

ANALISA PEMANFAATAN KOMPRESOR *BOG* K-6801A/B PADA FASILITAS LNG HUB

Fadhel Muhammad^{1,*}, Syafruddin², Ratna Sari³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe
24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia
*e-mail: fadhelzardan@gmail.com

Abstract

Boil Off Gas (BOG) is formed as a result of the evaporation of liquefied gas at atmospheric pressure as a result of the expansion of the cargo space such as a tank which can endanger the condition of the tank if it exceeds the pressure design on the tank. So, to maintain pressure in safe conditions, the BOG usually has to be burned and directed to the flare. In another word, the factory has been wasting clean gas for free. So there is a better option to use a compressor for fuel-to-plant operation. Compressor K-6801 is a centrifugal type compressor with a single casing multi-stage compressor, with a prime mover or drive in the form of an electric motor. The BOG compressor functions to compress/drain the evaporation gases (Boil Off Gas) from the LNG tank to the PLTMG and the fuel system, while the excess output from the compressor BOG will be flowed to the booster compressor to flow along with the output from the ORV to the ARBEL (Arun-Belawan) gas network. The output BOG from the LNG tank will enter the compressor suction with a temperature of -145.5 °C and a pressure of 0.00054 kg/cm²G, where it will then come out of the discharge of the BOG compressor with ambient temperature conditions of 51.6 °C and a pressure of 15.4 kg/cm²G. After manual calculations, there was a decrease in efficiency by 13% from 98% of the design data to 85%, and a decrease in efficiency through Hysys by 21% to 77%.

Keywords: *Boil off gas, compressor, pressure, evaporation, LNG hub facility.*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alam terutama minyak dan gas bumi. Bahkan Sektor ini merupakan penyumbang utama dalam Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN), sehingga perlu adanya pemanfaatan yang serius dari pemerintah [1,2].

LNG hub facility sebagai salah satu bagian di sektor energi memiliki visi menjadi perusahaan regasifikasi dan *LNG Hub* kelas dunia. *LNG hub facility* harus sanggup menjaga stabilitas ketahanan energi Indonesia khususnya di Provinsi Aceh. Dengan kebutuhan energi di Indonesia yang semakin meningkat setiap tahunnya, maka

diperlukan adanya peningkatan produksi dan efisiensi produksi kilang.

Bisnis utama *LNG hub facility* saat ini yaitu regasifikasi *LNG* dengan konsumen utama yaitu PT. PLN dan juga PIM serta PTGN. Hasil regasifikasi didistribusikan langsung ke user di Belawan, Sumatera Utara melalui fasilitas jaringan gas Arun-Belawan (Arbel) milik PT. PLN. Selain itu *LNG hub facility* juga mengelola *LNG hub* milik perusahaan Jepang Kyushu Electric yang didatangkan dari Australia. Saat ini *LNG hub facility* beroperasi memanfaatkan kilang Ex ARUN berupa 4 unit tangki *LNG* (F-6001, F-6002, F-6003, dan F-6005) dengan kapasitas masing-masing 127.000 m³). Tangki F-6003 dan F-6005 digunakan

sebagai tangki penyimpanan LNG milik PT. PLN. Sedangkan tangki F-6001 dan F-6002 digunakan sebagai tangki penyimpanan LNG milik Kwon Electric [3].

Boil off gas merupakan suatu gas yang terbentuk akibat proses penguapan gas cair LNG pada tekanan atmosfer dan akibat dari ekspansi dari ruang muat seperti tangki yang bisa membahayakan kondisi tangki jika melebihi *design pressure* pada tangki sehingga untuk menjaga *pressure* dikondisi aman biasanya *BOG* tersebut harus dibakar dengan diarahkan ke *flare*, dengan kata lain pabrik telah membuang gas bersih dengan cuma-cuma. Untuk itu ada pilihan yang lebih baik yaitu dengan memanfaatkan *BOG* tersebut sebagai bahan bakar untuk kegiatan pabrik dengan menggunakan kompresor [4].

Dari kondisi tersebut maka dibutuhkan suatu alternatif yang efektif, juga aman dan efisien dalam pemanfaatan *BOG*, sehingga *LNG hub facility* dapat menghemat biaya operasional. Kajian ini menjelaskan suatu sistem kompresor *BOG system*, dimana sistem ini mempunyai beberapa kelebihan cocok untuk diaplikasikan diantaranya memiliki nilai keandalan yang tinggi, efektif, efisien, dan aman dengan menggunakan pendekatan secara numerical.

Metode *numerical* merupakan salah satu studi algoritme untuk memecahkan masalah dalam matematika dengan simulasi yang berulang, sehingga dengan digunakan metode ini kita dapat mengetahui efisiensi dari penggunaan sebuah alat pada sebuah proses [5].

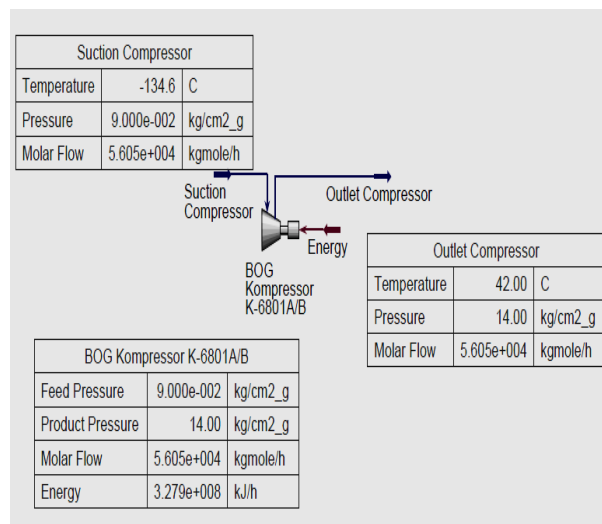
METODE

Proses analisa akan dilakukan terhadap kompresor *BOG* K-6801 yang merupakan kompresor jenis sentrifugal dengan casing tunggal multi stage kompresor, dengan *prime mover* atau penggerak berupa motor listrik. Kompresor *BOG* berfungsi untuk memampatkan/mengalirkan gas-gas (*BOG*) yang menguap

dari tangki LNG ke PLTMG dan ke *fuel system*, sedangkan kelebihan keluaran dari kompresor *BOG* akan dialirkan ke *booster compressor* untuk dialirkan keluarannya bersama keluaran dari *open rack vaporizer* (ORV) menuju jaringan gas Arun-Belawan (ARBEL). *BOG* yang keluar dari tangki LNG akan masuk ke kompresor *BOG* dengan suhu $-146,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan $0,0503267\text{ kg/cm}^2\text{G}$, di mana kemudian akan keluar dari *discharge* kompresor *BOG* dengan kondisi suhu $49,294\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan tekanan $14,85083\text{ kg/cm}^2\text{G}$. [6]

Pengambilan Data

Penelitian ini akan dilakukan di Unit LNG *hub* dengan menggunakan metode numerical menggunakan Hysys simulation versi 10. Data yang diperlukan yaitu data spesifikasi serta data kondisi operasi yang menunjukkan kemampuan kerja kompresor *BOG* pada kondisi aktual serta mengikuti diagram alir seperti Gambar 1



Gambar 1. *Flow* diagram proses simulasi K-6801 A/B

Peralatan Proses dan Data Kondisi Operasi Kompresor

Penelitian ini akan mengamati K-6801A/B yang merupakan unit dari LNG

Storage dan Loading/Unloading pada area LNG hub.

Data kondisi operasi kompresor yang akan dibahas ada dua yaitu data kondisi operasi desain dan data kondisi operasi aktual, data-data tersebut diperoleh dari data sheet kompresor dan data log sheet kompresor dengan parameter seperti ditampilkan pada Tabel 1 [7].

Tabel 1. Data spesifikasi kompresor BOG

Compressor Manufacture	Demag, German
Compressor Service	LNG Boil Off Disposal
Compressor Item Number	K-6801
Compressor Model	10MH9A
Type of Compressor	Centrifugal Compressor
Type of Driver	Motor Electric
Gas Handled	Metana, Etana, N2
Compressor Rated Capacity	29131,29012 Nm ³ /hr
Compressor Rated Weight Flow	20819,9 kg/hr
Compressor Rated Inlet Pressure	0,00054 kg/cm ² G
Compressor Rated Inlet Volume	13095,98 m ³ /hr
Compressor Rated Discharge Pressure	15,48959 kg/cm ² G
Compressor Rated Discharge Temperature	51,6667 °C
Compressor Power Required	3540 kW
Compressor Speed	8760 rpm
Driver Manufacture	Siemens
Driver Type	Induction Motor TA 60 N
Driver Item Number	1TF 4227 - SFE 62-Z
Driver Speed	1490 rpm
Driver Power	3450 kW

Prosedur Penelitian

Metode numerical/simulasi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan software Hysys versi 10. Beberapa tahapan dilakukan antara lain adalah pemilihan komponen list, pemilihan metode simulasi (peng-robinson), pemilihan equipment.

input spesifikasi, input variable proses yang dianalisa. running simulasi, dan hasil simulasi

Rencana Perhitungan

Perhitungan kompresor dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Perhitungan Molal Heat Capacity

Merupakan panas jenis molal pada tekanan konstan dari gas, dan kondisi campuran. Perhitungan rasio panas jenis yang merupakan perbandingan antara panas jenis pada tekanan tetap dan panas jenis pada volume tetap untuk kondisi inlet dan outlet.

Perhitungan Faktor Kompresibilitas

Nilai faktor kompresibilitas (Z) diperoleh dengan mencari perpotongan harga Pr (inlet) dan Tr (outlet) sehingga nantinya pada grafik faktor kompresibilitas didapatkan harga Z₂ (rata-rata) [8].

Perhitungan Unjuk Kerja Kompresor BOG

Dilakukan perhitungan kapasitas kompresor untuk aliran volume (Q1), kapasitas kompresor untuk laju aliran massa (m), head aktual (n) dan daya (GHP) [9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Data Simulasi

Hasil perhitungan dengan menggunakan simulasi Hysys ditunjukkan dalam Tabel 2.

Kondisi awal pada BOG K-6801A/B dengan kondisi suction pressure 0,09 kg/cm²G dan discharge pressure 14,00 kg/cm²G dihasilkan temperatur suction kompresor -134,30 °C dan temperatur discharge 42 °C.

Dari hasil simulasi Hysys, diperoleh efisiensi kompresor BOG secara aktual yang

dinyatakan dengan *polytropic efficiency* yaitu nilai yang digunakan untuk menggambarkan efisiensi kompresor. Proses politropik lebih sulit untuk dianalisis daripada sistem dengan asumsi isentropik atau adiabatik. Pengukuran dilakukan pada posisi *inlet/suction* dan *outlet/discharge* kompresor *BOG* dan juga menghitung berdasarkan karakteristik desain kompresor.

Tabel 2. Hasil perhitungan simulasi Hysys

Tekanan Inlet P1	0,09 kg/cm ² G
Tekanan Outlet P2	14 kg/cm ² G
Suhu Inlet T1	-134,3 C
Suhu Inlet T2	42 C
Head Politropik (HP)	2,950e+004 M
Efisiensi Politropik (Np)	77,225 %
Speed (S)	8760 rpm
Power Consumed	1,185e+005 KW
Efisiensi Adiabatik (N)	70 %

Dari hasil simulasi Hysys, diperoleh efisiensi kompresor *BOG* secara aktual yang dinyatakan dengan *polytropic efficiency* yaitu nilai yang digunakan untuk menggambarkan efisiensi kompresor. Proses politropik lebih sulit untuk dianalisis daripada sistem dengan asumsi isentropik atau adiabatik. Pengukuran dilakukan pada posisi *inlet/suction* dan *outlet/discharge* kompresor *BOG* dan juga menghitung berdasarkan karakteristik desain kompresor.

Hasil yang didapat dari *polytropic efficiency* berdasarkan kondisi aktual proses adalah 77%, dari nilai tersebut dapat dipastikan bahwa kompresor *BOG* masih beroperasi maksimal untuk melindungi dan menjaga *safety* proses pada tangki yang sewaktu-waktu dapat menyebabkan kenaikan *pressure* secara signifikan, yang dikhawatirkan terjadinya *loss product* dikarenakan *pressure* tangki LNG mendekati *setting variable* dan terjadinya *flaming* [10].

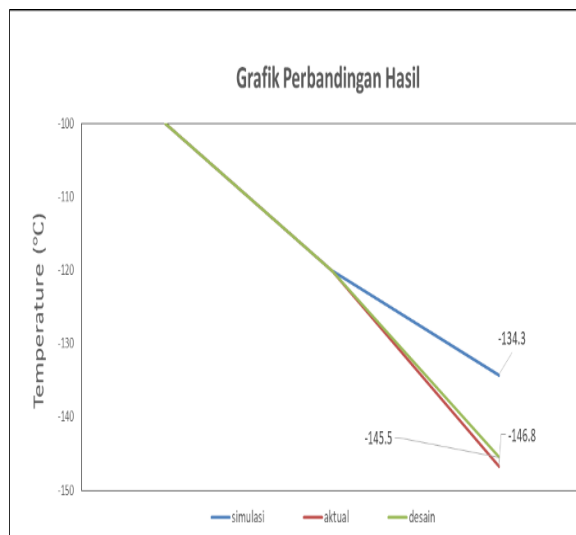
Hasil Perhitungan Data Aktual

Hasil perhitungan dengan menggunakan data aktual ditunjukkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan data aktual

Tekanan Inlet P1	0,050326667 kg/cm ² G
Tekanan Outlet P2	14 kg/cm ² G
Temperatur Inlet T1	-146,8 °C
Temperatur Inlet T2	49 °C
Head Politropik (HP)	69564,56 M
Efisiensi Politropik (Np)	85 %

Berdasarkan Tabel 3, dilakukan perbandingan terhadap data hasil simulasi, aktual dan desain seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perbandingan hasil aktual, simulasi dan desain K-6801 A/B

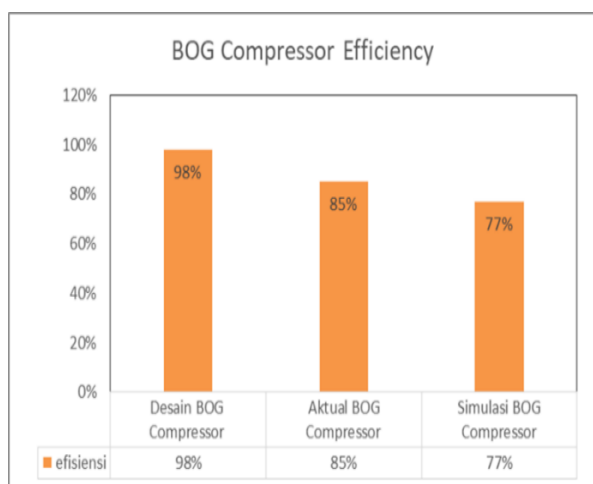
Dari hasil analisa diperoleh perbandingan antara kondisi aktual dan simulasi Hysys mendekati dengan data desain. Variabel temperature *inlet* dan *outlet* yang dihasilkan yaitu temperatur *inlet* aktual, simulasi, dan desain masing masing sebesar -146,80 °C, -134,30 °C, dan -145,50 °C. Sedangkan temperatur *outlet actual*, simulasi, dan desain masing-masing adalah 490 °C, 420 °C, dan 51,60 °C.

Dengan mendekati kondisi desain, dapat dipastikan variabel proses dan performa yang didapat dan dihitung menggunakan data aktual dan simulasi Hysys berjalan dengan baik untuk memantau kehandalan pada sistem kinerja kompresor *BOG* tersebut. Walaupun belum mendekati dengan kondisi aktual, hasil dari simulasi Hysys masih dalam kondisi operasi dan performa yang sangat baik.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil simulasi Hysys yang belum mendekati data aktual disebabkan pengaruh dari *input heater* sebagai media untuk membentuk *BOG* agar dapat sesuai dengan kondisi operasi. Dikarenakan pada kondisi aktual *BOG* dapat terbentuk berdasarkan karakteristik dari LNG dan faktor kesetimbangan sedangkan pada simulasi Hysys tidak ada sistem pembentukan *BOG* sehingga diperlukan heater sebagai implementasi agar komposisi yang masuk sesuai dengan kondisi operasi dari kompresor.

Data Efisiensi

Perbandingan efisiensi kompresor *BOG* pada kondisi design, aktual dan simulasi ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan efisiensi

Dari Gambar 3 terlihat perbandingan hasil yang didapat dengan simulasi Hysys

yaitu terjadi penurunan efisiensi 77% dari hasil aktual dan desain, dimana pengaruh menurunnya performa terjadi dikarenakan faktor dari kompresor *BOG* yang *running hours*nya sudah cukup lama sehingga menyebabkan turunnya performa dan kehandalannya, penyebab lainnya bisa dikarenakan tidak adanya *overhaul* khusus untuk meningkatkan performa pada kompresor *BOG* dan tidak melakukan pengendalian proses yang sesuai dengan prosedur operasi.

KESIMPULAN

1. Performa aktual kompresor *BOG* yang dianalisa dengan menggunakan metode simulasi Hysys terjadi penurunan efisiensi menjadi 77% dari kondisi desain dengan efisiensi 98%.
2. Dari hasil perhitungan manual didapatkan efisiensi sebesar 85% dimana ada kenaikan nilai efisiensi sekitar 8% dibandingkan dengan menggunakan simulasi Hysys.
3. Hasil analisa temperatur *inlet*, temperatur *outlet*, tekanan *inlet* dan tekanan *outlet* mendekati data desain sehingga peforma kompresor *BOG* masih sangat baik.
4. Penyebab terjadinya perbedaan efisiensi dari simulasi Hysys dengan data aktual bisa disebabkan dengan pengaruh dari kenaikan temperatur *inlet* sehingga adanya perbandingan nilai efisiensi antara data desain aktual dan simulasi.

SARAN

1. Meningkatkan efisiensi kompresor *BOG* dengan cara mengoperasikan kompresor sesuai dengan prosedur sehingga kondisi operasinya tetap mampu terjaga.
2. Dengan adanya maintenance rutin dan penyediaan *MSL (Minimum Stock*

- Level) dan ketersediaan material yang dibutuhkan di *warehouse*.
3. Untuk menjaga equipment tetap stabil, perlu adanya *schedule switch* kompresor dengan *setting running hours* tertentu

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwatiningsih A., 2012. *Eksplorasi dan eksploitasi pertambangan minyak dan gas bumi di laut Natuna bagian utara laut yuridiksi nasional untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Kepulauan Natuna*. Reformasi, Vol. 2, No. 2,
- [2] Rahma H., et al., 2021. *Fenomena natural resource curse dalam pembangunan wilayah di Indonesia*. Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia, Vol. 21, No. 2, p. 2.
- [3] Indrawan R., 2021. *Mau jadi pusat LNG hub Asia subholding gas genjot pemanfaatan fasilitas Arun, Lhokseumawe*
- [4] Ikhwan I., H. Hamdani, and A. Syuhada, 2014. *Pemanfaatan boil-off gas sebagai bahan bakar kapal pengangkut gas*. Jurnal Teknik Mesin Unsyiah, Vol. 2, No. 1, pp. 40-44.
- [5] Jia X., et al., 2016. *Numerical simulation and experimental investigation on suction heating of a BOG compressor*. Applied Thermal Engineering, Vol. 108, pp. 1147-1157.
- [6] Indrayana M, 2016. *Evaluasi kinerja kompresor sentrifugal 32-K-101 naphta process*
- [7] *Kobe Steel Ltd, Arun LNG receiving hub and regasification terminal project data sheet*, Aceh , Indonesia
- [8] Mc Cabe W.L., J.C. Smith, and P. Harriott, 2018. *Unit operation of chemical engineering*. 2018: McGraw-Hill.
- [9] Lapina R.P., 1982. *Estimating centrifugal compressor performance*. Plant Energy Manage.:(United States), Vol. 6, No. 8,
- [10] Supu I., et al., 2017. *Pengaruh suhu terhadap perpindahan panas pada material yang berbeda*. Dinamika, Vol. 7, No. 1, pp. 62-73.