

## Analisa Ekonomi dan Rencana Pra-Rancang *Recycle LPG Liquid* yang Tersisa di V-6410

Rahmat Reza Maulana<sup>1,2,\*</sup>, Munawar<sup>1</sup>, Elwina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe 24301 Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

<sup>2</sup>PT. Perta Arun Gas Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

\*e-mail: rezalsw@gmail.com

### Abstract

#### Article history:

Received: 02-01-2025

Accepted: 31-01-2025

Published: 05-03-2025

#### Keywords:

depreciation,  
economic feasibility,  
LPG recycling,  
pipeline design,  
V-6410

This study focuses on the pre-design of a recycling system for the remaining Liquefied Petroleum Gas (LPG) in the inboard arm of V-6410 to optimize resource utilization and reduce environmental impact. Currently, remaining LPG during the loading process is disposed of via flaring or blowdown to the sea, leading to resource loss and potential environmental harm. The research identified a remaining LPG volume of 0.896 MT. To recycle this LPG to D-6456, a 177.9 m pipeline with a 2-inch NPS diameter is required, achieving a flow velocity of 3.266 m/s and a flow rate of 100.8 m<sup>3</sup>/h. The system exhibits turbulent flow with a Reynolds number of  $9 \times 10^5$  and a total friction loss of 85.21 m. Mass and energy balance calculations confirmed equilibrium, with incoming and outgoing mass flow rates of 123,924.047 kg/h and energy rates of 766,778.213 kJ/h. Economic feasibility analysis shows the project requires an investment of IDR 360,769,947.4, generating annual revenue of IDR 1,797,440,881. The Payback Period (PBP) is 2.1 months, with a positive Net Present Value (NPV) of IDR 362,761,862 and an Internal Rate of Return (IRR) of 17%, proving economic viability. The proposed design offers a sustainable solution by reducing waste, minimizing environmental impact, and increasing profitability. This study provides a practical framework for implementing resource optimization strategies in industrial LPG handling systems.

### 1. Pendahuluan

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu bahan bakar strategis di Indonesia yang digunakan secara luas untuk kebutuhan rumah tangga, industri, dan transportasi. Data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Aceh menunjukkan bahwa LPG menjadi jenis bahan bakar yang paling banyak digunakan untuk memasak, baik di perkotaan maupun di perdesaan, dengan tren penggunaan yang terus meningkat setiap tahunnya [1, 2]. Penggunaan LPG yang masif ini menuntut adanya pasokan yang memadai, distribusi yang efisien, serta pengelolaan yang optimal untuk memenuhi kebutuhan masyarakat secara berkelanjutan [3].

Terminal LPG Arun di Blang Lancang, Lhokseumawe, merupakan salah satu infrastruktur strategis yang dikelola oleh PT Pertamina melalui PT PBAS Solusi dan PT Perta Arun Gas. Terminal ini memainkan peran penting sebagai pemasok utama LPG di wilayah Aceh dan sekitarnya. Sebelum revitalisasi terminal ini, pasokan LPG untuk wilayah Aceh bergantung pada distribusi dari Medan, yang membutuhkan waktu dan biaya distribusi yang lebih besar. Dengan beroperasinya Terminal LPG Arun, ketahanan energi nasional, khususnya di wilayah Aceh, dapat diperkuat melalui

peningkatan efisiensi penyimpanan, pengolahan, dan distribusi LPG.

Dalam operasional terminal, LPG yang diterima berupa bahan baku *propane* dan *butane* yang berasal dari luar wilayah Aceh. Bahan baku ini kemudian dicampur dengan rasio tertentu, misalnya 50:50, atau sesuai permintaan konsumen, sebelum disimpan di tangki *spherical* dan didistribusikan ke berbagai konsumen melalui kapal atau truk. Proses ini melibatkan berbagai peralatan utama seperti *marine loading arm*, pompa, *custody meter*, dan *vapor return system* untuk memastikan kelancaran aliran LPG serta keamanan selama operasi [4].

LPG adalah gas bumi yang dicairkan dengan komponen utama propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) dan butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>). Menurut jenisnya, LPG dikelompokkan menjadi LPG propana, LPG butana dan LPG campuran (*mix*) yang merupakan campuran dari kedua jenis LPG tersebut [5]. LPG diperoleh dari penyulingan minyak mentah atau dari kondensasi gas bumi dalam kilang pengolahan gas bumi. Maksud pencairan gas bumi menjadi LPG adalah untuk memudahkan penyimpanan dan pengangkutan ke konsumen karena volume LPG jauh lebih kecil dari volume gasnya [6].

Untuk mempertahankan gas LPG agar tetap cair pada suhu kamar, LPG harus disimpan dalam tangki bertekanan (*pressurized tank*) [7]. Beberapa jenis proses yang dapat digunakan untuk mengolah gas bumi sehingga diperoleh produk LPG, antara lain proses absorpsi dan kriogenik [8, 9].

Namun, salah satu permasalahan yang muncul dalam operasional terminal LPG Arun adalah adanya akumulasi LPG cair (*liquid LPG*) yang tersisa di beberapa peralatan, termasuk vessel V-6410, terutama saat proses *loading* atau *unloading*. LPG cair yang tidak dimanfaatkan ini berpotensi menjadi *losses*, baik dari sisi kuantitas produk maupun dari sisi efisiensi ekonomi.

Selain itu *recycle* atau pemanfaatan kembali sisa LPG cair dapat memberikan dampak positif terhadap efisiensi operasional dan profitabilitas perusahaan. Di sisi lain, manajemen sisa LPG ini juga relevan dalam konteks keberlanjutan (*sustainability*) dan pengurangan dampak lingkungan akibat emisi gas yang tidak diolah.

Untuk itu, artikel ini bertujuan untuk melakukan analisa ekonomi terhadap potensi pemanfaatan *recycle LPG* cair yang tersisa di V-6410, serta menyusun rencana pra-rancang sistem yang dapat diterapkan untuk memanfaatkan kembali sisa LPG tersebut. Analisa melibatkan evaluasi terhadap aspek-aspek teknis seperti desain sistem *recycle*, serta perhitungan kelayakan ekonomi berdasarkan potensi penghematan biaya dan peningkatan pendapatan. Dengan adanya studi ini, diharapkan Terminal LPG dapat mengadopsi solusi yang lebih efisien dan berkelanjutan, sekaligus mendukung upaya pemerintah dalam meningkatkan ketahanan energi nasional dan optimalisasi pengelolaan sumber daya energi.

## 2. Metode

Rencana modifikasi yang diajukan bertujuan untuk merecycle LPG liquid yang tersisa di *marine loading arm V-6410* setelah proses *loading* selesai. Proses ini akan memanfaatkan perbedaan tekanan serta beberapa peralatan tambahan yang dirancang untuk mengalirkan LPG cair secara aman dan efisien kembali ke tangki *spherical D-6450 A/B*. Berikut adalah garis besar metode yang digunakan:

### 2.1 Peralatan dan Fungsi

Peralatan utama yang terlibat dalam proses recycle LPG liquid meliputi:

#### 2.1.1 Marine Loading Arm (V-6410)

Berfungsi untuk menghubungkan dan mentransfer LPG mix dari tangki *spherical D-6450 A/B* ke kapal selama proses *loading*. Setelah proses selesai, sisa LPG cair yang tertinggal di inboard arm akan direcycle.

#### 2.1.2 Butane Condensed Drum (D-6456)

Drum dirancang sebagai tempat penampungan sementara hasil kondensasi boil-off gas (BOG) butane outlet condenser E6412 A/B. Dalam konteks ini, D-6456 digunakan untuk menampung LPG cair dari V-6410 sebelum dialirkan kembali ke tangki utama.

#### 2.1.3. Pipa Penghubung

Menghubungkan marine loading arm V-6410 yang berfungsi untuk mendistribusi sisa LPG mix ke butane condensed drum D-6456, sehingga memungkinkan aliran LPG cair dengan memanfaatkan perbedaan tekanan.

#### 2.1.4 Block Valve

Berfungsi sebagai alat buka-tutup untuk mengontrol aliran LPG cair menuju D-6456, memastikan hanya sisa LPG cair yang tertinggal di inboard arm yang dapat dialirkan.

#### 2.1.5 Pressure Control Valve

Pressure control valve dipasang untuk mengatur tekanan aliran LPG cair sehingga sesuai dengan kapasitas tekanan desain D-6456 (8 kg/cm<sup>2</sup>). Hal ini bertujuan untuk mencegah risiko tekanan berlebih yang dapat menyebabkan kerusakan atau risiko keselamatan.

#### 2.1.6 Pompa Butane Condensed (G-6414 A/B)

Digunakan untuk memompa LPG cair dari D-6456 kembali ke tangki *spherical D-6450 A/B*. Pompa ini mampu bekerja pada tekanan tinggi untuk memastikan LPG cair dapat ditransfer secara optimal.

### 2.2 Proses Recycle

Proses *recycle* sisa *LPG mix* kembali ke D-6450 A/B merupakan rencana penelitian yang akan dilakukan. Proses ini diharapkan dapat menjadi pilihan alternatif dalam memanfaatkan

LPG yang tersisa di *inboard arm* V-6410. Adapun uraian prosesnya dilakukan dengan tahapan awal menghubungkan *marine loading arm* V-6410 dengan *butane condensate drum* D-6456 menggunakan pipa.

Setelah proses *loading LPG mix* selesai dilakukan, *LPG mix* yang tersisa pada *inboard loading arm* akan dialirkan menuju D-6456 dengan membuka kerangan terlebih dahulu. *LPG mix* yang tersisa pada *inboard loading arm* akan mengalir dengan memanfaatkan perbedaan tekanan. Dimana tekanan pada V-6410 mencapai 11-15 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan tekanan desain pada D-6456 mencapai 8 kg/cm<sup>2</sup> sehingga diperlukan *pressure control valve*.

*Pressure control valve* berfungsi untuk mengatur tekanan *LPG mix* yang masuk ke D-6456 tidak melebihi/mendekati tekanan desain D-6456. Kemudian *LPG mix* yang telah masuk ke D-6456 dan telah mencapai level >50%, dipompakan menggunakan pompa *butane condensate* G-6414 A/B menuju tangki *spherical* D-6450 A/B. Sehingga *LPG mix* yang tersisa tersebut dapat dimanfaatkan kembali.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Volume LPG yang Tersisa pada V-6410

Untuk mengetahui volume LPG yang tersisa dilakukan pengukuran panjang *inboard arm* hingga *downstream* ESDV-6402, dan dari perhitungan diperoleh volume LPG sebesar 1,458 m<sup>3</sup>. Dengan densitas LPG sebesar 615 kg/m<sup>3</sup>, maka massa LPG yang tersisa adalah 896,23 kg atau 0,896 MT. Hal ini menunjukkan bahwa LPG yang terbuang setiap proses *loading* dalam jumlah yang cukup signifikan, sehingga perlu adanya proses *recycle* untuk meminimalkan kerugian material.

#### 3.2 Laju Alir, Luas Penampang, dan Debit Aliran

Untuk mengetahui laju alir pra-rancangan *recycle* LPG yang tersisa di V-6410 menuju D-6456, maka digunakan persamaan Bernoulli dimana dari hasil perhitungan diperoleh laju alir *recycle* LPG sebesar 13,266 m/s [10]. Selanjutnya dihitung luas penampang pipa dengan ukuran NPS 2 inch, diameter dalam 52,48 mm dan diperoleh luas penampang sebesar 0,0021 m<sup>2</sup>. Selanjutnya dilakukan perhitungan debit aliran dan dengan menggunakan persamaan debit diperoleh sebesar 100,8 m<sup>3</sup>/h.

#### 3.3 Bilangan Reynold

Bilangan Reynold berfungsi untuk mengetahui jenis aliran suatu fluida, dengan menggunakan data pipa, diagram Moody dan diagram kekasaran pipa, maka diperoleh data NPS 2 inch, dengan diameter dalam 52,48 mm. Dengan menggunakan material *cast iron* (besi tuang perpaduan besi dan carbon > 2%) dengan nilai  $\frac{\epsilon}{D} = 0,005$  mm (berdasarkan diagram kekasaran pipa, maka diperoleh  $f = 0,032$ . Berdasarkan diagram kekasaran pipa, maka diperoleh  $Re = 3 \times 10^5$ , sehingga diperoleh  $Re > 4000$ , maka aliran LPG dari V-6410 menuju D-6456 adalah aliran turbulen.

#### 3.4 Rugi Gesek

Rugi gesek adalah berkurangnya massa, volume atau kecepatan aliran fluida yang melewati suatu aliran/perpipaan. Rugi gesek ini dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu rugi gesek mayor, yaitu rugi gesek yang disebabkan oleh gesekan fluida dengan dinding pipa. Dari hasil perhitungan diperoleh rugi gesek mayor sebesar 57,3 m. Sedangkan rugi gesek minor, yaitu rugi gesek yang disebabkan oleh perubahan penampang, adanya *valve*, *elbow* dan lainnya. Dari hasil perhitungan diperoleh rugi gesek minor sebesar 27,91 m. Sehingga rugi gesek total diperoleh sebesar 85,21 m.

#### 3.5 Perhitungan Neraca Massa

Perhitungan neraca massa dalam Pra-rancang *recycle* LPG ini merupakan neraca massa tanpa reaksi kimia, karena hanya terjadi proses pencampuran atau *mixing* antara sisa LPG dari V-6410 masuk ke D-6456, dimana D-6456 adalah sebuah drum yang berisi *condensate BOG Butane*. Hasil perhitungan neraca massa total proses pra-rancang *recycle* LPG yang masuk dan keluar dari V-6410 dan D-6456 berjumlah sama yaitu sebesar 123.924,047 kg/h.

#### 3.6 Perhitungan Neraca Energi

Perhitungan neraca energi dalam pra-rancang *recycle* LPG dilakukan dengan menghitung neraca energi total komponen yang masuk dan keluar dari peralatan V-6410 dan D-6456. Hasil perhitungan neraca energi total masuk pada V-6410 sebesar 157.638 kJ/h dan energi total keluar pada V-6410 juga sebesar 157.638 kJ/h. Sedangkan neraca energi total masuk pada D-6456 adalah sebesar 609.140,213

kJ/h dan energi total keluar pada D-6456 juga sebesar 609.140,213 kJ/h. Sehingga neraca energi total dalam system masuk dan keluar adalah sama dengan jumlah 766.778,213 kJ/h.

### 3.6 Keekonomisan

Keekonomisan sistem pra-rancangan *recycle LPG* cair yang tersisa di V- 6410, dihitung dari beberapa komponen yang terdiri dari beberapa aspek. Hasil perhitungan menunjukkan modal yang diperlukan untuk system tersebut sebesar Rp 360.769.947.4. Dari hasil perhitungan juga diperoleh *gross revenue* dalam periode 1 tahun sebesar Rp 1.797.440.881. Sementara perhitungan *depresiasi*, yaitu penurunan nilai asset dalam usia pakainya selama 10 tahun sebesar Rp 35.266.994,74. Hasil perhitungan diperoleh *Pay Back Periode*, yaitu jangka waktu yang dibutuhkan dalam pengembalian modal selama 2,1 bulan.

Sementara *NPV (Net Present Value)*, yaitu perkiraan arus kas masa mendatang dengan asumsi *WACC (Weighted Average Cost of Capital)* senilai 20% dengan tingkat resiko yang tinggi dan nilai *NPV* harus lebih besar dari 0, yang agar proyek tersebut layak dikembangkan. Hasil perhitungan diperoleh total nilai *NPV* sebesar 362.761.862. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan *NPV* lebih besar dari nol, sehingga sistem pra-rancangan *recycle LPG* cair yang tersisa di V- 6410 layak untuk dikembangkan secara ekonomi. Perhitungan *IRR (Internal Rate of Return)*, yaitu parameter yang digunakan dalam analisis keuangan untuk memperkirakan potensi keuntungan investasi. Hasil perhitungan *IRR* diperoleh sebesar 17%

## 4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa:

Volume *LPG* yang tersisa setelah *loading* pada *inboard arm* sampai downstream *ESDV-6402* adalah 0,896 MT.

Neraca massa masuk sistem sama dengan neraca massa keluar yaitu 123.924,047 kg/h dan neraca energi masuk sistem sama dengan neraca energi keluar sistem yaitu 766.778,213 kJ/h.

Rugi gesek total 85,21 m, laju alir sebesar 100,8 m<sup>3</sup>/h, diameter pipa 2 inch, dan jenis aliran turbulen.

Analisa ekonomi menunjukkan pra-rancangan ini layak untuk diwujudkan karena memiliki nilai *NPV* > 0, *PBP* yang singkat dan *Gross Revenue* yang besar.

## Ucapan Terima Kasih

Penghargaan dan ungkapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian yang telah dilakukan. Bila tidak ada bagian ini tidak diperlukan.

## Daftar Pustaka

- [1] Statistik, B. P., 2017. *Badan pusat statistik*. Badan Pusat Statistik.
- [2] Diana, A., Sari, Y. P., and Rizkina, A., 2023. *Inflasi komoditas administered price dan daya beli masyarakat selama pandemi Covid-19: Studi kasus Provinsi Aceh*. *Elastisitas: Jurnal Ekonomi Pembangunan*, Vol. 5, No. 1, pp. 82-91.
- [3] Fatimawati, F. and Fitriani, R., 2024. *Mekanisme pendistribusian tabung gas elpiji 3 kg bersubsidi dalam perspektif ekonomi islam*. *J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah*, Vol. 3, No. 6, pp. 8502-8509.
- [4] DEVI, M., 2023. *Analisis proses pemuatan liquefied petroleum gases (lpg) secara ship to ship mengacu pada sop dan manual book studi kasus kapal Mt. Arimbi*. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- [5] Sembiring, S., Panjaitan, R. L., Susianto, S., and Altway, A., 2020. *Pemanfaatan gas alam sebagai LPG (liquified petroleum gas)*. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 8, No. 2, pp. F206-F211.
- [6] DESIMA, A., 2018. *Upaya pencegahan high pressure tank kapal LPG/C PAI) saat muat di kapal gas Nuri Arizona*. Politeknik Ilmu Pelayaran Semarang.
- [7] Biyanto, T. R., Mabruri, M. O., Purnomo, M. A., Tama, N. E., and Nainggolan, G. S., 2020. *Pelatihan pemanfaatan teknologi green supersonic separation untuk pengolahan gas bagi civitas akademika dan kalangan industri*. *Sewagati*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-7.
- [8] Rahmatika, F. A., Ariq, Y. N., Susianto, S., and Taufany, F., 2020. *Pra-desain pabrik LPG dari gas alam*. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 8, No. 2, pp. B46-B50.
- [9] Adisasmitho, S., Dharmastuti, S. A., Syauqi, A., Ashshiddiq, J., and Santoso, L. L., 2023. *Transisi energi dan pengurangan emisi gas karbon dioksida* ed: PT. Pustaka Saga Jawadwipa.
- [10] Sinaga, N., 2017. *Perancangan awal converter kit LPG sederhana untuk konversi mesin bensin skala kecil*. *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, Vol. 13, No. 1.