

ANALISIS KEBUTUHAN PELUMASAN SAAT KEGAGALAN SISTEM KELISTRIKAN (*BLACK OUT*) PADA KOMPRESOR *BOIL OFF GAS* (K-6801) PADA FASILITAS *LNG HUB*

Razi Nainal^{1,*}, Muhammad Yunus², Saifuddin³

^{*1,2,3}Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe 24301

Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

*e-mail: Razinainal@gmail.com

Abstract

The lube oil system in the compressor plays an important role in any rotating equipment because it functions to provide lubrication against the effects of friction on various rotating equipment. This overhead tank works by gravity to distribute lubricating oil from operating speed to zero rpm. The large volume of lube oil provides lubrication to the compressor bearings when the normal circulating flow from the pump stops and is assisted by the backup flow from the overhead tank. The purpose of this approach is to calculate the need for lubrication when an electrical fault occurs in the boil-off gas compressor (K-6801). Based on the results of analysis and calculations where the boil-off gas compressor (K-6801) is the object of observation, the amount of lubricating oil needed for the remaining rounds is 1,885 liters while the amount of lubricating oil available in the field is 1,528.286 liters. From the calculation results, 1,528.286 liters is sufficient based on the reference API standard 614 edition 4, chapter 2, section 1.4.10.2. The height of the overhead tank that is suitable for flowing lubricating oil to the compressor bearings is 5.2588 meters above the compressor with a distribution pipe diameter of 3 inches and an orifice bore diameter of 1 inch.

Keywords: lube oil, system, compressor, bearing, blackout.

PENDAHULUAN

LNG hub facility merupakan unit pendukung fasilitas *LNG* yang terdiri dari beberapa tangki penyimpanan *LNG* yang terdiri dari tangki F-6001, F-6002, F-6003, F-6004, dan F-6005. Namun, saat ini tangki yang digunakan adalah F-6001, F-6002, F-6003, dan F-6005. Pada saat penyimpanan *LNG*, selalu terbentuknya *vapor boil off gas* (*BOG*) yang terjadi karena adanya pemanasan tangki dari lingkungan, panas konduksi, maupun proses penyimpanannya [1]. Terminal penyimpanan *LNG* dan regasifikasi membentuk elemen penting dalam *LNG value chain* dan bertindak sebagai fasilitas penyimpanan dan pemrosesan yang terdiri dari infrastruktur

loading dan unloading, tangki penyimpanan kriogenik, sistem regasifikasi, dan pengiriman gas pipa [2].

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 dapat membahayakan kondisi tangki jika melebihi tekanan desainnya, sehingga untuk menjaga tekanan dikondisi aman biasanya *BOG* tersebut 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 menaikkan tekanannya menggunakan kompresor [3].

Penanganan *BOG* yang terbentuk dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar dan energi. Salah satu pemanfaatan *BOG* adalah sebagai bahan bakar pembangkit listrik. *BOG* dinaikkan tekanannya melalui kompresor dan kemudian di suplai sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik yang digunakan untuk keperluan pabrik dan *community* [4, 5].

Fasilitas penyimpanan *LNG* dilakukan dengan melalui tahapan penerimaan, pengiriman dan perubahan fasa menjadi gas apabila diperlukan. Diperlukan juga fasilitas *LPG* (propana dan butana) dengan tujuan untuk mengatur nilai kalor dari gas alam [6]. *BOG* yang keluar dari kompresor akan dikirim ke *booster compressor* (K-2501 A) atau *power generator* yang ada sesuai dengan kebutuhan.

Kompresor yang terdapat pada *LNG hub facility* terdiri dari empat kompresor *BOG* K-6801 A/B/C/D yang difungsikan untuk penanganan boiler-off gas (*BOG*). Fungsi utama kompresor *BOG* ini adalah untuk menjaga tekanan di dalam tangki penyimpanan *LNG*. Kompresor *BOG* K-6801 A/B untuk tangki terminal-hub (F-6001/2) dan kompresor *BOG* K-6801 C/D untuk tangki regasifikasi (F-6003/5) [7].

Kompresor *BOG* memiliki keterbatasan kapasitas laju. Jika laju *BOG* lebih rendah dari titik *surgin* kompresor *BOG*, sebagian debit kompresor *BOG* harus didaur ulang kembali ke tangki *LNG* untuk menjaga agar laju *BOG* lebih tinggi dari titik *surgin*. Tingkat *BOG* akan meningkat karena panas yang ditambahkan oleh daur ulang *BOG* di tangki *LNG* [8].

Pada kompresor terdapat peralatan yang bernama *bearing*. *Bearing* merupakan elemen mesin yang paling sensitif dari suatu peralatan berputar. Usia dan kinerjanya sangat bergantung pada kontinuitas suplai pelumas bersih yang konstan dengan kecepatan, tekanan dan temperatur yang sesuai dengan kebutuhannya. Gesekan antara permukaan *bearing* dengan bagian rotornya menghasilkan sejumlah panas yang apabila tidak dilumasi akan mengakibatkan

kenaikan temperatur yang berlebihan pada area ini. Panas gesekan ini dapat menyebabkan terjadinya pembakaran dan pelelehan bagian metal terutama pada area *bearing* dan rotornya [9, 10].

Pada saat listrik mati (*blackout*), pompa sirkulasi *lube oil* tidak beroperasi, sehingga sistem pelumasan pada kompresor terhenti, sementara kompresor masih berputar hingga berhenti yang memerlukan waktu selama lebih kurang 5 menit. Oleh karena itu sistem pelumasan cadangan harus ada untuk mengakomodir pelumasan pada kompresor.

Pada saat sistem sirkulasi normal *lube oil* mati, alternatif cadangan untuk urgensi ketersediaan pelumasan digantikan oleh sistem *overhead tank* dimana sistem pelumasan di *overhead tank* berfungsi sebagai sistem penyelamat akhir pada putaran *shaft bearing* kompresor sampai nol rpm.

Sistem aliran pelumasan pada *overhead tank* menggunakan tekanan dari gaya gravitasi hingga pelumasan sampai pada titik yang ingin dicapai. Sehingga diperlukan perhitungan volume dari *overhead tank* yang diperlukan sampai menuju ke titik pemakaian. Letak dan ketinggian *overhead tank* juga sangat mempengaruhi volume aliran dari pelumasan *bearing* kompresor.

Oleh karena itu dilakukan kajian perhitungan kebutuhan volume *lube oil* dari *overhead tank* ke sistem pelumasan, ketinggian *overhead tank* ke kompresor, dan diameter pipa *lube oil* sampai ke sistem pelumasan kompresor, sehingga pelumasan mencukupi sampai putaran kompresor berhenti.

METODE

Proses perhitungan dilakukan pada kompresor *BOG* K-6801 dan *overhead tank* dengan cara menghitung kebutuhan volume aliran *lube oil* dari *overhead tank* menuju sistem pelumasan kompresor, ukuran pipa yang terlumasi pada sistem perpipaan,

panjang pipa, ketinggian pipa dan laju alir *lube oil*.

Pengambilan Data

Data yang diperlukan dalam kajian ini yaitu spesifikasi pipa (diameter dan panjang), spesifikasi *overhead tank*, volume *lube oil* dan ketinggian *overhead tank*. Data diameter dan panjang pipa digunakan untuk menghitung volume sistem perpipaan, sedangkan spesifikasi pipa dan *overhead tank* digunakan untuk perhitungan volume *lube oil* sesuai dengan anjuran manufaktur.

Data Penelitian

Penelitian ini 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* dan *overhead tank*.

Spesifikasi kompresor K-6801 merupakan jenis kompresor sentrifugal buatan *Demag Germany*, yang berfungsi sebagai *LNG Boil off disposal*, dan memiliki kapasitas 29.131,29012 Nm³/hr. Tekanan *inlet* kompresor 0,00054 kg/cm²G dan tekanan *discharge* 15,48959 kg/cm² G. Laju alir volume *inlet* 13.095,98 m³/hr. temperatur *discharge* 51,6667 °C, *power* kompresor yang diperlukan 3.540 kW, kecepatan *driver* kompresor 8.760 rpm, jenis *driver type induction motor* TA 60 N, dan kecepatan *driver* 1.490 rpm [11].

Overhead tank sebagai tangki penyimpan *lube oil* mempunyai spesifikasi tinggi 1,66 m, diameter tangki 1,05 m, tinggi *drain hole* 0,15 m, diameter *drain hole* 0,889 m, kapasitas tangki 1.250 L, dan beroperasi pada tekanan atmosfer [11].

Menentukan Volume Perpipaan

Volume pipa dan luas selimut dihitung dengan menggunakan rumus luas tabung dengan menggunakan data diameter dan panjang pipa. Dengan data spesifikasi *lube*

oil overhead tank, diameter dan tinggi tangki maka dihitung dengan penerapan persamaan hidrostatik.

Menentukan Ketinggian letak Lube Oil Overhead Tank

Ketinggian letak *overhead tank* dilakukan dengan menggunakan penerapan persamaan Hukum *Bernoulli*.

Menentukan Diameter Pipa Distribusi Overhead Tank ke Kompresor

Perhitungan diameter pipa distribusi dilakukan dengan pengukuran diameter pipa dari *overhead tank* sampai ke saluran masuk kompresor dengan penerapan hukum *kontinuitas*

Menentukan Diameter Lubang Orifis Pipa Distribusi Overhead Tank ke Kompresor

Dalam perhitungan diameter lubang orifis pipa distribusi dilakukan perhitungan pengukuran diameter pipa dari *overhead tank* sampai ke saluran masuk kompresor dengan persamaan hukum utama hidrostatika.

Membandingkan Hasil Perhitungan Teoritis dengan Kondisi Aktual

Dalam langkah ini dilakukan perbandingan antara hasil perhitungan kebutuhan volume *lube oil* secara teoritis dan dibandingkan dengan volume *lube oil* yang digunakan pada *overhead tank* pada kondisi aktual.

Selain itu, dilakukan juga analisa perubahan panjang dan diameter pipa pada sistem perpipaan pelumasan *overhead tank* pada fasilitas *LNG Hub* dan pengaruhnya terhadap jumlah volume *lube oil* yang dibutuhkan agar proses pelumasan berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa dan Perhitungan Jumlah Lube Oil yang Tersedia

Berikut merupakan hasil perhitungan kebutuhan *lube oil* yang harus disediakan selama 5 menit dan jumlah *lube oil* yang tersedia di lapangan yang ditampilkan dalam Tabel 1. Sedangkan volume *lube oil* yang ada pada setiap ukuran pipa ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 1. Data kebutuhan *lube oil* dengan pipa aktual 3 in

Letak <i>Lube Oil</i>	Volume (Liter)
Overhead Tank	1.250
Di dalam saluran pipa	278,286
Total <i>lube oil</i> yang tersedia	1.528,286
Kebutuhan	1.885

Tabel 2. Jumlah *lube oil* yang tersedia pada keseluruhan pipa

Ukuran pipa (in)	Panjang pipa (m)	Volume lube oil (Liter)
3	56,3971	257,1
2	4,9043	9,935
1 ½	0,007439	7,439
1	0,003812	3,812

Hasil Analisa dan Perhitungan Letak Tangki dan Diameter Bor Orifis

Hasil perhitungan letak tangki dan diameter *bore* orifis secara aktual ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan letak tangki dan diameter *bore* orifis

Parameter	Nominal dengan data aktual
Letak tangki	5,2588 meter di atas kompresor
Diameter <i>bore orifis</i>	1 in

Perhitungan laju alir pada ukuran dan panjang dan diameter pipa yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Laju alir *lube oil* (m/s) pada variasi panjang dan diameter pipa

Panjang pipa (m)	Diameter pipa (in)				
	1	2	3	4	5
2	11,4603	10,9120	9,94247	8,35435	6,60092
4	11,4707	10,9124	9,94274	8,35450	6,60098
6	11,4712	10,9128	9,94301	8,35465	6,60104
8	11,4716	10,9131	9,94329	8,35479	6,60111
10	11,4720	10,9135	9,94356	8,35494	6,60117

Hasil Analisa dan Perhitungan Diameter Bore Orifis

Hasil perhitungan diameter pipa distribusi yang digunakan dari *overhead tank* ke kompresor pada ukuran pipa dari aktual 3 in adalah 1,035 in dibulatkan (1 in).

Perhitungan diameter pipa distribusi yang digunakan dari *overhead tank* ke kompresor dan jika dilakukan simulasi dengan perubahan ukuran pipa dari aktual 3 in menjadi perubahan ke ukuran 1 in sampai 5 in pipa schedule 40, maka diperoleh laju alir seperti ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan simulasi diameter pipa distribusi keluar dari OHT

Ukuran pipa (in)	ID (mm)	OD (mm)	Laju alir lube oil (L/Menit)
1	30,02	33,40	558,06
2	60,33	56,42	1.529
3	83,41	88,9	3.858
4	108,2	114,30	6.493,8
5	134,7	141,30	10.062

Pembahasan

Khusus pada peralatan berputar, masih ada sisa putaran yang harus dilumasi sampai putaran itu berhenti pada nol rpm. Oleh karena tidak adanya *power* yang dapat digunakan dalam situasi ini sementara pelumasan harus tetap berlanjut mengingat urgensi dari pelumasan terhadap keamanan kompresor, maka dimanfaatkan prinsip fisika berupa tekanan gravitasi untuk dapat mendistribusikan *lube oil* sampai ke titik pemakai.

Overhead tank adalah suatu alat yang bekerja secara gravitasi yang difungsikan sebagai tempat persediaan *lube oil* cadangan pada saat terjadinya kegagalan pada sistem kelistrikan (*blackout system*). *Overhead tank* ini merupakan proteksi akhir bagi kompresor agar kompresor tetap aman selama selang waktu yang sudah diprediksikan mulai dari putaran operasi hingga ke nol rpm, yaitu selama 5 menit. Karena berfungsi sebagai proteksi, maka ketersediaan *lube oil* di dalamnya harus dapat memenuhi kebutuhan pelumasan selama waktu tersebut ke masing-masing titik pelumasan.

Berdasarkan hasil perhitungan, apabila kebutuhan *lube oil* pada masing-masing *bearing* sama dengan kebutuhan pada kondisi normal, maka jumlah *lube oil* yang harus disediakan untuk melumasi *bearing* selama 5 menit sampai nol rpm ialah sebanyak 1.885 liter. Jumlah *lube oil* yang dibutuhkan setelah dikurangi sebanyak 20% dari kebutuhan berdasarkan aliran normalnya (20% dari 1.885 liter) ialah $1.885 - 377 \text{ liter} = 1.508 \text{ liter}$. Sedangkan hasil perhitungan sebanyak 1.528,286 liter. Dari $1.528,286 - 1.508 = 20,286 \text{ liter}$, sehingga masih terdapat kelebihan sisa sebanyak 20,286 liter sebagai cadangan pelumasan. Sehingga dengan 1.528,286 liter mencukupi dan masih mengikuti acuan pada *API Standard 614 4th edition, Chapter 2, Section 1.4.10.2* dan masuk dalam kategori aman. Apabila jumlah volume kurang dari hasil 1.502 liter, akan berpengaruh pada sistem pelumasan *bearing* kompresor yang menyebabkan *bearing* aus dan terbakar. Jika volumenya berlebih akan memberi pengaruh ke cadangan pelumasan yang berlebih dan lebih aman dari aus atau terbakar, namun dengan jumlah yang banyak melebihi dari acuan *standard API* hanya memberikan boros *lube oil* atau perlu biaya lebih dan juga membutuhkan ruang atau tempat penyimpanan *lube oil* yang lebih besar lagi.

Sistem pelumasan ini disirkulasikan secara kontinyu dan *close loop*, maka disepanjang aliran pipa juga terisi oleh *lube oil* yang menjadi tambahan untuk persediaan *lube oil* ketika pompa berhenti beroperasi karena hilangnya tenaga listrik sebagai daya

utamanya. Jumlah *lube oil* yang terdapat di sepanjang pipa dari hasil perhitungan adalah sebanyak 278,286 liter. Jika ditotalkan, jumlah *lube oil* yang tersedia baik di dalam *overhead tank* dan di dalam saluran perpipaan ialah 1.528,286 liter. Apabila dibandingkan, jumlah *lube oil* yang tersedia ini tidak sama dengan total kebutuhan *lube oil* yang harus disediakan yaitu 1.885 liter. *API Standard 614 4th edition, Chapter 2, Section 1.4.10.2* menyatakan bahwa setiap pompa oli harus mampu:

- Mensuplai aliran normal yaitu sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan oleh peralatan yang sudah termasuk penambahan dengan 20% dari jumlah aliran normal
- Memenuhi kebutuhan oli untuk masa transisi
- Pertimbangan peralatan dari vendor untuk penggunaan normal.

Berdasarkan standar tersebut sebagai acuannya, maka jumlah *lube oil* yang tersedia di lapangan dari hasil perhitungan yaitu sebanyak 1.528,286 liter sudah mencukupi kebutuhan untuk pelumasan yaitu 1.508 liter. Jumlah *lube oil* untuk pelumasan selama 5 menit yaitu 1.885 liter yang diperoleh dari hasil perhitungan yang diasumsikan dari aliran normal, dimana aliran normal tersebut terdiri dari kebutuhan yang sudah ditambah 20% sebagai cadangan di *overhead tank* untuk mensuplai ketika terjadi kegagalan kelistrikan (*black out*). Jumlah *lube oil* yang dibutuhkan setelah dikurangi sebanyak 20% dari kebutuhan berdasarkan aliran normalnya (20% dari 1.885 liter) adalah $1.885 - 377 \text{ liter} = 1.508 \text{ liter}$.

Overhead tank memerlukan ketinggian yang sesuai untuk mencapai titik pelumasan. Perhitungan ketinggian dari kompresor ke *overhead tank* diperoleh hasil hitungan letak *overhead tank* dengan ketinggian 7,6588 meter dari atas tanah dan 5,2588 meter dari atas kompresor dengan kecepatan laju alir 11,7776 m/s. Diperoleh data tekanan aliran *lube oil* dari *overhead tank* sebesar $0,63 \text{ kg/cm}^2$.

Simulasi letak ketinggian dengan perubahan ukuran pipa dan jarak ketinggian menggunakan aplikasi *Aspen Hysys v10*, diperoleh perbedaan laju alir pada setiap pipa terhadap ketinggian, dari pipa 1 in sampai 5 in dengan ketinggian yang berbeda-beda dengan kelipatan 2 meter sampai 10 meter. Dengan menggunakan pipa 1 in dengan ketinggian 2 meter didapatkan hasil laju aliran sebesar 11,4703 m/s, sedangkan pada ketinggian sampai 10 meter laju alirnya didapatkan 11,4720 m/s. Sehingga perbedaan ketinggian tidak berpengaruh terhadap laju alir pada pipa ukuran 1 in.

Dengan menggunakan pipa 2 in dengan ketinggian 2 meter didapatkan hasil laju alirnya 10,9120 m/s, ketika jarak sampai 10 meter laju alirnya didapatkan 10,9135 m/s, sehingga laju alir akibat perbedaan ketinggian dengan ukuran pipa 2 in masih hampir tetap sama.

Hal yang sama terjadi pada pipa 3, 4, dan 5 in, dimana laju alir yang diperoleh dengan perhitungan simulasi tidak berubah secara signifikan akibat perbedaan ketinggian pipa.

Perhitungan laju alir pada diameter pipa distribusi, diperoleh hasil untuk diameter pipa 1 in sebesar 558,06 liter/menit, untuk pipa 2 in didapatkan 1.529 liter/menit, untuk pipa 3 in diperoleh 3.858 liter/menit, untuk 4 in diperoleh 6.493,8 liter/menit dan untuk pipa 5 in diperoleh laju alir sebesar 10.062 liter/menit.

Dari data tersebut diatas maka waktu yang diperlukan agar *lube oil* terdistribusi dan mengalir sampai habis dari *overhead tank* untuk pipa dengan diameter 1 in selama 1 menit 48 detik, untuk pipa 2 in selama 4 menit 5 detik, untuk pipa 3 in selama 10 menit 23 detik, untuk pipa 4 in selama 17 menit 22 detik, dan untuk pipa 5 in selama 26 menit 68 detik.

Hasil perhitungan tersebut dapat dinyatakan bahwa ketinggian pipa berpengaruh terhadap laju alir *lube oil* dan waktu yang diperlukan agar *lube oil* terdistribusi sampai habis dari *overhead*

tank. Semakin kecil ukuran pipa maka laju alir *lube oil* semakin kecil dan volume *lube oil* yang didistribusikan akan semakin kecil. Hal ini berpengaruh terhadap volume *lube oil* yang diperlukan untuk pelumasan tidak cukup. Sedangkan untuk ukuran pipa yang besar maka laju alir *lube oil* semakin besar dan volumenya juga akan semakin besar, namun walaupun *lube oil* dapat mencukupi untuk pelumasan, hal ini tidak diharapkan dalam industri karena adanya pemborosan penggunaan *lube oil* yang berdampak pada biaya operasional yang meningkat.

Oleh karena itu, maka digunakan hasil perhitungan yang mendekati terhadap waktu putaran kompresor berhenti total, sehingga jumlah *lube oil* yang didistribusikan sebagai pelumas bagian kompresor yang berputar cukup dan tidak terjadi pemborosan. Berdasarkan spesifikasi kompresor akan berhenti berputar sampai berhenti memerlukan waktu selama 5 menit. Oleh karena itu dari hasil perhitungan diperoleh bahwa pada waktu distribusi yang mendekati spesifikasi tersebut adalah pada diameter pipa 3 in, yaitu selama 10 menit 23 detik dengan laju alir *lube oil* sebesar 3.558 L/menit sehingga volume dan waktu yang diperoleh sudah mencukupi untuk pelumasan pada kompresor hingga berhenti berputar.

Selain pemilihan diameter pipa, pemilihan diameter *bore orifis* juga harus ditentukan. Penggunaan orifis ini bertujuan untuk mengatur laju alir *lube oil* dimana laju alir *lube oil* yang keluar dari *overhead tank* pada ketinggian 5,2588 meter dengan diameter pipa 3 in adalah 3.858 L/min. Jumlah ini sangat melebihi dari laju alir yang dibutuhkan untuk kebutuhan pelumasan yaitu sebesar 377 L/min. Berdasarkan kedua laju alir ini, maka didapatkan hasil hitungan untuk diameter *bore orifis* ialah 0,0263 meter dengan ukuran pipa 1,035 in, dibulatkan menjadi 1 in dengan jumlah sebesar 558,06 liter/menit sehingga sudah melebihi kebutuhan untuk melumasi *bearing* dengan jumlah total *lube oil bearing* sebesar 377 liter/menit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Jumlah *lube oil* yang harus disediakan untuk melumasi *bearing* di kompresor *boil-off gas* (K-6801) ketika terjadinya *blackout* sistem berdasarkan hasil perhitungan ialah 1.885 liter. Total *lube oil* yang tersedia ialah 1.528,286 liter.
2. Ketinggian penempatan *overhead tank* yang sesuai agar laju alir *lube oil* sampai ke titik pemakainya ialah 7,07 meter di atas permukaan tanah atau 5,2588 meter di atas kompresor.
3. Diameter pipa standar yang digunakan untuk mendistribusikan *lube oil* dari *overhead tank* adalah 3 in.
4. Diameter lubang orifis yang digunakan di pipa distribusi adalah 1 in dengan volume sebesar 558,06 liter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tomasz Włodek msc P., 2017. *Prediction of boil off rate in liquefied natural gas storage processes*. International Multidisciplinary Scientific geoconference: SGEM, Vol. 17, No. 1.5, pp. 405-413.
- [2] Clews R., 2016. *Project finance for the international petroleum industry*. 2016: Academic Press.
- [3] Ikhwan I., H. Hamdani, and A. Syuhada, 2014. *Pemanfaatan boil-off gas sebagai bahan bakar kapal pengangkut gas*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 2, No. 1, pp. 40-44.
- [4] Bao J., et al., 2019. *Comparative study of three boil-off gas treatment schemes: from an economic perspective*. Energy conversion and management, Vol. 201, p. 112185.
- [5] Rizal T.A., H. Umar, and M. Amin, 2014. *Analisis pemanfaatan boil-off gas sebagai bahan bakar kapal pengangkut gas*. JURUTERA-Jurnal Umum Teknik Terapan, Vol. 1, No. 01, pp. 85-96.
- [6] Nugraha D., H. Harunsyah, and M. Munawar, 2023. *Analisis volume lng ideal untuk cooling down fasilitas LNG hub*. Jurnal Teknologi, Vol. 23, No. 1, pp. 13-19.
- [7] Muhammad F., S. Syafruddin, and R. Sari, 2023. *Analisa pemanfaatan kompresor BOG K-6801 A/B pada fasilitas LNG hub*. Jurnal Teknologi, Vol. 23, No. 1, pp. 35-40.
- [8] Ristanovic D., et al., 2020. *Large synchronous motors as drivers for centrifugal compressors in LNG liquefaction plants*. IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 56, No. 6, pp. 6083-6093.
- [9] Zikri A., A. Azwinur, and S. Saifuddin, 2022. *Perencanaan perawatan kompresor sentrifugal K-6801 B di PT. Perta Arun Gas*. VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal, Vol. 3, No. 2, pp. 73-80.
- [10] Indrawan D. and A. Dominite, 2020. *Analisa overheating pada kompresor Sullair LS16-60/75/100*. JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin, Vol. 1, No. 1, pp. 25-31.
- [11] *Kobe Steel Ltd, Arun LNG receiving hub and regasification terminal project data sheet*, Aceh , Indonesia.