turun. Berdasarkan Gambar 8 dapat dinyatakan bahwa kondisi operasi *pressure suction* aktual adalah 1,2 kg/cm² dan *pressure suction* pada kondisi teoritis adalah 2,67 kg/cm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa *pressure suction* dari *Fuel Gas Booster Compressor* mengalami penurunan sebesar 2,67 kg/cm² dari kondisi awal (kondisi teoritis).

Hasil perhitungan kondisi operasi *pressure discharge* aktual dengan *pressure discharge* teoritis kompresor ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil perhitungan *pressure discharge* aktual dengan teoritis

Berdasarkan Gambar 9 dapat dinyatakan bahwa kondisi operasi *pressure discharge* aktual

adalah 14,2 kg/cm² dan *pressure discharge* pada kondisi teoritis adalah 16,2 kg/cm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa *pressure suction* dari *Fuel Gas Booster Compressor* mengalami penurunan sebesar 2 kg/cm² dari kondisi awal (kondisi teoritis).

4. Kesimpulan

Dari hasil kajian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Laju alir aktual *Fuel Gas Booster Compressor* Adalah 2,125 m³/s, lebih rendah dari laju alir teoritis sebesar 5,616 m³/s. Dengan demikian, terjadi penurunan laju alir sebesar 3,491 m³/s dari kondisi teoritis.

Penurunan laju alir mempengaruhi temperatur *feed suction compressor*. Temperatur *suction* aktual adalah 24,5 °C, sedangkan pada kondisi teoritis 37,8 °C, sehingga mengalami penurunan sebesar 13,3 °C. Temperatur *discharge* aktual adalah 195,2 °C, lebih rendah dari kondisi teoritis sebesar 201,5 °C, dengan selisih 6,3 °C.

Temperatur dan tekanan memiliki hubungan berbanding lurus, sehingga penurunan temperatur menyebabkan tekanan ikut turun. Tekanan *suction* aktual adalah 1,2 kg/cm², sedangkan teoritis 2,67 kg/cm², mengalami penurunan sebesar 1,47 kg/cm². Tekanan *discharge* aktual adalah 14,2 kg/cm², lebih rendah dari kondisi teoritis sebesar 16,2 kg/cm², dengan selisih 2 kg/cm².

Daftar Pustaka

- [1] Plappally, A., 2012. *Energy requirements for water production, treatment, end use, reclamation, and disposal*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 16, No. 7, pp. 4818-4848.
- [2] Park, H., Lee, S., Jeong, J., & Chang, D., 2018. *Design of the compressor-assisted LNG fuel gas supply system*. Energy, Vol. 158, pp. 1017-1027.
- [3] Muhammad, F., Syafruddin, S., & Sari, R., 2023. *Analisa pemanfaatan kompresorBOG K-6801 A/B pada fasilitas LNG hub*. Jurnal Teknologi, Vol. 23, No. 1, pp. 35-40.
- [4] Nainal, R., Yunus, M., & Saifuddin, S., 2023. *Analisis kebutuhan pelumasan saat kegagalan sistem kelistrikan (black out) pada kompresor boil off gas (k-6801) pada fasilitas LNG hub*. Jurnal Teknologi, Vol. 23, No. 2, pp. 63-69.

- [5] Juliadi, T., & Syuhada, A., 2013. *Analisis unjuk kerja kompresor sentrifugal pada unit flare gas recovery PTt. Arun NGL*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 1, No. 3, pp. 119-123.
- [6] Margono, H. N. F., Ariana, I. M., & Cahyono, B., 2021. *Kajian kelayakan pemilihan teknologi reliquefaction plant atau mso compressor sebagai alternatif pemanfaatan boil off gas (BOG) pada FSRU 170.000 m³*. Jurnal Teknik ITS, Vol. 9, No. 2, pp. G111-G118.
- [7] Reddy, H. V. *et al.*, 2019. *Towards energy-efficient LNG terminals: Modeling and simulation of reciprocating compressors*. Computers & Chemical Engineering, Vol. 128, pp. 312-321.
- [8] Zein, I., Mulyati, D., & Saputra, I., 2019. *Perencanaan perawatan mesin kompresor pada PT. Es Muda Perkasa dengan metode reliability centered maintenance (RCM)*. Jurnal Serambi Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 383-391.
- [9] Perangin-angin, S. E., Ambarita, H., Naibaho, W., Siagian, P., Sitanggang, M., & Sianturi, L., 2020. *Perbandingan performansi 4 variasi siklus kompresi uap 2 tingkat*. Sprocket Journal of Mechanical Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 1-7.
- [10] Elizabeth, L., Putra, O. I., & Doko, M. L., 2021. *Pemodelan dan simulasi pencairan gas alam dengan persamaan keadaan peng robinson*. Chemical Engineering Research Articles, Vol. 4, No. 1, pp. 18-30.
- [11] Paramitha, O. J., Lusiani, C. E., Sa'diyah, K., Noviarito, B. K., Noersoento, E., & Uzliah, P. I., 2022. *Simulasi hysys v12: Studi pengaruh injeksi MEG terhadap hydrocarbon dew point, water dew point dan water content pada gas export*. Distilat: Jurnal Teknologi Separasi, Vol. 8, No. 4, pp. 988-999.